

# Tipos de Embalajes usados para el Transporte de Materiales Radiactivos



ficha técnica  
no. 2

Dedicado al transporte seguro, eficiente  
y confiable de materiales radiactivos

# Tipos de Embalajes usados para el Transporte de Materiales Radiactivos

## Introducción

El Reglamento de la Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para el Transporte Seguro de Material Radiactivo establece los estándares recomendados para la regulación de las actividades del transporte internacional. El concepto básico es que la seguridad depende principalmente del embalaje, el cual debe proporcionar un escudo para proteger a los trabajadores, el público y el medio ambiente contra los efectos de la radiación, para prevenir una reacción en cadena no deseada, daños causados por el calor y la dispersión de los contenidos. Todo esto se debe cumplir bajo condiciones normales y también en situaciones de accidentes de transportes cuando se trata de materiales más radiactivos. Además es importante reducir las dosis de radiación, en todo lo razonablemente posible para los trabajadores y el público, por medio de la adopción de la mejor práctica a nivel operativo.

La versión actual del Reglamento, TS-R-1; 2005 proporciona cinco tipos de embalaje distintos:

- Exceptuado;
- Industrial;
- Tipo A;
- Tipo B;
- Tipo C.

Esta clasificación está relacionada con la actividad y forma física del material radiactivo contenido en el embalaje. La OIEA también establece estándares de desempeño como requisitos de diseño y procedimientos de prueba, para cada tipo de embalaje. Este enfoque clasificatorio del embalaje, en donde la integridad del mismo está relacionada al peligro potencial, es importante para la operación eficiente del transporte comercial. Igualmente toma en consideración las diferentes condiciones del transporte caracterizadas por la OIEA de la siguiente manera:

- condiciones con probabilidades de darse durante el transporte rutinario;
- condiciones normales de transporte (percances menores);
- condiciones de accidente.

Hay requisitos generales de diseño, los cuales aplican para todos los embalajes, asegurando que los mismos puedan ser manipulados en forma segura y fácil, que estén correctamente cerrados y que sean capaces de resistir los efectos de cualquier aceleración y vibración.



## Embalajes exceptuados

Los embalajes exceptuados son aquellos en donde el contenido radiactivo permitido es limitado a niveles tan bajos, que los peligros potenciales son insignificantes y por lo tanto no requieren de pruebas en lo referente a la contención o integridad hermética. Un ejemplo común de un embalaje exceptuado es el embalaje postal usado para transportar productos radiofarmacéuticos para propósitos médicos.

## Embalajes industriales

Los embalajes industriales son usados para transportar dos tipos de materiales:

- material de baja actividad por unidad de masa (conocido como material de Baja Actividad Específica o BAE). Los desechos hospitalarios se clasifican como material BAE;
- objetos no radiactivos que tienen bajos niveles de contaminación superficial (conocidos como Objetos Contaminados Superficialmente o OCS). Las maquinarias del Ciclo de Combustible o las partes de los reactores nucleares, cuyas superficies han sido contaminadas por fluidos refrigerantes o agua procesada, son consideradas OCS.

Ambos tipos de materiales son intrínsecamente seguros, ya sea porque el material almacenado es de baja actividad, o porque no es de fácil dispersión.

Los Embalajes Industriales (IP, por sus siglas en inglés) se subdividen en tres categorías designadas como IP-1, IP-2 y IP-3, las cuales difieren de acuerdo al grado de rutina y condiciones normales del transporte que ellas puedan resistir. (ver Tabla 1). La prueba requerida simula condiciones normales del transporte, tales como caídas desde un vehículo, exposición a la lluvia, un golpe por un objeto puntiagudo o la posibilidad de apilamiento por carga en la parte superior.

Tabla 1: Requisitos para los Embalajes Industriales

Criterios	IP-1	IP-2	IP-3
Requisitos de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> <li>■ Requisitos adicionales para los embalajes Tipo A</li> </ul>
Requisitos de las pruebas		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Caída libre (de 0.3 a 1.2 metros, dependiendo de la masa del embalaje)</li> <li>■ Apilamiento o compresión</li> </ul>	<p>Cada una de las siguientes pruebas deben estar precedidas por una prueba de aspersión con agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Caída libre (de 0.3 a 1.2 metros, dependiendo de la masa del embalaje)</li> <li>■ Apilamiento o compresión</li> <li>■ penetración (caída de barra de 6Kg desde altura de 1 metro)</li> </ul>



Los embalajes usados en la industria, tales como los cisterna y los contenedores cisterna de acero podrían satisfacer estos requisitos, pero los embalajes diseñados para cumplir un propósito particular también son usados frecuentemente. La elección depende de las características del material. Algunos materiales típicos transportados en embalajes son desechos de nivel radiactivo bajo e intermedio, o minerales que contienen radionucleidos presentes naturalmente (p. ej. uranio o torio), así como concentrados de esos minerales.

## Embalajes Tipo A

Los embalajes Tipo A son usados para el transporte de pequeñas, pero significativas, cantidades de material radiactivo. Ya que se supone que este tipo de embalaje puede ser, en teoría, dañado en un grave accidente y que una porción de su contenido se puede salir, la cantidad de radionucleidos que ellos pueden contener está limitada por el Reglamento de la OIEA. En tal caso, estos límites aseguran que los riesgos de radiación o contaminación externa sean muy bajos.

Los embalajes tipo A requieren mantener su integridad durante condiciones normales de transporte y por lo tanto, están sujetos a pruebas que simulan estas condiciones (ver Tabla 2).

Tabla 2: Requisitos para embalajes Tipo A

Criterios	Requisitos
Requisitos de diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> <li>■ Requisitos adicionales para embalajes Tipo A (sellos, amarres, temperatura, contención, presión reducida, válvulas)</li> </ul>
Requisitos de las pruebas Condiciones normales de transporte	<p>Cada una de las siguientes pruebas deben estar precedidas por una prueba de aspersión con agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Caída libre (de 0.3 a 1.2 metros, dependiendo de la masa del embalaje)</li> <li>■ Apilamiento o compresión</li> <li>■ penetración (caída de barra de 6Kg desde altura de 1 metro)</li> </ul>

Los embalajes Tipo A son usados para transportar radioisótopos para diagnósticos médicos o teleterapia, tecnecio, generadores usados para ayudar en el diagnóstico de ciertos tipos de cáncer, y también para algunos materiales nucleares del ciclo de combustible nuclear.

## Embalajes Tipo B

Los embalajes Tipo B se usan para el transporte de material altamente radiactivo. Estos embalajes deben resistir las mismas condiciones normales de transporte como los embalajes de Tipo A, pero como su contenido excede los límites del Tipo A, es necesario especificar la resistencia adicional a la radiación o al material radiactivo en caso de daños accidentales. El concepto es que este tipo de embalaje debe ser capaz de resistir las condiciones de accidente esperadas, sin que se agriete el contenedor cisterna o haya un incremento en la radiación a niveles que pongan en peligro al público en general y a aquellos involucrados en las labores de rescate o de limpieza. La capacidad de cumplimiento de este embalaje con respecto a este requisito, queda demostrado por las estrictas pruebas de condiciones de accidente (ver Tabla 3).

Tabla 3: Requisitos para embalajes Tipo B

Criterios	Requisitos
Requisitos de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> <li>■ Requisitos adicionales para embalajes Tipo A</li> <li>■ Requisitos adicionales para embalajes Tipo B (generación interna de calor y temperatura máxima de la superficie)</li> </ul>
Requisitos de las pruebas Condiciones normales de transporte	<p>Cada una de las siguientes pruebas deben estar precedidas por una prueba de aspersión con agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Caída libre (de 0.3 a 1.2 metros, dependiendo del contenido del embalaje)</li> <li>■ Apilamiento o compresión</li> <li>■ penetración por caída de barra de 6Kg desde altura de 1 metro</li> </ul>
Requisitos de las pruebas – condiciones accidentales de transporte	<p>Efectos acumulativos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ caída libre desde altura de 9 metros o prueba de colisión dinámica (caída de masa de 500kg desde altura de 9 metros sobre un espécimen)</li> <li>■ prueba de penetración</li> <li>■ prueba térmica (fuego con intensidad de 800°C por 30 minutos)</li> <li>■ inmersión (15 metros por 8 horas)</li> </ul> <p>Prueba mejorada de inmersión para embalajes que transporten una gran cantidad de material radiactivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 200 metros por 1 hora</li> </ul>

Los embalajes Tipo B son usados para transportar material tan distinto como radioisótopos no encapsulados para usos médicos e investigativos, combustible nuclear gastado y residuos vitrificados de alto nivel.

## Embalajes Tipo C

La Edición de 1996 del Reglamento de Transporte de la OIEA, incorporó un requisito para un embalaje de diseño más robusto, el Embalaje Tipo C, para el transporte aéreo de material de mayor radiactividad por vía aérea. Los embalajes Tipo C deben satisfacer todos los requisitos adicionales de los embalajes Tipo A y la mayoría de los requisitos adicionales de los embalajes Tipo B.

Los embalajes Tipo C están sujetos a una serie de pruebas para medir su habilidad para resistir incidentes y accidentes de transporte (ver Tabla 4). Este tipo de embalaje aún no ha sido desarrollado.

Tabla 4: Requisitos para embalajes Tipo C

Criterios	Requisitos
Requisitos de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requisitos generales para todos los embalajes</li> <li>■ Requisitos adicionales de temperatura y presión para transporte por aire</li> <li>■ Requisitos adicionales para embalajes Tipo A</li> <li>■ Requisitos adicionales para embalajes Tipo B (generación interna de calor y temperatura máxima de la superficie)</li> </ul>
Requisitos de las pruebas Condiciones normales de transporte	<p>Cada una de las siguientes pruebas deben estar precedidas por una prueba de aspersión con agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Caída libre (de 0.3 a 1.2 metros, dependiendo del contenido del embalaje)</li> <li>■ Apilamiento o compresión</li> <li>■ penetración por caída de barra de 6Kg desde altura de 1 metro</li> </ul>
Requisitos de las pruebas – condiciones accidentales de transporte	<p>Secuencia de la prueba sobre un espécimen en el siguiente orden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ caída libre desde altura de 9 metros o prueba de colisión dinámica (caída de masa de 500kg desde altura de 9 metros sobre un espécimen)</li> <li>■ prueba de penetración</li> <li>■ prueba térmica mejorada (fuego con intensidad de 800°C por 60 minutos)</li> </ul> <p>Un espécimen distinto puede ser usado para la prueba siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ prueba de impacto (no menor a 90 metros por Segundo)</li> </ul>

## Embalajes para material fisible

Los materiales del ciclo de combustible nuclear que contengan uranio o plutonio enriquecido son fisibles, p. ej. estos pueden soportar una reacción en cadena. Estas reacciones en cadena no deseadas son prevenidas durante condiciones de transporte normales y de accidente gracias al diseño del embalaje, la disposición del material fisible dentro del mismo y también la configuración de múltiples embalajes.

## Embalajes para hexafluoruro de uranio

El Reglamento de la OIEA incluye requisitos específicos para los embalajes que contienen hexafluoruro de uranio (Hex).

Estos embalajes deben someterse a las siguientes pruebas:

- resistir una prueba de presión de al menos 1.4MPa;
- resistir una prueba de caída libre, la altura de la caída dependerá de la masa;
- resistir una prueba térmica a una temperatura de 800°C durante 30 minutos.

## Fotografías

- 1 Bidones de mineral de uranio concentrado (Embalaje Industrial)
- 2 Cilindros de 48" para el transporte de Hex
- 3 Casco de cobalto-60 (Embalaje Tipo B)
- 4 Casco de combustible nuclear gastado (Embalaje Tipo B)
- 5 Casco de combustible MOX (Embalaje Tipo B)
- 6 Embalaje usado para transportar canastas vacías de combustible gastado (Embalaje de Tipo A)

