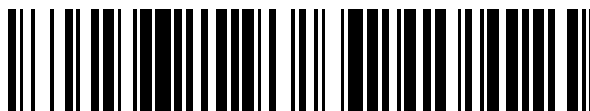


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 763**

51 Int. Cl.:
G21C 19/00 (2006.01)
G21F 7/015 (2006.01)
G21F 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06849743 .7**
96 Fecha de presentación: **24.03.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1883933**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.02.2008**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO PARA ALMACENAR RESIDUOS DE ALTO NIVEL.**

30 Prioridad:
25.03.2005 US 665108 P
15.04.2005 US 671552 P
06.05.2005 US 123590

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.01.2012

73 Titular/es:
HOLTEC INTERNATIONAL, INC.
555 LINCOLN DRIVE WEST
MARLTON, NJ 08053, US

72 Inventor/es:
KRISHNA, Singh, P.

74 Agente: **Pons Ariño, Ángel**

ES 2 372 763 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para almacenar residuos de alto nivel

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Estadounidense 11/123,590, presentada en Mayo 6, 2005, que a su vez reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense 60/671,552, presentada en Abril 15, 2005 y la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense 60/665,108, presentada en Marzo 25, 2005.

CAMPO DE LA INVENCION

10 La presente invención se relaciona de manera general con el campo del almacenamiento de residuos de alto nivel ("HLW" por sus siglas en inglés), y específicamente con sistemas y métodos para almacenar HLW, tales como combustible nuclear consumido, en módulos verticales ventilados.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 El almacenamiento, manipulación, y transferencia de HLW, tal como combustible nuclear consumido, requiere especial cuidado y protección en el procedimiento. Por ejemplo, en la operación de reactores nucleares, es habitual retirar elementos combustibles después de que se ha agotado su energía hasta un nivel predeterminado. Luego de retirarlo, este combustible nuclear consumido es aún altamente radioactivo y produce mucho calor, lo que requiere que se tenga gran cuidado en su empaque, transporte y almacenamiento. Con el fin de proteger el ambiente de exposición a la radiación, el combustible nuclear consumido primero se pone en un bote. El bote cargado luego se transporta y se almacena en contenedores cilíndricos grandes llamados barriles. Se utiliza un barril de transferencia para transportar el combustible nuclear consumido de un lugar a otro mientras se utiliza un barril de almacenamiento para almacenar el combustible nuclear consumido durante un periodo determinado.

20 En una planta de energía nuclear típica, primero se coloca un bote vacío abierto en un casco de transferencia abierto. El barril de transferencia y el bote vacío luego se sumergen en una piscina de agua. El combustible nuclear consumido se carga en el bote mientras que el bote y el barril de transferencia permanecen sumergidos en la piscina de agua. Una vez cargado completamente con combustible nuclear consumido, se coloca normalmente una tapa en la parte superior del bote mientras está en la piscina. Luego el barril de transferencia y el bote se retiran de la piscina de agua, la tapa del bote se fusiona con éste y se instala una tapa sobre el barril de transferencia. Después se drena el bote apropiadamente, se carga con gas inerte y se sella herméticamente. Después se transporta el barril de transferencia (que mantiene el bote cargado) a un lugar en donde se ubica un barril de almacenamiento. Luego se transporta el bote cargado desde el barril de transferencia al barril de almacenamiento para almacenamiento a largo plazo. Durante la transferencia desde el barril de transferencia al barril de almacenamiento, es imperativo que el bote cargado no se exponga al ambiente.

25 Un tipo de barril de almacenamiento es una estructura vertical ventilada ("VVO" por sus siglas en inglés). Una VVO es una estructura masiva hecha principalmente de acero y concreto y se utiliza para almacenar un bote cargado con el combustible nuclear consumido (u otro HLW). Los VVO permanecen por encima del suelo y normalmente tienen forma cilíndrica y son extremadamente pesados, pesando más de 150 toneladas y tienen frecuentemente una altura mayor de 16 pies. Los VVO tienen típicamente una parte inferior plana, un cuerpo cilíndrico que tiene una cavidad para recibir un bote de combustible nuclear consumido, y una tapa superior removible.

30 En el uso de un VVO para almacenar el combustible nuclear consumido, se coloca un bote cargado con el combustible nuclear consumido en la cavidad del cuerpo cilíndrico del VVO. Debido a que el combustible nuclear consumido aún produce una cantidad considerable de calor cuando se coloca en el VVO para almacenamiento, es necesario que esta energía térmica tenga un medio para escape de la cavidad VVO. Esta energía térmica se retira desde la superficie externa del bote al ventilar la cavidad VVO. En la ventilación de la cavidad VVO, el aire frío ingresa a la cámara VVO a través de conductos de ventilación inferiores, que fluyen hacia arriba más allá del bote cargado, y salen del VVO a una temperatura elevada a través de los conductos de ventilación superiores. Los conductos de ventilación superior e inferior de los VVO de salida se ubican circunferencialmente próximos a la parte inferior y la parte superior del cuerpo cilíndrico del VVO respectivamente, como se ilustra en la FIG. 1.

35 Aunque es necesario que la cavidad VVO se ventile de tal manera que el calor pueda escapar del bote, también es imperativo que el VVO proporcione una protección adecuada contra la radiación y que el combustible nuclear consumido no se exponga directamente al ambiente externo. El conducto de entrada ubicado próximo a la parte inferior de la estructura vertical ventilada es una fuente particularmente vulnerable de exposición a la radiación para el personal de seguridad y vigilancia que, con el fin de controlar la estructura vertical ventilada cargada, debe ubicarse cerca de los conductos durante tiempos cortos.

- Adicionalmente, cuando se transfiere un bote cargado con combustible nuclear consumido desde el barril de transferencia hasta un VVO de almacenamiento, el barril de transferencia se apila en la parte superior del VVO de almacenamiento de tal manera que el bote se puede bajar dentro de la cavidad del VVO de almacenamiento. La mayor parte de los barriles son estructuras muy grandes y pueden pesar hasta 250,000 lbs. y tienen una altura de 16 pies o más. El apilamiento de un barril de transferencia en la parte superior de un VVO de almacenamiento/ barril requiere mucho espacio, una grúa puente grande, y posiblemente un sistema de retención. Frecuentemente, tal espacio no está disponible dentro de una planta de energía nuclear. Finalmente, el almacenamiento de los VVO sobre el terreno se posiciona por lo menos 16 pies por encima de la tierra, presentando sin embargo, un objetivo considerable para ataques terroristas.
- 5
- 10 La FIGURA 1 ilustra un VVO 2 de la técnica anterior tradicional. El VVO 2 de la técnica anterior comprende una parte inferior plana 17, un cuerpo cilíndrico 12 y una tapa 14. La tapa 14 se asegura al cuerpo cilíndrico 12 mediante tornillos 18. Los tornillos 18 sirven para restringir la separación de la tapa 14 del cuerpo 12 si se volcara el VVO 2 de la técnica anterior. El cuerpo cilíndrico 12 tiene conductos de ventilación superiores 15 y conductos de ventilación inferiores 16. Los conductos de ventilación superiores 15 se ubican en o próximos a la parte superior del cuerpo cilíndrico 12 mientras que los conductos de ventilación inferiores 16 se ubican en o próximos a la parte inferior del cuerpo cilíndrico 12. Los conductos de ventilación inferiores 16 y los conductos de ventilación superiores 15 se ubican alrededor de la circunferencia del cuerpo cilíndrico 12. La totalidad del VVO 2 de la técnica anterior se posiciona por encima de la superficie.
- 15
- 20 Como lo entienden aquellos expertos en la técnica, la existencia de los conductos de ventilación superiores 15 y/o los conductos de ventilación inferiores 16 en el cuerpo 12 del VVO 2 de la técnica anterior requiere protección adicional durante procedimientos de carga para evitar que escape la radiación.
- La US-A-4 634 875 enseña una instalación de almacenamiento tipo depósito que almacena cientos de cápsulas de residuo. Las cápsulas de residuo se cargan en la estructura de almacenamiento al traer contenedores de transporte que contienen las cápsulas de residuo en el área de muelle de carga que se encierra completamente y está por debajo de la parte del techo (o la parte redonda superior) de instalación. Las cápsulas de residuo se retiran luego de los contenedores de transporte y se colocan en los pozos de la estructura de almacenamiento con una instalación de grúa puente.
- 25
- La instalación de almacenamiento tipo depósito del documento mencionado no se diseña con una parte redonda superior removible, y el procedimiento de transferencia completo se realiza dentro de la instalación.
- 30 **DESCRIPCIÓN DE LA PRESENTE INVENCIÓN**
- Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que reduce la altura del ensamble de apilamiento cuando un barril de transferencia se apila en la parte superior de un VVO de almacenamiento.
- 35 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que requiere menos espacio vertical.
- Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que utiliza las propiedades de protección contra la radiación del subsuelo durante el almacenamiento mientras proporciona la ventilación adecuada del HLW.
- 40 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que proporciona el mismo nivel o un nivel mayor de protecciones operativas que las disponibles dentro de una estructura de planta de energía nuclear completamente certificada.
- Un objeto aún adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que reduce los peligros provocados por terremotos y otros eventos catastróficos y elimina virtualmente el daño potencial de un ataque tipo World Trade Center o Pentágono sobre los botes almacenados.
- 45 También es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que permite una transferencia ergonómica del HLW desde un barril de transferencia hasta un contenedor de almacenamiento.
- Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW por encima o por debajo de la superficie.
- 50 Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que reduce la cantidad de radiación emitida al ambiente.

Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que elimina los peligros del escape de radiación durante los procedimientos de carga y/o almacenamiento posterior.

Un objeto aún adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que ubica las aberturas de los orificios de ventilación de entrada y de salida en una tapa removible.

- 5 Aún un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y método para almacenar HLW que conduce a la fabricación conveniente y la construcción del sitio.

Estos y otros objetos se cumplen mediante el sistema vertical ventilado para almacenar residuos de alto nivel de acuerdo con la reivindicación 1 y el método para almacenar residuos de alto nivel de acuerdo con la reivindicación 16. Las realizaciones específicas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

- 10 Otras realizaciones de la invención llegarán a ser claras para aquellos expertos en la técnica después de la lectura de la siguiente descripción detallada de los dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista en perspectiva superior de un VVO de la técnica anterior.

- 15 La Figura 2 es una vista en perspectiva superior de un contenedor de almacenamiento HLW de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 3 es una vista seccional del contenedor de almacenamiento HLW de la FIGURA 2.

La Figura 4 es una vista seccional de una tapa de acuerdo con una realización de la presente invención retirada del contenedor de almacenamiento HLW de la FIGURA 2.

La Figura 5 es una vista en perspectiva inferior de la tapa de la FIGURA 4.

- 20 La Figura 6 es una vista seccional del contenedor de almacenamiento de HLW de la FIGURA 2 posicionado para el almacenamiento de HLW por debajo de la superficie.

La Figura 7 es una vista superior del contenedor de almacenamiento de HLW de la FIGURA 6.

La Figura 8 es una vista seccional del contenedor de almacenamiento de HLW de la FIGURA 6 que tiene un bote de HLW posicionado allí para almacenamiento.

- 25 La Figura 9 es una vista en perspectiva de un ISFSI que utiliza una matriz de contenedores para almacenamiento de HLW de acuerdo con una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

- 30 LA FIGURA 2 ilustra un contenedor de almacenamiento de residuos de alto nivel ("HLW") 100 diseñado de acuerdo con una realización de la presente invención. Aunque el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se describirá en términos de ser utilizado para almacenar un bote de combustible nuclear consumido que se ha preparado para almacenamiento seco, se apreciará por aquellos expertos en la técnica que los sistemas y métodos descritos aquí se pueden utilizar para almacenar muchos tipos de HLW.

- 35 El contenedor de almacenamiento de HLW 100 se diseña para que sea un sistema para almacenamiento de HLW ventilado, vertical seco tal como un combustible consumido. El contenedor de almacenamiento de HLW 100 es completamente compatible con barriles de transferencia de 100 toneladas y 125 toneladas para procedimientos de transferencia HLW, tal como operaciones de transferencia de bote del combustible consumido. Todos los tipos de bote de combustible consumido construidos con ingeniería para almacenamiento independiente, por debajo de la superficie y/o modelos de estructura vertical ventilada anclada se pueden almacenar en el contenedor de almacenamiento de HLW 100. Los botes adecuados incluyen botes multipropósito y barriles térmicamente conductores que se sellan herméticamente y se adaptan para el almacenamiento seco de residuos de alto nivel, tal como combustible nuclear consumido. Normalmente, tales botes comprenden una cesta/rejilla de trabajo con forma de panal, u otra estructura, construidas directamente allí para acomodar una pluralidad de barras de combustible consumido en relación separada. Un ejemplo de un bote que es adecuado para uso en la presente invención se describe en la Patente Estadounidense 5,898,747 a Krishna Singh, otorgada en Abril 27, 1999, la cual se incorpora aquí como referencia en su totalidad.
- 40
- 45

5 El contenedor de almacenamiento de HLW 100 se puede modificar/diseñar para que sea compatible con cualquier tamaño o estilo del barril de transferencia. El contenedor de almacenamiento de HLW 100 también se puede diseñar para aceptar los botes de combustible consumido para almacenamiento en una Instalación para Almacenamiento de Combustible Consumido Independiente ("ISFSI"). Los ISFSI que emplean el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se pueden diseñar para acomodar un número de cualquier número de contenedores de almacenamiento de HLW 100 cuando surja la necesidad. En los ISFSI que utilizan una pluralidad de contenedores de almacenamiento de HLW 100, cada contenedor de almacenamiento de HLW 100 funciona completamente independiente de cualquier otro contenedor de almacenamiento de HLW 100 en el ISFSI.

10 El contenedor de almacenamiento de HLW 100 comprende una parte de cuerpo 20 y una tapa 30. La parte de cuerpo 20 comprende una placa de suelo 50. La placa de suelo 50 tiene una pluralidad de anclajes 51 montados a ésta para asegurar el contenedor de almacenamiento de HLW 100 a una base, suelo, u otro cimiento/estructura de estabilización. La tapa 30 descansa en la parte superior y se puede retirar/separar de la parte de cuerpo 20 (es decir, la combinación es una estructura no unitaria). Como se discutirá en mayor detalle adelante, el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se puede adaptar para uso como un sistema de almacenamiento por encima o por
15 debajo de la superficie.

20 Con referencia ahora a la FIGURA 3, la parte de cuerpo 20 comprende una carcasa externa 21 y una carcasa interna 22. La carcasa externa 21 rodea la carcasa interna 22, que forma un espacio pequeño 23 entre ellas. La carcasa externa 21 y la carcasa interna 22 tienen generalmente forma cilíndrica y concéntrica entre sí. Como resultado, el espacio 23 es un espacio anular. Aunque la forma de las carcasas interna y externa 22, 21 es cilíndrica en la realización ilustrada, las carcasas pueden adoptar cualquier forma, que incluye sin limitación forma rectangular, cónica, hexagonal, o irregular. En algunas realizaciones, las carcasas interna y externa 22, 21 no se orientarán concéntricamente.

25 Como se discutirá en mayor detalle adelante, el espacio 23 formado entre la carcasa interna 22 y la carcasa externa 21 actúa como paso para el aire frío. El ancho exacto del espacio 23 para cualquier contenedor de almacenamiento de HLW 100 se determina en una base de diseño caso por caso, considerando tales factores como la carga de calor del HLW que se va a almacenar, la temperatura del aire ambiente frío, y las dinámicas de flujo del fluido deseadas. En algunas realizaciones, el ancho del espacio 23 estará en el rango de 2.5 a 15.2 cm (1 a 6 pulgadas). Aunque el ancho del espacio 23 puede variar circunferencialmente, puede ser deseable diseñar el contenedor de almacenamiento de HLW 100 de tal manera que el ancho del espacio 23 sea de manera general constante con el fin
30 de efectuar la refrigeración simétrica del contenedor HLW y hacer uniforme el flujo del fluido del aire que entra.

35 La carcasa interna 22 y la carcasa externa 21 se aseguran a la parte superior de la placa de suelo 50. La placa de suelo 50 tiene forma cuadrada pero puede tomar cualquier forma deseada. Una pluralidad de espaciadores 27 se asegura a la parte superior de la placa de suelo 50 dentro del espacio 23. Los separadores 27 actúan como guías durante la colocación de las carcasas interna y externa 22, 21 en la parte superior de la placa de suelo 50 y aseguran que la integridad del espacio 23 se mantenga durante la vida del contenedor de almacenamiento de HLW 100. Los separadores 27 se pueden construir de acero bajo en carbono u otro material y se sueldan a la placa de suelo 50.

40 Preferiblemente, la carcasa externa 21 se sella unida a la placa de suelo 50 en todos los puntos de contacto, sellando por lo tanto herméticamente el contenedor de almacenamiento de HLW 100 al ingreso de fluidos a través de estas uniones. En el caso de metales que se pueden soldar, esta unión por sello puede comprender la soldadura o el uso de empaques. Más preferiblemente, la carcasa externa 21 está soldada integralmente a la placa de suelo 50.

45 Se proporciona un reborde de anillo 77 alrededor de la parte superior de la carcasa externa 21 para endurecer la carcasa externa 21 de tal manera que ésta no se hunda o se deforme sustancialmente bajo condiciones de carga. El reborde de anillo 77 se puede soldar integralmente a la parte superior de la carcasa externa 21.

50 La carcasa interna 22 que se restringe lateralmente y rotacionalmente en el plano horizontal es la parte inferior mediante separadores 27 y bloques de soporte 52. La carcasa interna 22 preferiblemente no se suelda o se asegura de otra forma permanentemente a la placa inferior 50 o a la carcasa externa 21 con el fin de permitir la remoción conveniente para desmantelamiento, y si se requiere, para mantenimiento. El borde inferior de la carcasa interna 22 se equipa con una guía tubular (no ilustrada) que también proporciona flexibilidad para permitir a la carcasa interna 22 expandir en su contacto con el aire caliente mediante el bote en la cavidad 24 sin inducir fuerza excesiva hacia arriba en la tapa 30.

55 La carcasa interna 22, la carcasa externa 21, la placa de suelo 50 y el reborde de anillo 77 se construyen preferiblemente de un metal, tal como acero bajo en carbono, pero se pueden hacer de otros materiales, tales como acero inoxidable, aluminio, aleaciones de aluminio, plásticos, y similares. Los aceros bajos en carbono incluyen, sin limitación, ASTM A516, Gr. 70, A515, Gr. 70 o iguales. El espesor deseado de las carcasas interna y externa 22, 21

es materia de diseño y se determinará en una base caso por caso. Sin embargo, en algunas realizaciones, las carcasa interna y externa 22, 21 tendrán un espesor de entre 1.2 a 7.6 cm (1/2 a 3 pulgadas).

La carcasa interna 22 forma una cavidad 24 que tiene un eje central sustancialmente orientado en forma vertical. El tamaño y forma de la cavidad 24 no se limita por la presente invención. Sin embargo, se prefiere que la carcasa interna 22 se seleccione de tal manera que la cavidad 24 tenga una dimensión y forma que se puedan acomodar a un bote de combustible nuclear consumido u otro HLW. Aunque no es necesario para la práctica de la invención, se prefiere que el tamaño y forma de sección horizontal de la cavidad 24 se diseñen para que correspondan de manera general al tamaño y forma de sección horizontal del tipo bote que se utiliza en conjunto con aquel contenedor de almacenamiento particular HLW 100. Más específicamente, es deseable que el tamaño y forma de la cavidad 24 se diseñe de tal manera que cuando un bote que contiene HLW se posicione en la cavidad 24 para almacenamiento (como se ilustra en la FIGURA 8), existe una distancia pequeña entre las paredes laterales externas del bote y las paredes laterales de la cavidad 24. La sección horizontal de la cavidad 24 acomoda preferiblemente no más de un bote de combustible consumido.

Diseñar la cavidad 24 de tal manera que se forme una pequeña distancia entre las paredes laterales del bote almacenado y las paredes laterales de la cavidad 24 limita el grado del bote que se puede mover dentro de la cavidad durante un evento catastrófico, minimizando por lo tanto el daño al bote y las paredes de la cavidad y evitando el volcado del bote dentro de la cavidad. Esta pequeña distancia también facilita el flujo de aire caliente durante la refrigeración de HLW. La longitud exacta de la distancia se puede controlar/diseñar para lograr las dinámicas de flujo del fluido deseadas y las capacidades de transferencia de calor para cualquier situación dada. En algunas realizaciones, por ejemplo, la distancia puede ser 2.5 a 7.6 cm (1 a 3 pulgadas). Una distancia pequeña también reduce la transmisión de radiación.

La carcasa interna 22 también está equipada con costillas longitudinales equidistantes (no ilustradas) en una elevación que se alinea con la parte superior de un bote de HLW almacenado en la cavidad 24. Estas costillas proporcionan un medio para guiar un bote de HLW almacenado en la cavidad 24 de tal manera que el bote descansa apropiadamente en la parte superior de los bloques de soporte 52. Las costillas también sirven para limitar el movimiento lateral del bote durante un terremoto u otro evento catastrófico a una fracción de una pulgada.

Se proporciona una pluralidad de aberturas 25 en la carcasa interna 22 en o próximas a su parte inferior. Las aberturas 25 proporcionan un paso entre el espacio anular 23 y la parte inferior de la cavidad 24. Las aberturas 25 proporcionan pasajes mediante los cuales los fluidos, tal como el aire, pueden pasar desde el espacio anular 23 dentro de la cavidad 24. Las aberturas 25 se utilizan para facilitar la entrada de aire ambiente frío dentro de la cavidad 24 para refrigerar el HLW almacenado que tiene una carga caliente. En la realización ilustrada, se proporcionan seis aberturas 25. Sin embargo, se puede proporcionar cualquier número de aberturas 25. El número exacto se determinará sobre una base caso por caso y se dictará mediante tal consideración como la carga de calor del HLW, las dinámicas de flujo del fluido deseadas, etc. Más aún, aunque las aberturas 25 se ilustran como se ubican en la pared lateral de la carcasa interna 22, se pueden proporcionar aberturas 25 en la placa de suelo 50 en ciertas realizaciones modificadas del contenedor de almacenamiento de HLW 100.

En algunas realizaciones, las aberturas 25 se cargarán simétricamente alrededor de la parte inferior de la carcasa interna 22 en una orientación circunferencial que permite refrigerar la corriente de aire frío bajo el espacio anular 23 para entrar en la cavidad 24 en una forma simétrica. En otras palabras, las aberturas 25 se ubican asimétricamente alrededor de la carcasa interna 22.

Se proporciona una capa para aislamiento 26 alrededor de la superficie externa de la carcasa interna 22 dentro del espacio anular 23. El aislamiento 26 se proporciona para minimizar el calor del aire de refrigeración que entra en el espacio 23 antes que éste ingrese a la cavidad 24. El aislamiento 26 ayuda a asegurar que el aire caliente que surge alrededor del bote situado en la cavidad 24 provoque un mínimo precalentamiento de la corriente de aire fresco en el espacio anular 23. El aislamiento 26 se selecciona preferiblemente de tal manera que sea resistente al agua y a la radiación y no degradable por contacto accidental con líquidos. Las formas adecuadas de aislamiento incluyen, sin limitación, mantas de arcilla de alúmina-sílice resistente al fuego (Kaowool Blanket), óxidos de alúmina y sílice (Kaowool S Blanket), fibra de alúmina-sílice-zirconia (Cerablanket), y alúmina-sílice-cromo (Cerachrome Blanket). El espesor deseado de la capa de aislamiento 26 es materia de diseño y se dictará conforme a consideraciones tales como la carga de calor del HLW, el espesor de las carcasa, y el tipo de aislamiento 26 utilizado. En algunas realizaciones, el aislamiento tendrá un espesor en el rango de 1.2 a 15.2 cm (1/2 a 6 pulgadas). En algunas realizaciones, sólo una parte de la altura de la cavidad se puede rodear con el aislamiento 26. En tales realizaciones, se prefiere que por lo menos la cámara de aire superior se aisle del espacio anular 23.

Se proporciona una pluralidad de bloques de soporte 52 en el suelo (formado por la placa de suelo 50) de la cavidad 24. Se suministran bloques de soporte 52 en el suelo de la cavidad 24 de tal manera que se puede poner allí un bote que mantenga el HLW, tal como el combustible nuclear consumido. Los bloques de soporte 52 se separan circunferencialmente entre sí y se posicionan entre cada una de las aberturas 25 próximos a los seis sectores de la carcasa interna 22 que entran en contacto con la placa inferior 50. Cuando se carga un bote que mantiene HLW

dentro de la cavidad 24 para almacenamiento, la superficie inferior del bote descansa en la parte superior de los bloques de soporte 52, formando una cámara de entrada de aire entre la superficie inferior del bote HLW y el suelo de la cavidad 24. Esta cámara de entrada de aire contribuye al flujo de fluido y la refrigeración apropiada del bote.

5 Los bloques de soporte 52 se pueden hacer de acero bajo en carbono y se sueldan preferiblemente al suelo de la cavidad 24. En algunas realizaciones, las superficies superiores de los bloques de soporte 52 se equiparán con un recubrimiento de acero inoxidable de tal manera que el bote de HLW no descansa sobre una superficie de acero de carbono. Otros materiales adecuados de construcción para los bloques de soporte 52 incluyen, sin limitación, concreto reforzado, acero inoxidable, plásticos y otras aleaciones de metales. Los bloques de soporte 52 también sirven como una función que absorbe energía/impacto. En algunas realizaciones, los bloques de soporte 52 son
10 preferiblemente de un estilo de rejilla con forma de panel, tales como aquellos fabricados por Hexcel Corp., en California, EE.UU.

15 La tapa 30 descansa en la parte superior y es soportada por los bordes superiores de las carcasas interna y externa 22, 21. La tapa 30 se puede retirar de las carcasas interna y externa 22, 21 y forma una estructura no unitaria. La tapa 30 encierra la parte superior de la cavidad 24 y proporciona protección contra la radiación necesaria de tal manera que la radiación no pueda escapar de la parte superior de la cavidad 24 cuando se almacena allí un bote cargado con HLW. La tapa 30 se diseña especialmente para facilitar en ambos la introducción de aire frío al espacio 23 (para introducción posterior a la cavidad 24) y la liberación de aire caliente desde la cavidad 24. En algunas realizaciones, la invención es la tapa en sí misma, independiente de todos los otros aspectos del contenedor de almacenamiento de HLW 100.

20 Las FIGURAS 4 y 5 ilustran la tapa 30 en detalle de acuerdo con una realización de la presente invención. En algunas realizaciones, la tapa 30 será una estructura en acero llena con concreto para protección. El diseño de la tapa 30 se diseña preferiblemente para cumplir un número de objetivos de desempeño.

25 Con referencia primero a la FIGURA 4, se ilustra una vista en perspectiva superior de la tapa 30 retirada de la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100. Con el fin de proporcionar la protección de radiación requerida, la tapa 30 se construye de una combinación de acero bajo en carbono y concreto. Más específicamente, en la construcción de una realización de la tapa 30, se proporciona un recubrimiento de acero y se llena con concreto (u otro material que absorbe la radiación). En otras realizaciones, la tapa 30 se puede construir de una amplia variedad de materiales, que incluyen sin limitación metales, acero inoxidable, aluminio, aleaciones de aluminio, plásticos, y similares. En algunas realizaciones, la tapa se puede construir de una pieza única de material,
30 tal como por ejemplo concreto o acero.

35 La tapa 30 comprende una parte de reborde 31 y una parte del tapón 32. La parte del tapón 32 se extiende hacia abajo de la parte de reborde 31. La parte de reborde 31 rodea la parte del tapón 32, que se extiende desde allí en una dirección radial. Se proporciona una pluralidad de orificios de ventilación de entrada 33 en la tapa 30. Los orificios de ventilación de entrada 33 se ubican circunferencialmente alrededor de la tapa 30. Cada orificio de ventilación de entrada 30 proporciona un pasaje desde una abertura 34 en la pared lateral 35 hasta una abertura 36 en la superficie inferior 37 de la parte de reborde 31.

40 En la tapa 30 se proporciona una pluralidad de orificios de ventilación de salida 38. Cada orificio de ventilación de salida 38 forma un pasaje desde una abertura 39 en la superficie inferior 40 de la parte del tapón 32 hasta una abertura 41 en la superficie superior 42 de la tapa 30. Se proporciona una tapa 43 sobre la abertura 41 para evitar que ingresen y/o bloquear el agua de lluvia u otros residuos de los orificios de ventilación de salida 38. La tapa 43 se asegura a la tapa 30 por medio de tornillos 70 o a través de cualquier otra unión adecuada, que incluye sin limitación soldadura, sujeción, ajuste hermético, atornillado, etc.

45 La tapa 43 se diseña para evitar que el agua de lluvia y otros residuos ingresen dentro de la abertura 41 mientras que permite la entrada aire caliente a la abertura 41 para que salga de allí. En una realización, esto se puede lograr al proporcionar una pluralidad de agujeros pequeños (no ilustrados) en la pared 44 de la tapa 43 justo por debajo de la saliente de la cubierta 45 de la tapa. En otras realizaciones, esto se puede lograr al no conectar herméticamente el techo 45 de la tapa 43 a la pared 44 y/o construir la tapa 43 (o porciones de la misma) a partir de material que es permeable sólo a los gases. La abertura 41 se ubica en el centro de la tapa 30.

50 Al ubicar los orificios de ventilación de entrada 33 y los orificios de ventilación de salida 38 en la tapa 30, no hay ruta de escape de radiación lateral al subir o bajar un bote de HLW en la cavidad 24 durante las operaciones de carga y descarga. Así, se elimina la necesidad de bloquear la protección, que es necesaria en algunos VVO de la técnica anterior. Los orificios de ventilación de entrada 33 y los orificios de ventilación de salida 38 se ubican preferiblemente de forma simétrica (es decir asimétricamente alrededor de la circunferencia de la tapa) de tal manera que la acción de enfriar el aire del sistema no se afecta por el cambio de dirección horizontal del viento. Más aún, al ubicar las aberturas 34 de los orificios de ventilación de entrada 33 en la periferia de la tapa 30 y la abertura 40 para los orificios de ventilación de salida 38 en el eje central superior de la tapa, se elimina esencialmente la mezcla de la corriente de aire frío que entra y la corriente de aire del brazo que sale.
55

- Con el fin de evitar adicionalmente que entre agua lluvia u otros residuos a la abertura 41, la superficie superior 42 de la tapa 30 se curva e inclina lejos de la abertura 41 (es decir, hacia arriba y hacia abajo). El posicionamiento de la abertura 41 lejos de las aberturas 34 ayuda a evitar que el aire caliente que sale por medio de los orificios de ventilación de salida 38 sea arrastrado de nuevo dentro de los orificios de ventilación de entrada 33. La superficie superior 42 de la tapa 30 (que actúa como un techo) sobresale más allá de la pared lateral 35 de la parte de reborde 31, ayudando por lo tanto a evitar el ingreso del agua lluvia y otros residuos en los orificios de ventilación de entrada 33. La saliente también ayuda a evitar la mezcla de las corrientes de aire caliente y fría. La forma curva aumenta más la capacidad de soportar carga de la tapa 30 ya que una viga curva exhibe considerablemente mayor capacidad de soportar carga lateral que la contraparte recta.
- Los orificios de ventilación de salida 38 se curvan específicamente de tal manera que no sale una línea recta a través de estos. Esto evita que exista una línea de visión del aire ambiente hasta un bote HLW que se carga en el contenedor de almacenamiento de HLW 100, eliminando por lo tanto el escape de radiación en el ambiente. En otras realizaciones, los orificios de ventilación de salida pueden estar en ángulo o suficientemente inclinados de tal manera que no hay una línea de visión. Los orificios de ventilación de entrada 33 están en una orientación sustancialmente horizontal. Sin embargo, puede variar la forma y orientación de los orificios de ventilación de entrada y salida 33, 38.
- Los orificios de ventilación de entrada y de salida 33, 38 se hacen de cabezas "formadas y fluidas" (es decir, superficies de revolución) que sirven para tres objetivos de diseño principales. Primero, la forma curva de los orificios de ventilación de entrada y salida 33, 38 eliminan cualquier línea de visión directa de la cavidad 24 y sirven como un medio efectivo para dispersar la corriente de fotones del HLW. Segundo, las placas de acero inoxidable curvas 78 que forman los pasajes de orificio de ventilación de salida 38 aumentan significativamente la capacidad de soportar carga que tiene la tapa 30 en la forma que la viga curva exhibe considerablemente más capacidad de soportar carga lateral que la que tiene su contraparte recta. Esta característica de diseño es un atributo valioso si se necesita evaluar un escenario de impacto más allá de la base del diseño que implica un misil energético grande para un sitio particular ISFSI. Tercero, la naturaleza curva de los orificios de ventilación de entrada 33 proporcionan una pérdida mínima de presión en la corriente de aire fría, que resulta en una acción de ventilación más vigorosa.
- En algunas realizaciones, puede ser preferible proporcionar pantallas que cubran todas las aberturas dentro de los orificios de ventilación de entrada y salida 33, 38 para evitar que entren residuos, insectos y animales pequeños en la cavidad 24 o los orificios 33, 38.
- Con referencia ahora a la FIGURA 5, la tapa 30 comprende adicionalmente un primer sello de empaque 46 y un segundo sello de empaque 47 sobre la superficie inferior 37 de la parte de reborde 31. Los empaques 46, 47 se construyen preferiblemente de un material resistente a la radiación. Cuando la tapa 30 se posiciona en la parte superior la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100 (como se muestra en la FIGURA 3), el primer sello de empaque 46 se comprime entre la superficie inferior 37 de la parte de reborde 31 de la tapa 30 y el borde superior de la carcasa interna 22, formando por lo tanto un sello. De forma similar, cuando la tapa 30 se posiciona en la parte superior la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100, el segundo sello de empaque 47 se comprime entre la superficie inferior 37 de la parte de reborde 31 de la tapa 30 y el borde superior de la carcasa externa 21, formando por lo tanto un segundo sello.
- Se proporciona un anillo de contenedor 48 sobre la superficie inferior 35 de la parte de reborde 31. El anillo de contenedor 48 se diseña para extenderse hacia abajo desde la superficie inferior 35 y periféricamente alrededor y engrana con la superficie externa de la parte superior de la carcasa externa 22 cuando la tapa 30 se posiciona en la parte superior de la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100, como se muestra en la FIGURA 3.
- Con referencia de nuevo a la FIGURA 3, se describirá ahora la relación cooperativa de los elementos de la tapa 30 y los elementos de la parte de cuerpo 20. Cuando la tapa 30 se posiciona apropiadamente en la parte superior de la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100 (por ejemplo, durante el almacenamiento de un bote cargado con HLW), la parte del tapón 32 de la tapa 30 se reduce dentro de la cavidad 24 hasta que se pone en contacto la parte de reborde 31 de la tapa 30 y descansa en la parte superior de las carcasas interna 22 y el anillo de reborde 77. La parte de reborde 31 evita el peligro de que la tapa 30 caiga dentro de la cavidad 24.
- Cuando la tapa 30 se posiciona en la parte superior de la parte de cuerpo 20, el primer y segundo sellos de empaque 46, 47 se comprimen respectivamente entre la parte de reborde 31 de la tapa 30 y los bordes superiores de las carcasas interna y externa 22, 21, formando por lo tanto interfaces de sello hermético. El primer empaque 46 proporciona un sello positivo en la interfaz de la tapa/carcasa interna, evitando la mezcla de la corriente de flujo de entrada de aire frío a través del espacio anular 23 y la corriente de flujo de salida de aire caliente en la parte superior de la cavidad 24. El segundo empaque 47 proporciona un sello en la interfaz de la tapa/carcasa externa, que proporciona protección contra inundaciones que pueden surgir por encima del anillo de reborde 77 propiamente dicho.

El reborde del contenedor 48 rodea y engrana periféricamente el anillo de reborde 77. El anillo de reborde 77 restringe la tapa 30 contra el movimiento horizontal, aún durante eventos de diseño sísmico. Cuando se engrana, la tapa 30 retiene la parte superior de la carcasa interna 22 contra el movimiento lateral, axial. La tapa 30 también proporciona estabilidad, forma y alineación/orientación apropiada de las carcasas interna y externa 22, 21.

5 La extensión de la parte del tapón 32 de la tapa 30 dentro de la cavidad 24 ayuda a reducir la altura general del contenedor de almacenamiento de HLW 100. Debido a que la parte del tapón 32 se hace de acero cargado con concreto para protección, la parte del tapón 32 evita que escape al ambiente la radiación que emana hacia arriba desde un bote de HLW. La altura de la parte del tapón 32 se diseña de tal manera que si la tapa 30 cae accidentalmente durante su manipulación, no estará en contacto con la parte superior del bote de HLW almacenado en la cavidad. Esto también crea la parte de cámara de aire que sale de la cavidad 24 entre el bote y la parte inferior de la tapa 30 como se describió anteriormente.

10 Cuando la tapa 30 se posiciona en la parte superior de la parte de cuerpo 20, los orificios de ventilación de entrada 33 están en cooperación espacial con el espacio 23 formado entre las carcasas interna y externa 22, 21. Los orificios de ventilación de salida 38 están en cooperación espacial con la cavidad 24. Como resultado, el aire ambiente frío puede ingresar al contenedor de almacenamiento de HLW 100 a través de los orificios de ventilación de entrada 33, que fluye en el espacio 23, y en la parte inferior de la cavidad 24 por medio de las aberturas 25. Cuando el bote que contiene HLW tiene una carga caliente que se mantiene dentro de la cavidad 24, este aire frío se calienta por el bote HLW, se eleva dentro la cavidad 24, y sale de la cavidad 24 por medio de los ductos de salida 38.

15 Debido a que las aberturas 34 (visibles mejor en la FIGURA 4) de los orificios de ventilación de entrada 33 se extienden alrededor de la circunferencia de la tapa 30, se minimiza la resistencia hidráulica a la entrada de flujo de aire, una limitación común en los módulos ventilados. Circunscribir circunferencialmente las aberturas 34 de los orificios de ventilación de entrada 33 también resulta en orificios de ventilación de entrada 33 que sean menos susceptibles de bloquearse completamente aún bajo el fenómeno ambiental más extremo que implica sustanciales cantidades de residuos. De manera similar a la minimización de resistencia del flujo de aire se construye el diseño de los orificios de ventilación de salida 38 para la salida de aire.

20 Como se mencionó anteriormente, el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se puede adaptar para almacenamiento de HLW por encima o por debajo de la superficie. Cuando se adapta para almacenamiento de HLW por encima de la superficie, el contenedor de almacenamiento de HLW 100 comprenderá adicionalmente una estructura/cuerpo que absorbe la radiación que rodea la parte de cuerpo 20. La estructura que absorbe la radiación será de un material, y de un espesor suficiente de tal manera que la radiación que emana del bote HLW es suficientemente absorbida/contenida. En algunas realizaciones, la estructura que absorbe la radiación puede ser un monolito de concreto. Más aún, en alguna realización, la carcasa externa se puede formar por una pared interna de la estructura propiamente dicha que absorbe la radiación.

25 Con referencia ahora a las FIGURAS 6 y 7, se describirán la adaptación y uso del contenedor de almacenamiento de HLW 100 para el almacenamiento por encima del grado de HLW en un ISFSI, u otra ubicación, de acuerdo con una realización de la presente invención.

30 Con referencia a la FIGURA 6, se cava por primera vez un agujero en el suelo a una posición deseada dentro del ISFSI y a una profundidad deseada. Una vez se cava el agujero, y su parte inferior se nivela adecuadamente, se coloca una base 61 en la parte inferior del agujero. La base 61 es una losa de hormigón reforzado que satisface las combinaciones de carga de los estándares reconocidos de la industria, tal como ACI-349. Sin embargo, en algunas realizaciones, dependiendo de la carga que se va a soportar y/o las características del suelo, puede ser innecesario el uso de una base. La base 61 se diseña para que cumpla con ciertos criterios estructurales y para evitar la sedimentación a largo plazo y la degradación física del ataque agresivo de los materiales en los substratos circundantes.

35 Una vez la base 61 se posiciona apropiadamente en el agujero, el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se pone dentro del agujero en una orientación vertical hasta que descansa en la parte superior la base 61. La placa de suelo 50 se pone en contacto con y descansa en la parte superior la superficie superior de la base 61. La placa de suelo 50 se asegura luego a la base 61 por medio de anclajes 51 para evitar el movimiento futuro del contenedor de almacenamiento de HLW 100 con respecto a la base 61.

40 Preferiblemente el agujero se cava de tal manera que cuando el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se posiciona allí, por lo menos la mayor parte de las carcasas interna y externa 22, 21 están por debajo del nivel de la superficie 62. Más preferiblemente, el agujero se cava de tal manera que sólo 30 a 121 cm (1 a 4 pies) de las carcasas interna y externa 22, 21 están por encima del nivel de superficie 61 cuando el contenedor de almacenamiento de HLW 100 está descansando sobre una base 61 en la orientación vertical. En algunas realizaciones, el agujero puede ser suficientemente profundo de forma que los bordes superiores de las carcasas interna y externa 22, 21 estén a ras con el nivel de superficie 62. En la realización ilustrada, cerca de 81.2 cm (32 pulgadas) de las carcasas interna y externa 22, 21 sobresalen por encima del nivel de superficie 62.

5 Un conservante apropiado, tal como un epoxi de alquitrán de hulla o similares, se puede aplicar a las superficies expuestas de la carcasa externa 21 y la placa de suelo 50 con el fin de asegurar el sellado, para reducir la decadencia de los materiales, y para protección contra el fuego y el ingreso de fluidos por debajo de la superficie. Un epoxi de alquitrán de hulla adecuado es producido por Carboline Company de St. Louis, Missouri bajo el nombre comercial Bitumastic 300M. En algunas realizaciones, puede ser preferible también cubrir todas las superficies de la carcasa interna 22 y la carcasa externa 21 con el conservante, aunque estas superficies no se exponen directamente a los elementos.

10 Una vez el contenedor de almacenamiento de HLW 100 descansa sobre la parte superior de la base 61 en la orientación vertical, se coloca tierra 60 en el agujero exterior del contenedor de almacenamiento de HLW 100, llenando por lo tanto el agujero con tierra 60 y enterrando una parte grande de la estructura integral HLW 100. Aunque la tierra 60 se usa como ejemplo para llenar el agujero y rodea el contenedor de almacenamiento de HLW 100, se puede utilizar cualquier relleno manufacturado adecuado que cumpla con requerimientos de protección y requerimientos ambientales. Otros rellenos manufacturados adecuados son, sin limitación, grava, roca molida, concreto, arena, y similares. Más aún, se puede suministrar el relleno manufacturado deseado al agujero por medios factibles, que incluyen manualmente, volcado, y similares.

15 Se coloca tierra 60 en el agujero hasta que la tierra 60 rodea el contenedor de almacenamiento de HLW 100 y llena el agujero a un nivel en donde la tierra 60 es aproximadamente igual al nivel de superficie 62. La tierra 60 está en contacto directo con las superficies externas del contenedor de almacenamiento de HLW 100 que están por debajo de la superficie.

20 Una estructura de absorción de la radiación, tal como una plataforma de concreto 63, se proporciona alrededor de la parte de la carcasa externa 21 que sobresale del nivel de superficie 62. El anillo de reborde 77 de la carcasa externa 21 descansa sobre la superficie superior de la plataforma de concreto 63. La plataforma de concreto 63 se diseña con el fin de ser capaz de proporcionar protección contra la radiación necesaria para la parte del contenedor de almacenamiento de HLW 100 que sobresale de la tierra. La superficie superior de la plataforma 63 también proporciona una superficie de rodamiento para un montacargas de barril (u otro dispositivo para transportar un barril de transferencia) durante las operaciones de transferencia de HLW. La tierra 60 proporciona la protección contra la radiación para la parte del contenedor de almacenamiento de HLW 100 que está por debajo del nivel de superficie 62. La plataforma 63 también actúa como una membrana de barrera contra la filtración de la lluvia inducida por la gravedad o por inundaciones alrededor de la parte inferior de la superficie del contenedor de almacenamiento de HLW 100.

30 Se muestra una vista superior de la plataforma de concreto 63 en la FIGURA 7. Aunque la plataforma 63 está preferiblemente hecha de concreto reforzado, la plataforma 63 se puede hacer de cualquier material capaz de absorber/contener adecuadamente la radiación que es emitida por el HLW y que se almacena en la cavidad 24.

35 Con referencia aún a la FIGURA 6, cuando el contenedor de almacenamiento de HLW 100 se adapta para almacenamiento de HLW por debajo de la superficie y se retira la tapa 30, el contenedor de almacenamiento de HLW 100 es un recipiente cilíndrico de paredes delgadas, la parte superior abierta, en la parte inferior cerrada que no tiene penetraciones o aberturas por debajo de la superficie. De esta manera, el agua subterránea no tiene ruta para intrusión dentro de la cavidad 24. De forma similar, cualquier volumen de agua que se pueda introducir dentro de la cavidad 24 a través de los orificios de ventilación de entrada y salida 33, 38 en la tapa 30 no drenará por sí misma.

40 Una vez la plataforma de concreto 63 está en su lugar, la tapa 30 se pone en la parte superior de las carcasas interna y externa 22, 21 como se describió anteriormente. Debido a que la tapa 30, que incluye las aberturas de los orificios de ventilación de entrada y salida 33, 38 al ambiente, se ubica por encima de la superficie, un bote caliente de HLW se puede almacenar en la cavidad 24 por debajo de la superficie mientras aún proporciona la ventilación adecuada del bote para la eliminación del calor.

45 Con referencia ahora a la FIGURA 8, se discutirá el proceso para almacenar el bote 90 cargado con HLW caliente en un contenedor de almacenamiento de HLW 100 por debajo de la superficie. Luego de ser retirado de un grupo de combustible consumido, el bote 90 se trata para almacenamiento seco, que incluye el secado del volumen interno del bote 90 a un nivel de secado deseado, llenar el bote 90 con un gas inerte y sellar después el bote 90 herméticamente. El bote 90 sellado herméticamente se transporta luego en un barril de transferencia. El barril de transferencia es llevado por un montacargas de barril a un contenedor de almacenamiento de HLW 100 diseñado para almacenamiento. Aunque se usa como ejemplo un montacargas de barril, se puede utilizar cualesquier medios adecuados para transportar el barril de transferencia. Por ejemplo, se puede utilizar cualquier tipo adecuado de dispositivo de manejo de carga, tal como sin limitación, una grúa de pórtico, grúa puente, u otro dispositivo de grúa.

55 En la preparación del contenedor de almacenamiento de HLW 100 diseñado para recibir el bote 90, se retira la tapa 30 de tal manera que se abre la cavidad 24. El montacargas posiciona el barril de transferencia en la parte superior del contenedor de almacenamiento subterráneo de HLW 100. Después de que el barril de transferencia se asegura

- 5 apropiadamente a la parte superior del contenedor de almacenamiento subterráneo de HLW 100, se retira una placa inferior del barril de transferencia. Si es necesario, se puede utilizar un dispositivo de acoplamiento adecuado para asegurar la conexión del barril de transferencia al contenedor de almacenamiento de HLW 100 y para retirar la placa inferior del barril de transferencia a una posición de no obstrucción. Tales dispositivos de acoplamiento son bien conocidos en la técnica y se utilizan frecuentemente en los procedimientos de transferencia de botes.
- 10 Luego se coloca el bote 90 mediante el montacargas de barril desde el barril de transferencia dentro de la cavidad 24 hasta que la superficie inferior del bote 90 se pone en contacto con y descansa en la parte superior de los bloques de soporte 52, como se describió anteriormente. Cuando descansa en los bloques de soporte 52, gran parte del bote está por debajo de la superficie. Más preferiblemente, la totalidad del bote 90 está por debajo de la superficie cuando está en su posición de almacenamiento. Así, se proporciona el contenedor de almacenamiento de HLW 100 para almacenamiento subterráneo completo del bote 90 en una configuración vertical dentro de la cavidad 24. En algunas realizaciones, la superficie superior de la plataforma propiamente dicha 63 puede considerar el nivel de superficie, dependiendo de su tamaño, las propiedades de protección contra la radiación, y la relación cooperativa con otros módulos de almacenamiento en el ISFSI.
- 15 Una vez el bote 90 se posiciona y descansa en la cavidad 24, la tapa 30 se posiciona en la parte superior de la parte de cuerpo 20 del contenedor de almacenamiento de HLW 100 como se describió anteriormente con respecto a la FIGURA 3, encerrando por lo tanto sustancialmente la cavidad 24. Hay una cámara de entrada de aire por debajo del bote 90 mientras que hay una cámara de salida de aire por encima del bote 90. La cámara de salida de aire actúa con el refuerzo de la acción "de chimenea" del aire caliente del contenedor de almacenamiento de HLW.
- 20 La tapa 31 luego se asegura en su lugar con tornillos que se extienden dentro de la plataforma de concreto 63. Como resultado del calor emanado del bote 90, el aire frío del ambiente se desvía dentro de los orificios de ventilación de entrada 33, se retira a través del espacio 23, y dentro de la parte inferior de la cavidad 24 por medio de las aberturas 25. Este aire frío se calienta después por el calor que proviene del bote 90, que surge en la cavidad 24 por medio del espacio entre el bote 90 y la carcasa interna 22, y luego sale de la cavidad 24 como aire caliente
- 25 por medio de los orificios de ventilación de salida 38 en la tapa 30.
- El sistema de almacenamiento por debajo de la superficie de la presente invención es un sistema de refrigeración puramente pasivo, libre de cualquier equipo que fuerce el flujo del fluido, tal como sistemas de refrigeración de circuito cerrado, ventiladores, etc.
- 30 Se puede utilizar una multitud de contenedores de almacenamiento 100 en el mismo sitio ISFSI y ubicados en matrices como se muestra en la FIGURA 9. Aunque los contenedores de almacenamiento de HLW 100 están separados pero se encuentran cerca, el diseño permite que se tenga acceso y se recupere en forma independiente el bote almacenado en cada contenedor de almacenamiento de HLW 100.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema vertical ventilado para almacenar unos residuos de alto nivel que comprende:
- 5 una carcasa interna (22) que forma una cavidad (24) que tiene un eje sustancialmente orientado verticalmente, superior e inferior;
- una carcasa externa (21) que rodea la carcasa interna (22) con el fin de formar un espacio (23) entre la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21);
- por lo menos una abertura en la carcasa interna (22) en o próxima a la parte inferior de la cavidad (24), por lo menos una abertura forma un pasaje entre el espacio (23) y la cavidad (24); y
- 10 una tapa removible (30) posicionada en la parte superior de la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21), la tapa removible (30) tiene por lo menos un orificio de ventilación de entrada (33) que forma un pasaje entre una atmósfera ambiente y el espacio (23) y la tapa removible (30) tiene por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) que forma un pasaje entre la cavidad (24) y la atmósfera ambiente.
- 15 2. El sistema de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente un bote de contención sellado herméticamente (90) adaptado para almacenamiento seco de residuos de alto nivel, el bote de contención (90) posicionado en la cavidad (24) en una orientación sustancialmente vertical, teniendo la cavidad (24) una sección horizontal que no acomoda más de un bote (90).
3. El sistema de la reivindicación 2 que comprende adicionalmente una capa de material aislante que rodea la cavidad (24) y que se extiende desde o próxima a la parte superior de la cavidad (24) hasta o próxima a la parte inferior de la cavidad (24).
- 20 4. El sistema de la reivindicación 1 en donde la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) tienen forma sustancialmente cilíndrica y el espacio (23) entre la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) es un espacio anular (23).
5. El sistema de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 25 un material que absorbe la radiación (60) que rodea la carcasa externa (21); en donde por lo menos la mayor parte de la altura de la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) están por debajo del nivel del suelo; y en donde el material que absorbe la radiación es un material de tierra natural o un relleno de ingeniería que forma el nivel del suelo.
- 30 6. El sistema de la reivindicación 1 en donde las carcasas interna y externa (22, 21) se construyen de un metal, comprendiendo el sistema adicionalmente una placa de metal para suelo, la carcasa interna (22) posicionada en la parte superior de la placa de metal para piso, la carcasa externa (21) conectada a la placa de metal para suelo con el fin de formar una conexión hermética entre la parte inferior de la carcasa externa (21) y la placa de metal para suelo.
- 35 7. El sistema de la reivindicación 1 en donde la tapa removible (30) se posiciona en la parte superior de la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) con el fin de formar una interfaz de carcasa interna con la tapa y una interfaz de carcasa externa con la tapa, y en donde la interfaz de carcasa interna con la tapa está adaptada para evitar el flujo de aire.
8. El sistema de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente un primer sello posicionado en la interfaz de carcasa interna con la tapa entre la tapa removible (30) y la carcasa interna (22).
- 40 9. El sistema de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- un bote de contención sellado herméticamente (90) adaptado para almacenamiento seco de residuos radioactivos de alto nivel;
- 45 el bote de contención (90) se posiciona en la cavidad (24) en una orientación sustancialmente vertical de tal manera que hay una cámara de aire superior entre el bote (90) y la tapa removible (30) y hay una cámara de aire inferior entre el bote (90) y el suelo de la cavidad (24); por lo menos una abertura en la carcasa forma un pasaje entre el

espacio (23) y la cámara de aire inferior; y por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) forma un pasaje entre la cámara de aire superior y la atmósfera ambiente.

5 10. El sistema de la reivindicación 1 en donde la tapa removible (30) comprende una parte de tapón y una parte de reborde que rodea la parte del tapón, la parte del tapón se extiende dentro de la cavidad (24) y la parte de reborde descansa en la parte superior de las carcasa interna y externa (22, 21) con el fin de formar una interfaz de carcasa interna con la tapa y una interfaz de carcasa externa con la tapa.

10 11. El sistema de la reivindicación 1 en donde por lo menos un orificio de ventilación de entrada (33) es un pasaje que se extiende desde una abertura en una pared lateral de la tapa removible (30) hasta el espacio (23); y en donde por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) es un pasaje que se extiende desde una abertura en una superficie inferior de la tapa removible (30) hasta una abertura en una superficie superior de la tapa removible (30).

12. El sistema de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

un bote de contención sellado herméticamente (90) adaptado para almacenamiento seco de residuos radioactivos de alto nivel;

15 el bote de contención (90) se posiciona en la cavidad (24) en una orientación sustancialmente vertical de tal manera que existe una distancia entre el bote de contención (90) y la carcasa interna (22); y

en donde el espacio (23) tiene un ancho en un rango de aproximadamente 2.5 cm a 15.2 cm (1 a 6 pulgadas).

20 13. El sistema de la reivindicación 1 en donde la tapa removible (30) comprende una pluralidad de orificios de ventilación de entrada (33), cada orificio de ventilación de entrada (33) se extiende desde una abertura en una pared lateral de la tapa removible (30) hasta el espacio (23), las aberturas de los orificios de ventilación de entrada (33) se ubican simétricamente próximas a la pared lateral de la tapa removible (30); y en donde la carcasa interna (22) comprende una pluralidad de las aberturas en o próximas a la parte inferior de la cavidad (24), ubicándose la abertura asimétricamente próxima a la carcasa interna (22).

25 14. El sistema de la reivindicación 1 en donde la tapa removible (30) comprende una primera placa curva que tiene una superficie superior convexa y superficie inferior cóncava, la tapa removible (30) comprende adicionalmente una segunda placa curva separada por debajo de la primera placa curva, formándose por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) entre la primera placa curva y la segunda placa curva.

15. El sistema de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

30 un bote de contención sellado herméticamente (90) adaptado para almacenamiento seco de residuos de alto nivel, el bote de contención (90) se posiciona en la cavidad (24) en una orientación sustancialmente vertical de tal manera que hay una cámara de aire superior entre el bote de contención (90) y la tapa removible (30) y hay una cámara de aire inferior entre el bote de contención (90) y el suelo de la cavidad (24);

teniendo la cavidad (24) una sección horizontal que no acomoda más de un bote (90);

una capa de material aislante que rodea la cavidad (24) y que se extiende desde o próxima a la parte superior de la cavidad (24) hasta o próxima a la parte inferior de la cavidad (24);

35 en donde la tapa removible (30) se posiciona en la parte superior de la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) con el fin de formar una interfaz de carcasa interna con la tapa y una interfaz de carcasa externa con la tapa, y en donde la interfaz de carcasa interna con la tapa está adaptada para evitar el flujo de aire;

por lo menos una abertura en la carcasa forma un pasaje entre el espacio (23) y la cámara de aire inferior; y

40 por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) forma un pasaje entre la cámara de aire superior y la atmósfera ambiente.

16. Un método para almacenar residuos de alto nivel que comprende:

45 (a) proporcionar un contenedor de almacenamiento (100) que comprende una carcasa interna (22) que forma una cavidad (24) que tiene una parte superior y una inferior, una carcasa externa (21) que rodea la carcasa interna (22) con el fin de formar un espacio (23) entre éstas, y por lo menos una abertura en la carcasa interna (22) en o próxima a la parte inferior de la cavidad (24), por lo menos una abertura formando un pasaje del espacio (23) dentro de la cavidad (24);

(b) colocar un bote sellado herméticamente (90) que contiene residuos de alto nivel dentro de la cavidad (24);

(c) proporcionar una tapa removible (30) que tiene por lo menos un orificio de ventilación de entrada (33) y por lo menos un orificio de salida; y

5 (d) posicionar la tapa removible (30) sobre la parte superior de una carcasa interna y externa (21) de tal manera que por lo menos un orificio de ventilación de entrada (33) forma un pasaje desde una atmósfera ambiente hasta el espacio (23) y por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) forma un pasaje desde la cavidad (24) hasta la atmósfera ambiente, la tapa removible (30) cubre la parte superior de la cavidad (24), de tal manera que ingresa aire frío a la cavidad (24) por medio de por lo menos el orificio de ventilación de entrada (33) y el espacio (23), el aire frío se calienta en la cavidad (24) mediante calor emanado desde el bote (90) de residuos de alto nivel, el aire caliente surge dentro de la cavidad (24) y sale de la cavidad (24) a través de por lo menos un orificio de ventilación de salida (38) en la tapa removible (30).
10

17. El método de la reivindicación 16 en donde la etapa a) comprende adicionalmente proporcionar el contenedor de almacenamiento (100) de tal manera que por lo menos la mayor parte de la altura de la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) estén por debajo del nivel del suelo, estando el contenedor de almacenamiento (100) en una orientación sustancialmente vertical y se sella al ingreso de fluidos por debajo del suelo; y en donde la tapa removible (30) se ubica por encima del nivel del suelo.
15

18. El método de la reivindicación 17 en donde la etapa b) comprende bajar el bote (90) dentro de la cavidad (24) de tal manera que la totalidad del bote (90) está por debajo del nivel del suelo.

19. El método de la reivindicación 18 en donde la tapa removible (30) comprende una pluralidad de orificios de ventilación de entrada (33), cada orificio de ventilación de entrada (33) se extiende desde una abertura en una pared lateral de la tapa removible (30) hasta el espacio (23), las aberturas de los orificios de ventilación de entrada (33) se ubican asimétricamente cerca de la pared lateral de la tapa removible (30); y en donde la carcasa interna (22) comprende una pluralidad de las aberturas en o próximas a la parte inferior de la cavidad (24), ubicándose la abertura asimétricamente próxima a la carcasa interna (22).
20

20. El método de la reivindicación 16 en donde la etapa d) incluye una etapa de refrigeración puramente pasiva, estando libre el contenedor de almacenamiento (100) de cualquier equipo que fuerce el flujo del fluido.
25

21. El método de la reivindicación 16 en donde la carcasa interna (22) y la carcasa externa (21) tienen forma cilíndrica y se construyen de metal, siendo el espacio (23) un espacio anular (23); en donde la cavidad (24) tiene una sección horizontal que no acomoda más de un bote (90); y en donde el contenedor de almacenamiento (100) comprende adicionalmente una capa de material aislante que rodea la cavidad (24) y que se extiende desde o próxima a la parte superior de la cavidad (24) hasta o próxima a la parte inferior de la cavidad (24).
30

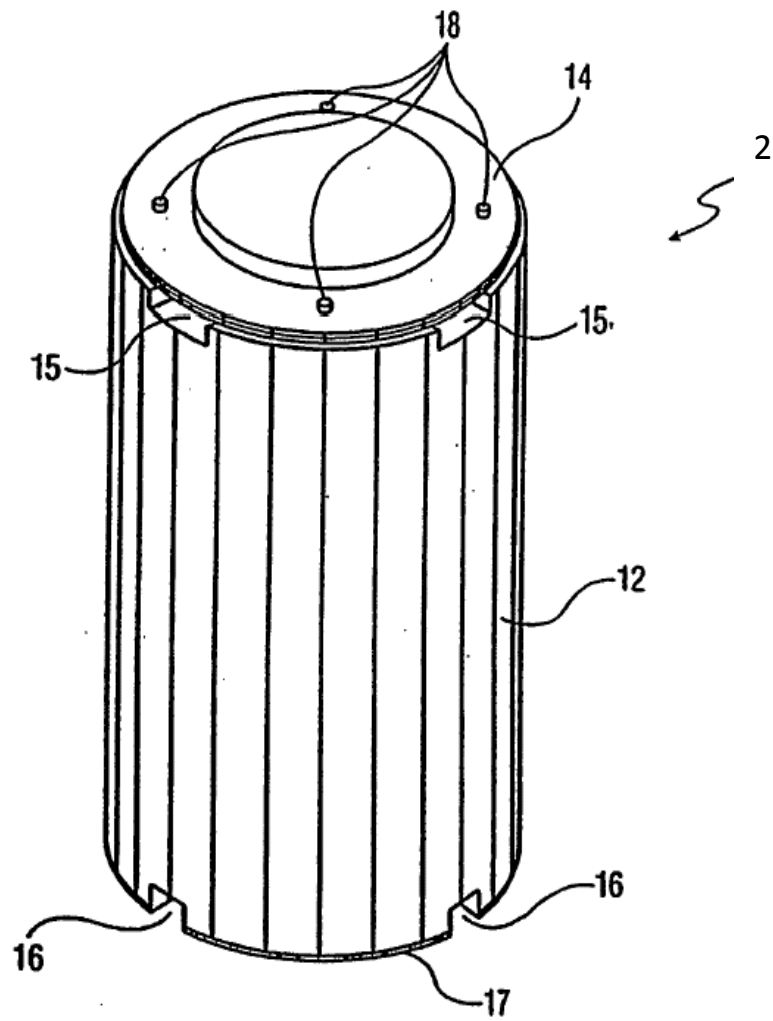


FIG. 1

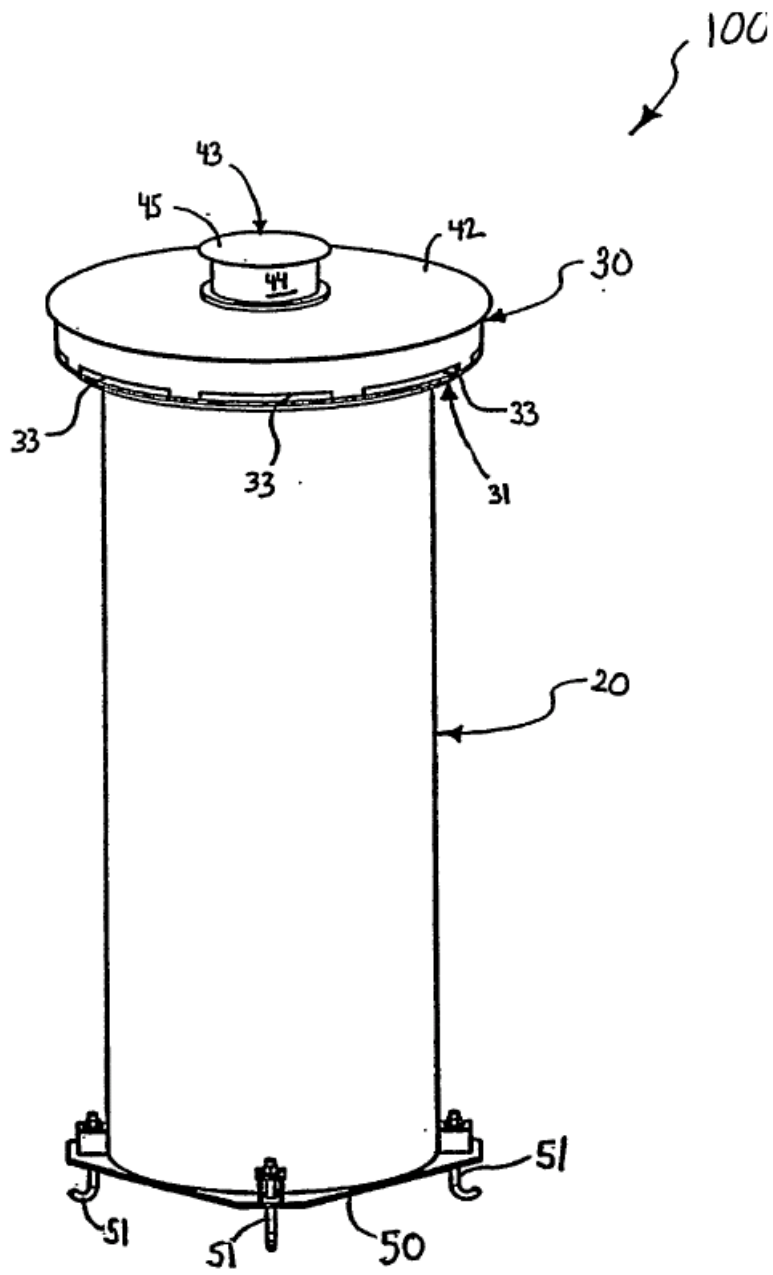


Figura 2

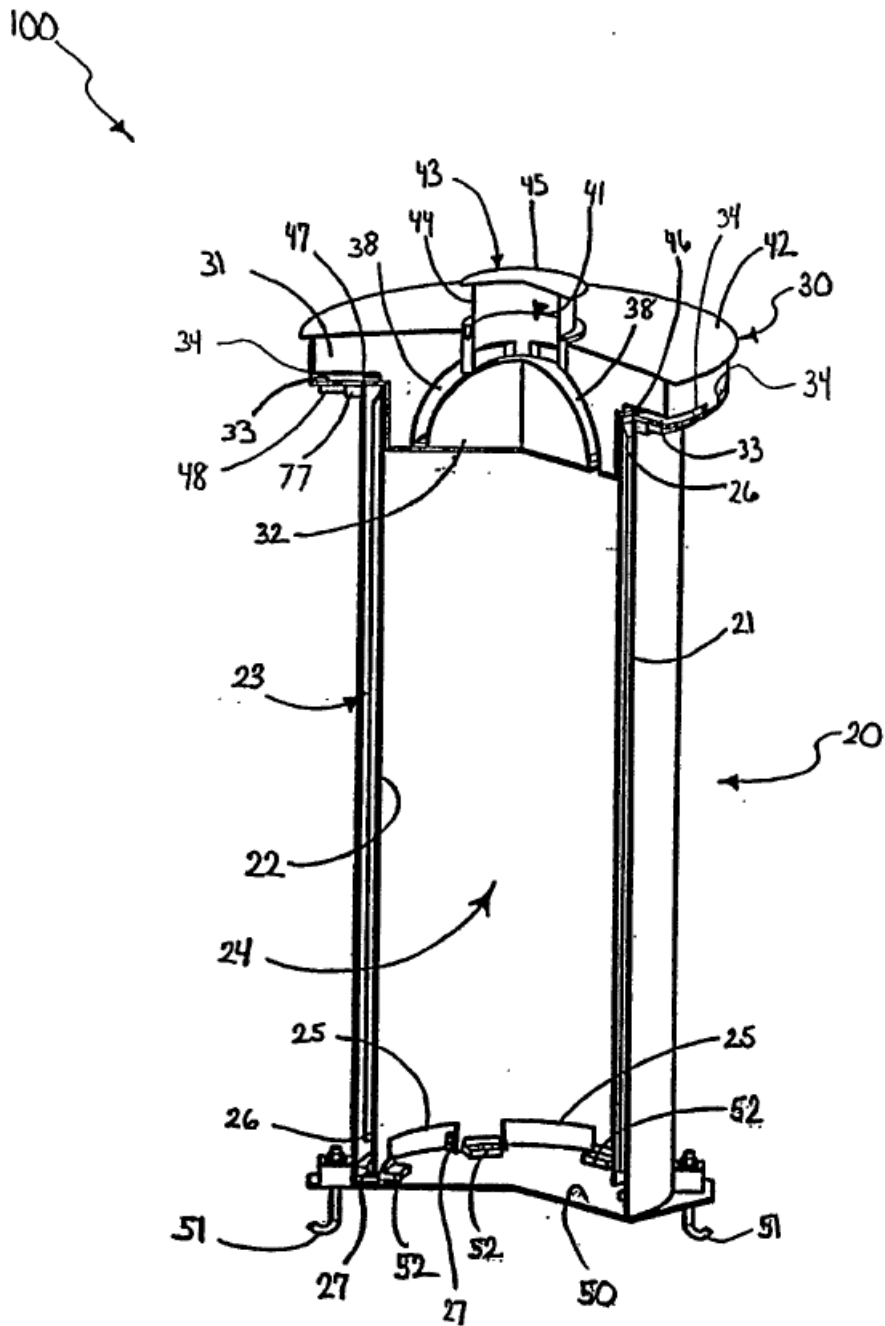


Figura 3

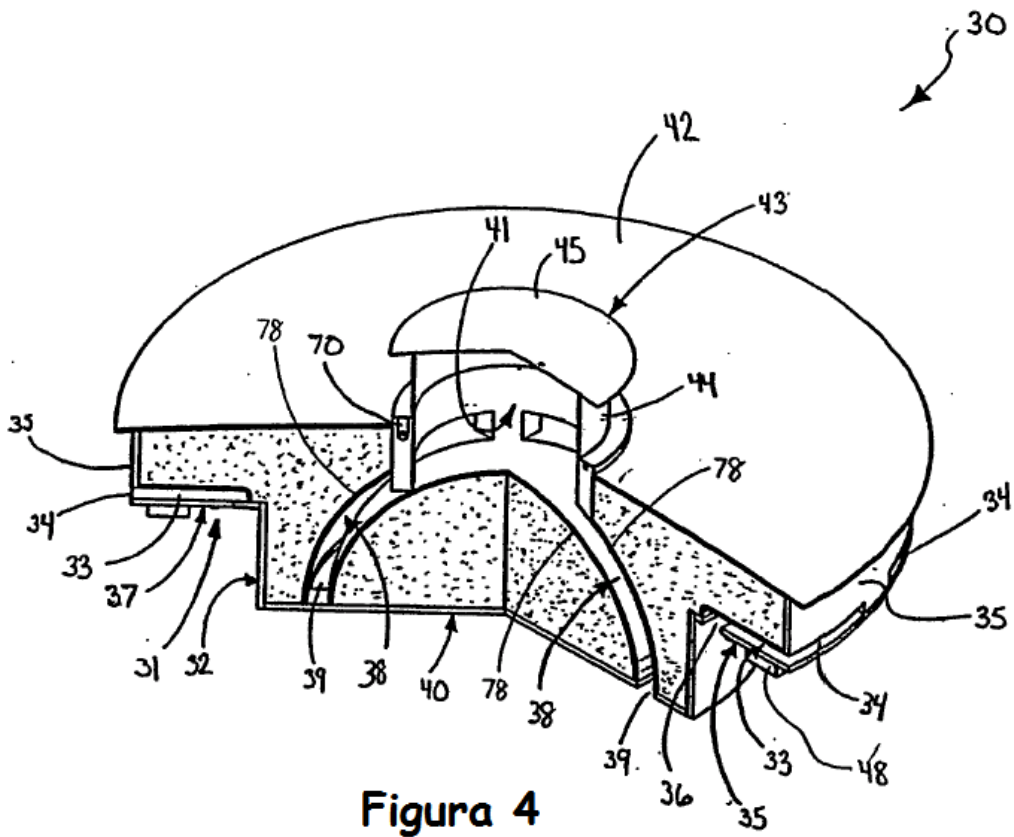


Figura 4

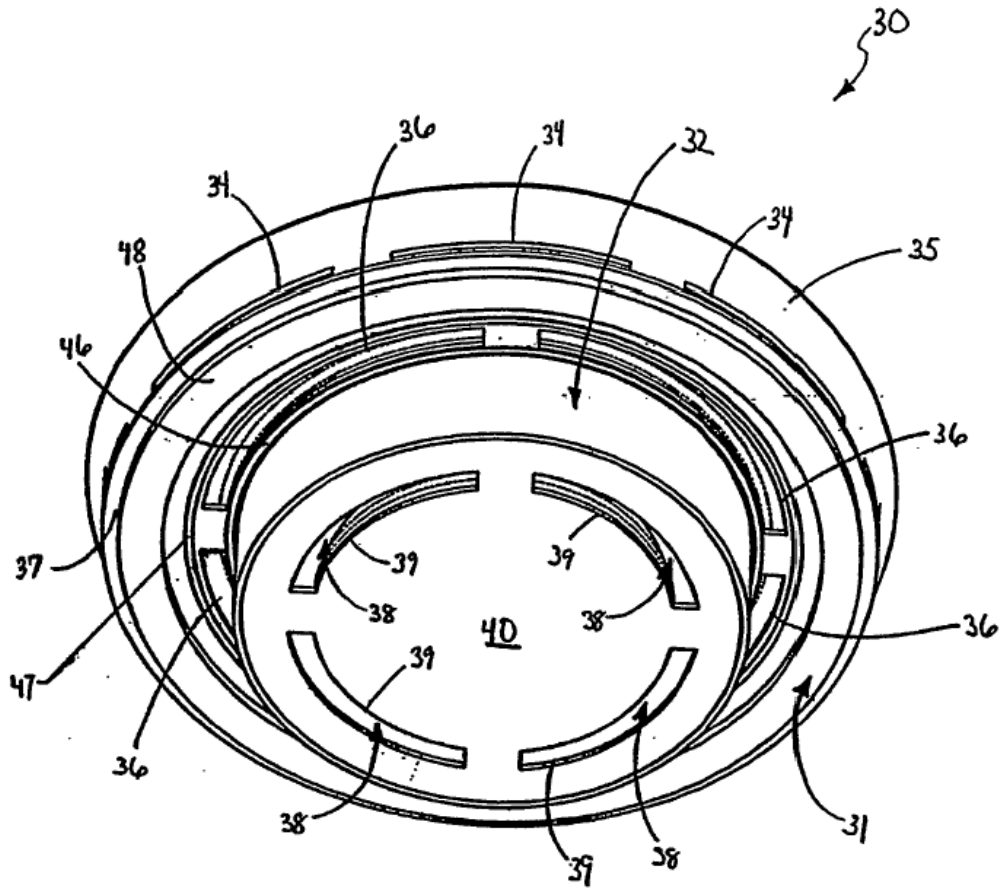


Figura 5

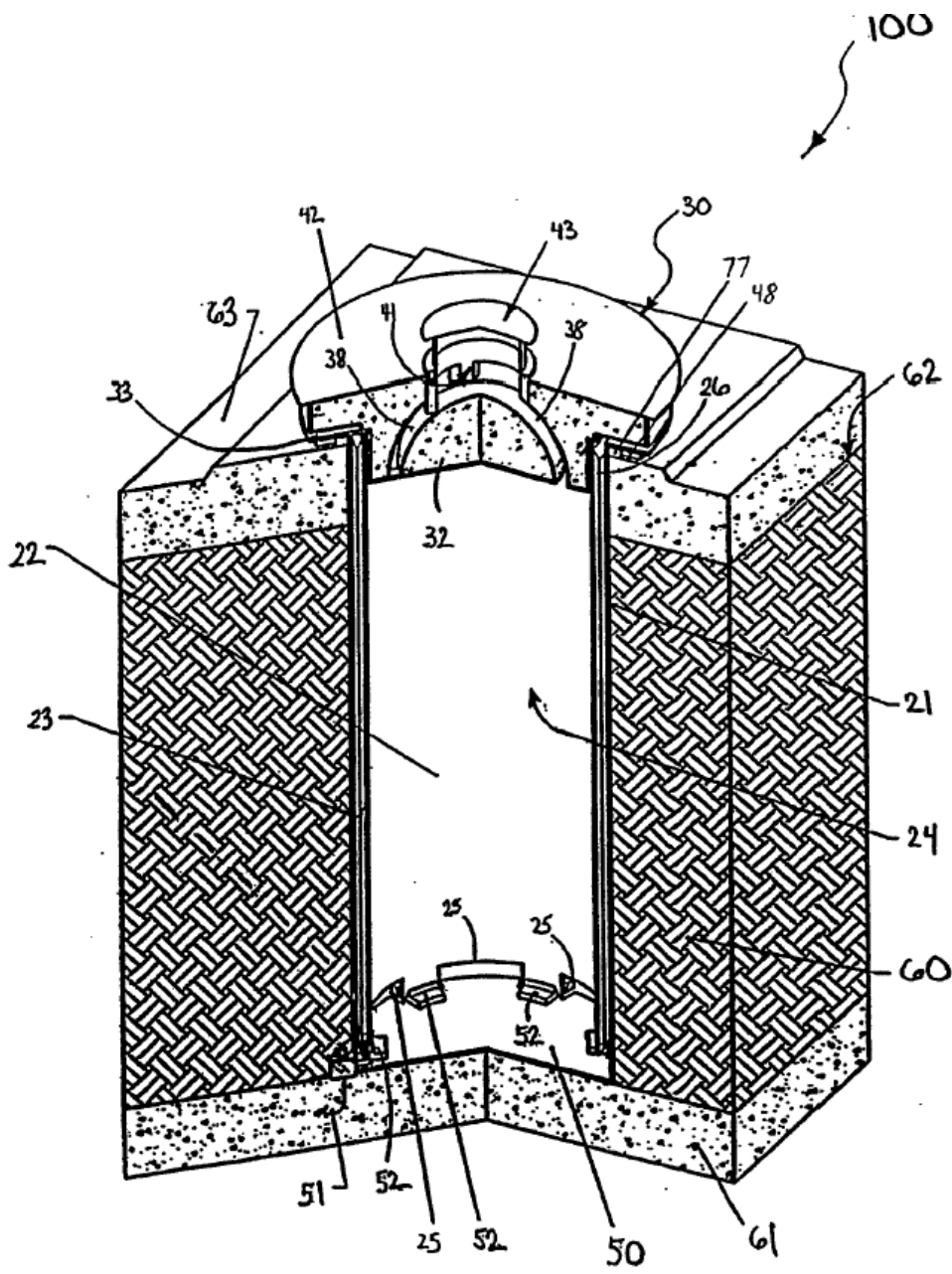


Figura 6

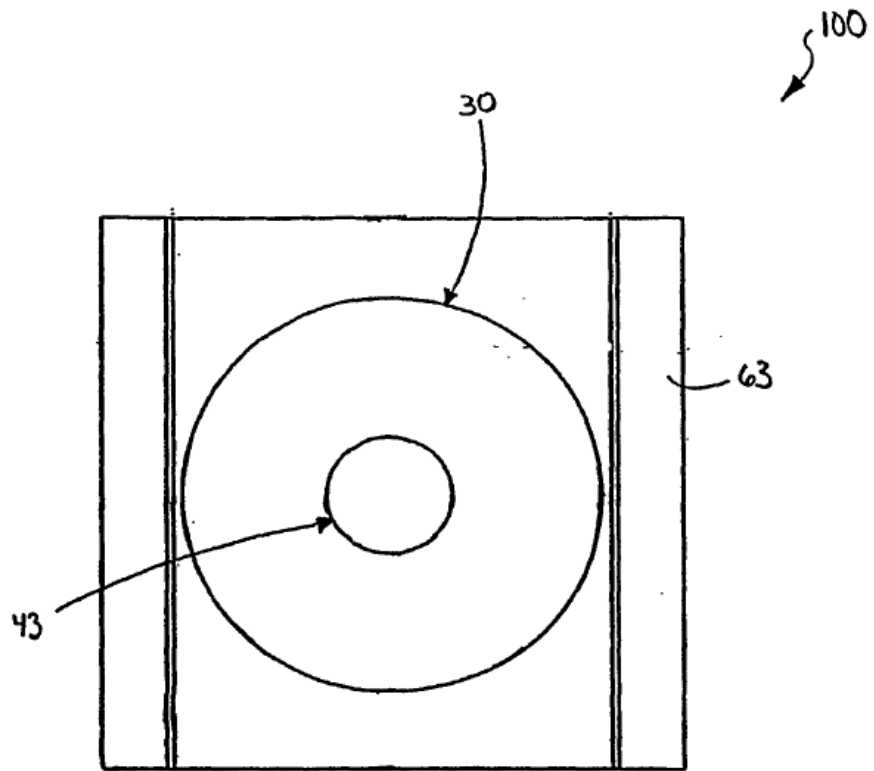


Figura 7

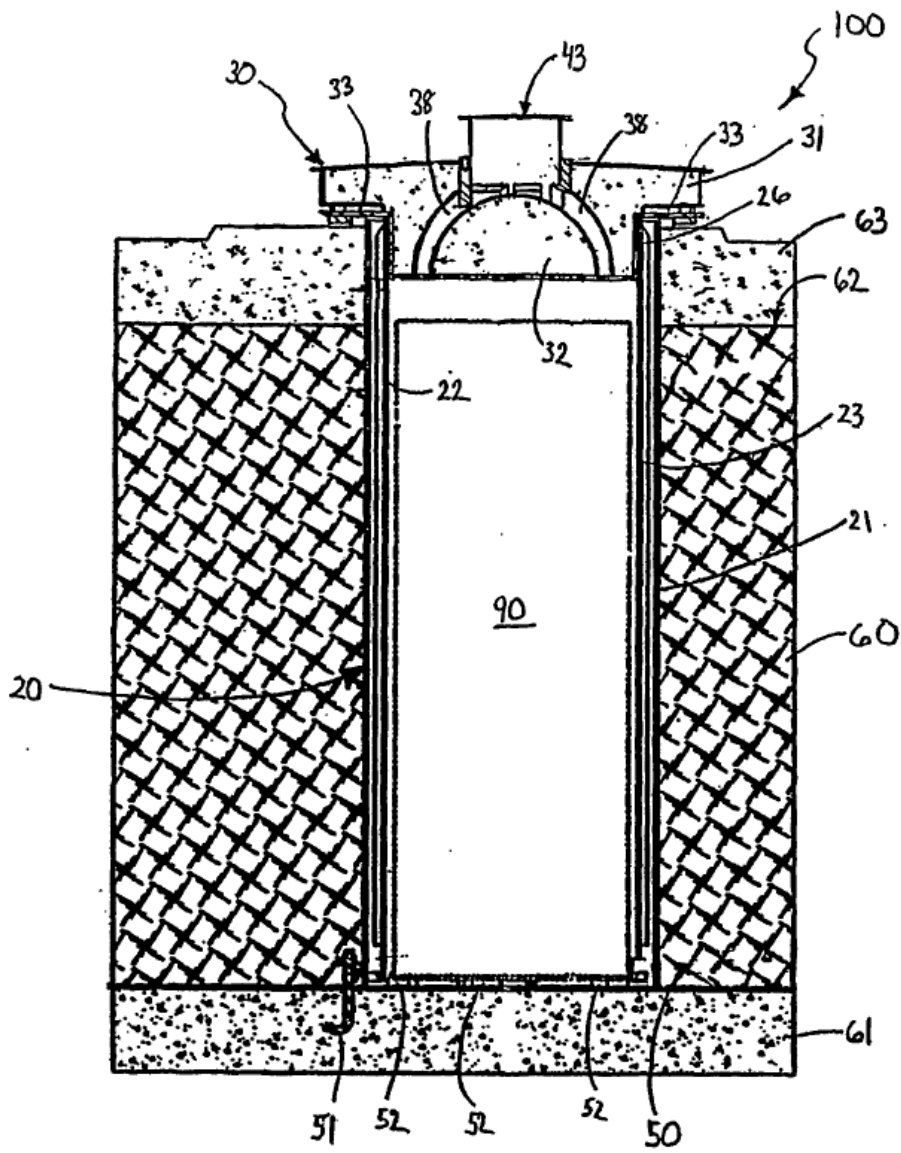


Figura 8

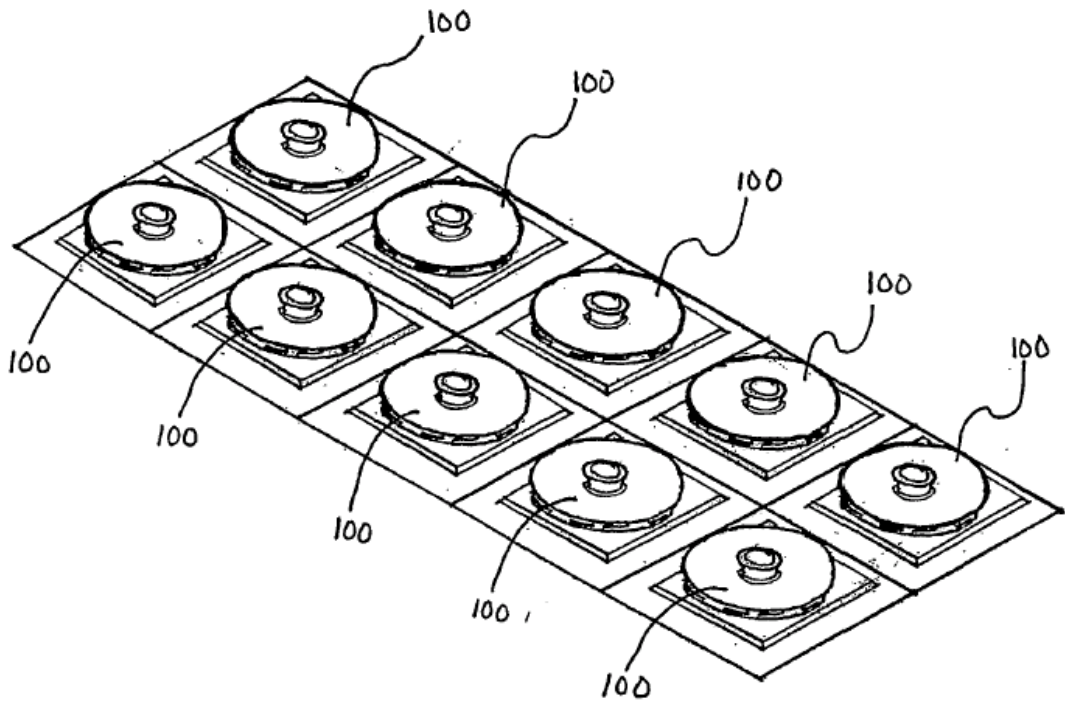


Figura 9