

El Reglamento de transporte del OIEA: Examen de su desarrollo y de su contenido

por A. Fairbairn

En el siglo XX se ha registrado un gran auge del empleo de productos de la industria nuclear en los campos de la medicina y la ingeniería, en la investigación científica y en la generación de electricidad. Para tales aplicaciones son necesarias disposiciones eficaces que faciliten el transporte de los diversos materiales radiactivos y fisionables en cuestión.

Desde sus orígenes, la industria nuclear ha reconocido que las disposiciones relativas al transporte deben ser tales que garanticen la seguridad de las personas, los bienes y el medio ambiente. En consecuencia, las correspondientes normas de control han sido elaboradas por organizaciones competentes en las diversas modalidades de transporte. Antes de 1959, los distintos controles nacionales e internacionales se basaban principalmente en los reglamentos de la Interstate Commerce Commission de los Estados Unidos de América, cuya finalidad era esencialmente facilitar el tráfico de minerales y concentrados radiactivos y de bultos con cantidades relativamente pequeñas de radionucleidos destinados a aplicaciones médicas e industriales. La rápida expansión de la industria nuclear que entonces se preveía hizo que se desarrollasen más a fondo estos primeros reglamentos para facilitar el tráfico sin riesgos de todas las clases y cantidades de materiales radiactivos.

DESARROLLO DEL REGLAMENTO DEL OIEA

En julio de 1959, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas expresó el deseo "de que se confíe al Organismo la redacción de las recomendaciones sobre el transporte de sustancias radiactivas". El Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos se publicó en primera edición en 1961 (Ref. [1]). Al aprobarlo, la Junta de Gobernadores del Organismo autorizó al Director General a promulgarlo como parte de las Normas de seguridad del Organismo y a recomendarlo a los Estados Miembros y organizaciones pertinentes para que lo utilizasen como base de los respectivos reglamentos nacionales e internacionales.

El Organismo reconoció que, a fin de que su Reglamento fuese aceptable para su aplicación a escala mundial en todas las modalidades de transporte, tenía que reducir, cualesquiera que fuesen los materiales radiactivos y fisionables expedidos, los riesgos del personal de transporte y del público en general a un nivel suficientemente bajo, es decir, tenía que ofrecer "seguridad".

Para conseguir esta seguridad, debían cumplirse los siguientes requisitos básicos:

- control eficaz de las radiaciones emitidas por los materiales;
- contención eficaz de los materiales;
- adecuada disipación de todo calor generado al ser absorbidas las radiaciones emitidas por los materiales;

y, en el caso de cualquier sustancia radiactiva fisionable,

- una condición fundamental: evitar a toda costa la "criticalidad".

Antes de su jubilación, el Sr. Fairbairn fue funcionario de la Safety and Reliability Directorate de la Atomic Energy Authority del Reino Unido.

El Reglamento del OIEA, aunque se aplica a las actividades propias del Organismo, es, a los efectos administrativos, un "modelo de reglamento" recomendado a los Estados Miembros y organizaciones internacionales competentes. Esto significa que para facilitar su adaptación a las formas y "lenguaje" propios de las diversas modalidades de transporte, el Reglamento del Organismo debe enfocarse con criterio práctico los requisitos prescritos a las diversas partes interesadas, en particular a los remitentes y transportistas. Asimismo, como en el caso del transporte de otras mercancías peligrosas, el Reglamento debe ser claro y conciso, especificando "qué" debe conseguirse en vez de "por qué", y dar ejemplos de modos de cumplimiento, es decir, de "cómo", en documentos auxiliares en vez de en el propio Reglamento.

El procedimiento seguido por el Organismo para elaborar su Reglamento (Ref. [2]) es una de las principales razones de su extensa aplicación tanto en el plano nacional como en el internacional y, en realidad, ha acallado los debates sobre la necesidad de una convención. Al elaborar el Reglamento de 1961 se advirtió la dificultad de mantener al día una convención en la esfera de la energía nuclear, que tan rápidamente se desarrolla. Aunque se esperaba que los principios básicos en que se funda el Reglamento recibirían aceptación, se decidió facilitar el aprovechamiento de la experiencia adquirida con su aplicación revisándolo al cabo de unos cinco años. Consecuencia de ello fueron la primera revisión general publicada en 1967 (Ref. [3]), tras una revisión parcial aparecida en 1965 (Ref. [4]), y la segunda revisión general en 1973. Esta última, la vigente, se publicó recientemente, en 1979, como "edición revisada en 1973 (modificada)" (Ref. [2]). En cada una de las fases de desarrollo del Reglamento en 1961, 1967 y 1973, el procedimiento seguido por el Organismo fue en lo esencial reunir un grupo de expertos, cuyos miembros no solo representaban un amplio número de Estados Miembros y de organizaciones internacionales interesadas, sino también tenían experiencia en los diversos problemas administrativos y técnicos que requerían solución. Basándose en las propuestas coordinadas por la Secretaría, este grupo redactaba un proyecto de Reglamento para que todos los Estados Miembros y todas las organizaciones internacionales interesadas formularan sus observaciones. Después, tras estudiar el grupo las observaciones recibidas, se preparaba un proyecto definitivo para presentarlo a la aprobación de la Junta de Gobernadores del Organismo. Mientras que las ediciones de 1961 y 1967 del Reglamento fueron la labor de dos o más grupos independientes de expertos, cada uno de los cuales se ocupó de cuestiones específicas, un solo grupo, que se reunió en febrero de 1970 y en octubre de 1971, realizó toda la labor necesaria para el Reglamento de 1973. Todos los grupos fueron asistidos en su labor por consultores, en particular en lo tocante a las disposiciones sobre control de la criticidad de las sustancias fisionables.

La edición actual del Reglamento del Organismo (Ref. [2]) prescribe "qué" debe conseguirse, mientras que en un documento complementario (Ref. [5]) se facilita información adicional que orienta sobre el "por qué" y el "cómo". Las Refs. [6] y [7, 8] contienen orientaciones similares relativas a los Reglamentos de 1961 y 1967, respectivamente.

CONCEPTOS/PRINCIPIOS BASICOS ADOPTADOS EN LA ELABORACION DEL REGLAMENTO

Los dos grupos de expertos que hicieron el Reglamento de 1961 establecieron ciertos principios básicos que se han mantenido en las dos revisiones generales de las que ha resultado el Reglamento de 1973. Estos principios son:

- normas que prescriban "qué" se ha de hacer, pero no "cómo";
- un umbral de radiactividad para la aplicación del Reglamento;
- características peligrosas además de la radiactividad;
- medidas por parte del remitente (expedidor) y del transportista para conseguir la seguridad;
- disposiciones sobre bultos y embalajes;

- aprobación por parte de la autoridad competente;
- disposiciones especiales.

Pueden ser de utilidad algunas observaciones sobre estos principios; en la Ref. [9] figuran más detalles.

Al prescribir "qué" debe conseguirse en vez de "cómo", el Reglamento estimula la labor de diseño de bultos y embalajes, especialmente en lo que concierne a la utilización de nuevos materiales y técnicas mejoradas de construcción. Además, el hecho de que no se prohíba el transporte de ningún material radiactivo determinado es en gran medida resultado de este principio básico.

Muchas sustancias, entre ellas los tejidos vivos, contienen cantidades ínfimas de radionucleidos naturales. El Reglamento del Organismo fija en $0,002 \mu\text{Ci/g}^*$, valor adoptado por diversas autoridades en materia de protección radiológica, el límite hasta el cual ningún material se considera radiactivo a los efectos de transporte.

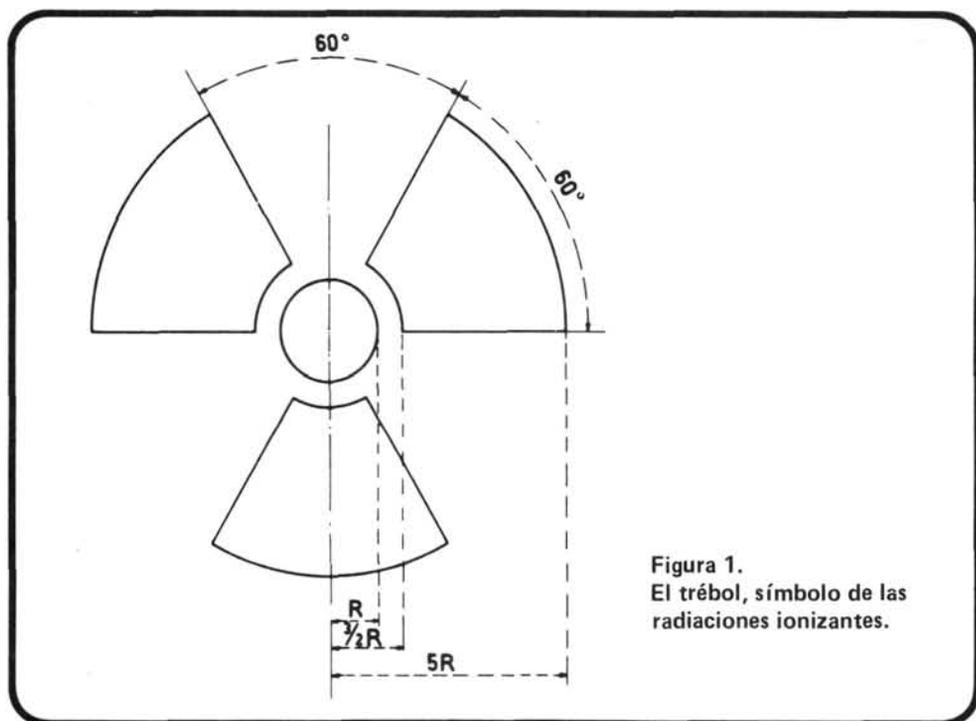


Figura 1.
El trébol, símbolo de las radiaciones ionizantes.

En las etiquetas y rótulos de transporte se utiliza el símbolo del trébol (Fig.1) solo para indicar que el material es radiactivo. De ser los materiales también químicamente explosivos, esta característica aumentaría considerablemente su peligrosidad radiactiva potencial y, por consiguiente, se tiene en cuenta en el Reglamento del Organismo. No se tienen en cuenta otras características peligrosas, como la inflamabilidad, ya que se considera que será contrarrestada por el cumplimiento de las prescripciones pertinentes de los reglamentos para el transporte de otras mercancías peligrosas.

Sea cual fuere el material radiactivo, el Reglamento eleva al máximo la contribución del remitente (expedidor) a la seguridad. Con ello se reducen al mínimo las precauciones que

* μCi = microcurio o millonésima de curio. El curio es una unidad de radiactividad que equivale por definición a $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones nucleares por segundo.

incumben al transportista, que solo ha de seguir unas pocas normas simples cuya base es la información indicada en las etiquetas de los bultos, por ejemplo para que se almacenen y mantengan a distancia de personas y de películas fotográficas sin revelar. La contribución más importante del remitente a la seguridad es el cumplimiento de las prescripciones sobre embalajes, bultos y cargas completas que sean aplicables según la naturaleza y cantidad de los materiales radiactivos transportados.

El concepto de "certificado de aprobación de la autoridad competente", en el caso de los transportes que impliquen mayores riesgos potenciales para el personal de transporte y el público en general, exige un examen minucioso, efectuado por personas legalmente capacitadas, por entero independientes del remitente, del transportista o del destinatario, para comprobar antes del transporte el cumplimiento de las prescripciones pertinentes sobre embalajes, bultos y expediciones. Estas prescripciones se dividen en dos grupos: las que permiten la expedición tras la aprobación de la autoridad competente del país de origen, o sea la llamada aprobación unilateral, y las que requieren la aprobación previa de todas las autoridades competentes de los países interesados, es decir, la aprobación multilateral. En este último grupo se incluye cualquier expedición efectuada en virtud de un "arreglo especial". En tal caso, la aprobación se condiciona al cumplimiento de las precauciones y controles prescritos para compensar eventuales insuficiencias en el cumplimiento de las prescripciones reglamentarias pertinentes.

CONTROL DE LA RADIACION EMITIDA POR LOS MATERIALES RADIATIVOS

El transporte sin riesgos de los materiales radiactivos exige la observancia de los requisitos de protección radiológica, en particular de los referentes a la contención, cuya finalidad es impedir o limitar la absorción de sustancias radiactivas por el cuerpo humano con la consiguiente irradiación "interna", y de los encaminados a controlar la radiación emitida por los bultos al no ser absorbida o suprimida por el embalaje. Seguidamente se examinan las disposiciones del Reglamento actual (Ref. [2]) referentes al control de la radiación emitida; en la Ref. [9] se explica su desarrollo.

La finalidad de los límites para controlar la radiación externa es proteger durante el transporte a las personas y películas fotográficas sin revelar. Así se protegen también el ganado y otros bienes materiales. Los límites se prescriben con respecto a las superficies externas de cada bulto y con respecto a determinadas distancias a partir de esas superficies, y son aplicables tanto a los bultos que se transportan con otras mercancías como a las expediciones de "cargas completas", por ejemplo en un vehículo o un contenedor que transporte solamente material radiactivo. Dichos límites son concretamente 0,5 mrem/h, 50 mrem/h, 200 mrem/h y 1000 mrem/h en las superficies y 10 mrem/h a 1 o 2 metros de las superficies, prescribiéndose cada límite particular según el contenido del bulto o de la carga completa y su modalidad de transporte. Se da efecto a los límites mediante etiquetas que llevan el símbolo del trébol. Las etiquetas son diferentes según las categorías (I, II y III); la de la categoría I es blanca, mientras que de las categorías II y III son amarillas. Los números I, II o III, que indican la respectiva categoría, se imprimen en rojo.

Cuando la radiación externa que emana de la superficie del bulto, o bien de un vehículo o un contenedor en el caso de una carga empleta, no sobrepase 0,5 mrem/h en la superficie, el riesgo potencial es en realidad muy bajo y se indica mediante una etiqueta blanca de la categoría I. Esto significa para el transportista que no es necesario almacenar los bultos por separado de otros productos. Cuando la radiación emanada de la superficie rebasa el nivel de 0,5 mrem/h, se requiere una etiqueta amarilla; los límites superiores de la radiación en la superficie para las categorías II y III son de 50 mrem/h y 200 mrem/h. Los bultos de esta clase han de separarse de otros productos según el valor de un "índice de transporte" que el remitente inscribe en la etiqueta. Un índice de transporte de 1 indica un nivel de radiación de 1 mrem/h a 1 metro de la superficie del bulto y depende de la "unidad de radiación" considerada en el reglamento del transportista. Además de los límites de radiación en la

superficie, los bultos que lleven etiquetas amarillas de la categoría II o III se limitan conforme a un índice de transporte de 1 y 10, respectivamente. El índice de transporte de un bulto con etiqueta blanca de la categoría I es cero. Para facilitar la estiba en condiciones de seguridad de los bultos radiactivos transportados en vehículos de pasajeros y de mercancías, se prescribe que el transportista sume los índices de transporte indicados en las etiquetas de los bultos y que estibe el conjunto de éstos ateniéndose a las distancias especificadas en las tablas de separación proporcionadas por la autoridad competente para la modalidad de transporte de que se trate. Estas tablas no figuran en la edición actual del Reglamento del Organismo, ya que deben calcularse de modo que se tengan en cuenta los límites prescritos para la radiación externa y los factores relativos a la modalidad específica de transporte (Refs. [10], [11]).

El sistema de etiquetas según las categorías I, II y III permite también un control efectivo en el caso del transporte por cargas completas, bien en vehículos o en contenedores. A reserva de las condiciones especificadas en el Reglamento, los valores límite de la radiación en la superficie y del índice de transporte para una carga completa con etiqueta amarilla de la categoría III se aumentan de 200 a 1000 mrem/h y de 10 a 50, respectivamente.

La evolución de la industria nuclear ha hecho necesario que el Reglamento del Organismo regule el transporte sin riesgos de cantidades relativamente grandes de minerales y concentrados radiactivos, de residuos industriales y de desechos, todos los cuales presentan un peligro potencial relativamente bajo. Los conceptos de materiales de "baja actividad específica" (BAE) y de "sólidos de baja actividad" (SBA), aplicados para la contención y considerados más adelante, satisfacen estos requisitos. En las disposiciones del Reglamento referentes al control de la radiación externa de estos materiales se tiene en cuenta el importante efecto de autoblindaje (es decir, la absorción de radiaciones) del propio material. Tal fin se consigue principalmente mediante la definición de un índice de transporte específico para estos materiales cuando se transportan por cargas completas.

Es sumamente importante que el Reglamento prevea disposiciones para que los bultos que contengan artículos manufacturados, como relojes que lleven pequeñas cantidades de material radiactivo y presenten un peligro potencial muy bajo, puedan ser expedidos por todas las modalidades de transporte, inclusive por correo. A los efectos del control de la radiación externa, esto se consigue fijando un límite de 0,5 mrem/h en la superficie del bulto.

Mientras que el control del riesgo potencial resultante de los bultos radiactivos afectados por accidentes se consigue esencialmente mediante disposiciones de contención relativas al diseño del bulto/embalaje, los requisitos referentes al ensayo de los bultos imponen limitaciones cuantitativas al aumento de la tasa de dosis de radiación externa en la superficie del bulto. Además, a fin de facilitar una información más completa en caso de accidente, se estipula que el remitente debe indicar en la etiqueta blanca o amarilla la índole del contenido radiactivo y su actividad en curios.

CONTENCION DE LOS MATERIALES RADIATIVOS

Consecuencia del principio básico de hacer máxima la contribución del remitente a la seguridad son las disposiciones sobre las normas que han de cumplir los embalajes y su diseño, el contenido de los bultos y, en su caso, los controles de la carga y su movimiento durante la expedición. El cumplimiento de estas disposiciones evita o limita drásticamente el escape de materiales radiactivos al medio ambiente durante el transporte, reduciendo así el riesgo de radiotoxicidad. Estas disposiciones solo se examinan aquí en términos muy generales; en la Ref. [9] se hallará mayor información.

En realidad, la gama de riesgos potenciales inherentes a los materiales radiactivos que han de ser transportados es muy amplia y plantea el problema de decidir si los reglamentos deben prescribir requisitos de diseño del embalaje ligados a los límites establecidos para el

contenido de los bultos, o bien requisitos de diseño de los bultos, por ejemplo para la disipación de calor, cuyo cumplimiento restringirá el contenido. Cuando se hizo el primer Reglamento, se decidió seguir ambos enfoques; esto condujo al concepto de bultos de los tipos A y B.

Las disposiciones sobre el diseño de un bulto del Tipo A se refieren tanto al diseño del bulto como a los límites cuantitativos del contenido. Se especifica que el embalaje debe proporcionar un blindaje adecuado y garantizar también la contención, en las condiciones normales de transporte (incluso en caso de manipulación ruda y de exposición a condiciones meteorológicas adversas). Los límites del contenido se prescriben de forma que, en caso de escape total en un accidente grave, el peligro consiguiente no sea inaceptable. Además, en el caso de las sustancias radiactivas fisionables, se limita el contenido de forma que se satisfagan las disposiciones de control de la criticidad.

Aunque las prescripciones sobre el diseño de los bultos del Tipo B comprenden las relativas al embalaje, no se establece directamente ningún límite del contenido. El contenido real de cualquier bulto del Tipo B se controla "indirectamente", mediante el cumplimiento de las prescripciones relativas a la emisión de radiaciones del bulto, a la disipación de calor, al control de la presión interna y, en el caso de las sustancias fisionables, al control de la criticidad. Además de cumplir todos los requisitos de diseño de los embalajes del Tipo A, se estipula que los embalajes del Tipo B deben diseñarse de modo que conserven un blindaje y contención suficientes y mantengan sus características de control de la criticidad en caso de accidente muy grave. Además de satisfacer los requisitos especiales de diseño, los dos Tipos A y B de embalajes deben estar en condiciones de superar una serie de ensayos prescritos, concebidos de forma que produzcan el daño que sería de esperar en caso de manipulación ruda con factores meteorológicos adversos, y de manipulación ruda con factores meteorológicos adversos y condiciones de accidente grave, respectivamente.

El Reglamento actual prescribe dos límites superiores del contenido de actividad, A_1 y A_2 , para una serie de radionucleidos cuando se transporten en un bulto del Tipo A. A_2 es el límite de actividad para los materiales en forma potencialmente dispersable, como gas, líquido o polvo; A_1 es el límite de actividad para los materiales en lo que se denomina "forma especial", es decir, en un estado que, en virtud de sus propiedades intrínsecas (por ejemplo, un material sólido, macizo, no friable, insoluble en agua e incombustible en el aire, o un material encapsulado según normas prescritas) sería virtualmente indispersable tras su escape de un bulto. En el caso de la mayor parte de los radionucleidos, suponiendo que se cumplan las prescripciones de encapsulación, el límite A_1 es mayor que A_2 . El concepto de los límites A_1/A_2 es una innovación del de clasificación según la radiotoxicidad aplicado en el anterior Reglamento del Organismo (Ref. [1, 3]). La evolución de dicho concepto se expone brevemente en la Ref. [9], y las Refs. [12] y [13] ofrecen información más detallada.

Como han de adaptarse a las condiciones ambientales en todo el mundo y a todas las modalidades de transporte, no es de extrañar que las especificaciones sobre el diseño de los embalajes de los Tipos A y B y sus respectivos requisitos de ensayo hayan representado una tarea ingente para los grupos de expertos del Organismo. Como ilustración del principio básico consistente en especificar "qué" debe conseguirse en vez de "cómo", en los requisitos actuales de diseño y ensayo se aplica el concepto de "sistema de contención" en vez del de "recipiente de contención" de los Reglamentos anteriores. En lo tocante al cumplimiento de las especificaciones de los ensayos, las prescripciones incluyen una estipulación importante, la de proceder "de modo que sufran al mínimo daño". Los límites A_2 del contenido se aplican a gases y líquidos así como a sólidos dispersables, por lo que se prescriben ensayos complementarios para el diseño de embalajes del Tipo A destinados a gases y a líquidos.

Se especifica que un embalaje del Tipo B debe diseñarse de manera que resista condiciones de accidente que comprenda un choque violento seguido de un fuego intenso. Al establecer los ensayos mecánicos y térmicos prescritos en el Reglamento, se han tenido en cuenta los

accidentes ocurridos en diversos países y las investigaciones efectuadas sobre los mismos (Ref. [14]); esta labor ha incluido recientemente investigaciones más detalladas de las condiciones de accidente (Ref. [15]) y de los resultados de ensayos realizados con choques auténticos de vehículos.

En cuanto a la limitación "indirecta" del contenido, se estipulan para los bultos del Tipo B dos clases de diseños: el B[U] y el B[M]. Puesto que el diseño de un bulto del Tipo B[U] ha de satisfacer criterios adicionales de contención, requiere solamente la aprobación de la autoridad competente del país de origen del diseño. El diseño de un bulto del Tipo B[M] no ha de responder a todos los criterios adicionales de contención especificados para un bulto del Tipo B[U], pero debe satisfacer ciertos requisitos adicionales de contención especificados para un bulto del Tipo B[M]. Si no se satisface alguno de estos criterios adicionales de contención ello debe compensarse con las condiciones de control especificadas por el remitente. Por consiguiente el diseño de un bulto del Tipo B[M] está sujeto a la aprobación de todas las autoridades competentes que intervengan en la expedición. Los conceptos de bultos del Tipo B[M] y del Tipo B[U] son resultado de los conceptos de fuentes de radiación de elevada intensidad LRS[U] y LRS[M] contenidos en la edición anterior del Reglamento (Ref. [4]) y de la experiencia adquirida a este respecto, así como del desarrollo del sistema de límites A_1/A_2 y del desarrollo de las disposiciones del Reglamento para garantizar la adecuada disipación del calor de los bultos durante el transporte.

Las disposiciones sobre el diseño de los bultos de los Tipos A y B estipulan lo necesario para el transporte sin riesgos de muchos materiales nucleares cuya peligrosidad potencial se sitúa en la parte media y superior de la escala, pero es conveniente formular también disposiciones para el transporte de materiales de baja peligrosidad potencial. A los efectos del Reglamento, éstos se clasifican como "materiales de baja actividad específica", "materiales sólidos de baja actividad" o bien como "materiales exentos de las disposiciones especificadas" en virtud de su pequeño contenido radiactivo. En el caso de estos materiales se justifican normas de contención menos severas que las fijadas para un bulto del Tipo A y más parecidas a las normas para los embalajes industriales o comerciales destinados a ciertos productos químicos, siempre que los materiales contenidos en el bulto o carga sean "intrínsecamente seguros". Este requisito significa que debe ser inconcebible, en toda clase de circunstancias que se presenten durante el transporte, que una persona sufra una absorción de material suficiente para originar un riesgo radiológico significativo (Refs. [9, 12, 13]). En el caso de estos materiales, el Reglamento especifica los límites cuantitativos del contenido radiactivo en forma de fracciones, por ejemplo 1/10 000 de los límites A_2 (forma no especial) para radionucleidos (Refs. [5, 9, 12, 13]).

Aunque en el Reglamento se procura especialmente que las normas de contención sean apropiadas a la índole de los materiales que se transporten en un bulto, la posibilidad de que se produzca una ligera contaminación radiactiva en la superficie exterior de ciertos bultos, por ejemplo de un contenedor para el transporte de combustible irradiado de reactores, no puede excluirse por completo, especialmente si el embalaje externo ha quedado expuesto a esta contaminación en lugares en que se manipulen o almacenen materiales radiactivos. Por ello, el Reglamento prescribe una prueba para detectar la contaminación superficial y prescribe límites de radiactividad que han de satisfacerse antes de proceder al Transporte (Refs. [5, 9]).

DISIPACION DE CALOR EN CONDICIONES DE SEGURIDAD

Las prescripciones pertinentes del Reglamento actual (Ref. [2]) persiguen dos objetivos: en primer lugar, mantener la integridad de los componentes del blindaje, del sistema de contención y, en el caso de las sustancias fisiónables, de los medios de control de la criticidad de los bultos transportados; en segundo lugar, evitar que durante el transporte se causen lesiones a personas y daños a otros productos como resultado de elevadas temperaturas

existentes en cualquier superficie accesible de un bulto. En la Ref. [9] se describe el desarrollo de estas disposiciones, que tienen debidamente en cuenta el hecho de que:

- a) el calor generado por una fuente radiactiva es el producto de la intensidad de ésta expresada en curios y de la energía liberada por cada desintegración nuclear (expresada en electronvoltios (eV)). Puesto que las energías de desintegración de los 200 radionucleidos, aproximadamente, que se conocen varían ampliamente (de miles a millones de electronvoltios), la intensidad de una fuente radiactiva en curios no es una buena indicación de sus propiedades como fuente de calor.
- b) el calor se genera cuando hay absorción real de radiaciones. En el caso de los emisores alfa y beta, esto sucede principalmente en el propio material radiactivo, es decir, bien dentro del bulto. En el caso de los emisores gamma, la absorción tiene lugar en el material de blindaje, por ejemplo en plomo o acero; este material se encuentra por lo general en la parte más exterior del bulto.
- c) la disipación real del calor de la superficie de un bulto depende de la temperatura ambiente y de las condiciones de irradiación solar; éstas varían grandemente en las diversas partes del mundo.

Incumbe al remitente efectuar una evaluación en regla del calor de cada bulto: para la gran mayoría de los bultos del Tipo A, esta operación viene resuelta en lo esencial por la restricción que implican los límites A_1/A_2 del contenido radiactivo. Para que pueda aceptarse su transporte junto con otros productos, el contenido de un bulto del Tipo B[U] puede, de hecho, ser limitado por la necesidad de satisfacer un límite de 50°C en cualquier superficie accesible "a la sombra", teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 38°C y 12 horas/día de irradiación solar, datos éstos especificados en las disposiciones sobre la forma y ubicación de las superficies de los bultos. De no satisfacerse el límite de 50°C habría que transportar el bulto del Tipo B[U] como carga completa, en cuyo caso sería necesario demostrar que la temperatura "a la sombra" en cualquier superficie fácilmente accesible no excedería de 82°C . El incumplimiento de este requisito significaría que el bulto quedaría sometido a las disposiciones para bultos del Tipo B[M], con lo que se necesitaría que todas las autoridades competentes interesadas aprobasen previamente los controles operacionales previstos para evitar lesiones a personas y daños a otros bienes durante el transporte.

El Reglamento actual impone un límite de estiba de 15 W/m^2 (vatios por metro cuadrado) para el flujo térmico medio de cualquier bulto que haya de transportarse como parte de una carga general contenida en envases que no sean sacos ni bolsas. En la Ref. [16] se describen los trabajos experimentales en que se basa este límite. El procedimiento para la estiba en condiciones de seguridad de cualquier bulto que exceda del límite de 15 W/m^2 ha de condicionarse al resultado de una evaluación efectuada por un especialista en transferencia de calor y requiere la aprobación de la autoridad competente antes del transporte. Para esta evaluación, se facilita orientación sobre la aplicación de un límite superior, 90 W/m^2 , por encima del cual conviene aplicar las estipulaciones para cargas completas. Esta orientación figura en el documento de consulta complementario del Reglamento (Ref. [5]).

PREVENCIÓN DE LA CRITICIDAD

Todas las sustancias fisionables son radiactivas, por lo que su transporte está sometido a las disposiciones del Reglamento relativas al control de la radiación, a la contención y a la disipación de calor. Sin embargo, muy pocos radionucleidos son fisionables, siendo los principales el uranio-235 y el plutonio-239. Por consiguiente, a efectos de transporte, el Reglamento define las sustancias fisionables, estipula disposiciones específicas para la expedición de bultos de varias clases de sustancias fisionables y enumera las condiciones en que éstas pueden exceptuarse de tales disposiciones. El desarrollo de esta parte importante del Reglamento se describe en la Ref. [9].

El transporte de sustancias fisionable se declara exento de las disposiciones establecidas para los bultos de esta clase de sustancias, siempre que las mismas satisfagan uno de los siete requisitos que se enumeran en el Reglamento. Estos requisitos son el resultado de trabajos realizados por especialistas en criticidad de diversos países y facilitan principalmente el transporte sin riesgos de los materiales que contengan cantidades o concentraciones muy pequeñas de radionucleidos fisionables, tal como los define el Reglamento. Es de prever que se desarrollarán aún más estas disposiciones basándose en los resultados de las evaluaciones sobre criticidad.

El objetivo de las prescripciones para el transporte de bultos de sustancias fisionables de las Clases I, II o III es lograr un grado elevado y uniforme de seguridad frente a la criticidad. El método para conseguirlo varía, pues unas veces depende del diseño adecuado de los bultos por parte del remitente y, otras, de las medidas de control adoptadas por el transportista durante la expedición, siguiendo el procedimiento del índice de transporte.

Para que un bulto se pueda transportar como sustancia fisionable de la Clase I, la evaluación de criticidad ha de demostrar que es un absorbente neto de neutrones antes y después de someterse a las condiciones de ensayo térmico y mecánico de los embalajes del Tipo B. Los bultos de sustancias fisionables de la Clase II no es necesario que sean absorbentes netos de neutrones, por lo que están sujetos a un límite denominado "número permisible" que restringe la cantidad de bultos que pueden transportarse juntos. Análogamente, los bultos de sustancias fisionables de la Clase III solo pueden transportarse conforme a controles especialmente impuestos. Es importante observar que, a los efectos del control radiológico, los bultos de sustancias fisionables no han de ser del Tipo B a menos que su contenido sobrepase el límite A_1 o el A_2 , según cuál de ellos sea aplicable al radionucleido transportado. Sin embargo, a los efectos prácticos, para satisfacer el requisito de "absorbente neto de neutrones" tras ser sometido a ensayo en condiciones de accidente, el embalaje de la mayor parte de los bultos de sustancias fisionables de la Clase I ha de alcanzar el nivel fijado para el Tipo B. Asimismo, el embalaje de los bultos de sustancias fisionables de las Clases II o III que contengan cantidades relativamente grandes de dichas sustancias será probablemente del Tipo B. Si bien se prescribe que los resultados de los ensayos de embalajes de los Tipos A y B se utilicen para la evaluación de los bultos por un especialista en criticidad, no se impone el requisito de superar tales ensayos. Sin embargo, cuanto mayor sea el nivel de fallos, mayor será la restricción del contenido y de los números permisibles impuesta por el especialista.

En la primera revisión general del Reglamento, la anterior "unidad de radiación" se transformó en el actual "índice transporte" para proporcionar al transportista un medio de controlar el número de bultos de sustancias fisionables que pueden transportarse juntos en condiciones de seguridad. Esto facilita el uso práctico de los bultos de sustancias fisionables de las Clases II y III. Mientras que el índice de transporte de un bulto de sustancias fisionables de la Clase I se determina exclusivamente mediante el control de la radiación externa, esto es, el número de $mrem/h$ a un metro de distancia de la superficie externa del bulto, el de los bultos de sustancias fisionables de las Clases II y III es el mayor de dos números: 1) el nivel máximo de radiación en $mrem/h$ a un metro de distancia; 2) la cifra obtenida al dividir 50 por el "número permisible" calculado por el especialista en criticidad para el diseño del bulto (50 es el límite máximo que fija el Reglamento para el índice de transporte de bultos que han de expedirse juntos, excepto cuando se trate de cargas completas).

NORMAS ADMINISTRATIVAS PARA EL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

La última Sección del Reglamento (Ref. [2]) es muy importante, ya que trata de los certificados de aprobación de la autoridad competente, de las responsabilidades del remitente y del control de calidad en la fabricación y mantenimiento de un embalaje que forme parte de un diseño de bulto aprobado. El contenido de esta importante Sección es resultado de la experiencia adquirida en la aplicación del Reglamento anterior del Organismo.

Entre los diseños que no requieren certificado de aprobación de la autoridad competente figura el de un embalaje del Tipo A, a menos que se utilice para un bulto del Tipo A que contenga sustancias fisionables que no satisfagan una de las siete condiciones estipuladas para las "sustancias fisionables exentas". Se prescribe la información necesaria para la aprobación por la autoridad competente de los materiales en "forma especial", a los que luego se aplica el límite A_1 cuando se transportan en un bulto del Tipo A. Análogamente, se especifica la información necesaria para la aprobación del diseño de bultos de los Tipos B[U], B[M] y de sustancias fisionables de las Clases I, II y III. A continuación figuran las prescripciones relativas a la aprobación previa de una expedición y del transporte en virtud de arreglos especiales.

Una vez estipuladas las circunstancias que requieren alguna forma de aprobación de la autoridad competente, y la información a suministrar por el remitente que solicita esta aprobación, figuran las prescripciones relativas a las marcas de identificación a utilizar en el correspondiente certificado de aprobación.

Según el Reglamento incumbe al remitente (o a su agente) la plena responsabilidad del cumplimiento de las disposiciones relativas a etiquetado y marcación antes de entregar los bultos al transportista. Como esta entrega debe hacerse juntamente con la documentación correspondiente, se estipula que el remitente ha de presentar al transportista un certificado de que los bultos cumplen las disposiciones reglamentarias pertinentes, junto con información justificante. Para facilitar la adopción de medidas de emergencia, se formulan seguidamente disposiciones sobre los casos en que es preciso presentar a las autoridades competentes una notificación previa al transporte de bultos cuyo contenido de radiactividad supere determinados valores.

Con el fin de garantizar un adecuado control de calidad en la fabricación y mantenimiento de embalajes de un diseño aprobado, el Reglamento atribuye al fabricante, al remitente y al usuario la responsabilidad de demostrar el cumplimiento de los requisitos en la forma y momento en que lo exija la autoridad competente interesada.

DESARROLLO FUTURO

El Reglamento actual del OIEA para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos brinda una buena base para el transporte nacional e internacional de materiales radiactivos y fisionables por todos los medios de transporte para el decenio comenzado a mediados de los años setenta. Aunque es verdaderamente necesario un período de estabilidad en su estructura y contenido, la experiencia en materia de reglamentación de las actividades generales de transporte de mercancías peligrosas/artículos sometidos a restricciones demuestra la necesidad de una revisión a intervalos apropiados. Para continuar dando cumplimiento a la decisión del Consejo Económico y Social, el Organismo se propone ahora efectuar nuevas revisiones a intervalos de 10 años; actualmente se están haciendo preparativos para la revisión de 1983.

Además, la Junta de Gobernadores ha autorizado un procedimiento según el cual pueden introducirse en cualquier momento los cambios de detalle necesarios para mantener al día el Reglamento, siempre que se notifiquen por escrito a los Estados Miembros con 90 días de antelación y se tomen debidamente en cuenta las observaciones que éstos formulen sobre los mismos. Las ligeras modificaciones introducidas en la versión de 1979 del Reglamento de 1973 (Ref. [2]) son resultado de la aplicación de esta "regla de los 90 días".

Para ayudar al usuario a entender "qué" se le pide, todo reglamento debe ser claro y conciso. Esto es especialmente importante en el caso del Reglamento de transporte del Organismo, pues, además de ser traducido a varios idiomas, ha de ser adaptado por las organizaciones de transporte a la forma propia de los reglamentos sobre mercancías peligrosas en general. Pero, aunque es muy necesario un documento que especifique clara y concisamente "qué"

debe hacerse, también es importante facilitar orientación sobre "cómo" pueden satisfacerse ciertos requisitos, orientación que, se aclara, es *una* manera y no *la única* manera de satisfacerlos. Asimismo, a fin de facilitar el entendimiento de las bases técnicas de cualquier disposición reglamentaria y de ayudar a los encargados de las futuras revisiones, se necesita una amplia información sobre el "por qué". En lo que respecta al Reglamento de 1973, puede hallarse cierta información sobre "cómo" y "por qué" en el documento de consulta complementario (Ref. [5]).

La labor de los grupos de expertos que se encarguen de las revisiones futuras será de gran ayuda a todos los interesados en la aplicación de los futuros Reglamentos del Organismo y servirá también para estimular la aceptación pública, si se plasma en una trilogía de documentos, a saber:

- a) el documento del Reglamento, que prescriba "qué" debe conseguirse;
- b) un documento de consulta con ejemplos de "cómo" pueden satisfacerse ciertos requisitos del Reglamento;
- c) un documento explicativo que describa las bases (es decir, el "por qué" de ciertos requisitos del Reglamento).

Referencias

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Colección Seguridad No. 6, OIEA, Viena (1961).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Colección Seguridad No. 6, Edición revisada en 1973, OIEA, Viena (1979).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Edición revisada en 1967, Colección Seguridad No.6, OIEA, Viena (1967).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Edición revisada en 1964, Colección Seguridad No. 6, OIEA, Viena (1965).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Manual de consulta para la aplicación del reglamento de transporte del OIEA, Colección Seguridad No. 37, OIEA, Viena (1973).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Notas sobre algunos aspectos del Reglamento, Colección Seguridad No. 7, OIEA, Viena (1961).
- [7] GIBSON, R., Ed., The Safe Transport of Radioactive Materials, Pergamon Press, Oxford (1966).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, Advisory Material on Packaging for Large Radioactive Sources, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, Edición de 1967, Colección Seguridad N° 6, OIEA, Viena (1967).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, The Development of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, Fairbairn, A., Revista de Energía Atómica del OIEA, Vol. 11, N° 4, OIEA, Viena (1973).
- [10] ASPINALL, K.J., GIBSON, R., MORLEY, F., The Control of Exposure to External Radiation during the Transport of Radioactive Materials, UKAEA Rep. AHSB(RP)R 31 (1963).
- [11] MORLEY, F., The control of external radiation hazards during the transport of radioactive materials, The Safe Transport of Radioactive Materials (GIBSON, R., Ed.), Pergamon Press, Oxford (1966) Cap. 9.
- [12] FAIRBAIRN, A., DUNNING, N.J., Clasificación de los radioisótopos para su embalaje, Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos, Notas sobre algunos aspectos del Reglamento, Parte 3, Colección Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1961) 25.
- [13] ASPINALL, K.J., FAIRBAIRN, A., The Classification of Radionuclides for Transport Purposes and the Derivation of Activity Limits in Relation to Package Requirements, UKAEA Rep. AHSB(PR)R 23, HMSO Code No. 91-3-14-17 (1963).
- [14] MESSENGER, W. de L.M., FAIRBAIRN, A., The Transport of Radioactive Materials, Interim Recommendations for the Application of Environmental Tests to the Approval of Packaging, UKAEA Rep. AHSB(S)R 19, HMSO Code No. 91-10 (1963).
- [15] SANDIA LABORATORIES, Severities of Transportation Accidents Involving Large Packages, SAND 77-001, Mayo de 1978.
- [16] BROOK, A.J., DIXON, F.E., Stowage Provisions to Ensure Safe Dissipation of Heat from Radioactive Material during Transport, UKAEA Rep. AHSB(S)R 193 (1971).