

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 071**

51 Int. Cl.:

<b>G21C 9/02</b>	(2006.01)	<b>E21F 11/00</b>	(2006.01)
<b>G21C 13/02</b>	(2006.01)		
<b>G21C 15/18</b>	(2006.01)		
<b>G21D 1/00</b>	(2006.01)		
<b>G21D 1/02</b>	(2006.01)		
<b>G21D 3/06</b>	(2006.01)		
<b>A62B 1/02</b>	(2006.01)		
<b>B66B 5/02</b>	(2006.01)		
<b>B66B 9/00</b>	(2006.01)		
<b>C06C 5/00</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2012 PCT/ES2012/070551**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14013095**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2012 E 12770173 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2814038**

54 Título: **Central nuclear, sistema de seguridad con elemento fusible y ascensor gravitacional**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.02.2017**

73 Titular/es:  
**SERBEX TECNOLOGÍA Y VALORES, S.L.**  
**(100.0%)**  
**C/ Baldomero Anabitarte 6 Bajo**  
**20011 San Sebastian-Donostia (Gipuzkoa), ES**

72 Inventor/es:  
**LARRION, JAVIER**

74 Agente/Representante:  
**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 602 071 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).

Central nuclear, sistema de seguridad con elemento fusible y ascensor gravitacional

**DESCRIPCIÓN**

**5 Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a una central nuclear subterránea que comprende un sistema de seguridad, en el que destacan un elemento fusible y un ascensor gravitacional.

10 En particular, en la central nuclear y sistema de seguridad con elemento fusible y ascensor gravitacional, los edificios de la central sujetos a contaminación están enterrados por debajo del nivel del mar y bajo dársenas con agua borada, y la central dispone de un sistema de seguridad exento de componentes eléctricos y electrónicos para actuar ante posibles accidentes que comprende, entre otros, medios para la inundación de los edificios de la central con fusibles térmicos y ascensores gravitacionales para el escape de los operarios en caso de emergencia.

15 Es por ello que la presente invención será de interés para el sector de la industria de la energía atómica.

**Descripción del estado de la técnica**

20 Es bien conocido que el principal problema de seguridad en las centrales nucleares consiste en la falta de refrigeración del reactor en un momento dado, subiendo la temperatura y entrando en reacción incontrolada su combustible.

25 En caso de accidente por falta de refrigeración, el combustible nuclear que se encuentra en el reactor puede llegar a fundirse, formando lo que se denomina corio. El corio es un magma resultante de la fusión de elementos del núcleo y está constituido esencialmente por una mezcla de combustible nuclear, el recubrimiento de los elementos combustibles (aleación de circonio o similares) y los diversos componentes del núcleo con los que entra en contacto (barras, tubos, soportes, abrazaderas etc.)

30 Este es uno de los accidentes más graves que puede ocurrir, donde es necesario proceder a refrigerar el reactor para evitar la proliferación de la reacción del material fisionable y su posible escape de las barreras de contención, normalmente la vasija del reactor y el edificio de contención.

35 Además, en este proceso al fundirse juntas las barras de combustible, las barras de control y otros elementos de la vasija, se producen gases que pueden dar lugar a explosiones.

Para contener este tipo de situaciones es necesario refrigerar con agua borada que además de evacuar el calor producido diluye los gases generados en el proceso.

40 Uno de los problemas que hay que afrontar es que a veces el agua de refrigeración no llega bien por un mal funcionamiento de las bombas de inyección de dicho fluido o por falta de suministro eléctrico para el accionamiento de las mismas.

45 Por ello, una posible solución sería el diseño de centrales donde el fluido de refrigeración entrara sin necesidad de bombas, por lo que los depósitos de agua deberían encontrarse a una cota superior a la de los edificios a refrigerar.

La presente estructura perfeccionada de central nuclear provista de un dispositivo de elemento fusible de refrigeración supone un avance al resolver de manera satisfactoria los aludidos problemas de seguridad en las centrales nucleares tradicionales.

50 Los documentos US 3 712 851 A y XP009138062 divulgan ejemplos de centrales del estado de la técnica.

**Descripción de la invención**

55 La central nuclear objeto de la presente invención, que se describe a continuación, se encuentra constituida por una original estructura de central, enterrada a cierta profundidad, de manera que esta pueda ser refrigerada en caso de accidente mediante un depósito de agua de refrigeración para situaciones de emergencia, preferiblemente de agua de mar, que se encuentra en la superficie, por encima de la central, pudiendo por ello circular el agua de refrigeración por gravedad sin necesidad de bombeo. Tras realizar una excavación a cielo abierto en el terreno destinado a albergar la central, la central nuclear es construida con los correspondientes criterios constructivos y realizando un cofre de hormigón para albergarla, incluyendo criterios antisísmicos, y posteriormente es enterrada empleando parte de la tierra que fue desalojada durante la excavación a través de rampas de acceso. Esta disposición permite que una vez que la vida útil de la central haya expirado, no sea necesario desmantelar la central tal y como sucede en las centrales nucleares instaladas en la superficie actualmente.

La central nuclear con un sistema de seguridad se basa principalmente en una disposición particular de los elementos que componen la central nuclear en combinación con diferentes elementos de seguridad, minimizando al máximo componentes lo electrónicos y eléctricos, siendo el elemento de seguridad más relevante la disposición y utilización de elementos fusibles térmicos pasivos, que permiten dar paso a la entrada automática de agua en el núcleo del reactor cuando la temperatura del reactor alcanza una temperatura consigna previamente determinada.

La central nuclear consiste en una disposición concreta y particular de los diferentes componentes o elementos de una planta nuclear enterrada en un emplazamiento próximo al mar como fuente inagotable de agua, con el objetivo de mejorar su seguridad, y que incluye asimismo diferentes componentes o dispositivos para incrementar la seguridad de la central. En concreto, la central nuclear objeto de la invención comprende tres instalaciones básicas enterradas, a saber: un edificio de contención del reactor situado bajo tierra, un edificio de turbinas o de generación eléctrica también situado bajo tierra y al menos un almacén de residuos y/o de combustible nuclear. Asimismo, en la superficie, esta presenta un edificio de control de la central así como los transformadores y conexión con la línea de alta tensión.

Mediante la disposición de los edificios según la presente invención, los diferentes edificios están separados unos de los otros permitiendo el aislamiento de los mismos en caso de necesidad, inundando el edificio de contención y los almacenes de residuos o combustible nuclear y/o enterrando dichos edificios. En concreto, los edificios bajo tierra pueden ser enterrados de forma independiente mediante el uso, preferiblemente, de anillos pirotécnicos situados en cada entrada y/o salida de cada edificio cuando se da una situación de emergencia. Con esta disposición, el personal puede controlar los edificios más peligrosos de la central de una manera aislada, y en caso de un accidente que fuerce a enterrar o inundar los edificios comprometidos, el personal se mantiene alejado de la radiación. Como se ha mencionado, la central presenta al menos un almacén de residuos nucleares y/o combustible nuclear que permanece enterrado y en comunicación con el reactor de la instalación de manera permanente, por lo tanto sin precisar traslados del combustible fuera de la central. Una vez que dicho almacén se ha llenado, el mismo se inunda y/o se entierra para siempre, quedando aislado del resto de componentes de la central. El número de almacenes nucleares será el necesario para almacenar los residuos que se puedan generar durante la vida útil de la central. Asimismo, entre estos almacenes o edificios, se pueden disponer uno o algunos de ellos destinados al almacenamiento de combustible nuclear virgen.

Entre la costa y el mar, por encima de la parte de la central que está enterrada, se dispone al menos una dársena de agua borada, en contacto con el mar, que permite la refrigeración y/o inundación de los distintos componentes de la central en caso de emergencia.

Adicionalmente, y como se ha mencionado, el sistema de seguridad de la central cuenta con un elemento fusible para una central nuclear, y más en particular para el reactor de una central nuclear, que consiste en disponer fusibles térmicos para inundar el reactor en caso de elevada temperatura. Se puede disponer un fusible en la vasija del reactor para inundar la misma y otro en la vasija del núcleo para inundar el mismo cuando una temperatura predeterminada o consigna para cada fusible es alcanzada e incluso un tercer fusible para inundar el edificio de contención de hormigón. El fusible de seguridad no incorpora ningún mecanismo eléctrico o electrónico, siendo totalmente pasivo y autónomo, de manera que una vez alcanzada la temperatura consigna, este se funde totalmente y de golpe (aleación eutéctica), dejando entrar el agua borada, almacenada en una dársena o depósito situado sobre el reactor, por gravedad (con un sistema pasivo de compensación de presiones, para que la columna de agua borada de refrigeración no sea rechazada a través de las tuberías de inundación). El sistema de inundación se compone de unas tapas o compuertas que se funden a una temperatura concreta provocando su apertura al alcanzar una temperatura consigna o predeterminada en caso de accidente.

Asimismo, se prevén otros sistemas de seguridad en la instalación tales como un sistema de escape para los operarios que se encuentren bajo tierra en caso de emergencia conformado por al menos un ascensor gravitacional, un sistema de bombeo de secado tras la inundación de uno de los edificios y una vez controlado el accidente; un sistema de limpieza de las tuberías que garantiza el caudal de las mismas; unas válvulas de actuación pasiva, bien mediante flotadores o muelles tarados a una presión concreta; entre otros.

Por lo tanto, el objeto de la invención es una central nuclear según las reivindicaciones 1 a 14.

Hoy en día la tecnología permite la construcción de centrales nucleares con una probabilidad casi nula de accidente grave, que pudiera tener repercusión en el hábitat y en la salud de aquellos que viven en su entorno. Para ello, la presente invención tiene en cuenta los siguientes criterios:

- situar la central junto al mar, y
- situar reactores subterráneos (tratando de evitar zonas sísmicas), si bien aún en zonas sísmicas el diseño propuesto en la presente invención es válido si es diseñado teniendo en cuenta criterios antisísmicos.

La presente invención se encuentra especialmente ideada para reactores de cuarta generación, de no más de 500 MW, limitando la masa de combustible en el reactor de manera que en caso de fusión del núcleo sea más fácil apagar la masa de combustible de un reactor de tal potencia.

Además, para reducir la probabilidad de fallos, se simplifica el diseño de los equipos de control, de manera que se limita la electrónica a controles blindados de radiación, temperatura, ondas sísmicas etc., y se reduce el número de dichos equipos, disminuyendo así la probabilidad de averías de los mismos.

Tal y como se ha mencionado, el fluido refrigerante se mantiene a un determinado nivel constante mediante sistemas de válvulas y flotadores de apertura, que toman el agua de refrigeración de unas dársenas principales de agua borada. Estas dársenas principales se encuentran construidas a un nivel más bajo que el del mar y por encima de los edificios enterrados, disponiendo a su vez de un sistema de alimentación de agua por medio de flotadores que abren válvulas de compuerta para permitir la entrada de agua del mar y de una solución concentrada de boro. Dicha solución borada se encuentra almacenada en unas dársenas secundarias que vierten esta solución a las dársenas principales también a través de válvulas de compuerta con flotador. De esta manera se garantiza una continuidad de abastecimiento inagotable de agua borada, que es el refrigerante base de la central, para el reactor.

En estas dársenas secundarias de solución concentrada de boro se mantiene la cantidad de boro mediante el vertido directo del mismo en las dársenas. Al encontrarse por debajo del nivel del mar, no es posible que el contenido de las dársenas se pueda verter en el mar. Asimismo, y para asegurar que no sucede lo anterior, las dársenas, tanto principal como secundaria, incorporan unas cubiertas o placas que flotan sobre el agua contenida en las mismas, estando dichas placas ancladas al fondo de las dársenas, para evitar la evaporación del agua así como para minimizar la mezcla de agua de mar y otros elementos. Dichas dársenas pueden comprender adicionalmente estructuras fijas que cubren toda su superficie.

Dichas dársenas son las encargadas de proporcionar el agua de refrigeración a los distintos edificios y componentes de la central subterránea, y principalmente al reactor. Asimismo, las dársenas principales que contienen el agua borada reciben en el fondo de las mismas las tuberías de escape o evacuación de los gases que se pudieran generar en los distintos contenedores o edificios, tal como el núcleo, vasija del núcleo, edificio de hormigón y edificios de almacenamiento de residuos y de combustible nuclear en caso de accidente. De esta manera, los gases de escape o evacuación se condensan al alcanzar la dársena diluyéndose en la misma. Dichas conducciones o tuberías parten de válvulas de seguridad de alta presión y temperatura instaladas en las paredes del edificio de hormigón de contención del reactor, en la vasija del reactor y en la vasija del núcleo.

La central objeto de la presente invención está diseñada para que en caso de accidente en el reactor, los dispositivos básicos de seguridad se activen sin precisar la acción humana y minimizando al máximo la participación de componentes electrónicos y eléctricos. Por ello, esta comprende como elemento principal de seguridad un dispositivo fusible de refrigeración que en caso de accidente o avería de funcionamiento, por el que el reactor alcance una elevada temperatura predeterminada, se producirá la fusión de unas compuertas o tapas comprendidas en el fusible de refrigeración o fusible térmico, de manera que al fundirse dichas compuertas, el reactor queda comunicado con unos conductos o tuberías de refrigeración que posibilitan la introducción de agua borada de refrigeración en el reactor desde las dársenas principales.

Estas compuertas o tapas comprendidas en el interior del dispositivo fusible son de una aleación eutéctica que se funde cuando alcanzan una temperatura determinada, permitiendo el paso del agua borada contenida en los conductos o tuberías de refrigeración al edificio de contención del reactor, a la vasija del reactor y/o a la vasija del núcleo, permitiendo así la refrigeración y dilución de los gases que se hayan podido generar con la fusión de las barras de los elementos combustibles u otros elementos en el reactor.

La aleación con composición eutéctica es una que en estado líquido, al ser enfriada lentamente, llega a una temperatura de solidificación denominada temperatura eutéctica, en donde ocurre la reacción: líquido → solución sólida alfa + solución sólida beta, llamada reacción eutéctica. Los dispositivos fusibles se pueden situar en la propia pared del edificio de contención del reactor, en la pared de la vasija del reactor y/o en la pared de la vasija del núcleo, de manera que la aleación es capaz de mantener en su estado sólido las características mecánicas requeridas de las paredes en la está situada, pero al superar una temperatura determinada se transforma en estado líquido fundiéndose y permitiendo pasar el agua borada de refrigeración al interior de los distintos compartimentos del reactor.

Las citadas válvulas de seguridad de alta presión y temperatura, instaladas en el edificio de contención, en la vasija del reactor y en la vasija del núcleo, tienen la función de evacuar los golpes de alta presión que pueden producirse al poco tiempo de empezar a entrar el agua borada en el edificio de contención, en la vasija del reactor y en la vasija del núcleo. El número de tuberías de evacuación y tuberías de entrada de agua deberá ser el suficiente para evacuar el gas que se genere y a la vez permitir el agua de refrigeración suficiente, de manera que a medida que entra agua y en función de la temperatura, esta se evapora, saliendo por las tuberías de evacuación, permitiendo la entrada de más agua de refrigeración. El número de tuberías serán las necesarias para garantizar la entrada de

agua de refrigeración, buscando una redundancia de seguridad.

En caso de que la temperatura del núcleo se eleve por encima de un valor de seguridad consigna o predeterminado, comenzarán a actuar los diferentes fusibles de seguridad, de manera que en primer lugar actuará el fusible situado en la vasija del núcleo posibilitando que el mismo se inunde, posteriormente el situado en la vasija del reactor y por último el situado en el edificio de contención hasta que se consiga enfriar el núcleo.

Una vez controlada la situación de accidente nuclear o de emergencia, que haya motivado la inundación de las distintas partes de la central, puede procederse a la recuperación de la planta mediante la extracción del agua de refrigeración por medio de una estación de bombeo, prevista al efecto y que lleva el agua borada y contaminada a la dársena de agua borada, a través de las tuberías de escape de gases del reactor (contención, vasija del reactor y vasija del núcleo).

La central objeto de la invención, presenta, como ya se ha mencionado, los distintos edificios que conforman la misma enterrados y conectados por un entramado de túneles horizontales y verticales, que funcionan como vía de comunicación para los operarios en condiciones normales de operación de la central y como vía de escape tras un posible accidente nuclear. Dichos túneles horizontales presentan en diferentes puntos, principalmente en los accesos a los mismos, unas puertas de acero y planchas de plomo, accionadas manualmente y preferiblemente con la ayuda de contrapesos, que permiten aislar las zonas intermedias de los túneles verticales de escape de comunicación y de seguridad en caso de accidente.

La central comprende en dichos túneles verticales ascensores para acceder a los edificios y túneles subterráneos, pudiendo estos ascensores ser de dos tipos, unos accionados eléctricamente para que en condiciones normales de operación los operarios puedan subir y bajar, y otros ascensores gravitacionales, sin necesidad de electricidad, que únicamente permiten ascender y de uso exclusivo en caso de emergencia para escapar del interior de la central. En particular, los ascensores gravitacionales, que equivalen a ascensores de emergencia que no requieren electricidad para su funcionamiento exclusivamente ascendente, se instalan preferiblemente en paralelo al ascensor de uso normal, en los túneles de escape vertical y están diseñados para funcionar sin motor y sin electricidad, ya que trabajan por elevación pasiva aprovechando la fuerza de la gravedad. Estos ascensores también pueden ser empleados en otras instalaciones y situaciones en las que el escape requiera una ascensión.

El ascensor gravitacional, que supone un cuarto objeto de la presente invención, dispone de todos los elementos constructivos clásicos de cualquier ascensor, incluidos todos los de seguridad, pero sin incluir motor y por tanto sin componentes eléctricos o electrónicos, y se trata de un ascensor que únicamente puede ser utilizado una vez para realizar una sola ascensión. La cabina del ascensor está anclada al suelo desde donde se debe realizar la ascensión de emergencia mediante un cable de sujeción que, para poder utilizar el ascensor en caso de emergencia, se podrá cortar desde dentro de dicha cabina. Por su parte superior, la cabina del ascensor está sujeta a un cable principal en cuyo extremo opuesto, tras pasar por una polea principal, se sitúa un contrapeso principal que es el que, al cortar el cable de sujeción, provocará la elevación pasiva por gravedad de la cabina con sus ocupantes en el interior.

Para cortar dicho cable de sujeción se contempla la existencia de un elemento de corte, preferentemente de tipo explosivo, contemplándose, además, la existencia de una cizalla manual, convenientemente dimensionada para que la pueda utilizar una persona de complejidad media para cortar el cable manualmente. Así, si al activar el elemento cortacable explosivo, que preferentemente será de doble carga, falla las dos veces el elemento pirotécnico, se podrá cortar el cable manualmente mediante la citada cizalla. Además, en la cabina del ascensor existen todos los huecos y accionadores necesarios para poder accionar los cortacables desde dentro así como para poder llevar a cabo dicho corte manual del cable.

La tensión o peso que ejerce el contrapeso principal es ligeramente superior, aproximadamente un 20 % más, al peso en vacío de la cabina más el peso correspondiente al cable principal, de forma que, si una o dos personas entran en la cabina y cortan el cable de sujeción de la misma, comenzaran a ascender a la superficie por la fuerza de tracción ejercida por la gravedad, gracias al exceso de peso del contrapeso principal, el cual mantiene una tensión ascensional casi constante.

Adicionalmente, el ascensor de emergencia de la invención contempla también la existencia de un sistema de contrapesos secundarios. Así, si el número de personas que entra en la cabina del ascensor para ascender y escapar a la superficie hace que la tensión del contrapeso principal no sea suficiente para provocar el ascenso de la cabina, se anclarán a ella unos cables secundarios que están unidos, cada uno de ellos, a un contrapeso secundario y a un anclaje al suelo. Una vez anclados los cables secundarios necesarios, se van cortando los anclajes a suelo de dichos cables secundarios, de forma que el peso de cada contrapeso secundario transmite la tensión de ascensión complementaria correspondiente. Así hasta que se inicia la ascensión.

En cualquier caso, una vez que la cabina empieza a elevarse, se deberá controlar la velocidad de ascenso mediante sistemas adicionales de control de seguridad y ascenso previstos a tal efecto, los cuales, por seguridad,

preferentemente se instalarán duplicados. Dichos sistemas pueden comprender:

- 5 - una palanca de freno, la cual está convenientemente dimensionada para que una persona de mediana compleción la empuje con suficiente fuerza aplicada a unas zapatas de fricción, las cuales, a su vez, tocan una guía de fricción instalada a lo largo del recorrido de ascensión, para así poder controlar la velocidad de ascenso.
- Un velocímetro para controlar la velocidad de ascenso.
- 10 - Un sistema de ruedas dentadas que engranan desde dentro, con una cremallera instalada a lo largo del recorrido, dimensionado todo para que una persona de mediana compleción pueda hacer ascender el ascensor, imprimiéndole una fuerza manual. La cabina del ascensor estará siempre desequilibrada para su ascensión, por descompensación de pesos.
- Un sistema de amortiguadores inerciales instalado al final del recorrido (arriba y abajo), para decelerar el ascensor, de forma que las fuerzas inerciales soportadas por los pasajeros no les provoquen daños vasculares o de otro tipo.
- 15 - Los sistemas de anclaje a los cables de tiro secundario utilizan sistemas pirotécnicos dobles, o un sistema de palanca dimensionado para una persona de compleción media, que cierran unas abrazaderas al cable, contando con un sistema antideslizamiento, recubiertas en la parte interior con polvo de corindón, por ejemplo.
- Máscaras y mini botellas de oxígeno.

20 Finalmente, cabe mencionar que todos los cables de acero van engrasados, pero además, los cables de sujeción de los contrapesos secundarios van enfundados en tubos de acero, para evitar latigazos y enganches peligrosos que se producirían al ascender sin tensión y una vez que han sido cortados.

25 Por otro lado, en la presente invención hay que tener en cuenta que los túneles de seguridad para servicios y conexiones al exterior son preferentemente verticales, así como la implantación de los distintos conjuntos de tuberías, que se realizan siempre verticalmente.

Asimismo, todas las entradas y salidas se encuentran protegidas por anillos pirotécnicos para poder sellar la central en caso de avería irrecuperable de la misma.

30 Finalmente, la central cuenta con una línea de evacuación de la energía eléctrica generada que sale de los alternadores en alta-baja tensión situados en un edificio subterráneo y que la lleva hasta los transformadores de alta tensión situados en el exterior, para evacuación de la energía a la red eléctrica de transporte y distribución. Esta conducción presenta principalmente un cable superconductor para reducir pérdidas en la conexión entre alternador y transformadores de alta tensión que se encuentran en la superficie.

35

### Descripción de los dibujos

40 Se adjunta a la presente memoria descriptiva un conjunto de figuras que representan a título de ejemplo, no limitativo, una forma preferente de realización susceptible de todas aquellas variaciones de detalle que no supongan una alteración fundamental de las características esenciales de la invención.

La figura 1 representa una vista en planta esquematizada de los edificios principales enterrados en una central nuclear según la presente invención.

45 La figura 2 representa una vista lateral esquematizada de los componentes principales de la central nuclear.

La figura 3 representa una vista lateral esquematizada de la vasija del reactor y del núcleo del reactor así como un detalle de los fusibles térmicos y componentes relacionados.

La figura 4 muestra una vista lateral esquematizada del edificio de contención del reactor y un detalle de los fusibles y componentes relacionados.

50 La figura 5 representa una vista esquemática en alzado de un ejemplo de realización del ascensor de emergencia, apreciándose en ella las principales partes y elementos que comprende, así como la configuración y disposición de las mismas.

La figura 6 representa una vista esquemática en alzado de la cabina con alguno de los sistemas de control de velocidad de ascenso adicionales.

### 55 Realización preferente de la invención

A continuación, se hará una descripción detallada de una realización preferente de una central nuclear y de un sistema de seguridad con elemento fusible, objetos de la presente invención.

60 En la figura 1 se observan los edificios principales y estancias, que permanecerán enterrados, de la central por ejemplo en una vista en planta durante la construcción de la central, en la que se ha realizado la excavación a cielo abierto utilizando rampas de acceso 40 hasta los niveles de soterramiento y posteriormente se han construido los edificios principales, a saber, el edificio de contención 6, el edificio de generación 7, los diferentes edificios o almacenes de residuos y combustible nuclear 9, así como los túneles 11 que conectan horizontalmente los

diferentes edificios entre sí, como los túneles verticales 10 que conectan dichos túneles horizontales 11 con la superficie.

5 Como se puede observar en la figura 2, que representa una central ya construida, todos los componentes de la central, excepto el edificio de control de la central y de transformadores 5, se encuentran enterrados, en particular el edificio de contención 6, con el reactor y el núcleo, el edificio de generación 7 y los edificios o almacenes para elementos de combustible y residuos 9. El edificio de control y de transformadores eléctricos 5, situado en la superficie, se encuentra conectado eléctricamente con los componentes del edificio de generación eléctrica (7) para el transporte de la energía eléctrica generada.

10 Los componentes enterrados se sitúan por debajo del nivel de un depósito o dársena principal 8 de agua de refrigeración, que está conectado con una fuente de agua inagotable como es el mar 16, y situados a una profundidad de diseño suficiente, según las características del reactor 1 y de dimensionamiento de la potencia de diseño del mismo, estando la parte nuclear activa bajo tierra, y quedando en superficie únicamente la infraestructura de conexión y evacuación 5 de la energía producida a la red eléctrica así como componentes auxiliares.

15 Para conseguir que la central se sitúe por debajo del nivel del mar 16, se procede a la excavación del terreno donde se va a ubicar la central subterránea, y tras la construcción de la misma sobre dicho terreno según los criterios constructivos adecuados, tales como construcción de un cofre de hormigón, y teniendo en consideración criterios antisísmicos, se emplea parte de la tierra excavada para enterrar la central, de manera que la misma quede enterrada y por debajo del nivel del depósito principal de agua de refrigeración, es decir, del mar 16, así como de la dársena principal 8.

25 El edificio de contención 6 comprende en su interior la vasija del reactor 2 en cuyo interior se sitúa la vasija del núcleo con el núcleo del reactor 1. El núcleo 1 es el reactor en sí mismo, y está constituido por el combustible fisionable y donde se puede producir el accidente nuclear al descontrolarse la temperatura del mismo, pudiendo llegar a fundirse y formándose lo que se denomina corio o magma resultante de la fusión de los elementos del núcleo 1, constituido por el combustible nuclear, el recubrimiento de los elementos combustibles y los demás componentes del núcleo con los que entra en contacto. La vasija del núcleo 1 es una vasija a presión construida de acero al carbono con un espesor de entre 20 y 25 cm y con otros recubrimientos interiores de acero y constituye la primera barrera contra la salida del corio. La vasija del reactor 2 es el segundo contenedor de seguridad del núcleo 1 del reactor y está construida de un acero especial con un espesor no menor a 20 cm. El edificio de contención 6 es la última barrera para contener el corio en caso de accidente y está construido en hormigón de alta resistencia con un espesor de al menos 150 cm con un recubrimiento interior de plomo. Este edificio se encuentra conectado con el edificio de producción de energía 7 y con los almacenes de combustible nuclear y de residuos 9.

35 Las diferentes estancias o edificios subterráneos se encuentran comunicados entre sí por medio de túneles horizontales 11 y mediante túneles verticales 10 con el exterior, permitiendo el tránsito de los operarios entre los diferentes edificios y con el exterior. Los túneles horizontales 11 comprenden además compuertas de seguridad 12, preferiblemente de accionamiento manual, que permiten aislar las diferentes estancias entre sí en caso de emergencia, con el objetivo principal de permitir inundar las diferentes estancias con el agua de refrigeración proveniente del depósito de agua o dársena principal 8. Los túneles verticales 11 se disponen en diferentes lugares de la central para facilitar la salida en caso de emergencia a los operarios. Dichos túneles verticales 11 comprenden preferiblemente ascensores eléctricos para su uso durante el funcionamiento ordinario de la central, y ascensores gravitacionales 100 que no requieren energía eléctrica y permiten únicamente ascender para la evacuación de los operarios en caso de emergencia.

50 En relación con los ascensores gravitacionales 100, que únicamente pueden ser utilizados para realizar una única ascensión, y preferiblemente dispuestos en paralelo a los ascensores de funcionamiento ordinarios, las figuras 4 y 5 muestran un esquema de uno de dichos ascensores. El ascensor 100 en cuestión comprende de forma convencional una cabina 120 sujeta superiormente por un cable principal 130 que pasa por una polea principal 140 y en su extremo opuesto incorpora un contrapeso principal 150, con la particularidad de que dicha cabina 120 está anclada al suelo mediante un cable de sujeción 160, siendo el peso de dicho contrapeso principal 150 ligeramente superior, aproximadamente un 20 % más, al peso en vacío de la cabina 120 más el peso del cable principal 130, de forma que, si una o dos personas entran en la cabina y cortan el cable de sujeción la cabina asciende al bajar el contrapeso por gravedad.

60 Para cortar dicho cable de sujeción 160 el ascensor dispone de un elemento de corte explosivo, consistente en un dispositivo de doble carga detonadora, así como un elemento de corte manual, consistente, preferentemente, en una cizalla (no se representa). Además, la cabina 120 dispone de accionadores (no representados) para accionar dichos elementos de corte del cable de sujeción 160 desde su interior, así como de huecos para acceder a ellos y a otros sistemas de control de ascenso adicionales que pueda incorporar, tal como se explicará más adelante.

Adicionalmente, el ascensor 100 cuenta con un sistema de contrapesos secundarios 170 para permitir aumentar la capacidad de la cabina. Cada uno de dichos contrapesos secundarios 170 está sujeto a un cable secundario 180

que, pasando por una polea secundaria 190, está fijado por uno de sus extremos a un anclaje a suelo 110, mientras que por el otro extremo dispone de medios para fijarse a una sujeción 111 prevista a tal efecto en la cabina 120.

5 El ascensor 100 puede disponer de un número más o menos elevado de dichos contrapesos y cables secundarios y sus correspondientes anclajes a suelo y sujeciones en la cabina, según las necesidades de cada caso. En la figura 4, si bien se han representado varios contrapesos secundarios 170, solo uno de ellos se ha representado completo con su anclaje a suelo 110.

10 Además, como sistemas de seguridad y como sistemas para controlar la velocidad de ascenso el ascensor puede disponer de:

- una palanca de freno 112 que actúa sobre zapatas de fricción 113, las cuales, a su vez, se desplazan por una guía 114 instalada a lo largo del recorrido de ascensión.
- Un velocímetro.
- 15 - Ruedas dentadas 115 que engranan con una cremallera 116 instalada a lo largo del recorrido.
- Amortiguadores inerciales 117 instalados al final del recorrido.

20 Además, este cuenta también con elementos de corte explosivos dobles, o un sistema de palanca manual (no representados) para cortar los anclajes de los cables secundarios 180.

Es importante destacar que dichos cables secundarios 180, en el extremo que los sujeta al anclaje a suelo 110, están enfundados en tubos 118 de acero, como sistema de protección para evitar latigazos al ascender sin tensión. La cabina 120 dispone asimismo de máscaras y mini botellas de oxígeno (no representadas).

25 Continuando con la descripción de la central, el depósito de agua de refrigeración 8 es una dársena principal que contiene agua borada y que se encuentra conectada con el mar 16 como fuente inagotable de agua y refrigeración, y a su vez está conectada con al menos una dársena secundaria 82 en la que se almacena una solución borada. Dichas dársenas se sitúan por debajo del nivel del mar 16, y por encima de los edificios enterrados, estando conectadas con el mar y entre ellas mediante flotadores que abren válvulas de compuertas que permiten la alimentación de agua y el mantenimiento del nivel de las mismas. La dársena principal 8 o un apéndice subterráneo 30 81 de la misma se encuentra conectada con los diferentes edificios mediante tuberías de refrigeración 13 que transportan por gravedad, sin necesidad de bombas, el agua borada desde dicha dársena 8. Asimismo en el fondo de dicha dársena 8 finalizan las salidas de las tuberías empleadas para el escape de vapor de agua 14, 15 en caso de accidente que provienen de los distintos edificios, principalmente del edificio de contención 1, de manera que el vapor de agua contaminado se condensa al entrar en contacto con el agua de la dársena 8.

La dársena principal 8 y secundaria 82 comprenden unas cubiertas o placas 83 que flotan sobre el agua contenida en las mismas, estando dichas placas 83 ancladas al fondo de las dársenas 8, 82. Dichas placas 83 estarán preferiblemente construidas mediante una rejilla de acero inoxidable recubierta de una espuma de un polímero con espesor suficiente para que las placas floten sobre el agua, y que sea resistente a la radiación solar para evitar la evaporación del agua así como resistente a los ataques químicos del agua del mar. Las citadas placas o cubiertas 83 están ancladas al fondo de las dársenas 8, 82 mediante cables 84 de alta resistencia a la tracción y resistentes al agua de mar y de longitud igual a la altura máxima de las paredes de cada dársena 8, 82. Dichos material puede ser un acero o un polímero. Estas placas flotantes 83 minimizan la mezcla de agua de mar y de otros elementos con el agua borada de las dársenas 8, 82. Las dársenas podrían también incorporar estructuras fijas que cubren su superficie (no mostradas).

Las tuberías de refrigeración 13 se conectan con el edificio de contención 6 a través de elementos fusibles 3 que se encuentran incorporados en las paredes del edificio de contención 6, de la vasija del reactor 2 y de la vasija del núcleo 1. Evidentemente, estas pueden estar únicamente en una de las paredes de uno de los elementos. Cada elemento fusible 3 comprende una compuerta 32 de apertura automática ante sobrecalentamiento del reactor nuclear, que está constituida por un material de aleación eutéctica 32, de similares características a la paredes que separan los diferentes elementos del reactor entre sí, la vasija del núcleo 1, la vasija del reactor 2 y el edificio de contención 6, pero susceptibles de fundirse en condiciones de sobrecalentamiento y que comunican cada uno de los elementos 1, 2, 6 con al menos una tubería de refrigeración 13, preferiblemente más de una tubería con el fin de buscar una redundancia de seguridad, que a su vez se conecta con la dársena principal 8.

60 El reactor presenta una doble vasija de acero y está provisto de al menos dos fusibles 3.1, 3.2, uno en cada una de las vasijas interior o del núcleo 1 y exterior o del reactor 2 respectivamente, conectados con conducciones independientes de agua bórica 13.1, 13.2, cada uno de ellos pudiendo hacer circular el agua borada entre cada vasija interior y exterior. Como se ha descrito anteriormente, el reactor se encuentra encerrado en un edificio de contención 6 provisto también preferiblemente de un tercer fusible 3.3 conectado a una tercera tubería 13.3 para permitir la entrada de agua borada de refrigeración.

5 Tal y como se ha mencionado, el fusible 3 es un cierre hermético metálico o cerámico calculado para fundirse cuando se alcanza una determinada temperatura y que está integrado en las paredes bien de las vasijas 1, 2 bien del edificio de contención 6. En particular, este se integra en dichas paredes mediante un sólido anclaje, bien por soldadura bien por tornillos llegando a formar parte de la pared al presentar las mismas características que la misma, a saber, misma resistencia mecánica que cualquier otra parte de la pared, bien de las vasijas del núcleo 1 o del reactor 2, bien del edificio de contención 6.

10 Los fusibles 3 se funden de golpe a una temperatura predeterminada para dar paso al agua borada que inunda y refrigera el interior de cualquiera de las vasijas 1, 2 o del edificio de contención 6. Los fusibles 3 comprenden una tapa de un material eutéctico 32 y diseñada para fundirse cuando se alcance una temperatura predeterminada o de consigna, seguida de un material aislante 33 y de una tapa aislante 34. El punto de fusión del material eutéctico variará entre los 2000 y 2500 °C y una vez alcanzada la temperatura de fusión, se fundirá de golpe.

15 A continuación de dicha tapa de material eutéctico 32 se dispone un tapón de material aislante 33 a continuación del cual se sitúa una tapa aislante 34. Estos dos elementos sirven para evitar que el calor de la tapa de material eutéctico 32 durante el funcionamiento ordinario de la central se transmita al agua borada contenida en la tubería 13 que se encuentra conectada con el fusible térmico 3, pudiendo este calentamiento provocar un aumento de presión peligroso en la tubería 13.

20 En caso de sobrecalentamiento del núcleo 1, y una vez alcanzada la temperatura de fusión del material eutéctico, que será menor que la temperatura de fusión del núcleo 1, la tapa de material eutéctico 32 se funde de golpe, lo que provoca que la presión hidrostática de la columna de agua de la tubería de refrigeración 13 conectada a la dársena 8 de agua borada empuje la tapa aislante 34 sobre el tapón aislante térmico 33, haciendo que entren en el núcleo 1 y abriendo la vía de acceso del agua borada al interior del edificio 6 o de la vasija 1, 2 para enfriar el reactor.

25 El fusible 3 presenta, preferiblemente en su parte superior, un alojamiento específico para alojar una válvula de baja presión 31, conectada con tuberías de baja presión 15, que se abren en cuanto se producen los primeros gases de evaporación, al entrar en contacto el agua borada con los elementos calientes del interior de las vasijas 1, 2 o del edificio 6. Al fundirse de golpe la aleación eutéctica de la tapa 32, por efecto de la presión hidrostática de la columna de agua, en el primer momento, el agua entra en las vasijas 1, 2 o el edificio 6, ya que las citadas válvulas de alivio de baja presión 31 impiden instantáneamente que la columna de agua sea empujada hacia arriba o hacia la dársena 8.

35 Asimismo, el reactor se encuentra provisto de válvulas de seguridad de alta presión y temperatura 4, conectadas con tuberías de alta presión 14, para la evacuación de los golpes de alta presión que pudieran producirse con la entrada del agua borada en el núcleo 1 y en la vasija del núcleo 2.

40 Por otra parte, la central dispone de una estación de bombeo de recuperación de la planta mediante la extracción del agua de refrigeración a la dársena de agua borada, a través de las tuberías de salida o escape de gases del reactor (núcleo y vasija del núcleo).

45 El sistema de refrigeración con agua borada se extiende no solo al reactor 1, 2 y su edificio de contención 6 sino a otros edificios como el edificio de generación eléctrica 7 que contiene las turbinas y alternadores o el edificio de almacenamiento 9 de combustible o cualquier otra estancia con material radiactivo que sea necesario inundar y refrigerar en caso de accidente.

Por otra parte, la central y todas sus entradas y salidas se encuentran rodeadas de anillos pirotécnicos para la voladura de la misma en caso de emergencia y el sellado definitivo de la misma.

50 Finalmente, la forma, materiales y dimensiones podrán ser variables y en general, todo cuanto sea accesorio y secundario, siempre que no se altere, cambie o modifique la esencialidad de los perfeccionamientos que se han descrito.

**REIVINDICACIONES**

1. Una central nuclear caracterizada por que comprende al menos
  - 5 - un edificio de contención (6) en cuyo interior se sitúa un reactor nuclear (1, 2),  
 - un edificio de generación eléctrica (7) en cuyo interior se sitúan las turbinas y demás componentes para la generación de electricidad, y  
 - un edificio o almacén de material nuclear 9 para el almacenamiento de residuos nucleares o de combustible nuclear,  
 10 estando los mismos enterrados y, excepto el edificio de generación eléctrica, conectados mediante tuberías de refrigeración (13) con al menos un depósito de refrigeración de agua (8) situado por encima de los mismos y comunicado con el mar (16) y por debajo del nivel del mar (16), de manera que el agua cae por gravedad en caso de necesitar enfriar o inundar dichos edificios (6, 7, 9) y comprendiendo además  
 15 - tuberías usadas para el escape de vapor (14) que llegan desde al menos el edificio de contención (6) y terminan en el fondo del depósito de agua (8), y  
 - medios de sistemas de válvula y flotador para mantener el depósito (8) en un nivel de agua constante.
2. La central según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el edificio de contención (6) del reactor dispone en su interior de una vasija del reactor (2) en cuyo interior se dispone una vasija del núcleo (1) que aloja el núcleo (1), comprendiendo al menos una de las paredes de al menos el edificio de contención (6) o de las vasijas (1, 2) un elemento fusible (3) conectado con una tubería de refrigeración (13).
3. La central según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** comprende tuberías (15) para la salida de vapor que conectan el interior de las vasijas (1, 2) mediante un elemento fusible (3) con el depósito de agua de refrigeración (8) y tuberías (14) para la salida de vapor que conectan, mediante válvulas de seguridad (4), el interior de las vasijas (1, 2) con el depósito de refrigeración (8).
4. La central según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el depósito (8) contiene agua borada.
5. La central según la reivindicación 1, **caracterizada porque** comprende un edificio de control y de transformadores eléctricos (5) situado en la superficie y conectado eléctricamente con los componentes del edificio de generación eléctrica (7) para el transporte de dicha energía eléctrica generada.
- 35 6. La central según la reivindicación 1, **caracterizada porque** los edificios enterrados están comunicados entre sí mediante túneles subterráneos horizontales (11) que presentan compuertas (12) de accionamiento manual para aislar los diferentes edificios entre sí.
7. La central según la reivindicación 6, **caracterizada porque** comprende túneles verticales (10) para la comunicación de la superficie con los edificios enterrados o con los túneles horizontales (11).
- 40 8. La central según la reivindicación 7, **caracterizada porque** dichos túneles verticales (11) comprenden ascensores gravitacionales (100) y ascensores eléctricos.
- 45 9. La central según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el edificio de contención (6) tiene en su interior una vasija del reactor (2) en cuyo interior se dispone a su vez una vasija del núcleo (1) que aloja el núcleo (1), comprendiendo al menos una de las paredes de al menos el edificio de contención (6) o de las vasijas (1, 2) un elemento fusible (3) incorporado en la pared y conectado a un extremo de una tubería de refrigeración (13) conectada por su extremo opuesto a un depósito de agua de refrigeración (8), y comprende tuberías para la salida de vapor (15) que conectan el interior del edificio de contención (6) y/o el interior de las vasijas (1, 2) mediante el fusible (3) con el depósito de agua de refrigeración (8).
- 50 10. La central según la reivindicación 9, **caracterizada por que** el depósito de agua (8) se encuentra sobre el edificio de contención.
- 55 11. La central según la reivindicación 9, **caracterizada porque** el depósito de agua (8) es al menos una dársena principal (8) de agua borada conectada con el mar (16) y con al menos una dársena secundaria (82) para el almacenamiento de una solución borada, estando ambas dársenas (8, 82) por debajo del nivel del mar.
- 60 12. La central según la reivindicación 9, **caracterizada porque** el elemento fusible (3) comprende una tapa o compuerta (32) situada en su interior y de un material de aleación eutéctica, estando dicha tapa (32) en contacto con el interior del edificio (6) o vasija (1, 2), y a continuación se dispone un material aislante (33, 34) en contacto con el agua de la tubería de refrigeración (13), de manera que dicho material aislante (33, 34) evita el calentamiento del agua en la tubería cuando la aleación eutéctica aún no se ha fundido por el sobrecalentamiento existente en el

interior del edificio (6) o vasija (1, 2).

13. La central según la reivindicación 9, **caracterizada porque** comprende un fusible (3) en una pared del edificio de contención (6), en una pared de la vasija del reactor (2) y en una pared de la vasija del núcleo (1).

5 14. La central según las reivindicaciones 1 y 9, **caracterizada porque** comprende un fusible (3) que se coloca en al menos una de las paredes de al menos el edificio de contención (6) o de las vasijas (1, 2), comprendiendo el fusible (3):

- 10 - un cierre hermético con una tapa de aleación eutéctica (32) con un extremo que se corresponde con el interior de las paredes, seguido en el extremo opuesto de un tapón aislante (33) seguido de una tapa aislante (34), a conectarse por este extremo a una tubería (13) que contiene agua de refrigeración, y
- 15 - un alojamiento específico para alojar una válvula de baja presión (31) a conectarse con una tubería para la salida de vapor (15), que se abre cuando se generan los primeros gases de evaporación al entrar en contacto el agua con los elementos calientes del interior de las vasijas (1, 2) o del edificio (6).

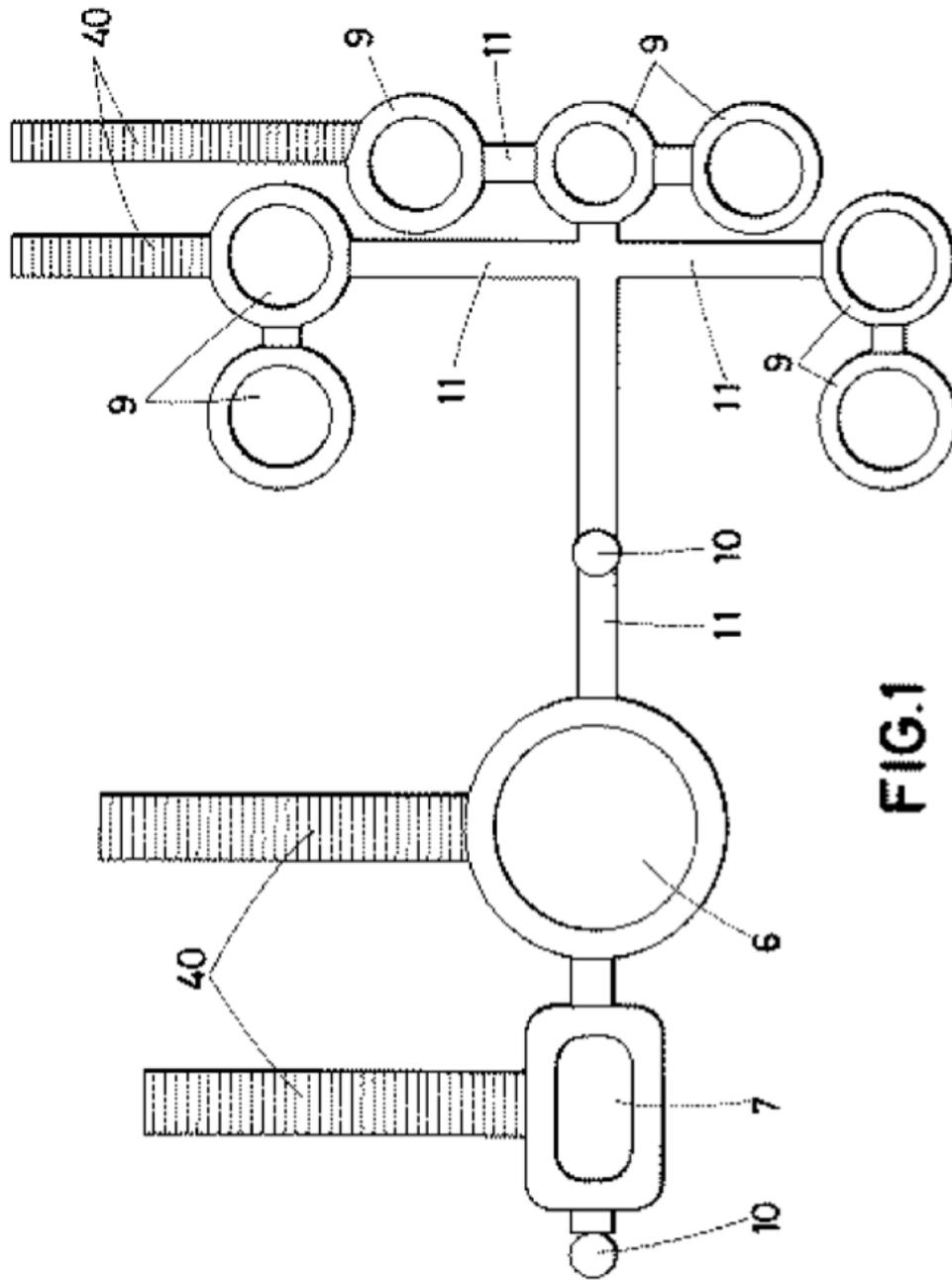


FIG.1

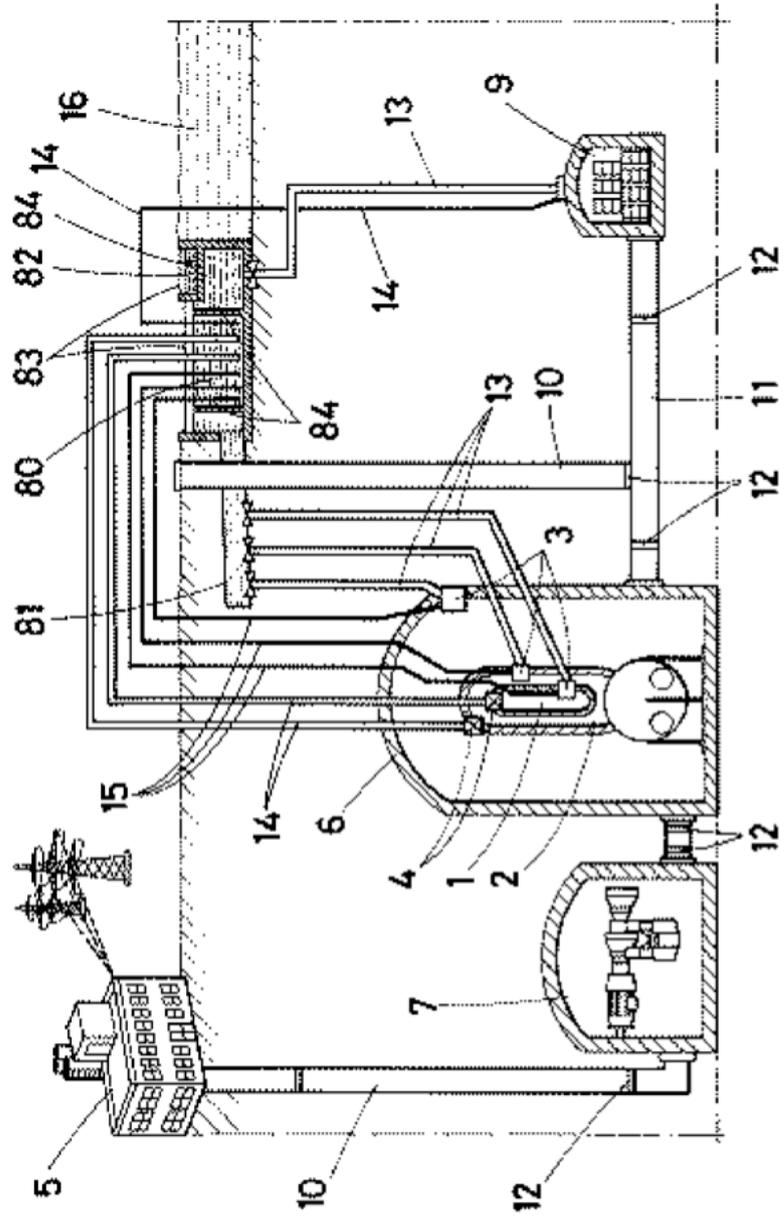
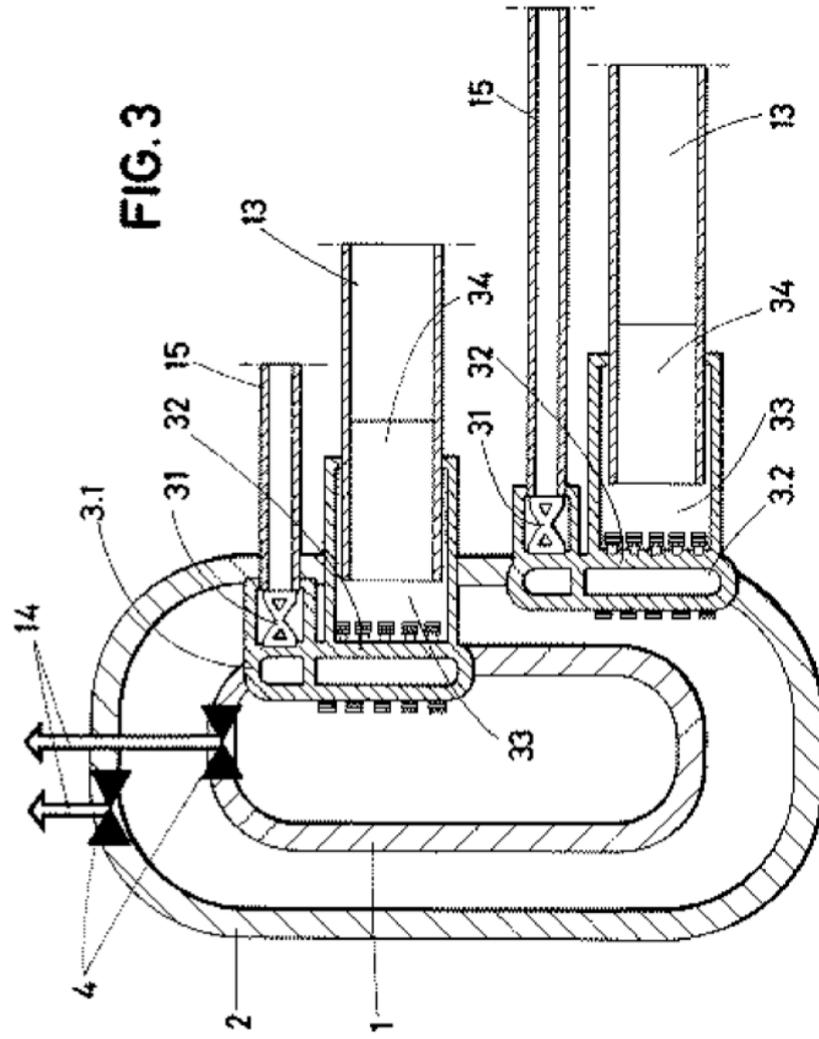
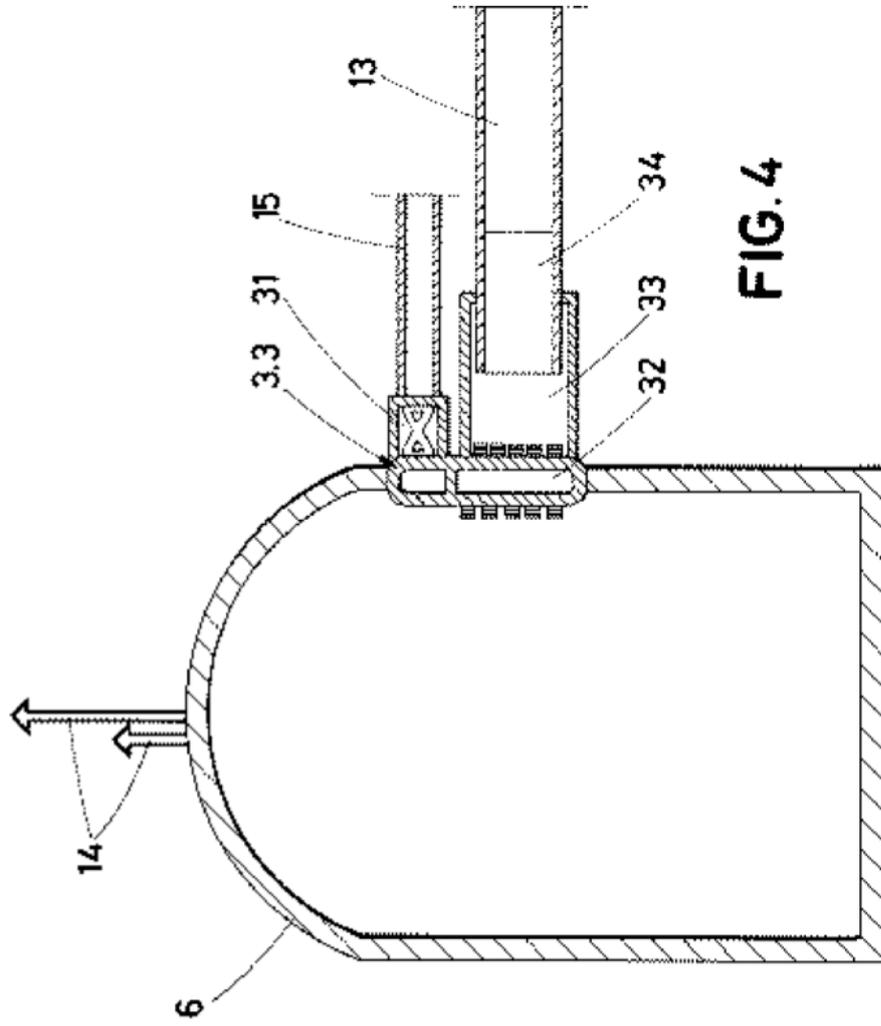


FIG. 2





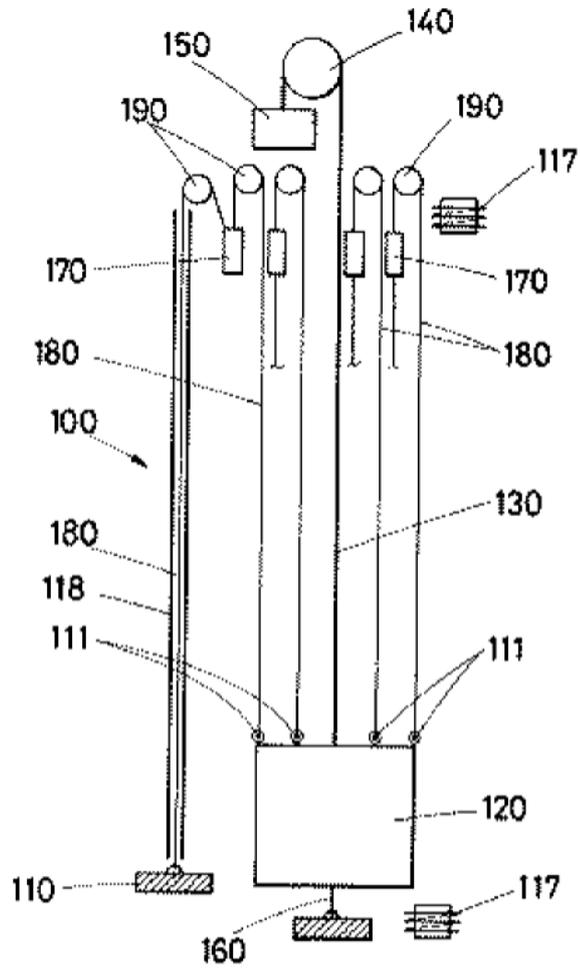


FIG. 5

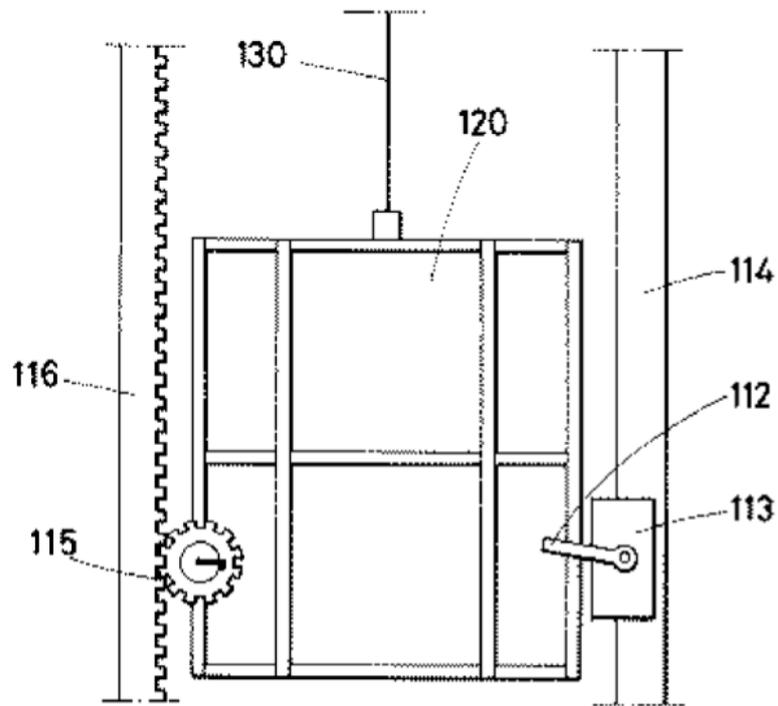


FIG.6