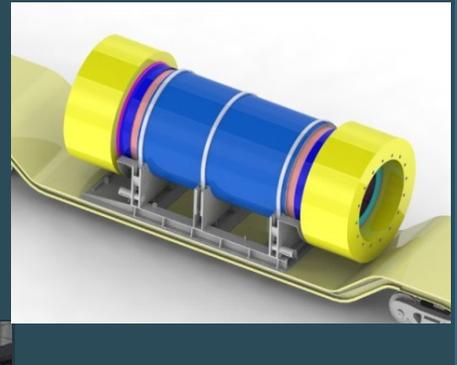


Seguridad del Transporte de Combustible Gastado



Las agencias: ¿Quién hace qué?



La Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (NRC, por sus siglas en inglés) es una agencia independiente creada por el Congreso. Su misión es regular el uso civil de materiales radioactivos de una manera que proteja la salud y seguridad públicas y el medio ambiente. La NRC regula los reactores nucleares comerciales; la investigación, prueba y capacitación de reactores; instalaciones del ciclo del combustible nuclear; y los usos médicos, académicos e industriales de materiales nucleares. La NRC también regula el embalaje para el transporte, almacenaje y la eliminación de materiales y desechos nucleares, y autoriza la exportación e importación de materiales radioactivos.



El Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT, por sus siglas en inglés) coordina con la NRC para establecer las reglas para el embalaje de materiales nucleares. El DOT también trabaja con la NRC y los Estados afectados para regular su transporte. El DOT regula los transportistas, fija normas para las rutas y es responsable de los acuerdos internacionales para el transporte de todos los materiales peligrosos.



El Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés) es responsable por ley de la eliminación del combustible gastado de los reactores de energía nuclear de la nación.



El Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus siglas en inglés) es un foro para la cooperación científica y técnica en el ámbito nuclear. Parte de las Naciones Unidas, el IAEA establece estándares mundiales en muchas áreas de la industria nuclear. Las regulaciones del IAEA para el embalaje y transporte de materiales sirven como modelo para los Estados Unidos y otras naciones.

Fotos de portada:

(Izquierda) Barricas transportables de combustible gastado en una plataforma de almacenaje. (Cortesía de: Holtec International)

(Centro) Transporte de barrica de combustible gastado llega a Rancho Seco. (Cortesía de: Areva)

(Derecha) Diagrama de transporte de barrica de combustible gastado. (Cortesía de: Holtec International)

(Abajo) Transporte de barrica de combustible llega a unas instalaciones.

Página 1, fotos:

(Izquierda) Sistema transportable vacío para el almacenaje de combustible gastado llega a Prairie Island. (Cortesía de: Areva)

(Derecha) Sistema transportable para el almacenaje de combustible gastado es preparado para el almacenamiento. (Cortesía de: Areva)

(Abajo) Embalaje de transporte se coloca dentro del vehículo de transporte. (Cortesía de: NAC International)

La Comisión Reguladora Nuclear

La NRC regula el ciclo del combustible nuclear de principio a fin. A partir del momento en que se extrae el uranio del suelo, la NRC supervisa su procesamiento y fabricación en combustible para ser usado en los reactores. La NRC también desempeña un papel en garantizar el transporte seguro, y el almacenaje geológico permanente del combustible usado.

La NRC trabaja para proteger la salud y seguridad públicas, el medio ambiente y nuestra seguridad nacional. Para mantener la confianza del público, la NRC tiene el objetivo de realizar su trabajo de manera abierta y ser eficaces, eficientes y realistas.

El manejo adecuado de los materiales nucleares ayuda a proteger la seguridad del público y de los trabajadores de las plantas. Para conseguir este objetivo, la NRC trabaja con el DOT y el DOE en los Estados Unidos, y con el organismo IAEA a nivel internacional. Juntas, estas agencias contribuyen a asegurar que los materiales nucleares sean embalados y transportados de manera segura alrededor del mundo.

Esta publicación explica el papel de la NRC en el embalaje y transporte seguros de combustible nuclear de centrales nucleares comerciales. La NRC supervisa el diseño, fabricación, uso y mantenimiento de los contenedores para estos envíos radioactivos. Sin embargo, la NRC no controla el momento ni el destino de los envíos de combustible gastado.

La NRC tiene tres funciones principales:

1. Establecer las normas y regulaciones
2. Emitir licencias a instalaciones nucleares y usuarios de materiales nucleares
3. Inspeccionar las instalaciones para asegurar que se cumplan las regulaciones de la NRC



¿Qué es el combustible gastado?

Radiación

Cerca de la mitad de la exposición pública anual promedio a la radiación proviene de fuentes naturales. Estas incluyen el radón, el cuerpo humano, el espacio exterior, las rocas y el suelo. A esta radiación natural se le llama radiación de fondo y puede variar mucho de un lugar a otro. Casi todo el resto de la exposición de la persona promedio viene de fuentes médicas, como radiografías y pruebas diagnósticas usadas en el cuidado de la salud. La radiación que se puede rastrear al transporte de materiales radioactivos constituye una pequeña fracción de la exposición total de la persona promedio. Es poco probable que tales bajos niveles de exposición tengan algún efecto biológico, pero si lo tuvieran, sería demasiado pequeño para ser detectado. El cuerpo humano responde a la radiación de la misma manera, ya sea que provenga de fuentes naturales o artificiales.

Los reactores nucleares producen electricidad y, como desecho, combustible gastado. El combustible de uranio puede alimentar un reactor por una cantidad de años hasta que necesite ser reemplazado. A este combustible usado se le conoce como combustible gastado. Debe almacenarse de manera segura hasta que pueda trasladarse a otro sitio.

La Ley de Residuos Nucleares establece una política para la eliminación segura y permanente del combustible gastado y otros desechos de alta actividad radioactiva. En 1987 el Congreso eligió Yucca Mountain en Nevada como sitio para ser estudiado para un depósito geológico profundo. En 2008 el DOE solicitó un permiso a la NRC para construir el depósito allí. Pero el DOE retiró su solicitud en 2010. El papel de la NRC es evaluar si la instalación cumpliría con los requisitos reglamentarios de la NRC. Otras consideraciones normativas quedan por parte del DOE y del Congreso.

Todos los reactores de energía nuclear primero trasladan su combustible gastado a piscinas para almacenaje en situ. A medida que aumenta la cantidad de combustible gastado, muchos reactores también usan barricas secas para el almacenamiento. La NRC revisa y aprueba los diseños para estos sistemas.

La NRC también evalúa cualquier propuesta para el almacenamiento central provisional de combustible gastado. Eventualmente, habrá que transportar el combustible gastado a un almacenaje central o instalación de eliminación en diferentes sitios del país. Es probable que estos envíos se realicen por ferrocarril o carreteras públicas.

Debido a que el combustible gastado es altamente radioactivo, la gente puede preguntarse:

- ¿Cómo protege la NRC al público de la radiación durante el transporte?
- ¿Cuál es la probabilidad de que uno de estos envíos sufra un accidente?
- ¿Hasta qué punto pueden los contenedores de transporte soportar un accidente y evitar la liberación de materiales nucleares?

La NRC aborda estas y otras preguntas como parte de sus esfuerzos continuos por garantizar un transporte seguro. A medida que surgen nuevas tecnologías y la información real se hace disponible, la NRC evalúa esa información contra sus regulaciones. Es importante saber que el combustible gastado ha sido transportado de manera segura dentro de los Estados Unidos y al extranjero por más de 40 años.

La clave para garantizar la seguridad: El contenedor para el transporte de combustible gastado

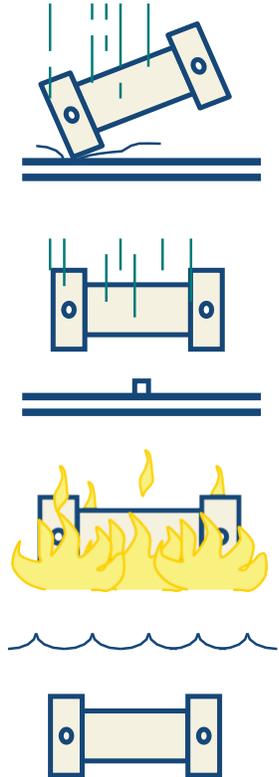
El combustible gastado es altamente radioactivo y debe blindarse y contenerse para transportarse de manera segura. El envío seguro requiere un contenedor de combustible grande y robusto llamado barrica.

La NRC regula el diseño y construcción de estas barricas para garantizar la protección del público. Los contenedores usados para transportar el combustible gastado por ferrocarril o carretera están diseñados para soportar accidentes graves. En los Estados Unidos e internacionalmente, estos diseños deben pasar una serie de pruebas que imitan las fuerzas de accidentes. La NRC revisa los contenedores de combustible gastado detenidamente para asegurar que cumplen con las normas de diseño y condiciones de prueba en las regulaciones.

Estos contenedores deben ser capaces de sobrevivir a cuatro pruebas: impacto, perforación, fuego y sumersión en agua. Durante y después de las pruebas, las barricas deben contener el material nuclear, limitar la dosis de radiación a niveles aceptables y evitar una reacción nuclear en cadena.

Para proteger a los trabajadores y al público, una barrica tiene paredes de acero y materiales de blindaje de 5 a 15 pulgadas de espesor y una tapa masiva. Los contenedores para camiones pesan alrededor de 25 toneladas cuando se cargan con una o dos toneladas de combustible gastado. Los contenedores para ferrocarriles pueden pesar hasta 150 toneladas y pueden cargar hasta 20 toneladas de combustible gastado. Los extremos de estos contenedores de transporte están encerrados en estructuras llamadas limitadores de impacto. En un accidente, estos limitadores de impacto aplastarían y absorberían las fuerzas de impacto, protegiendo el embalaje y su contenido.

Los contenedores de combustible gastado se sellan herméticamente y proporcionan fuerte blindaje para proteger a cualquiera que esté cerca de la barrica durante el transporte.



La NRC requiere que las barricas para el transporte de combustible gastado sobrevivan cuatro pruebas en secuencia:

- 1. impacto de caída libre,*
- 2. impacto de perforación,*
- 3. fuego e*
- 4. inmersión en agua.*

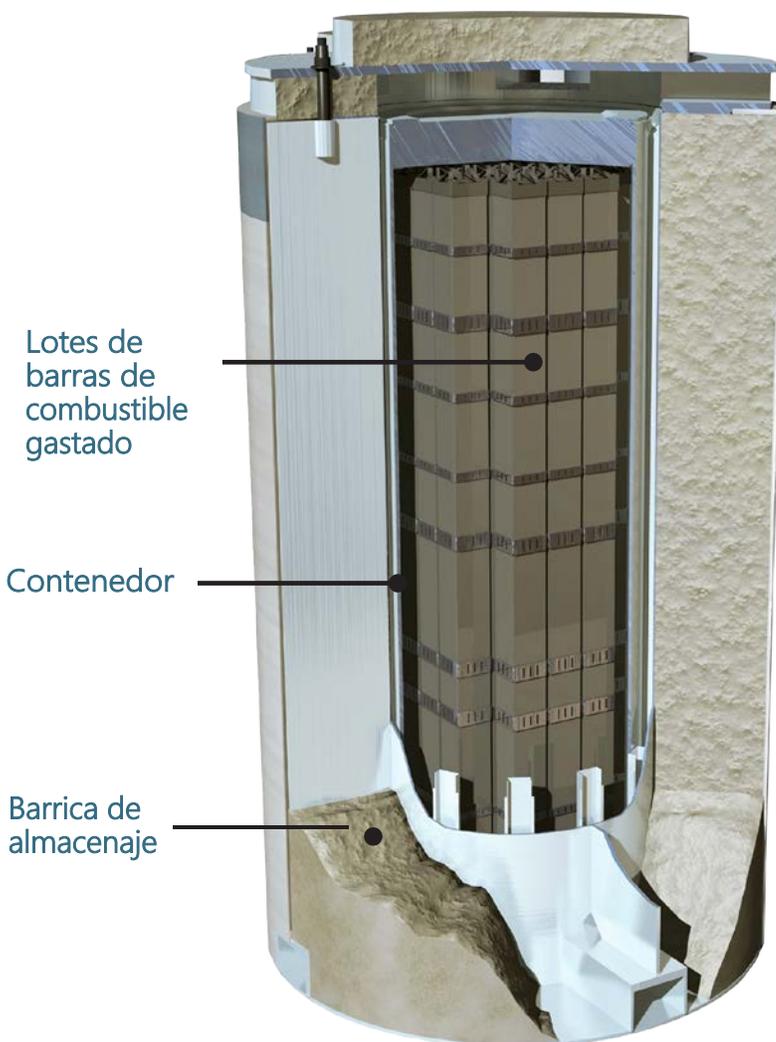
Camión lleva embalaje de transporte de NAC LWT.

Los diseñadores de barricas pueden usar varias técnicas para demostrar que sus contenedores son seguros. Pueden usar análisis informáticos, comparaciones con otros diseños, pruebas de componentes, pruebas físicas de un modelo a escala, o una combinación de estas técnicas. A menudo, combinan análisis y pruebas físicas. Se reúnen con el personal que hace las revisiones técnicas de la NRC, explican su diseño y proporcionan los documentos justificativos en una solicitud. La NRC evalúa cada diseño, examina la información en detalle y realiza sus propios cálculos según sea necesario. Los revisores de la NRC son expertos en diferentes áreas de la ciencia e ingeniería. Incluyen ingenieros estructurales y de materiales y especialistas de seguridad con títulos avanzados y muchos años de experiencia.

Cuando la NRC está convencida de que el diseño cumple con los requisitos, emite un certificado de cumplimiento. Este certificado describe el diseño aprobado (incluso los materiales que deben usarse), los contenidos autorizados y las dimensiones del contenedor. Entonces es que se pueden fabricar y usar los contenedores. Los fabricantes y transportistas cuentan con programas para garantizar que los contenedores reúnen las especificaciones de diseño durante la fabricación y el transporte. Estos programas se conocen como control de calidad. Para asegurar que las barricas cumplen con los certificados,

el personal de la NRC inspecciona tanto al fabricante como a las instalaciones que los usaran.

Pero tener un certificado significa que se puede usar una barrica. Tanto las regulaciones de la NRC como del DOT también requieren una serie de medidas de seguridad antes de cada transporte de combustible gastado. Estas incluyen verificaciones de fugas y pruebas para asegurar que los niveles de radiación están dentro de los límites de seguridad. Estas acciones han sido diseñadas para asegurar que todo aspecto de cada transporte de combustible gastado cumple con las normas de seguridad.



Breve historia del transporte y los estudios de combustible gastado

Más de 1.300 envíos de combustible gastado han sido completados de manera segura en los Estados Unidos en los últimos 35 años. Cuatro estuvieron involucrados en accidentes, pero ninguno resultó en la liberación de material radioactivo o muertes debido a la exposición a la radiación.

Esta experiencia confirma que el sistema de seguridad es sólido. ¿Pero continuará esto siendo cierto cuando aumenten los envíos para transportar combustible gastado a otro depósito o instalación de almacenaje?

La NRC estudia los riesgos asociados al transporte de combustible gastado de manera metódica y científica. Varios estudios patrocinados por la NRC a lo largo de los años se han centrado en los riesgos relacionados con el transporte de combustible gastado en carreteras y ferrocarriles. Los resultados proporcionan confianza adicional en las regulaciones actuales para garantizar la seguridad del transporte de combustible gastado.

En un estudio de 1977¹, la NRC concluyó que el riesgo de transportar combustible gastado era bajo. El estudio dio a la NRC confianza de que las regulaciones existentes son adecuadas para proteger al público.

En estudios distintos en 1987² y 2000³, la NRC examinó más de cerca la forma en que los contenedores de transporte actuarían en casos de accidentes. Cada estudio utilizó métodos de investigación más avanzados que en los estudios anteriores. Ambos estudios concluyeron que el riesgo que representan los transportes de combustible gastado sería incluso menor del que se había estimado en 1977. Este hallazgo es válido incluso si la cantidad de envíos de combustible gastado aumentara considerablemente.

El último estudio de riesgo, publicado en enero de 2014, modeló las dosis de radiación que las personas podrían recibir de los envíos de combustible gastado. Este estudio volvió a confirmar que las regulaciones de la NRC para el transporte de combustible gastado garantizan la seguridad del público y del medio ambiente.

El estudio de 2014⁴ analizó cómo se comportarían tres embalajes certificados por la NRC durante envíos normales y accidentes de transporte. El estudio modeló una variedad de rutas de transporte usando datos de población de la Oficina del Censo de los Estados Unidos. Utilizó estadísticas de accidentes reales de autopistas y ferrocarriles y modelos computarizados avanzados. El estudio consideró las dosis de envíos normales a las personas que viven a lo largo de las rutas de transporte. También examinó las dosis para los ocupantes de los vehículos que comparten la ruta, miembros de la tripulación y otros trabajadores y cualquier persona presente en una parada.



Embalaje NAC LWT para el transporte de combustible gastado es movido por grúa.

(Cortesía de: NAC International)

1. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1219/ML12192A283.pdf>

2. <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr4829/>

3. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0036/ML003698324.pdf>

4. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1403/ML14031A323.pdf>



Barrica transportable para el almacenaje de combustibles gastados es trasladada a la plataforma de almacenamiento.

(Cortesía de: Holtec International)

La evaluación de riesgos encontró:

- Las dosis de transportes rutinarios serían inferiores a 1/1000 de la cantidad de radiación que las personas reciben de fuentes de fondo cada año.
- Las posibilidades son menos de 1 en mil millones de que el material radioactivo sea liberado en un accidente.
- Si un accidente liberara material radioactivo, la dosis a la persona más afectada no causaría daño inmediato.

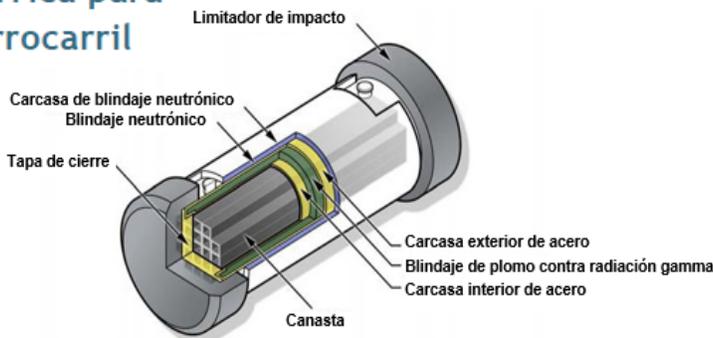
Además de estos estudios de riesgo, la NRC ha examinado de cerca los accidentes de transporte en el mundo real en los que hay incendios. La NRC realizó una serie de estudios de casos en los accidentes más graves para analizar el desempeño de un embalaje de combustible gastado certificado por la NRC. Estos estudios muestran que las regulaciones actuales protegen al público incluso de los incendios más graves. Los estudios de casos incluyeron el incendio químico del túnel de Howard Street que ardió por cinco días en Baltimore en 2001; el incendio del túnel de Caldecott en 1982 y el incendio del MacArthur Maze en 2007, ambos provocados por camiones de gasolina fuera de Oakland, CA.; y un incendio forestal en 2007 en el túnel New Hall Pass en las afueras de

Los Ángeles.

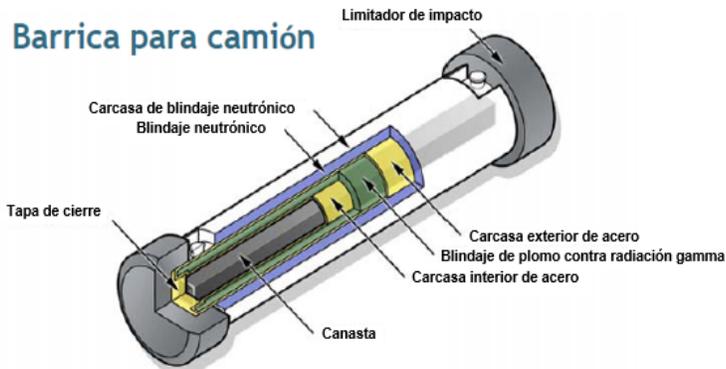
Estudios adicionales de la NRC identificaron las condiciones en un accidente que podrían producir un incendio lo suficientemente grave para envolver en llamas un embalaje de transporte de combustible gastado.

A base de estos estudios, junto con la experiencia operacional y sus propias revisiones, la NRC cree que el combustible gastado puede continuar siendo transportado de manera segura. La evidencia demuestra que esto será cierto incluso si cientos de envíos se realizaran cada año. La NRC continúa rastreando el envío de combustible gastado, y realizando más análisis y pruebas de las barricas de combustible gastado, con el fin de asegurar que los riesgos permanezcan bajos.

Barrica para ferrocarril



Barrica para camión



Los contenedores de combustible gastado han sido diseñados especialmente para proteger al público mediante soportar condiciones de accidentes sin liberar sus contenidos radioactivos.

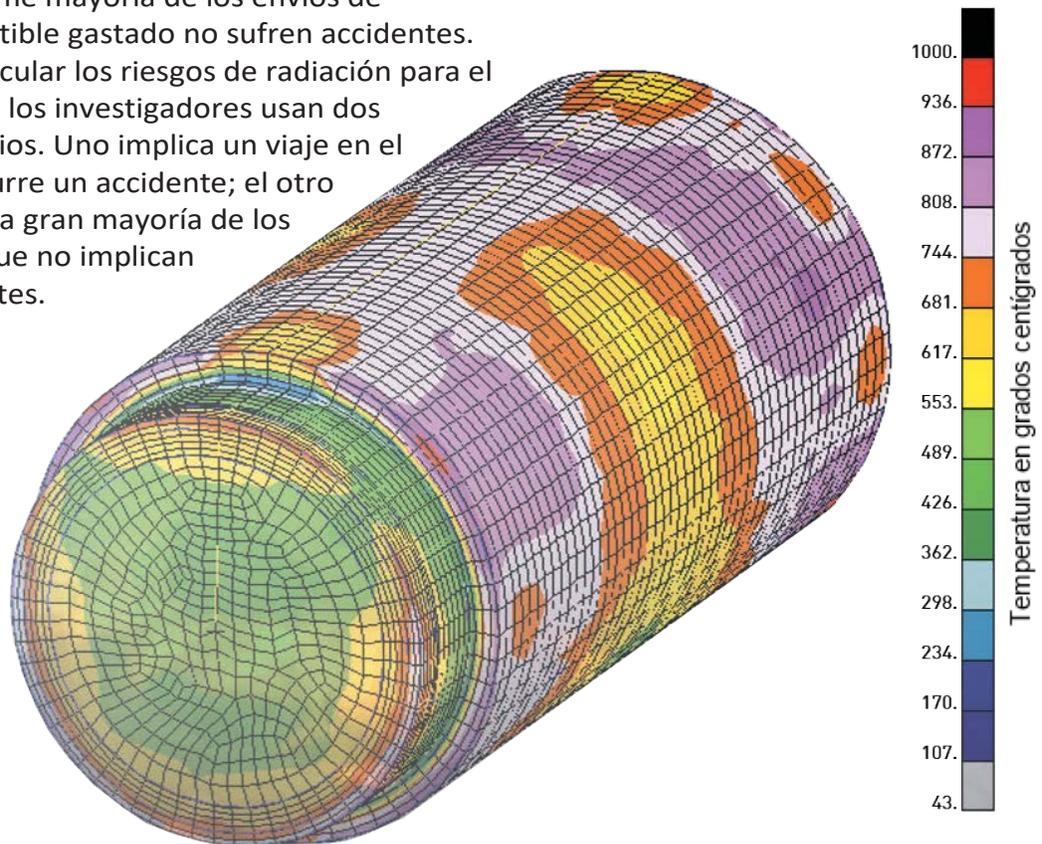
Comprender los riesgos

En general, por riesgo se entiende la posibilidad de lesión, daño o algún tipo de pérdida. Hasta la fecha, el historial de envíos de combustible gastado ha sido excepcional. Muchos más envíos internacionales han sido completados con éxito bajo las mismas normas básicas de seguridad.

Si bien el envío de combustible gastado implica riesgos, los estudios de la NRC demuestran que este riesgo es bajo. Como parte de su compromiso con la seguridad, la NRC tiene el objetivo de gestionar los peligros para minimizar el riesgo. Para evaluar los riesgos, la NRC hace las siguientes tres preguntas y entonces convierte las respuestas en números:

- ¿Qué puede salir mal?
- ¿Cuáles son las probabilidades de que ocurra?
- Si algo sale mal, ¿cuáles son las consecuencias?

La enorme mayoría de los envíos de combustible gastado no sufren accidentes. Para calcular los riesgos de radiación para el público, los investigadores usan dos escenarios. Uno implica un viaje en el cual ocurre un accidente; el otro abarca la gran mayoría de los viajes que no implican accidentes.



Se muestra una simulación computarizada de la respuesta de una barrica a un entorno de incendio grave. La NRC utiliza análisis como este y pruebas para garantizar el transporte seguro del combustible gastado.

Los investigadores usan un proceso de cuatro pasos para estudiar los accidentes reales y posibles y sus efectos.

Paso 1. Los expertos determinan lo que podría suceder.

- Recopilan los registros históricos.
- También recopilan datos sobre el número posible de envíos de combustible gastado cada año.
- Examinan la tasa de accidentes de los envíos por ferrocarril y carretera.
- Examinan un gran número de accidentes imaginables.
- También examinan los efectos de las fuerzas de colisión, incendios o perforación en el contenedor de envío. Seleccionan fuerzas más intensas que las cubiertas por las normas de la NRC.

Paso 2. Los ingenieros usan programas computarizados complejos para estimar cómo las partes de un contenedor de envío pueden dañarse por colisiones o incendios.

- *Recopilan datos sobre la cantidad de combustible gastado que transportará cada contenedor.*
- *Analizan cómo puede responder el combustible gastado en un determinado tipo de accidente.*
- *Calculan la temperatura del contenedor y del combustible gastado durante un incendio de larga duración.*

Esta información ayuda a los ingenieros a calcular el tamaño de una posible liberación y la cantidad de material nuclear que podría escapar.

Paso 3. Los investigadores encajan los escenarios del Paso 1 con los análisis del Paso 2. Esto les indica la probabilidad de que el contenedor o su contenido sufran daños graves.

Paso 4. Un programa computarizado especial calcula una estimación del riesgo. El programa toma estimaciones de probabilidad de accidentes, cantidades esperadas de envíos, datos de ruta (como densidades de población), datos meteorológicos (para calcular cómo se puede propagar cada fuga por el viento) y datos de dosis radiológica para producir una estimación del riesgo.

El escenario de accidente

Los estudios de la NRC demuestran que la probabilidad de una liberación radioactiva es muy baja. Menos de 5 en 10,000 accidentes con un contenedor de combustible gastado pueden ser más graves que las condiciones definidas en las normas de diseño. No esperamos una liberación radioactiva en el 99.99973% de estos 5 accidentes. Sin embargo, si ocurre una cadena de eventos poco probables, un accidente puede ser lo suficientemente grave como para causar una liberación.

Para estimar el riesgo de estos accidentes graves, los investigadores usan un enfoque de varios pasos. Utilizan datos y su experiencia con accidentes de carretera y ferrocarril anteriores que implicaron materiales peligrosos. Parte de este paso es determinar los tipos de accidentes que podrían suceder y evaluar cuáles podrían ser sus consecuencias.

Al utilizar este método, la probabilidad de que un accidente sea lo suficientemente grave como para ocasionar una liberación es 1 en mil millones. Si un accidente liberara material radioactivo, la dosis a la persona más afectada no causaría daño inmediato.

El escenario sin accidentes

Para la mayoría de los envíos de combustible gastado, nada saldrá mal y no se liberará material nuclear. Para estos envíos, los expertos calculan la dosis de radiación total que pueden recibir todas las personas a lo largo de la ruta. Utilizan información sobre rutas y poblaciones locales para determinar cuántas personas pueden ser afectadas y la dosis que podrían recibir.

El riesgo para el público de un viaje sin accidentes se debe a los niveles muy bajos de radiación que pueden pasar por las paredes de la barrica. Una persona de pie a lo largo de la carretera o vía de ferrocarril puede recibir una breve exposición que está muy por debajo de los límites reglamentarios. La exposición variará dependiendo de la velocidad del vehículo y de la distancia de la persona. Las dosis de un transporte rutinario serían menos de 1/1000 de la cantidad de radiación que las personas reciben de fuentes de fondo cada año.

Conclusión

La NRC cree que los envíos de combustible gastado en los Estados Unidos son seguros. Esta creencia se basa en la confianza de la NRC en los contenedores de envío que certifica y en su investigación en curso en la seguridad de transporte.

- **La NRC se asegura de que los contenedores de envío sean robustos mediante:**
 - Definir requisitos estrictos para el diseño y el rendimiento del embalaje
 - Revisar los diseños y verificar de forma independiente la capacidad de un contenedor para cumplir con las condiciones de accidente
 - Realizar inspecciones para garantizar que las barricas sean construidas, mantenidas y usadas correctamente
- **La NRC también analiza los riesgos involucrados en los envíos de combustible gastado. La agencia:**
 - Analiza los registros de transporte de combustible gastado para comprender plenamente los posibles problemas de seguridad
 - Evalúa nuevas cuestiones de transporte, tales como proyecciones para la cantidad de envíos, cambios en la población a lo largo de algunas rutas, y otros factores
 - Se mantiene al paso con la tecnología a medida que esta evoluciona para refinar las estimaciones de riesgos actuales y futuros para el público

Siempre habrá una pequeña posibilidad de que un accidente cause la liberación de material nuclear. Pero la NRC ha encontrado que la probabilidad de tal evento y el riesgo al público son extremadamente bajos. No obstante, la NRC continuará vigilando por la seguridad pública como parte esencial de su misión.

Protección del transporte de combustible gastado

La NRC también regula cómo el combustible gastado está protegido en tránsito contra el sabotaje o robo. La agencia reforzó estas normas después del 11 de septiembre de 2001. Las normas actuales para la protección física del transporte de combustible gastado incluyen:

- Coordinar con las fuerzas del orden antes del envío
- Requerir aviso previo a los Estados, tribus indígenas y la NRC
- Utilizar un centro de comunicaciones y otros medios para vigilar los envíos mientras están en ruta
- Utilizar escoltas armadas y
- Utilizar dispositivos que permiten que los conductores y escoltas inmovilicen el vehículo

Para obtener más información,
comuníquese con:

Oficina de Asuntos Públicos
Comisión Reguladora Nuclear de Estados
Unidos Washington, D.C. 20555-0001
Teléfono: (301) 415-8200 Email:
OPA@NRC.GOV
Página Web: <http://www.nrc.gov>



Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos
NUREG/BR-0292SP, Rev. 2
junio 2017



@NRCgov

