



TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS

CONTENIDO BÁSICO DE LOS INFORMES DE SEGURIDAD PARA APROBACIÓN DE BULTOS

**Control del Transporte de Materiales Radiactivos
Gerencia de Seguridad Radiológica, Física y Salvaguardias**

Avda. del Libertador 8250
(C1429BNP) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfonos: (011) 6323-1708 / 4125-8613

Email: transporte@arn.gob.ar

OBJETIVO

Esta guía tiene por objetivo orientar a los solicitantes de un certificado de diseños de bultos, aptos para el transporte de materiales radiactivos que sean sustancias fisionables o no, sobre cómo confeccionar en forma organizada el Informe de Seguridad con vistas a ser presentado a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).

ALCANCE

Este Contenido Básico de ningún modo es exhaustivo y sólo contiene los temas que la ARN ha considerado más importantes para ser incluidos en el Informe de Seguridad que debe presentar el solicitante del certificado.

En cada diseño en particular los solicitantes deberán incluir de forma organizada en el citado informe la documentación necesaria y suficiente para demostrar a satisfacción de la ARN el cumplimiento con la normativa vigente.

Ante cualquier consulta comunicarse con el Sector Control del Transporte de Materiales Radiactivos, cuyos datos están en la carátula del presente documento.

Es aplicable para:

- Aprobación de un diseño de bulto:
 - De un nuevo diseño de bulto.
 - De una renovación de un diseño de bulto.
 - De una validación de certificados de aprobación emitidos por otro país.

Las aprobaciones que serán cubiertas son:

- Bultos del Tipo B(U) y Tipo B(M), aptos para el transporte de materiales radiactivos que sean sustancias fisionables o no.
- Bultos para el transporte de sustancias fisionables.
- Bultos que contengan más de 0,1 kg de hexafluoruro de uranio.
- Arreglos especiales.

- Verificación de cumplimiento:
 - De un nuevo diseño de bulto.
 - De una renovación de un diseño de bulto.

Las verificaciones de cumplimiento que serán cubiertas son:

- Bultos del Tipo A.
- Bultos Industriales del Tipo BI-2 y BI-3.

INTRODUCCIÓN

El solicitante del certificado debe presentar a la ARN lo siguiente:

a) El formulario “Solicitud de aprobación, renovación, modificación, validación o verificación de cumplimiento del diseño de bulto para el transporte de materiales radiactivos” debidamente completado. Para ello, el solicitante cuenta con el instructivo correspondiente que lo guiará para completar el formulario citado.

b) El Informe de Seguridad del diseño de bulto, para el que solicitan la aprobación de la ARN.

El Informe de Seguridad debe ser enviado impreso y en formato digital.

Es importante que se realice una presentación previa del programa de los ensayos sobre los bultos, para asegurar la presencia de personal de la ARN. Se recomienda que se contemple el registro fotográfico y/o en vídeo de los ensayos. Asimismo, es importante que los planos y diagramas que se aporten sean claros y legibles de manera que sea posible su fácil lectura e interpretación.

Los valores indicados de los parámetros utilizados en el Informe de Seguridad y los demás documentos a ser presentados por el solicitante deben estar en el Sistema Internacional de Unidades.

En caso que la ARN lo considere oportuno, puede requerir al solicitante de un certificado otra información referida al licenciamiento.

CONTENIDO DEL INFORME DE SEGURIDAD

Índice del Informe de Seguridad

Capítulo 1 – Introducción

- 1.1. Datos del solicitante del certificado, y del diseñador y fabricante de los embalajes.
Nombres, domicilios, números de teléfono y direcciones de correos electrónicos de las partes involucradas en el diseño, fabricación y solicitud.
- 1.2. Nombre o identificación del bulto.
- 1.3. Breve descripción del bulto.
Descripción de los componentes del embalaje y de los contenidos radiactivos; esquemas descriptivos.
- 1.4. Modos de transporte en los que se pretende utilizar el bulto y para los que se solicita su aprobación.
- 1.5. Breve consideración de la reglamentación a cumplimentar.
- 1.6. Información general sobre el sistema de gestión.

Capítulo 2 – Descripción del contenido radiactivo

- 2.1. Descripción de los radionucleidos, y sus correspondientes actividades y actividades específicas parciales y totales.
Además de las actividades y/o actividades específicas, la naturaleza de la radiación emitida por el contenido radiactivo. En caso que el contenido sea sustancia fisionable: las masas, enriquecimientos, composición química y física, densidad, humedad y otras características de las sustancias fisionables significativas para el análisis. En caso de

combustible irradiado: enriquecimiento inicial, flujo neutrónico, tiempo de irradiación y tiempo de decaimiento.

2.2. Descripción física y química del contenido radiactivo.

2.3. Masa total del contenido radiactivo.

2.4. Descripción del material radiactivo en forma especial.

Descripción; actividad total y específica; esquemas; copia del certificado de aprobación de la autoridad competente; pruebas de la aplicación de un sistema de gestión para el diseño de material radiactivo en forma especial.

2.5. Valores de A_1 o A_2 .

Valores de A_1 o A_2 para los radionucleidos, extraídos de la norma AR 10.16.1 o cálculo de los mismos.

2.6. Disposición geométrica del contenido radiactivo.

Descripción; esquemas descriptivos y planos.

2.7. Descripción de las consideraciones de la seguridad radiológica con respecto a los máximos niveles de radiación en contacto con la superficie exterior del bulto y a 1 m de la misma (Índice de Transporte - IT).

2.8. Descripción de las consideraciones de la seguridad con respecto a la criticidad, si el contenido radiactivo es sustancia fisionable.

2.9. Descripción de otras características peligrosas, no radiológicas, del contenido radiactivo.

2.10. Descripción de la generación y disipación del calor del contenido radiactivo.

Capítulo 3 – Descripción del embalaje

3.1. Descripción general.

Forma y dimensiones del conjunto, subconjunto, montajes, etc.; aberturas, cierres y juntas; otras características importantes; esquemas y planos.

3.2. Masa del embalaje y masa total incluido el contenido.

Masa de cada uno de los componentes del embalaje y la masa total del bulto (incluido el contenido).

3.3. Descripción y propiedades de los materiales del embalaje.

Propiedades físicas y químicas; comportamiento bajo irradiación y en el intervalo de temperaturas entre -40°C y $+70^{\circ}\text{C}$; generación de gases por reacción química y radiólisis; descomposición radiolítica.

3.4. Fabricación de los embalajes.

Métodos y procedimientos; normas aplicables; plan o programa de fabricación (puede formar parte de un documento separado del Informe de Seguridad, si es así, debe citarse el documento en el que se encuentra); otras características importantes.

3.5. Descripción del sistema de contención.

Se definirá y describirá el sistema de contención, incluyendo las especificaciones de componentes como contenedor primario, secundario si corresponde, blindajes, tapas, cierres, sellos, soldaduras, válvulas y otras estructuras de cierre.

3.6. Descripción del sistema de confinamiento.

3.7. Descripción, análisis y cálculo del sistema de blindaje contra las radiaciones.

Modelos de cálculo utilizados; validación de los modelos de cálculo; hipótesis consideradas; máximos niveles de radiación considerados en contacto con la superficie exterior del bulto y a 1 m de la misma (Índice de Transporte - IT); cálculos realizados; optimización del sistema de blindaje contra las radiaciones; análisis y evaluación de los resultados obtenidos; análisis y evaluación de errores; esquemas y planos; conclusiones.

- 3.8. Descripción, análisis y cálculo del sistema de blindaje neutrónico.

Modelos de cálculo utilizados; validación de los modelos de cálculo; hipótesis consideradas; cálculos realizados; optimización del sistema de blindaje neutrónico; análisis y evaluación de los resultados obtenidos; análisis y evaluación de errores; esquemas y planos; conclusiones.

- 3.9. Dispositivos de elevación, manipulación y sujeción.

Descripción, análisis y cálculo de los dispositivos de elevación, manipulación y sujeción de los contenidos radiactivos, embalajes y bultos (esquemas y planos).

- 3.10. Marcado de los embalajes (esquemas).

- 3.11. Medidas de prevención contra operaciones indebidas (cierres; precintos).

Capítulo 4 – Condiciones normales de transporte

- 4.1. Demostración del cumplimiento con los requisitos generales relativos a todos los embalajes y bultos.

- 4.2. Demostración del cumplimiento con los requisitos complementarios relativos a bultos transportados por vía aérea.

- 4.3. Demostración del cumplimiento con los requisitos relativos a los bultos del Tipo A.

- 4.4. Análisis de la disipación térmica en condiciones de transporte normales.

Descripción de los métodos y modelos de cálculo térmico utilizados para simular las condiciones de transporte normales; simulación de la fuente interna de calor; validación de los modelos de cálculo; análisis, evaluación y cálculo de las temperaturas en el contenido radiactivo (fuente interna), el aire u otro gas que rodee a la fuente en el recinto interior, el sistema de contención, el sistema de blindaje contra las radiaciones, el sistema de aislamiento térmico, etc.; cálculo de la presión interna en condiciones de transporte normales; análisis del comportamiento de los materiales del contenido radiactivo y del embalaje; esquemas y planos; cálculos, análisis de los resultados obtenidos; conclusiones.

- 4.5. Análisis, evaluación y descripción del cálculo de las tensiones.

Tensiones generadas por la presión interna y por dilatación diferencia; tensiones de origen térmico en condiciones de transporte normales; validación de los modelos de cálculo; resultados obtenidos y conclusiones.

- 4.6. Características de los ensayos para demostrar el cumplimiento en condiciones normales de transporte.

Métodos de ensayo a emplear; escalas; descripción de los especímenes para ensayo y diferencias con el modelo de bulto real; simulación del contenido radiactivo; blanco o plataforma para ensayos de caída; preparación de especímenes para su ensayo; esquemas y planos.

- 4.7. Ensayos encaminados a demostrar la capacidad de soportar las condiciones de transporte normales.

Descripción de los ensayos de aspersion con agua, caída libre, apilamiento y penetración; modelos de cálculo utilizados; validación de los modelos de cálculo; análisis de las orientaciones de caída más desfavorables; influencia de la temperatura y la presión sobre el comportamiento estructural de los especímenes de ensayo; influencia y efecto de los ensayos sobre el contenido radiactivo real; análisis y evaluación de los resultados obtenidos, y conclusiones; esquemas.

- 4.8. Demostración del cumplimiento con los criterios de aceptación de los ensayos.

Sistema de contención: cálculo y análisis de fugas, estanqueidad, validación de los modelos de cálculo; sistema de blindaje contra las radiaciones ionizantes: descripción de la fuente de radiación, modelos de cálculo empleados, validación de los modelos de cálculo, hipótesis utilizadas, verificación del blindaje; cálculos realizados; esquemas y planos; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

Capítulo 5 – Condiciones de accidente durante el transporte

- 5.1. Demostración del cumplimiento de los requisitos relativos a los bultos del Tipo B(U).
5.2. Demostración del cumplimiento de los requisitos relativos a los bultos del Tipo B(M).
5.3. Características de los ensayos para demostrar el cumplimiento en condiciones de accidente durante el transporte.

Métodos de ensayo a emplear; escalas; descripción de los especímenes para ensayo y diferencias con el modelo de bulto real; simulación del contenido radiactivo; blanco o plataforma para ensayos de caída; preparación de especímenes para su ensayo; esquemas y planos; análisis y conclusiones.

- 5.4. Ensayos encaminados a demostrar la capacidad de soportar las condiciones de accidente durante el transporte: ensayo mecánico.

Descripción detallada de los ensayos: a) caída libre del espécimen desde 9 m sobre un blanco horizontal, plano y rígido (caída I), b) caída libre del espécimen desde 1 m sobre una barra rígidamente montada y perpendicular al blanco descrito en a) (caída II), y c) si es aplicable, se reemplaza la caída I por el ensayo de aplastamiento dinámico, caída de una placa desde 9 m sobre el espécimen apoyado en el blanco descrito en a) (caída III); análisis de las orientaciones y secuencias de caída más desfavorables (modelos de cálculo utilizados; validación de los modelos de cálculo); influencia de la temperatura sobre el comportamiento estructural de los especímenes de ensayo; influencia y efecto de los ensayos sobre el contenido radiactivo real; análisis de las tensiones y deformaciones desarrolladas durante el ensayo mecánico; cálculos realizados; esquemas y planos; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 5.5. Ensayos encaminados a demostrar la capacidad de soportar las condiciones de accidente durante el transporte: ensayo térmico.

Descripción del ensayo; cálculos utilizados; validación de los modelos de cálculo; análisis, evaluación y cálculo de las temperaturas durante el ensayo térmico en el contenido radiactivo (fuente interna), el aire u otro gas que rodea a la fuente en el recinto interior, el sistema de contención, el sistema de blindaje contra las radiaciones ionizantes, el sistema de aislamiento térmico, etc.; cálculo de la presión interna en condiciones de accidente durante el transporte; análisis del comportamiento de los materiales del contenido radiactivo y del embalaje; análisis de los resultados obtenidos; análisis y evaluación de los errores; esquemas y planos; conclusiones.

- 5.6. Ensayos encaminados a demostrar la capacidad de soportar las condiciones de accidente durante el transporte: ensayo de inmersión en agua.

Cálculo, análisis y evaluación de las tensiones y deformaciones desarrolladas durante el ensayo de inmersión en agua; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 5.7. Ensayos encaminados a demostrar la capacidad de soportar las condiciones de accidente durante el transporte: ensayo reforzado de inmersión en agua.

Cálculo, análisis y evaluación de las tensiones y deformaciones desarrolladas durante el ensayo reforzado de inmersión en agua; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 5.8. Análisis, evaluación y descripción del cálculo de las tensiones.

Tensiones generadas por la presión interna y por dilatación diferencial, y de las tensiones de origen térmico en condiciones de accidente durante el transporte; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 5.9. Demostración de la verificación de los criterios de aceptación de los ensayos.

Sistema de contención: cálculo y análisis de fugas, estanqueidad, validación de los modelos de cálculo; sistema de blindaje contra las radiaciones: descripción de la fuente de radiación, modelos de cálculo empleados, validación de los modelos de cálculo, hipótesis utilizadas, verificación del blindaje; sistema de confinamiento: mantenimiento del control de la criticidad, evaluación de seguridad con respecto a la criticidad apropiada para el diseño del bulto, tanto para configuraciones con daño como sin él; esquemas y planos; cálculos, análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

Capítulo 6 – Evaluación del control de la criticidad nuclear

- 6.1. Demostración del cumplimiento de los requisitos relativos a los bultos que contengan sustancias fisionables.

- 6.2. Evaluación de la subcriticidad para bultos intactos.

Análisis, evaluación, modelado, hipótesis y cálculo de la subcriticidad para cada bulto aislado y para conjuntos ordenados de bultos en la remesa pertinente; tener en cuenta la variación de la criticidad con la penetración o escape de agua, inclusión de absorbentes neutrónicos, modificación de la geometría entre bultos y en el contenido radiactivo, inmersión en agua o nieve, cambios de temperatura, otros; considerar la configuración y moderación que den lugar a la máxima multiplicación de neutrones, y la mayor reflexión; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 6.3. Evaluación de la subcriticidad para bultos dañados.

Determinación de bulto dañado: análisis, evaluación, desarrollo o cálculo de los ensayos aplicables incluidos los correspondientes a los ensayos en condiciones normales o accidentales de transporte y los ensayos de infiltración de agua; análisis, evaluación, modelado, hipótesis y cálculo de la subcriticidad para cada bulto aislado y para conjuntos ordenados de bultos en la remesa pertinente; tener en cuenta la variación de la criticidad con la penetración o escape de agua, inclusión de absorbentes neutrónicos, modificación de la geometría entre bultos y en el contenido radiactivo, inmersión en agua o nieve, cambios de temperatura, otros; considerar la configuración y moderación que den lugar a la máxima multiplicación de neutrones, y la mayor reflexión; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.

- 6.4. Ensayos encaminados a demostrar la subcriticidad: ensayo de perforación-desgarramiento.
Descripción del ensayo; cálculos utilizados; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.
- 6.5. Ensayos encaminados a demostrar la subcriticidad el transporte: ensayo térmico reforzado.
Descripción del ensayo; cálculos utilizados; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.
- 6.6. Ensayos encaminados a demostrar la subcriticidad: ensayo de impacto.
Descripción del ensayo; cálculos utilizados; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.
- 6.7. Ensayos encaminados a demostrar la subcriticidad: ensayo de infiltración de agua.
Descripción del ensayo; cálculos utilizados; validación de los modelos de cálculo; esquemas; análisis y evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones.
- 6.8. Determinación del Índice de Seguridad con respecto a la Criticidad nuclear.
Determinación del Índice de Seguridad con respecto a la Criticidad para el control, durante el transporte y almacenamiento en tránsito, de la criticidad nuclear para un conjunto ordenado de bultos en condiciones de bultos intactos y dañados.

Capítulo 7 – Utilización, inspección y mantenimiento de embalajes y bultos

- 7.1. Ensayos y pruebas previstas antes de la primera expedición de cada bulto.
Para cada embalaje fabricado: ensayos y pruebas en frío para evaluar la transmisión de calor (orificios de ventilación, coeficiente de emisión superficial, capacidad de absorción y continuidad de las trayectorias de conducción); verificación de las fugas o la estanqueidad (integridad de los sellos o cierres herméticos); comportamiento del sistema de contención durante la carga, utilización y descarga de cada embalaje, etc.; verificación de que el sistema de contención de cada bulto se comporta de acuerdo al diseño, si la presión de diseño es superior a 35 kPa; ensayos y pruebas con valores crecientes de actividades del contenido radiactivo para evaluar el comportamiento de los sistemas de contención y de blindaje contra las radiaciones (pruebas radiométricas - valores de tasas de exposición en contacto con las superficies accesibles de cada bulto y a 1 m de las mismas); verificación de las características de seguridad con respecto a la criticidad; comprobaciones para confirmar la presencia y distribución de venenos neutrónicos; esquemas y planos; valores medidos y cálculos realizados.
- 7.2. Descripción de los ensayos y pruebas previstos antes de cada expedición de los bultos.
Verificación de que se han desmontado o dejado inoperantes los dispositivos de elevación del bulto; verificación de que se han satisfecho todos los requisitos de los certificados de aprobación y las disposiciones de la norma AR.10.16.1; verificación de que los valores de presión y temperatura se hayan aproximado a las condiciones de equilibrio; verificación de que todos los cierres, válvulas y demás orificios del sistema de contención estén debidamente cerrados y precintados; inspecciones y/o ensayos para comprobar que se han cumplido todas las medidas para prevenir la entrada de agua, para el caso de sustancias fisiónables; esquemas y planos; valores medidos y cálculos realizados.
- 7.3. Condiciones de transitorio y equilibrio de cargas.

Análisis, evaluación y cálculo del período correspondiente a la condición de transitorio de la presión y temperatura debido a la carga del contenido radiactivo; valores de presión y temperatura en condiciones de equilibrio de cargas; esquemas; conclusiones.

7.4. Manual o procedimientos de operación del modelo de bulto.

Objeto; alcance; descripción breve y esquemas y planos del bulto; controles operativos (control y medición de la contaminación de superficies, los niveles de radiación, el Índice de Transporte - IT, el Índice de Seguridad con respecto a la Criticidad - ISC, y las temperaturas; régimen transitorio y alcance del régimen permanente; el marcado y etiquetado de los bultos); controles durante el almacenamiento en tránsito; manipulación, sujeción y estiba en los medios de transporte; rotulado de los vehículos; instrucciones o procedimientos de carga, transporte y descarga; disposiciones de la modalidad en uso exclusivo; crear y mantener actualizados los registros pertinentes.

7.5. Manual o procedimientos de inspección y mantenimiento del modelo de bulto.

Objeto; alcance; descripción breve y esquemas y planos del bulto; inspecciones, controles y pruebas de los embalajes y bultos; control y aprobación de las actividades de inspección y mantenimiento; crear y mantener actualizados los archivos pertinentes.

7.6. Manual o procedimientos específicos de intervención en emergencias radiológicas para el modelo de bulto.

Objeto; alcance; instrucciones generales para casos de emergencia radiológica; primeros auxilios; instrucciones particulares para casos de choque e incendio del vehículo, y derrame o fuga del contenido; instrucciones para pérdida robo o hurto del material; crear y mantener actualizados los archivos sobre datos de incidentes y accidentes.

A los fines de su posterior utilización por los usuarios (remitentes, destinatarios, transportistas, personal de intervención en emergencias, etc.) es conveniente que los manuales o procedimientos citados en los puntos 7.4, 7.5 y 7.6 sean publicados en documentos separados del Informe de Seguridad.

Capítulo 8 – Requisitos de Protección Radiológica y Programa de Protección Radiológica

8.1. Principios de Protección Radiológica.

Consideración de los tres principios básicos de protección radiológica: la justificación de la práctica, la optimización de la protección radiológica y los límites individuales o colectivos de dosis y de riesgo.

8.2. Descripción del Programa de Protección Radiológica.

Para el desarrollo del Programa de Protección Radiológica deberá considerarse: su alcance, las funciones y responsabilidades en su aplicación, las evaluaciones de las dosis y de las contaminaciones superficiales pertinentes, los límites y restricciones de dosis y la optimización, las distancias de segregación, la respuesta a situaciones de emergencia radiológica, la capacitación y entrenamiento del personal involucrado, y el sistema de gestión del programa.

Capítulo 9 – Sistema de gestión

9.1. Descripción del sistema de gestión.

Pruebas de la aplicación de un sistema de gestión para el diseño, la fabricación, los ensayos, la documentación, la utilización, el mantenimiento e inspección de los embalajes y bultos, y las operaciones de transporte y el almacenamiento en tránsito para el modelo de bulto considerado.

9.2. Verificación independiente.

Análisis, evaluación y revisión del diseño del modelo de bulto considerado por parte de un grupo, perteneciente o no al solicitante del certificado, que sea independiente del grupo encargado del diseño; conclusiones; calificación de los integrantes del grupo revisor independiente.

Capítulo 10 – Referencias y bibliografía

Listado que contenga los títulos, nombre de los autores y otros datos de interés de los documentos más importantes citados o utilizados durante el licenciamiento del diseño de bulto considerado.

Dicho listado también puede ir incluido en cada uno de los capítulos en los que se han citado o utilizados.