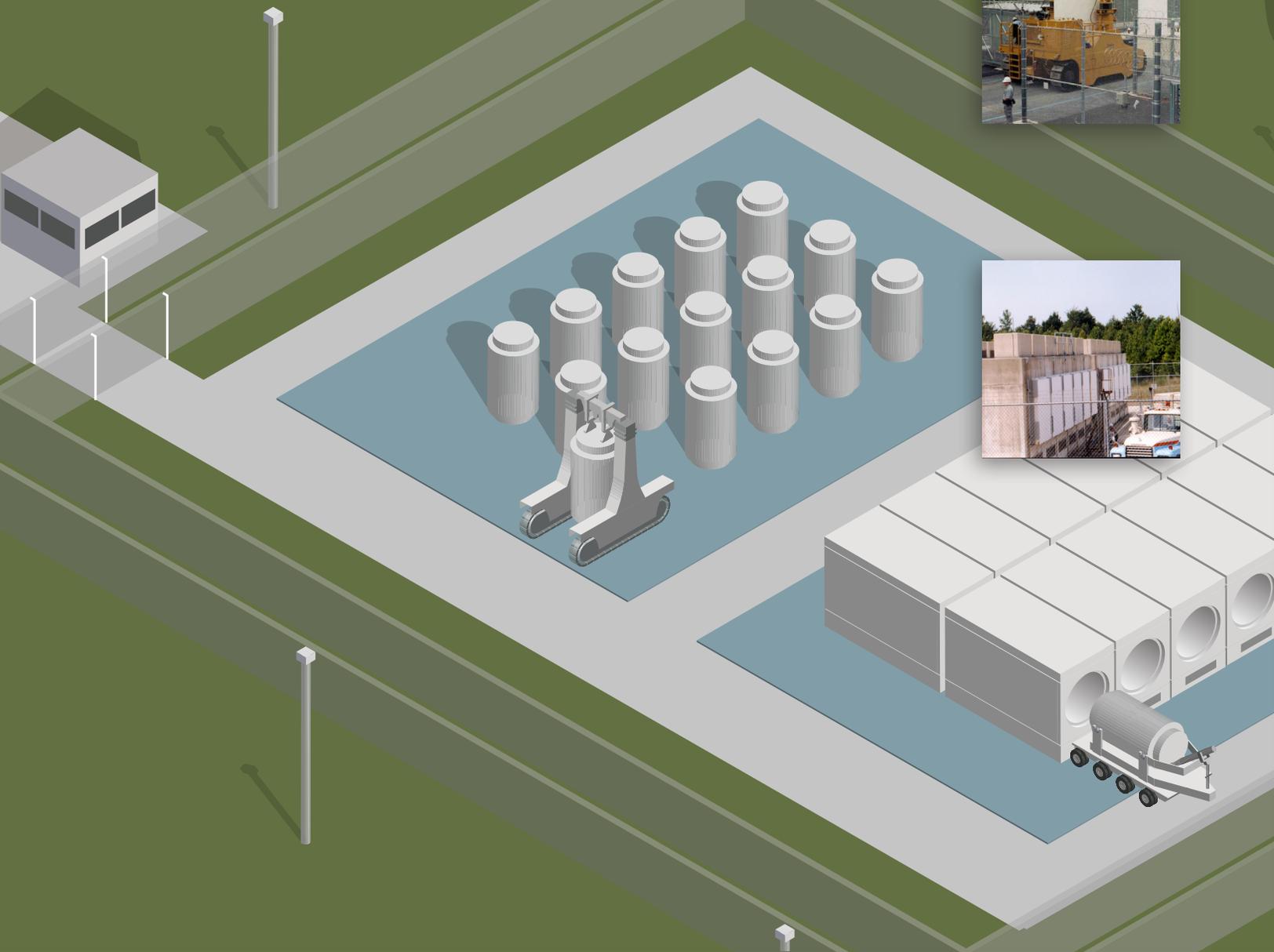


Seguridad del almacenamiento de combustible gastado



¿Qué es el combustible gastado?

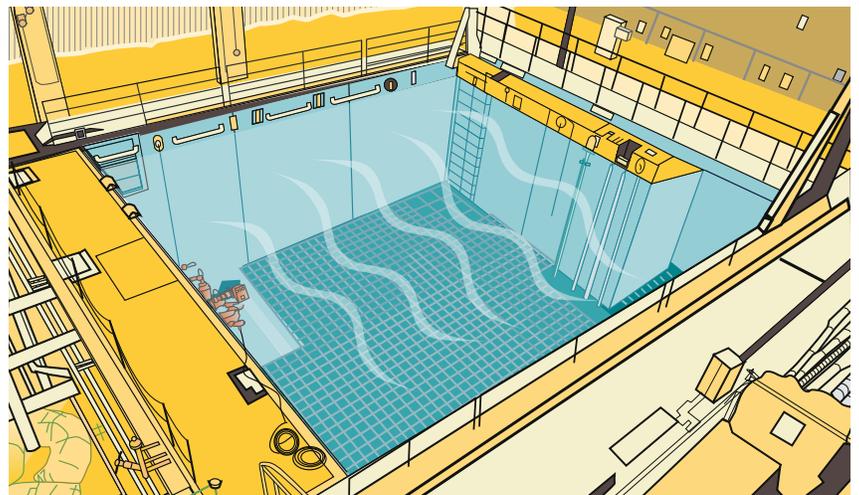
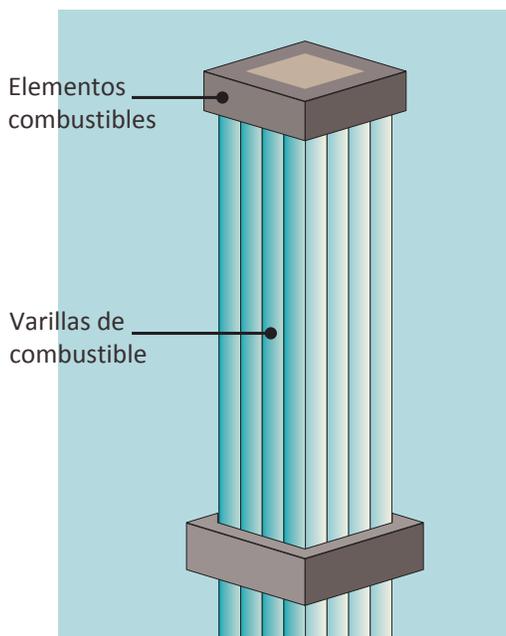
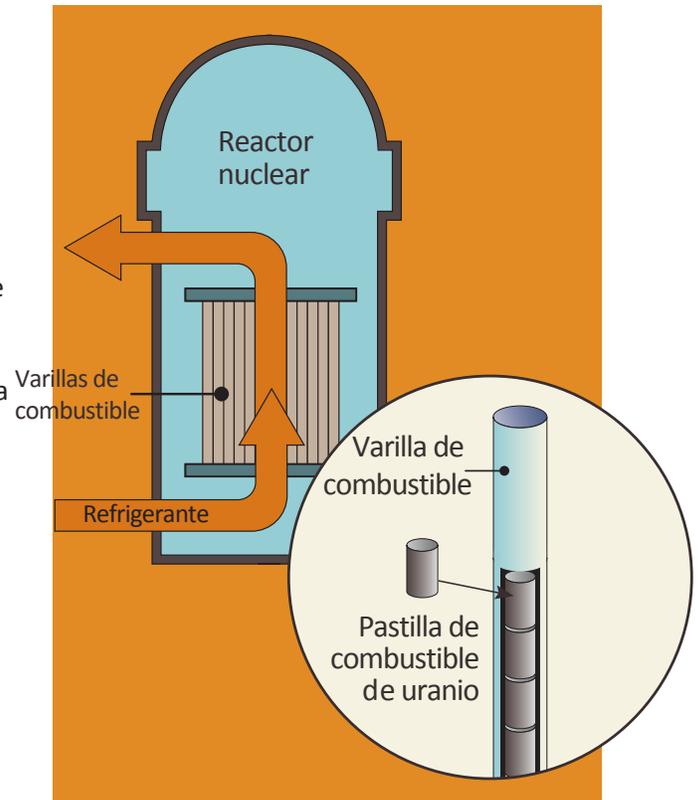
Los reactores nucleares utilizan varillas de combustible de uranio combinadas en elementos combustibles para generar el calor que accionan los generadores. Estos generadores producen electricidad para abastecer las viviendas.

A medida que se quema en el reactor, este combustible se vuelve muy caliente y muy radioactivo. Después de unos 5 años, el combustible ya no es útil y se retira. Los operadores del reactor tienen que gestionar el calor y la radioactividad que permanecen en este combustible gastado.

En los Estados Unidos, cada reactor tiene al menos una piscina para almacenar el combustible gastado. El personal de la planta traslada el combustible gastado del reactor a una piscina, para almacenarlo bajo agua. Con el tiempo, el combustible gastado en la piscina se enfría a medida que la radioactividad disminuye.

Estas piscinas tenían el propósito de proporcionar almacenamiento temporal. La idea era que después de algunos años, el combustible gastado sería enviado a otras instalaciones para ser reprocesado, o separado en porciones útiles que podrían ser recicladas en combustible nuevo. Pero el reprocesamiento no tuvo éxito en los Estados Unidos, así que las piscinas comenzaron a llenarse.

A principio de la década de 1980, los operadores de reactores comenzaron a buscar maneras de aumentar la cantidad de combustible gastado que podían almacenar en sus instalaciones. Comenzaron a guardar el combustible en barricas secas que podían almacenarse en estructuras especialmente construidas en sus propias instalaciones. En la actualidad, la mayoría de las centrales nucleares usan el almacenamiento en seco.



Piscina de combustible gastado

Almacenamiento de barrica seca—Puntos básicos

Un sistema de almacenamiento de barrica seca es un cilindro que los operadores sumergen en la piscina y llenan con combustible gastado. Elevan el cilindro, lo drenan y lo secan, antes de sellarlo y colocarlo al aire libre sobre una plataforma de hormigón. Hay muchas variedades de barricas para el almacenamiento de combustible gastado. Todas tienen que:

- Mantener el combustible gastado en confinamiento
- Evitar la fisión nuclear (la reacción en cadena que permite que un reactor produzca calor)
- Proporcionar blindaje contra la radiación
- Mantener la capacidad de extraer el combustible gastado, si es necesario
- Resistir terremotos, tornados, inundaciones, temperaturas extremas y otros escenarios.



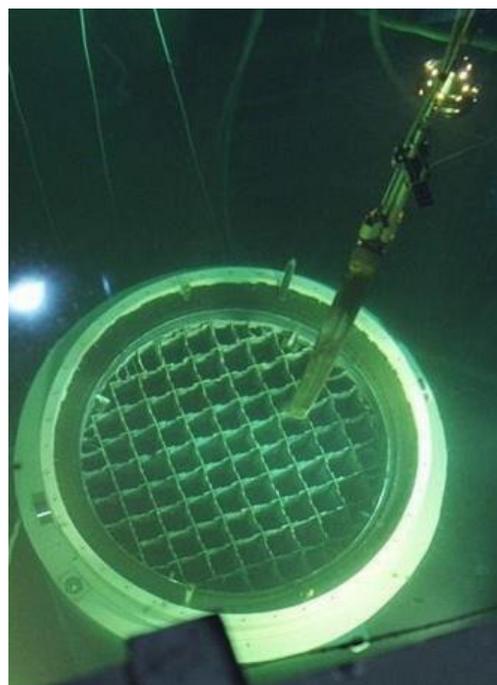
Al menos 23 pies de agua cubre los elementos combustibles en la piscina de combustible gastado de la Unidad 2 en la Central Nuclear Brunswick en Southport, NC. (Cortesía de: Matt Born/Wilmington Star-News)

Las barricas vienen en diferentes tamaños. Son lo suficientemente altas como para contener combustible gastado. Pueden medir hasta 14 pies de largo y pueden pesar hasta 150 toneladas—tanto como 50 autos de tamaño medio. Las plantas pueden necesitar una grúa especial que pueda manejar cargas pesadas para poder levantar una barrica cargada llena de agua al sacarla de la piscina para que se seque. Después que las barricas se secan, se utiliza equipo robótico para sellarlas para que las dosis que reciben los trabajadores sean al nivel más bajo posible.

En la actualidad, hay dos diseños básicos en amplio uso. Los sistemas de contenedores soldados cuentan con un contenedor de acero interior que contiene el combustible rodeado por 3 pies o más de acero y concreto. Los contenedores pueden orientarse de forma vertical u horizontal. Las barricas atornilladas tienen carcasas de acero gruesas, en ocasiones en su interior tienen varias pulgadas de blindaje contra la radiación.

Las plantas utilizan transportadores especiales para mover las barricas cargadas al aire libre hasta el lugar donde serán almacenadas. En ese momento, la radioactividad de la barrica debe ser inferior a 25 millirem por año en los límites de las instalaciones. Eso significa que la dosis más alta permitida para alguien que esté de pie al lado de la cerca durante todo un año es aproximadamente la dosis que alguien recibiría al viajar en avión alrededor del mundo. La dosis real en los límites de las instalaciones es, por lo general, mucho más baja.

El almacenamiento de barricas secas ha demostrado ser una tecnología segura durante los 30 años que se ha utilizado. Desde que se cargaron las primeras barricas en 1986, el almacenamiento en seco no ha liberado ninguna radiación que haya afectado al público o contaminado el medio ambiente. A partir de enero de 2017, se han cargado más de 2,400 barricas que almacenan de manera segura 100,000 elementos de combustible gastado. Las pruebas realizadas en el combustible gastado y los componentes de las barricas después de años en almacenamiento en seco confirman que los sistemas continúan proporcionando un almacenamiento seguro.



Carga de barrica de combustible gastado bajo el agua. (Cortesía de: Holtec International)

La Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (NRC, por sus siglas en inglés) analizó los riesgos de cargar y almacenar combustible gastado en barricas secas. Dos estudios distintos encontraron que los posibles riesgos para la salud son muy, muy pequeños. Para asegurar el almacenamiento continuo y seguro de combustible gastado, la NRC sigue estudiando el desempeño del combustible y de los sistemas de almacenamiento con el pasar del tiempo. La NRC también está al día con las investigaciones relacionadas planificadas por el Departamento de Energía y la industria nuclear.

Qué regulamos y por qué

La NRC supervisa el diseño, la fabricación y el uso de las barricas secas. Esta supervisión garantiza que los licenciatarios y diseñadores satisfagan los requisitos de seguridad y protección, cumplan con los términos de sus licencias e implementen programas de garantía de calidad.

Los diseñadores de barricas deben demostrar que sus sistemas cumplen con los requisitos reglamentarios de la NRC. El personal de la NRC revisa detenidamente las solicitudes de barricas. La agencia solamente aprobará un sistema que cumpla con los requisitos de la NRC y funcione de manera segura. Los inspectores de la NRC visitan las oficinas de los diseñadores de barricas, fabricantes e instalaciones de almacenamiento de combustible gastado para asegurar que cumplen con todas nuestras regulaciones. Las solicitudes de diseño de barrica, la documentación de las revisiones de la NRC y los informes de inspección de la NRC están disponibles al público en el sitio web de la agencia en www.nrc.gov.

Existen estrictos requisitos de seguridad para proteger el combustible almacenado. La seguridad tiene múltiples capas, incluso la capacidad de detectar, evaluar y responder a una intrusión. Nuestros requisitos generales de seguridad para el almacenamiento de barricas secas se encuentran en 10 CFR Parte 73 (<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part073/>). Los requisitos específicos en las órdenes de la NRC y los planes de seguridad del licenciatario no están disponibles al público, ya que podrían dar a un adversario la capacidad de derrotar las medidas de seguridad y comprometer los sistemas de seguridad. No se conoce que se hayan producido o sospechado de intentos para sabotear las instalaciones de almacenamiento de barricas.

Los requisitos de la NRC para el almacenamiento de barricas secas se pueden encontrar en 10 CFR Parte 72 (<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part072/>), que requieren que todos los sistemas, estructuras y componentes importantes para la seguridad cumplan con los estándares de calidad para el diseño, la fabricación y las pruebas. La Parte 72 y las guías relacionadas de la NRC sobre las barricas e instalaciones de almacenamiento también describen los requisitos específicos de ingeniería.

La NRC cuenta con decenas de expertos en diversas disciplinas científicas y de ingeniería cuyo trabajo consiste en revisar las solicitudes de barricas (que pueden ser de cientos de páginas) y los diseños técnicos detallados que contienen. La agencia solamente aprobará un diseño de barrica de almacenamiento si estos expertos están convencidos de que el diseño cumple con todos los requisitos específicos de seguridad en cada disciplina.



Trabajadores se preparan para cargar un contenedor AREVA-TN NUHOMS en un módulo de almacenamiento de hormigón en la Central Nuclear Calvert Cliffs en Lusby, MD. (Cortesía de: Exelon)



Las regulaciones de la NRC aparecen en el Capítulo 10 del Código de Regulaciones Federales, conocido también como 10 CFR.



Transportador mueve barrica para el almacenamiento de combustible gastado cargada a la plataforma de almacenamiento.

Las siguientes secciones explican las evaluaciones técnicas que la NRC realiza durante las revisiones técnicas del almacenamiento de barricas secas.

Materiales

Materiales—de lo que se hacen todas las cosas. En todos los casos—el metal en la puerta de un automóvil, el plástico usado en las ventanas de un avión o el acero usado en los cables de los ascensores—seleccionar los materiales adecuados es crucial para la seguridad.



Sistema NUHOMShorizontal para el almacenamiento de combustible gastado en construcción en la Central Nuclear Calvert Cliffs en Lusby, MD.

Los sistemas que transportan y almacenan combustible nuclear gastado y otras sustancias radioactivas están hechos de una variedad de materiales. Todos los materiales son revisados para confirmar que estos sistemas pueden proteger al público y al medio ambiente de los efectos de la radiación. La NRC no dicta qué materiales se usan. Más bien, la NRC evalúa la elección de los materiales propuestos por los solicitantes. Lo que hace que un material sea “adecuado” para transportar y almacenar sustancias radioactivas depende de varios factores.

En primer lugar, los materiales deben ser adecuados para el trabajo. En otras palabras, las propiedades mecánicas y físicas de los materiales tienen que cumplir con ciertos requisitos. Por ejemplo, el acero seleccionado para la barrica de almacenamiento tiene que soportar posibles impactos, como los producidos por tornados o terremotos.

A continuación, al fabricar un sistema de metal complejo, las piezas suelen soldarse —es decir, parcialmente fundidas— de manera que asegure que las juntas sean adecuadas. Para ser exactos, el soldador crea en la junta un material nuevo con sus propiedades únicas. Esta es la razón por la cual la NRC evalúa cómo se hace esto, incluso la selección de metales para el relleno de las soldaduras, cómo se controla el calor para garantizar buenas soldaduras y el uso de exámenes y pruebas para verificar que no haya defectos.

Finalmente, la NRC considera cómo los materiales se degradan con el paso del tiempo. Los revisores deben tomar en cuenta las propiedades químicas de un material, cómo se fabricó y cómo reacciona con su entorno. Así como el hierro se oxida y los materiales elásticos se vuelven quebradizos, todos los materiales se pueden degradar. Esta degradación y su impacto deben comprenderse bien. Los materiales deben ser seleccionados en función de su condición actual y de su condición proyectada a lo largo de su ciclo de vida.



100 Barricas HI-STORM verticales almacenan combustible gastado en la Central Eléctrica Diablo Canyon en Avila Beach, CA.

Las mejores prácticas para seleccionar apropiadamente los materiales y los procesos que se usan para unirlos por lo general se pueden encontrar en los códigos y estándares de consenso. Estas directrices se desarrollan típicamente a lo largo de muchos años de experiencia operacional, y mediante discusiones y acuerdos técnicos a nivel industrial y gubernamental. La NRC también se basa en la experiencia histórica de funcionamiento y en los últimos datos sobre el rendimiento de los materiales y las pruebas.

Gestión del calor

Evitar que el combustible gastado se sobrecaliente es una manera de garantizar la seguridad de las barricas. La NRC requiere que la barrica y el combustible permanezcan dentro de ciertos límites de temperatura. Estos requisitos protegen el revestimiento (el tubo de metal que contiene las pastillas de combustible). A medida que el combustible se enfría, el calor se transfiere desde el interior hacia el exterior de la barrica. Los expertos de la NRC examinan cómo el calor se moverá a través de la barrica hacia su entorno.

El método usado para eliminar el calor tiene que ser fiable y demostrable. También debe ser pasivo — es decir, sin la necesidad de energía eléctrica o de un dispositivo mecánico. Las barricas usan la conducción, convección y radiación para transferir el calor al exterior.

La conducción transfiere el calor de un quemador a través de una olla hasta el mango. El proceso de aumentar el calor (y disminuir el frío) se conoce como convección. El calor procedente de una estufa caliente se conoce como calor radiante.

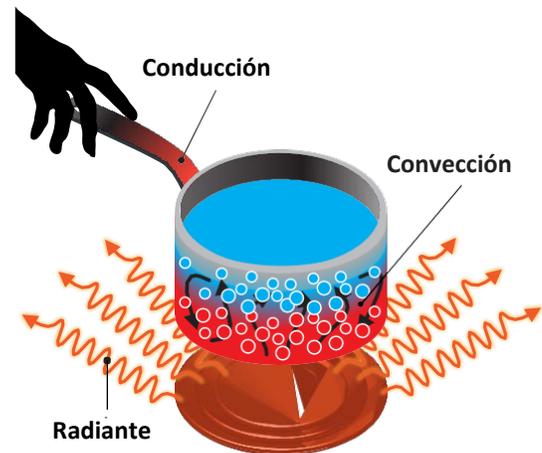
Estos métodos funcionan de la misma manera en una barrica de almacenamiento. Cuando la estructura que contiene el combustible toca los elementos combustibles, conduce el calor hacia el exterior de la barrica. La mayoría de las barricas tienen respiraderos que permiten que el aire exterior fluya naturalmente por la barrica y alrededor del contenedor para enfriarlo (convección). Y la mayoría de las barricas se sentirían calientes al tacto por el calor radiante, parecido a un radiador de uso doméstico.

La NRC también confirma que la presión dentro de una barrica está por debajo del límite de diseño, para que no afecte la estructura o el funcionamiento. Los expertos técnicos revisan detenidamente las solicitudes de los diseños de barricas para verificar que el revestimiento del combustible y las temperaturas de los componentes de la barrica y la presión interna permanezcan por debajo de los límites especificados.

Cada barrica de almacenamiento está diseñada para soportar los efectos de una cierta cantidad de calor. Esta cantidad se llama carga térmica. La NRC revisa si el diseñador consideró correctamente cómo la carga térmica afectará las temperaturas de los componentes de la barrica y del combustible y cómo se calculó esta carga térmica. Los diseños de barricas deben demostrar que el calor del combustible gastado puede ser transferido efectivamente al exterior de la barrica.

La revisión de la NRC también verifica que el diseñador de barricas haya examinado todas las condiciones ambientales que se puede esperar que afecten a los componentes de la barrica y las temperaturas del combustible. Estas condiciones pueden incluir la velocidad y la dirección del viento, temperaturas extremas y la elevación del lugar. Para asegurarse de que los valores correctos han sido considerados, la NRC verifica que estos coincidan con los registros históricos de un sitio o región.

Los revisores de la NRC consideran todos los métodos usados para probar que el sistema de almacenamiento puede soportar las cargas térmicas especificadas. Ellos verifican los códigos de computadora, asegurándose de que son las últimas versiones y que han sido avalados por expertos. Examinan los valores usados en los códigos, como las propiedades de los materiales, y confirman los cálculos de temperatura y presión. La NRC podría realizar su propio análisis usando un código de computadora distinto para determinar si esos resultados coinciden con la aplicación.



Tres métodos diferentes de transferencia de calor

Asegurar que las barricas son resistentes

En su aplicación, el diseñador de barricas debe proporcionar una evaluación que demuestre que el sistema será lo suficientemente fuerte y estable como para ejecutar sus funciones de seguridad, incluso después de experimentar una carga, como si la barrica se cayera. Los revisores de la NRC examinan el diseño y análisis estructural del sistema bajo todas las cargas viables para condiciones normales —es decir, las operaciones previstas y condiciones ambientales que se pueden esperar que ocurran con frecuencia durante el almacenamiento. También consideran los accidentes, los fenómenos naturales y las condiciones que se pueden esperar que ocurran de vez en cuando, pero no con regularidad.

La revisión de la NRC analiza si el diseñador de barricas evaluó las condiciones de carga apropiadas. También asegurará que el diseñador haya evaluado precisa y completamente la respuesta del sistema a tales cargas. Los revisores deben verificar si las tensiones resultantes en el material cumplen con los criterios de aceptación en el código apropiado. La revisión de la NRC también considera diferentes combinaciones realistas de cargas. Estos casos se analizan para determinar las tensiones en los materiales usados para construir el sistema de barrica. Para ser conservadores, la NRC y los diseñadores sobreestiman las cargas y subestiman la resistencia de los materiales. Hacer esto aumenta la confianza de la NRC de que el diseño es adecuado.



Vista en corte de barrica para el almacenamiento de combustible gastado muestra los elementos de combustible gastado rodeados por acero y blindaje de hormigón grueso.

Confinamiento

El diseño de la barrica debe evitar la liberación de material radioactivo. El límite de confinamiento realiza esta función, que normalmente incluye un contenedor de metal con una tapa que tiene al menos dos cierres. Algunas barricas tienen dos tapas distintas y cada una está sellada con soldadura. Otras están atornilladas y tienen dos sellos distintos. Tener dos cierres proporciona una capa extra de protección para asegurar que los materiales radioactivos permanezcan confinados.



Barricas de almacenamiento cargadas de combustible gastado en plataforma de almacenaje en la Central Haddam Neck en Meriden, CT. (Cortesía de: Connecticut Yankee)

El diseño también debe mantener los elementos combustibles en un ambiente protegido o “inerte”. Esto es importante para evitar que el revestimiento del combustible se degrade. Cuando se remueve el agua del interior de la barrica, se llena con un gas, como el helio, que no reaccionará con el revestimiento del combustible.

Los usuarios de las barricas deben monitorear el límite de confinamiento. Los requisitos de monitoreo dependen de si una barrica está atornillada o soldada. Los límites de confinamiento atornillados con cierres de junta tórica deben tener alarmas para avisar al usuario si un sello tiene una fuga. En ese caso, el sello tendría que ser reparado o reemplazado para asegurar que la barrica siga teniendo confinamiento redundante. Nuestros expertos revisan los programas de monitoreo propuestos para asegurarse de que son adecuados. Los cierres soldados no tienen que ser monitoreados de la misma manera. Esto se debe a que las soldaduras son examinadas detenidamente después de que se hacen para asegurar que no haya fugas.

La revisión que la NRC hace del límite de confinamiento de una barrica examina el “término fuente”. Este es el inventario del material radioactivo dentro de la barrica. Aunque los cierres redundantes y otros requisitos aseguran que el material permanecerá confinado de manera segura, la NRC requiere que los diseñadores de barricas tomen en cuenta las tasas de dosis en caso de que algún material saliera. También tienen que analizar cómo se comparan esas tasas de dosis con los límites reglamentarios de la NRC.



Barricas de almacenamiento cargadas de combustible gastado en un transportador son trasladadas del edificio para el manejo del combustible en la Central Surry en Surry, VA.

Por último, los diseñadores de barricas deben proporcionar un análisis de cómo funciona el límite de confinamiento. Las barricas deben ser diseñadas y probadas para cumplir con los criterios aprobados por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés). La norma ANSI para pruebas de fugas en paquetes de materiales radioactivos fue desarrollada por un comité de expertos tras un largo proceso de revisión y aprobación antes de ser adoptada.

Seguridad de criticidad

La reacción nuclear en cadena usada para crear calor en un reactor se conoce como fisión. En este proceso, los átomos de uranio en el combustible se separan, o se desintegran, en átomos más pequeños. Estos átomos hacen que otros átomos se dividan, y así sucesivamente. Otra palabra para este proceso es la criticidad.

El potencial para la criticidad es un factor importante a considerar sobre el combustible del reactor a lo largo de su vida. Es más probable que el combustible se vuelva crítico cuando está fresco.

Mientras más tiempo esté en el reactor, menor será la probabilidad de que se vuelva crítico. Esta es la razón por la cual se retira del reactor después de varios años —pierde energía y ya no soporta fácilmente una reacción en cadena autosostenida. Cuando se remueve el combustible del reactor, la NRC requiere que los licenciarios se aseguren de que nunca más volverá a ser crítico. Este estado se conoce como “subcriticidad”.

La subcriticidad es requerida cuando se almacena el combustible en una piscina o en una barrica seca. Es necesaria tanto para las condiciones normales de operación como para cualquier accidente que pueda ocurrir en cualquier momento.

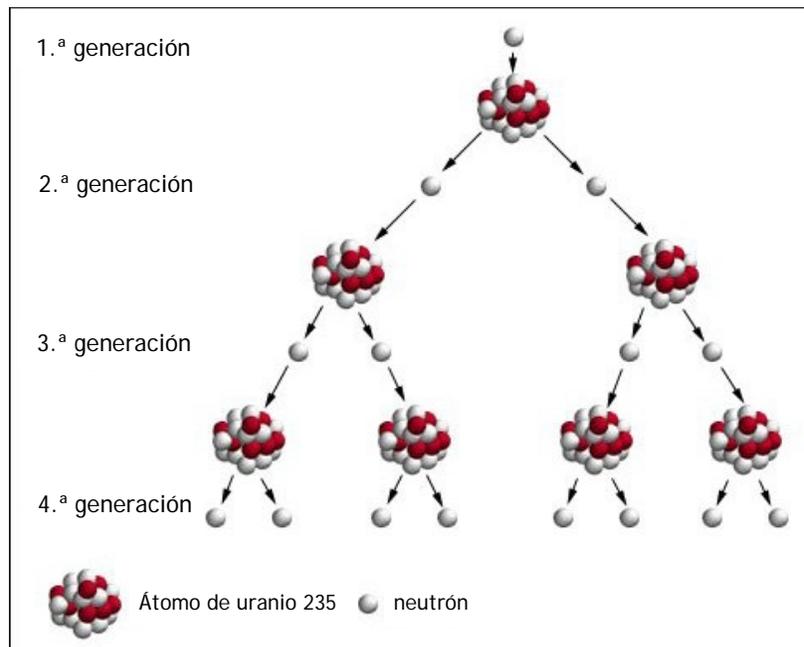
Muchos métodos ayudan a controlar la criticidad. La manera en que se colocan los elementos de combustible gastado es importante. Cuán cerca están entre sí y la combustión de (o la cantidad de energía extraída) los elementos cercanos tienen un impacto. Este método de control se conoce como geometría del combustible.

Ciertas sustancias químicas, como el boro, también pueden ralentizar una reacción nuclear en cadena mediante la absorción de neutrones liberados durante la fisión y evitar que golpeen otros átomos de uranio.

Las barricas tienen cestas fuertes para mantener la geometría del combustible. También tienen absorbedores sólidos de neutrones, que generalmente son hechos de aluminio y boro, entre los elementos combustibles. Una aplicación de barrica debe incluir un análisis de todos los elementos que contribuyen a la seguridad de la criticidad tanto en condiciones normales como de accidentes.

Los expertos técnicos de la NRC revisan este análisis para verificar varios puntos:

- Los factores que pueden afectar la criticidad han sido identificados.
- Los modelos examinan cada uno de estos factores de manera realista.
- Todas las hipótesis usadas en los modelos son cautelosas—resultan en condiciones más difíciles de lo previsto.



Los neutrones causan que los átomos de uranio 235 se dividan en una reacción nuclear en cadena.

Blindaje contra la radiación

El proceso de fisión convierte el uranio en una serie de otros elementos, muchos de los cuales son radioactivos. Estos elementos continúan produciendo grandes cantidades de radiación incluso cuando el combustible ya no sostiene una reacción en cadena. El blindaje es necesario para bloquear esta radiación y para proteger a los trabajadores y al público.

Los cuatro tipos principales de radiación difieren en masa, energía y la profundidad con la que penetran en las personas y objetos. La radiación alfa —partículas que consisten en dos protones y dos neutrones— son las más pesadas. Las partículas beta —electrones libres— tienen una y una carga negativa. Ni las partículas alfa ni beta se moverán fuera del combustible.

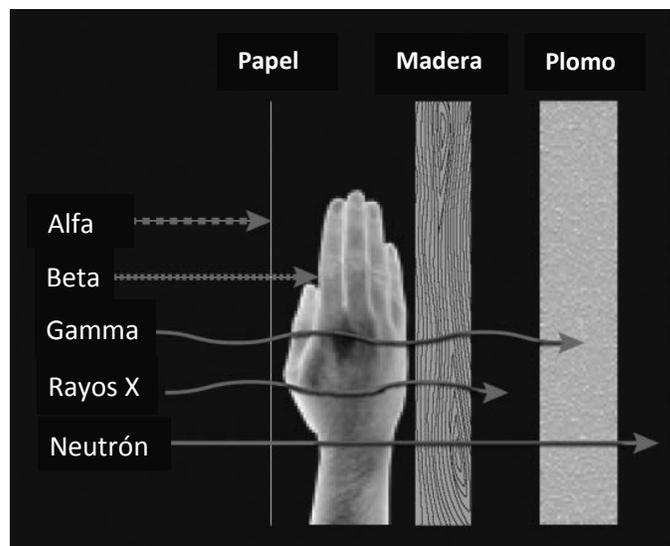
Pero el combustible gastado también emiten radiación de neutrones (partículas del núcleo que no tienen carga) y radiación gamma (un tipo de rayo electromagnético que transporta mucha energía). Tanto la radiación de neutrones como la gamma son muy penetrantes y requieren blindaje.

El blindaje para los dos tipos principales de barricas de almacenamiento en seco se configura de formas un poco diferentes. Para los sistemas de contenedores soldados, la gruesa bóveda de hormigón armado que rodea el contenedor proporciona blindaje contra la radiación de neutrones y gamma. El blindaje en los sistemas de barricas atornilladas proviene de sus gruesas carcasas de acero que pueden contener en su interior varias pulgadas de blindaje de plomo contra la radiación gamma. Estos sistemas tienen blindaje contra neutrones en el exterior que consiste en material plástico de baja densidad, usualmente mezclado con boro para absorber los neutrones.

Las revisiones de la NRC aseguran que los diseños de barricas secas cumplen con los límites reglamentarios de las dosis de radiación en los límites del sitio, tanto en condiciones normales como de accidentes, y que las tasas de dosis en general se mantengan lo más bajas posible. Todos los solicitantes deben proporcionar un análisis de blindaje contra la radiación.



Derecha, barrica de almacenamiento en seco recién cargada con combustible gastado es levantada de un transportador horizontal para ser colocada en una plataforma especialmente diseñada para el almacenamiento. (Cortesía de: Sandia National Laboratories)



Diferentes tipos de radiación tienen diferentes propiedades.

Este análisis usa un modelo de computadora para simular la manera en que la radiación penetra a través del combustible y por los materiales gruesos de blindaje bajo condiciones normales de operación y de accidentes. Los revisores se aseguran de que el análisis haya identificado todos los parámetros importantes de blindaje contra la radiación y los modela conservadoramente, de modo que maximice las fuentes de radiación y las tasas de dosis externas.

Inspecciones

Como parte de su función de supervisión, la NRC inspecciona las empresas que diseñan y fabrican barricas de almacenamiento en seco y las instalaciones que las utilizan. Los inspectores de la sede de la NRC y de sus cuatro oficinas regionales realizan estas inspecciones y emiten sus hallazgos en informes disponibles al público.

Los diseñadores de barricas son responsables de asegurar que los componentes de barricas fabricadas cumplen con el diseño aprobado por la NRC. Para ello, se les requiere tener un programa de garantía de calidad que cumpla con los 18 criterios descritos en las regulaciones de almacenamiento en seco de la NRC. La NRC revisa y aprueba estos programas.



Inspectores examinan barricas de almacenamiento en seco que contienen combustible nuclear gastado.

Los diseñadores deben asegurarse de que sus programas de garantía de calidad se implementen correctamente durante el diseño y la fabricación. La NRC realiza inspecciones periódicas de seguridad para evaluar y verificar de manera independiente que los diseñadores lo están haciendo. Algunas inspecciones evalúan las actividades de diseño que se realizan en las oficinas corporativas. En las instalaciones de fabricación, tanto en los Estados Unidos como en el extranjero, los inspectores de la NRC examinan los controles para la fabricación, el proceso para verificar que los componentes fabricados cumplen con el diseño aprobado y la manera en que el diseñador garantiza que el fabricante cumple con su programa de garantía de calidad.

Cada licenciatario es responsable de asegurar que sus instalaciones de almacenamiento cumplen con las regulaciones de la NRC durante la construcción y operación. Los inspectores de la NRC verifican que los licenciatarios están aplicando adecuadamente las regulaciones. Estas inspecciones cubren el diseño y la construcción de la plataforma o los módulos de concreto que soportan las barricas de almacenamiento, las pruebas preoperativas (también conocidas como simulacros), la carga de las barricas y el monitoreo rutinario de las instalaciones de almacenamiento en seco operativas.



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

Control del proceso de envejecimiento

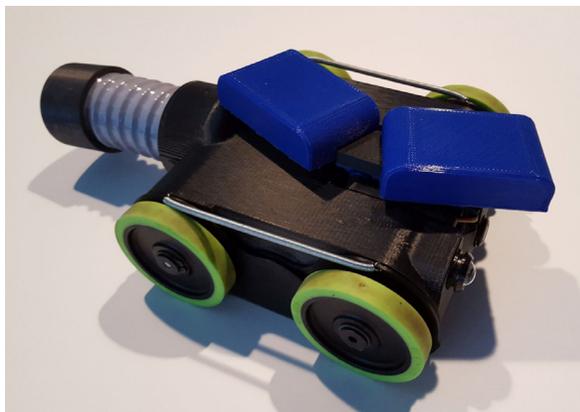
Lo último en tecnología robótica facilita la inspección del interior de los sistemas de barricas para el almacenamiento en seco de combustible gastado. A medida que estas barricas permanecen en uso por períodos de tiempo más largos, la capacidad de inspeccionar las superficies de los contenedores y soldaduras se convertirá en un aspecto importante de la confianza de la NRC en su seguridad.

Las técnicas para inspeccionar las superficies de los contenedores y las soldaduras se han utilizado durante décadas. Estas técnicas se conocen colectivamente como examen no destructivo (NDE, por sus siglas en inglés) e incluyen una variedad de métodos, como la examinación visual, ultrasónica, por corriente inducida y ondas guiadas.

Se están desarrollando robots para aplicar estas técnicas NDE dentro de las barricas. Estos robots tienen que poder caber en espacios pequeños y soportar el calor y la radiación dentro de la barrica. La tecnología robótica moderna está evolucionando rápidamente.

El Instituto de Investigación de Potencia Eléctrica y los fabricantes de barricas han demostrado con éxito técnicas de inspección robótica al personal de la NRC en varias ocasiones en diferentes reactores. Estas demostraciones ayudan a refinar los diseños de los robots.

En una demostración, un robot dentro de una barrica para el almacenamiento de combustible gastado maniobró una cámara con una sonda de fibra óptica, que cumple con el código de la industria para los exámenes visuales. El robot pudo acceder a toda la altura del contenedor, permitiendo que la cámara capturara imágenes de la fabricación y las soldaduras de cierre. Las soldaduras no mostraron signos de degradación. El contenedor estaba intacto y en buenas condiciones.



Prototipo de sistema de entrega robótico.
(Cortesía de: EPRI/RTT)



Vista en corte del sistema de barricas NAC International MAGNASTOR en Central Nuclear Palo Verde en Wintersburg, AZ. (Cortesía de: EPRI/APS)

El robot también pudo obtener muestras de las superficies de la barrica y del contenedor. Estas muestras fueron analizadas para depósitos atmosféricos que podrían causar corrosión.

Si se identifica que hay degradación, los usuarios de las barricas seleccionarían su método de mitigación y reparación preferido. Tendrían que cumplir con los requisitos de seguridad de la NRC antes de implementarlo.

Las inspecciones de barricas son importantes para asegurar el almacenamiento seguro y prolongado del combustible gastado, y los robots continuarán siendo una herramienta útil en esta importante actividad.

**Para obtener más información sobre el
combustible gastado y el almacenamiento de
barrica seca, visite la página web de la NRC:
<https://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage.html>**

Fotos de portada:

Arriba: Grandes barricas de almacenamiento cargadas de combustible nuclear gastado en una plataforma de concreto dentro de una instalación de almacenamiento seguro.

Centro: Un sistema transportable de almacenamiento de combustible gastado es transportado a una plataforma de almacenamiento a la Central de Energía Atómica Peach Bottom en Delta, PA. (Cortesía de: AREVA)

Abajo: Un sistema horizontal para el almacenamiento de combustible gastado tras una cerca de seguridad en la Central Nuclear Calvert Cliffs en Lusby, MD.

Para obtener más información:

Oficina de Asuntos Públicos

Comisión Reguladora Nuclear de los Estados

Unidos Washington, DC 20555-0001

Teléfono: (301) 415-8200

Email: OPA.resource@NRC.GOV

Página web: <http://www.nrc.gov>



Comisión Reguladora Nuclear de los
Estados Unidos NUREG/BR-0528SP

junio 2017



@NRCgov

