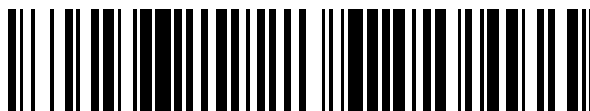


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 785**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/326** (2006.01)

**G21C 17/108** (2006.01)

**G21C 17/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2011 PCT/US2011/021783**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2012 WO12094026**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2011 E 11854933 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2661752**

54 Título: **Sistema de vigilancia inalámbrico de neutrones en el núcleo**

30 Prioridad:

**07.01.2011 US 986242**

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

**19.02.2019**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC  
(100.0%)**

**1000 Westinghouse Drive  
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US**

72 Inventor/es:

**SEIDEL, JOHN G.;  
FLAMMANG, ROBERT, W.;  
CARVAJAL, JORGE, V.;  
JAMES, MICHAEL, A. y  
ARLIA, NICOLA, G.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 700 785 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 de vigilancia inalámbrico de neutrones en el núcleo

### Antecedentes de la invención

#### 1. Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a aparatos para vigilar la radiación dentro del núcleo de un reactor nuclear y, más concretamente, a unos aparatos que no obstruyan la recarga de combustible del reactor.

#### 2. Técnica relacionada

10 En muchos sistemas de reactores nucleares del estado de la técnica se emplean unos sensores en el núcleo para medir la radiactividad dentro del núcleo en una pluralidad de elevaciones axiales. Estos sensores son utilizados para medir la distribución radial y axial de la potencia dentro del núcleo del reactor. Estas informaciones de medición de la distribución de potencia son utilizadas para determinar si el reactor está operando dentro de los límites de distribución de la potencia nuclear. El típico sensor en el núcleo utilizado para llevar a cabo esta función es un detector autoalimentado que produce una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de tensión que se produce alrededor de aquél. Este tipo de sensores no requieren una fuente exterior de energía eléctrica para producir la corriente y se designan habitualmente como un detector autoalimentado y se describe con mayor amplitud en la Patente estadounidense No. 5,745,538, concedida el 20 de abril de 1998 y transferida al cesionario de la invención. La Figura 1 ofrece un diagrama de los mecanismos que producen la corriente I (t) en un elemento 10 de detector autoalimentado. Un material sensible a los neutrones, por ejemplo vanadio, se emplea para el elemento 12 emisor y emite unos electrones en respuesta a la irradiación de los neutrones. Típicamente, los detectores autoalimentados están agrupados dentro de unos conjuntos de manguitos de instrumentación. Un conjunto representativo de manguitos de instrumentación en el núcleo se muestra en la Figura 2. El nivel de señales generados por el elemento 12 emisor sensible a los neutrones esencialmente libres de consumibles es mostrado en la Figura 1, es bajo, sin embargo, un elemento emisor sensible a los neutrones de longitud completa del núcleo proporciona una suficiente señal sin procesadores de señales complejos y costosos. Las proporciones de la señal de longitud completa generada por el único elemento emisor sensible a los neutrones atribuibles a diversas regiones axiales del núcleo se determina por el prorrateo de la señal generada por las diferentes longitudes de los elementos 14 sensibles gamma que definen las regiones axiales del núcleo y se muestran en la Figura 2. Las señales de prorrateo están relacionadas y eliminan muchos de los efectos de la radiación gamma retardada debidos a los productos de fisión. Los conjuntos de manguitos de instrumentación en el núcleo también pueden incluir un termopar 18 para medir la temperatura del líquido refrigerante que sale de los conjuntos combustible. La salida de señales eléctricas procedentes de los elementos de detector autoalimentados y del termopar en cada conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo del reactor son recogidos en el conector 20 eléctrico y enviados a un emplazamiento suficientemente alejado del reactor para su tratamiento final y utilización en la producción de la distribución medida de la potencia en el núcleo.

35 La Figura 3 muestra un ejemplo de un sistema de vigilancia del núcleo actualmente ofrecido a la venta por Westinghouse Electric Company LLC con la marca WINCISE™ que emplea unos conjuntos 16 de manguitos de instrumentación fijados en el núcleo dentro de los manguitos de instrumentación de los conjuntos combustible en las inmediaciones del núcleo para medir la distribución de potencia del núcleo. Un cableado 22 se extiende desde los conjuntos 16 de manguitos de instrumentación a través de la tabla 24 de estanqueidad de confinación hasta una carcasa 26 de tratamiento de señales donde las salidas son acondicionadas, digitalizadas y multiplexadas y transmitidas a través de las paredes 28 de confinamiento en una estación de trabajo 30 de ordenador donde pueden ser adicionalmente tratadas y representadas. Las señales del termopar desde los conjuntos de manguitos de instrumentación en el núcleo son también enviadas a una unidad 32 de unión de referencia que transmite las señales a un dispositivo de vigilancia 34 de enfriamiento del frío insuficiente que comunica con el ordenador 36 de la planta que está también conectado a la estación de trabajo 30. Debido al entorno hostil, la carcasa 26 de tratamiento de señales tiene que estar situada a una distancia considerable del núcleo y la señal tiene que ser enviada desde el detector 16 hasta la carcasa 26 de tratamiento de señales a través de unos cables específicamente contruidos que son extraordinariamente costosos y las largas distancias reducen la relación señal a ruido. Por desgracia, estas largas distancias del cable han resultado ser necesarias porque la electrónica para el tratamiento de señales tiene que ser blindada respecto del entorno altamente radiactivo que rodea la región del núcleo.

45 En diseños de plantas nucleares anteriores, los detectores en el núcleo introducidos en la vasija del reactor desde el extremo semiesférico e introducidos en el manguito de instrumentación de los conjuntos combustibles desde la tobera de los conjuntos combustibles inferiores. En al menos algunos diseños de generación de corriente de plantas nucleares, como por ejemplo la planta nuclear AP 1000, el acceso de vigilancia en el núcleo está situado en la parte superior de la vasija del reactor, lo que significa que, durante la recarga de combustible, todo el cableado de vigilancia en el núcleo necesitará ser retirado antes de acceder al combustible. Un sistema de vigilancia autónomo de vigilancia en el núcleo dentro de los conjuntos combustible y que transmite de forma inalámbrica las señales objeto de vigilancia hasta un emplazamiento separado de la vasija del reactor haría posible el acceso inmediato al combustible sin el procedimiento dilatorio y costoso de desconectar, retirar y almacenar los cables de vigilancia en el

núcleo antes de que se pudiera acceder a los conjuntos combustible, restaurar las conexiones elegidas después de que se haya completado el procedimiento de recarga del combustible. Una alternativa inalámbrica, de esta manera, ahorraría días en el trayecto crítico del tiempo de parada de recarga de combustible. Un sistema inalámbrico también permite que cada conjunto combustible sea vigilado, lo que incrementa de manera considerable la cantidad de información de distribución de la potencia del núcleo disponible. La Patente estadounidense 5,521,242 da a conocer un detector nuclear autoalimentado que comunica su salida a través de cables para el sistema de seguridad y protección de la sala de control de la planta nuclear. La Solicitud de Patente estadounidense 2009/0154633 A1 da a conocer un procedimiento y un aparato para la calibración de dispositivos de vigilancia del flujo de neutrones. La patente estadounidense 4,943,683 describe una unidad inalámbrica de detección de anomalías del núcleo estructurada para generar un eco cuando un transmisor distante envía una señal a la unidad de detección de anomalías, modificando la frecuencia del cambio del eco mediante un cambio en las condiciones del reactor. Ninguno de estos documentos divulga un dispositivo inalámbrico alternativo.

Sin embargo, el sistema inalámbrico requiere que los componentes electrónicos estén situados en o muy cerca del núcleo del reactor donde la radiación neutrónica y las altas temperaturas harían inoperable la electrónica de los semiconductores en un periodo de tiempo muy corto. Son conocidos unos tubos de vacío insensibles a las radiaciones, pero su tamaño y demandas de corriente han hecho que su uso no sea práctico hasta tiempos recientes. Los desarrollos recientes en los dispositivos microelectromecánicos han permitido que los tubos de vacío se contraigan hasta tamaños microscópicos y se reduzcan de manera considerable las demandas de extracción de consumo de energía .

Por consiguiente, constituye un objeto de la presente invención, mejorar el trayecto crítico para la recarga de combustible de un reactor reduciendo de manera considerable el número de cables fijados a la cabeza del reactor que tendrían que ser retirados y vueltos a conectar en el curso del procedimiento de recarga del combustible.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un conjunto combustible con un conjunto de manguitos de instrumentación autónomos que pueda ser insertado dentro del núcleo de un reactor nuclear y se sitúe operativo sin la necesidad de un cableado y de unos conectores que discurran a través de la vasija del reactor para activar la instrumentación.

Un objeto adicional de la presente invención es incrementar la cantidad de datos de distribución de la potencia en el núcleo que son comunicados al operador de la planta.

### **Sumario de la invención**

Estos y otros objetivos se consiguen mediante el aparato de la presente invención que evita la necesidad de instalar cables eléctricos costosos a través de la cabeza del reactor y de los elementos internos del reactor para su conexión con y para la energización de la instrumentación en el núcleo. De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de acuerdo con la reivindicación 1.

### **Breve descripción de los dibujos**

Una comprensión más acabada de la invención puede obtenerse a partir de la descripción subsecuente de las formas de realización preferentes tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una representación esquemática de un detector de radiación autoalimentado;

la Figura 2A es una vista en planta de un conjunto de un manguito instrumental en el núcleo;

la Figura 2B es una vista esquemática del interior de la vaina delantera del conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo de la Figura 2A;

la Figura 2C es una vista en sección del conector eléctrico en el extremo trasero del conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo de la Figura 2A;

la Figura 3 es un trazado esquemático de un sistema de vigilancia en el núcleo;

la Figura 4 es una vista esquemática simplificada de un sistema de reactor nuclear al cual se aplica la presente invención;

la Figura 5 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de una vasija de reactor nuclear y de los componentes interiores a los cuales puede aplicarse la presente invención;

la Figura 6 es una vista en alzado, parcialmente en sección transversal, de un conjunto de reactor nuclear que contiene el conjunto de manguitos de instrumentación nucleares en el núcleo de la presente invención;

la Figura 7 es un diagrama de bloques del sistema electrónico de la presente invención;

la Figura 8 es un diagrama esquemático del conjunto de circuitos de una alimentación de potencia que puede ser empleada por la presente invención para energizar el conjunto de circuitos electrónicos ilustrados en la Figura 7; y

5 la Figura 9 es un trazado esquemático de un sistema de medición inalámbrico autoalimentado de distribución en el núcleo de potencia de instrumentación en el núcleo de acuerdo con la presente invención..

**Descripción de la forma de realización preferente**

10 El lado primario de los sistemas de generación de energía nuclear que son enfriados con agua a presión comprende un circuito cerrado que está aislado de y en una relación de intercambio térmico por un lado secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende la vasija del reactor que encierra una estructura interna del núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos combustible que contienen material de fisión, el circuito primario dentro de los generadores de vapor y de cambio de calor, el volumen interno de un presurizador, unas bombas y tubos para hacer circular el agua a presión, conectando cada uno de los tubos con los generadores de vapor y las bombas con la vasija del reactor, de manera independiente. Comprendiendo cada una de las partes del lado primario un generador de calor, una bomba y un sistema de tubos que están conectados a la vasija forman un bucle del lado primario.

15 Con fines ilustrativos, la Figura 4 muestra un sistema primario simplificado del reactor nuclear, que incluye una vasija 40 de presión del reactor genéricamente cilíndrica que incluye una cabeza 42 de cierre que encierra un núcleo 44 nuclear. Un líquido refrigerante del reactor, por ejemplo agua, es bombeado al interior de la vasija 40 por una bomba 46 a través del núcleo 44 donde la energía térmica es absorbida y descargada hacia un cambiador de calor 48, típicamente designado como generador de vapor, en el que el calor es transferido a un circuito de utilización (no mostrado), por ejemplo un generador de turbina accionado por vapor. El líquido refrigerante del reactor es, a continuación, devuelto a la bomba 46 completando el bucle primario. Típicamente, una pluralidad de los bucles anteriormente descritos están conectados a una única vasija 40 del reactor por una tubuladura 50 del líquido refrigerante del reactor.

20 Un diseño del reactor ejemplar que incorpora la presente invención se muestra en la Figura 5. Además del núcleo 44 compuesto por una pluralidad de conjuntos 80 combustible coextendidos, verticales, paralelos, a los fines de la presente descripción, las demás estructuras internas de la vasija pueden ser divididas en los elementos internos 52 inferiores y en los elementos internos 54 superiores. En los diseños convencionales la función de los elementos internos inferiores es la de soportar, alinear y guiar los componentes y la instrumentación del núcleo así como dirigir el flujo por dentro de la vasija. Los elementos internos 54 superiores limitan o determinan una limitación secundaria para los conjuntos 80 combustibles (de los cuales solo se muestran dos para simplificar esta figura), y soportar la instrumentación y los componentes de guía, como por ejemplo las barras 56 de control. En el reactor ejemplar de la Figura 5, el líquido refrigerante entra en la vasija 40 del reactor a través de una o más toberas de entrada, fluye hacia abajo a través de un conducto anular desde la vasija 40 y el conducto cilíndrico 60 del núcleo, es girado 180° dentro de una cámara impelente 61 inferior de la vasija del reactor, pasa hacia arriba a través de una placa de soporte interior y de una placa 64 inferior del núcleo, sobre las cuales quedan asentados los conjuntos 80 combustible, y a través de y alrededor de los conjuntos. En algunos diseños, la placa 62 de soporte inferior y la placa 64 inferior del núcleo son sustituidos por una única estructura, la placa de soporte inferior del núcleo que presenta la misma elevación 62. El líquido refrigerante que sale del núcleo 44 fluye a lo largo de la cara inferior de la placa 66 superior del núcleo hacia arriba y a través de una pluralidad de perforaciones 68 dispuestas en la placa 66 superior del núcleo. El líquido refrigerante, a continuación, fluye hacia arriba y radialmente hasta una o más toberas 70 de salida.

25 Los elementos internos 54 superiores pueden ser soportados por la vasija 40 o por la cabeza 42 de la vasija e incluyen un conjunto 72 de soporte superior. Las cargas son transmitidas entre el conjunto 72 superior de soporte y la placa 66 superior del núcleo principalmente por una pluralidad de columnas 74 de soporte. Cada columna de soporte está alineada por encima de un conjunto 80 combustible seleccionado y una perforación 68 situada en la placa 66 superior del núcleo.

30 Las barras 56 de control móviles de forma rectilínea típicamente incluyen un eje 76 impulsor y un conjunto 78 de brazos radiales de unas barras de veneno o ficticias neutrónicas que son guiadas a través de los elementos internos 54 superiores y se alinean con los conjuntos 80 conductores mediante los tubos 79 de guía de las barras.

35 La Figura 6 es una vista en alzado representada en forma vertical acortada de un conjunto combustible genéricamente designado mediante la referencia numeral 80. El conjunto 80 combustible es del tipo utilizado en un reactor de agua presurizada y presenta un esqueleto estructural el cual, en su extremo inferior, incluye una tobera 82 de fondo. La tobera 82 inferior soporta el conjunto 80 combustible sobre la placa 64 de soporte inferior del núcleo en la región del núcleo del reactor nuclear. Además de la tobera 82 de fondo, el esqueleto estructural del conjunto 80 combustible incluye también una tobera 84 superior en su extremo superior y una pluralidad de tubos de guía o manguitos 86, los cuales se extienden longitudinalmente entre las toberas 82 y 84 de fondo y superior y en los extremos opuestos están rígidamente fijadas a aquél.

El conjunto 80 combustible incluye también una pluralidad de rejillas 88 transversales axialmente separadas a lo largo de y montadas en los manguitos 86 de guía (también designados como tubos de guía) y una formación organizada de barras 90 de combustible transversalmente separadas y soportadas por las rejillas 88. Aunque no se puede apreciar en la Figura 6, las rejillas 88 están convenientemente formadas a partir de correas ortogonales que están intercaladas formando un patrón de embalaje de huevos con la interfaz adyacente de cuatro correas que definen unas celdas de soporte aproximadamente cuadradas a través de las cuales las varillas 90 de combustible son soportadas en una relación transversalmente separada unas respecto de otras. En muchos diseños convencionales, unos resortes y unas depresiones están estampadas dentro de las paredes opuestas de las correas que forman las celdas de soporte. Los resortes y las depresiones se extienden axialmente por dentro de las celdas de soporte y capturan entre ellas las varillas de combustible; ejerciendo presión sobre la varilla de combustible chapada para mantener las varillas en posición. Así mismo, el conjunto 80 presenta un tubo 92 de instrumentación situado en su centro que se extiende entre y está montado sobre las toberas 82 y 84 de fondo y superior. Con dicha disposición de las partes, el conjunto 80 combustible forma una unidad integral capaz de ser manejada adecuadamente sin dañar el conjunto de las partes.

Como se indicó anteriormente, las varillas 90 de combustible en su formación en el conjunto 80 son mantenidas en relación separadas unas respecto de otras mediante las rejillas 88 separadas a lo largo de la extensión del conjunto combustible. Cada varilla 90 de combustible incluye una pluralidad de pellas 94 de combustible nuclear y está cerrada por sus extremos opuestos mediante unos obturadores 96 y 98 terminales superior e inferior. Las pellas 94 de combustible son mantenidas en una pila por un resorte 100 de cámara impelente dispuesto entre el obturador 96 terminal superior y la parte superior de la pila de pellas. Las pellas 94 de combustible, compuestas por material fisil, son responsables de la creación de la potencia reactiva del reactor. El revestimiento, que rodea las pellas, funciona como una barrera para impedir que los subproductos de fisión entren en el líquido refrigerante y contaminen entonces los sistemas del reactor.

Para controlar el proceso de fisión, se desplazan en vaivén por dentro de los manguitos 86 de guía situados en unas posiciones predeterminadas dentro del conjunto 80 combustible. En concreto, un mecanismo 78 de control de la agrupación de varillas (también designado como conjunto de brazos radiales) situado por encima de la tobera 84 superior soporta las varillas 56 de control. El mecanismo de control presenta un miembro 102 de campana con una pluralidad de aletas o brazos 104 que con las varillas 56 de control forman el conjunto 78 de brazos radiales que se indicó anteriormente con respecto a la Figura 5. Cada brazo 104 está interconectado con las varillas 56 de control de manera que el mecanismo 78 de control es operable para desplazar las varillas de control verticalmente por dentro de los manguitos 86 de guía para de esta manera controlar el proceso de fisión del conjunto 80 combustible, bajo la potencia motriz del eje 76 impulsor de las varillas de control (mostrado en la Figura 5) que están acopladas a las campanas 102 de las varillas de control, todo ello en la forma conocida.

Como se indicó anteriormente, en el diseño de planta nuclear AP 1000, el acceso de vigilancia en el núcleo se produce a través de la parte superior de la vasija del reactor, lo que es un punto de partida considerable respecto de los diseños anteriores alimentados por los cables fijados en el núcleo a través del fondo de la vasija y por dentro de los manguitos de instrumentación del conjunto combustible a través de la tobera inferior del conjunto combustible. El cambio de diseño significa que durante la recarga de combustible todo el cableado de vigilancia en el núcleo convencional necesitará ser retirado antes de acceder al combustible. La presente invención proporciona un sistema de vigilancia inalámbrico en el núcleo que está completamente contenido dentro del manguito instrumental dentro de los conjuntos combustibles sin cualquier otra atadura que se extienda por fuera del núcleo y permitiría el acceso al combustible sin tener que pasar por etapas costosas y dilatorias de retirada y reconexión del cableado. De acuerdo con la presente invención, el conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo se ilustran como un diagrama de bloques en la Figura 7 e incluye, además del detector de neutrones fijado en el núcleo, una fuente de energía autónoma y un circuito de transmisión inalámbrico. Dentro del circuito de transmisión, la corriente de salida del detector de neutrones es alimentada directamente al interior de un amplificador 112, eliminando así los problemas del cableado. Se disponen una o más etapas de amplificación dentro del amplificador 112, utilizando dispositivos microelectrónicos de vacío. Un diodo de vacío está, de modo preferente, situado en el circuito de rejilla del amplificador para conseguir que el amplificador responda de forma logarítmica, posibilitando así que los elementos electrónicos sigan el flujo de neutrones desde el arranque hasta su completa potencia. La señal amplificada a continuación es alimentada a un convertidor 114 de corriente - tensión. La tensión de salida del convertidor 114 de corriente - tensión es utilizado como entrada para de un oscilador 118 controlado en tensión que convierte la entrada de tensión en una salida de frecuencia. Cuando el flujo de neutrones cambia, lo mismo hará la entrada de tensión al oscilador controlado en tensión, lo que hará variar la frecuencia de salida. El tubo de reactancia microelectrónico puede ser utilizado para el oscilador 118 controlado en tensión. Dicha disposición proporciona una correlación precisa entre el flujo de neutrones vigilado por el detector 10 de neutrones y la frecuencia de salida del oscilador 118 controlado en tensión. Esa salida es a continuación amplificada por el amplificador 120 cuya salida es comunicada a un transmisor 122 inalámbrico dispuesto dentro del conjunto 16 de manguitos de instrumentación en el núcleo. El conjunto 16 de manguitos de instrumentación en el núcleo puede estar compuestos por una sola unidad que aloje el detector de neutrones, una alimentación de energía y un circuito de transmisión o puede estar compuesto por unidades modulares, por ejemplo la alimentación de energía autónoma, el detector de neutrones y el circuito de transmisión respectivamente.

La fuente de energía eléctrica primaria para el hardware eléctrico de transmisión de señales es la batería 132 recargable mostrada como parte de la alimentación de energía ejemplar ilustrada en la Figura 8. La carga de la batería 132 es mantenida mediante el uso de la energía eléctrica producida por un elemento 134 de detector autoalimentado de alimentación de potencia que está contenido dentro de la alimentación 130 de energía, de manera que la relación nuclear del reactor sea la última fuente de energía del dispositivo, manteniendo la batería 132 cargada. El elemento 134 de detector autoalimentado de alimentación de energía está conectado a la batería 132 a través de un circuito 136 de acondicionamiento y la batería, a su vez, está conectada al circuito 138 transmisor de señales que transmite la señal recibida desde el detector fijado en el núcleo y el termopar que vigila el núcleo según se describió con respecto a las Figuras 2A, 2B y 2C. La alimentación de energía autónoma se describe con mayor amplitud en la Solicitud de Patente estadounidense con el número de Serie No 12/986,217.

La Figura 9 muestra un sistema de medición de distribución de potencia del núcleo de instrumentación de detector en el núcleo inalámbrico construido de acuerdo con la presente invención. El trazado esquemático ilustrado en la Figura 9 es idéntico al trazado esquemático ilustrado en la Figura 3 para un sistema de vigilancia en el núcleo principal, excepto porque el conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo ha sido rotado 180° de manera que los conectores eléctricos del elemento detector están más próximos a un receptor de la señal transmitida inalámbrica y el cableado ha sido sustituido por los transmisores y receptores 122, 124, 138 y 116 inalámbricos, los elementos electrónicos 26 y 32 de confinamiento han sido respectivamente sustituidos por el sistema 108 de tratamiento de señales SPD y el sistema 106 de tratamiento de señales del termopar de salida del núcleo, situados por fuera del confinamiento 28. En el resto de los aspectos, los sistemas son los mismos.

Como se puede apreciar también en la Figura 9, la señal procedente del conjunto 16 de manguitos de instrumentación en el núcleo, el transmisor 122 inalámbrico es recibido por una antena 124 sobre la cara inferior de la cabeza 42 de la vasija del reactor que comunica con un receptor y transmisor 138 inalámbrico en combinación dispuestos sobre la cabeza 42 del reactor. De esta manera, la cabeza 42 del reactor puede ser retirada y se puede acceder a los conjuntos combustibles sin que constituyan obstáculo la instrumentación en el núcleo. El emplazamiento de la antena de transmisión sobre la vasija del reactor dependerá del diseño del reactor pero la intención es la de transmitir desde una proximidad íntima con la vasija del reactor en un emplazamiento que no sería impedimento para acceder a los conjuntos combustible. La señal de neutrones es entonces retransmitida por el circuito 138 de retransmisión a un receptor 116 próximo a la pared exterior de confinamiento. El receptor y el transmisor 138 combinados debe, de manera similar, estar construido a partir de unos dispositivos microeléctricos de vacío a su íntima proximidad con la vasija del reactor; sin embargo, los receptores 116 y el conjunto de circuitos 106 y 108 de tratamiento pueden ser construidos a partir de unos componentes de estado sólido convencionales y pueden estar situados dentro del confinamiento a distancia de la vasija del reactor o por fuera del confinamiento. Así, la presente invención simplifica en gran medida la transmisión de las señales del detector en el núcleo y la operación de recarga del combustible.

Aunque se han descrito con detalle formas de realización concretas de la invención, se debe apreciar por los expertos en la materia que pueden llevarse a cabo diversas modificaciones y alternativas a la luz de las enseñanzas de conjunto de la presente divulgación. Por consiguiente, las formas de realización concretas divulgadas pretenden únicamente ser ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención la cual se ofrece en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear que incluye un conjunto (16) de instrumentación nuclear en el núcleo, que comprende:
- un manguito (92) de instrumentación;
  - 5 un detector (10) fijado en el núcleo autoalimentado para vigilar un parámetro del núcleo del reactor indicativo de un estado de un núcleo (44) del reactor y suministrar una salida eléctrica representativa del parámetro vigilado;
  - caracterizado por** un transmisor (122) inalámbrico conectado para recibir la salida eléctrica, en el que el transmisor inalámbrico comprende una pluralidad de componentes electrónicos al menos uno de los cuales es un Dispositivo Microeléctrico al Vacío configurado como un diodo al vacío situado en un circuito de rejilla de un amplificador (112) que está conectado a la salida eléctrica del detector (10) fijado en el núcleo autoalimentado y responde sustancialmente de forma logarítmica, posibilitando así que los componentes electrónicos sigan el flujo de neutrones vigilados desde el arranque hasta la potencia total de un reactor (44) nuclear, en el que el sistema de detector en el núcleo está dispuesto; y
  - 10 en el que sustancialmente el entero conjunto (16) de instrumentación nuclear en el núcleo está completamente confinado dentro del manguito (92) de instrumentación, estando el manguito (92) de instrumentación estructurado para quedar confinado dentro de un conjunto (80) combustible nuclear cuando es insertado dentro del conjunto combustible nuclear sin que se extienda ningún cableado del detector en el núcleo desde el manguito de instrumentación.
- 2.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que, además del amplificador (112) los componentes electrónicos incluyen un convertidor (114) de corriente - tensión y un oscilador (118) controlado en tensión con la salida del amplificador conectada a una entrada del convertidor de corriente - tensión cuya salida está conectada a una entrada del oscilador controlado en tensión que suministra una salida de frecuencia proporcional a una tensión sobre la entrada del oscilador controlado en tensión de manera que una corriente que es la salida eléctrica representativa del parámetro vigilado que está conectada al amplificador es convertida en una correspondiente frecuencia que puede ser transmitida por el transmisor inalámbrico de forma inalámbrica.
- 25 3.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 2, en el que el oscilador (118) controlado en tensión comprende un tubo de reactancia Microelectrónico.
- 30 4.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que los componentes electrónicos comprenden un primer amplificador (112) que presenta una entrada conectada a la salida eléctrica del detector (10) fijado en el núcleo autoalimentado, un convertidor (114) de corriente - tensión que presenta una entrada conectada a una salida del primer amplificador, un oscilador (118), controlado en tensión que presenta una entrada conectada a una salida del convertidor de corriente - tensión, un segundo amplificador (120) que presenta una entrada conectada a una salida del oscilador controlado en tensión y un circuito (122) de transmisión inalámbrica conectado a una salida del segundo amplificador, estando el circuito de transmisión inalámbrico configurado para transmitir de forma inalámbrica la salida del segundo amplificador.
- 35 5.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 1, que incluye un circuito (116) receptor inalámbrico y un componente (106, 108) de acondicionamiento de señales diseñado para quedar situado a distancia de la vasija (40) del reactor, que incluye sustancialmente unos componentes de estado sólido convencionales.
- 40 6.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 1, que incluye:
- un receptor (138) inalámbrico configurado para quedar situado por fuera y en las inmediaciones de una vasija (40) del reactor y recibir señales procedentes del transmisor inalámbrico; y
  - 45 un retransmisor configurado para transmitir a un área distante de la vasija del reactor las señales recibidas por el receptor inalámbrico.
- 7.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 6, en el que el retransmisor es un segundo circuito (138) de transmisión inalámbrico que transmite las señales recibidas procedentes del transmisor (122) inalámbrico hasta un segundo receptor (116) inalámbrico que comunica las señales recibidas procedentes del transmisor inalámbrico mediante el receptor inalámbrico y del retransmisor hasta el conjunto de circuitos (106, 108) de tratamiento a distancia de la vasija del reactor.
- 50 8.- El sistema de detector en el núcleo del reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que el segundo receptor (116) inalámbrico está configurado para quedar situado en las inmediaciones de una pared (28) de confinamiento que blindada una instalación de potencia del reactor en la que está situado el sistema de detector en el núcleo.

9.- Un conjunto (80) combustible nuclear que presenta una tobera (84) superior y una tobera (82) inferior y una pluralidad de tubos (86) de manguito que se extienden entre y sustancialmente están conectados a la tobera superior y a la tobera inferior, comprendiendo al menos uno de los tubos de manguito un manguito (92) de instrumentación que aloja un sistema de detector fijado en el núcleo del reactor nuclear de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.



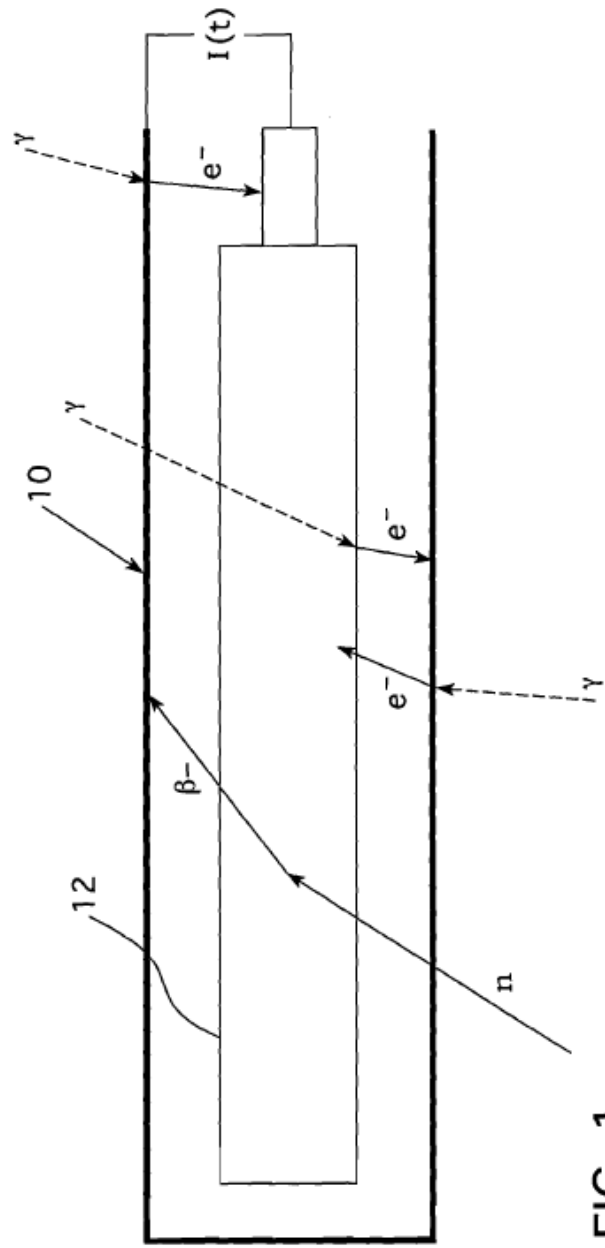


FIG. 1

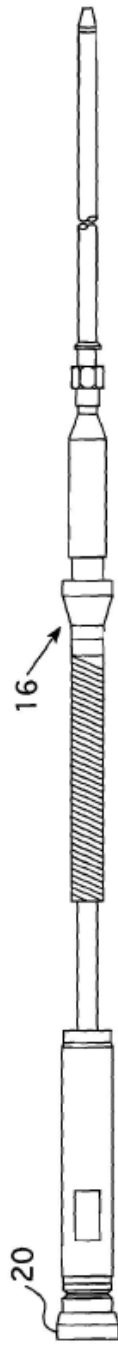


FIG. 2A

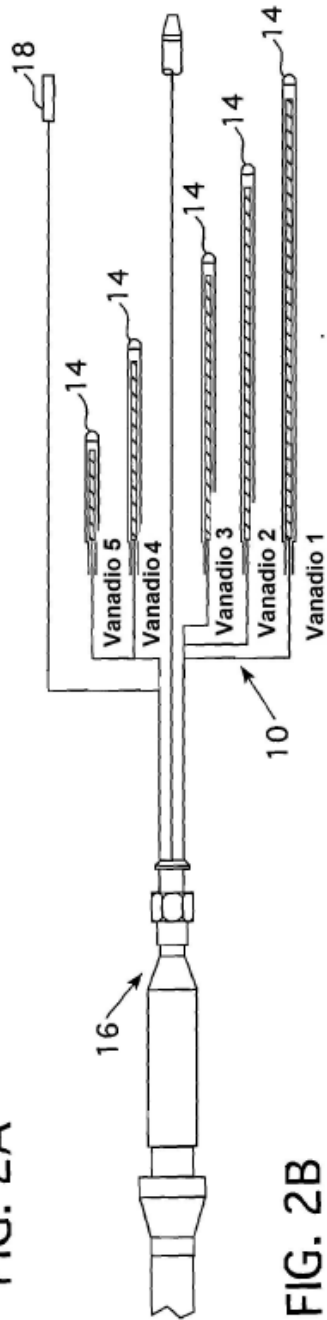


FIG. 2B

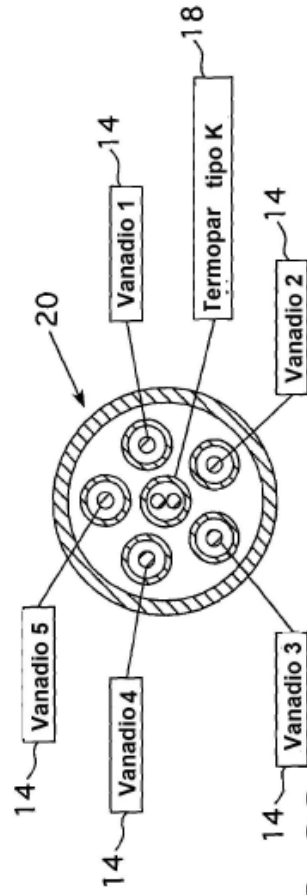


FIG. 2C

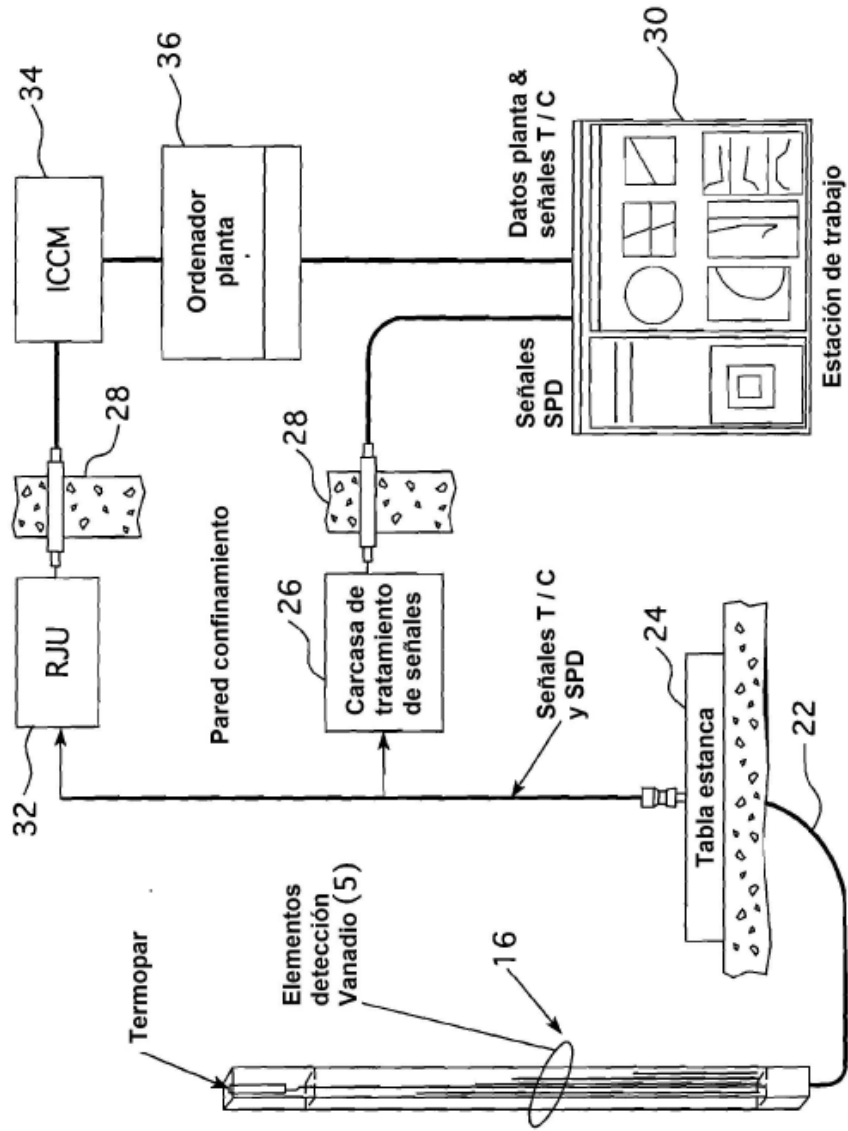


FIG. 3

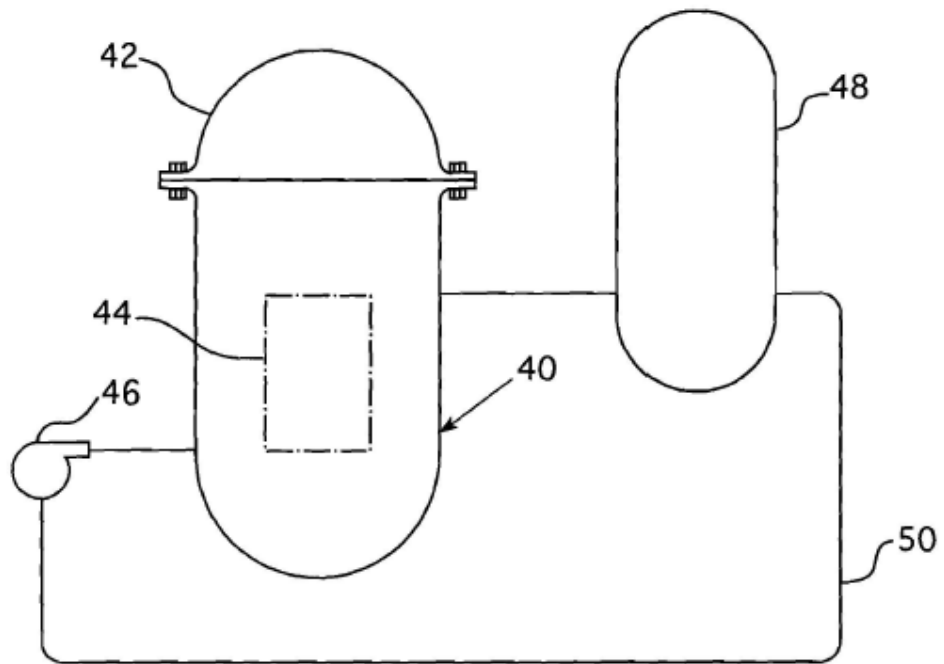


FIG. 4 Técnica Anterior

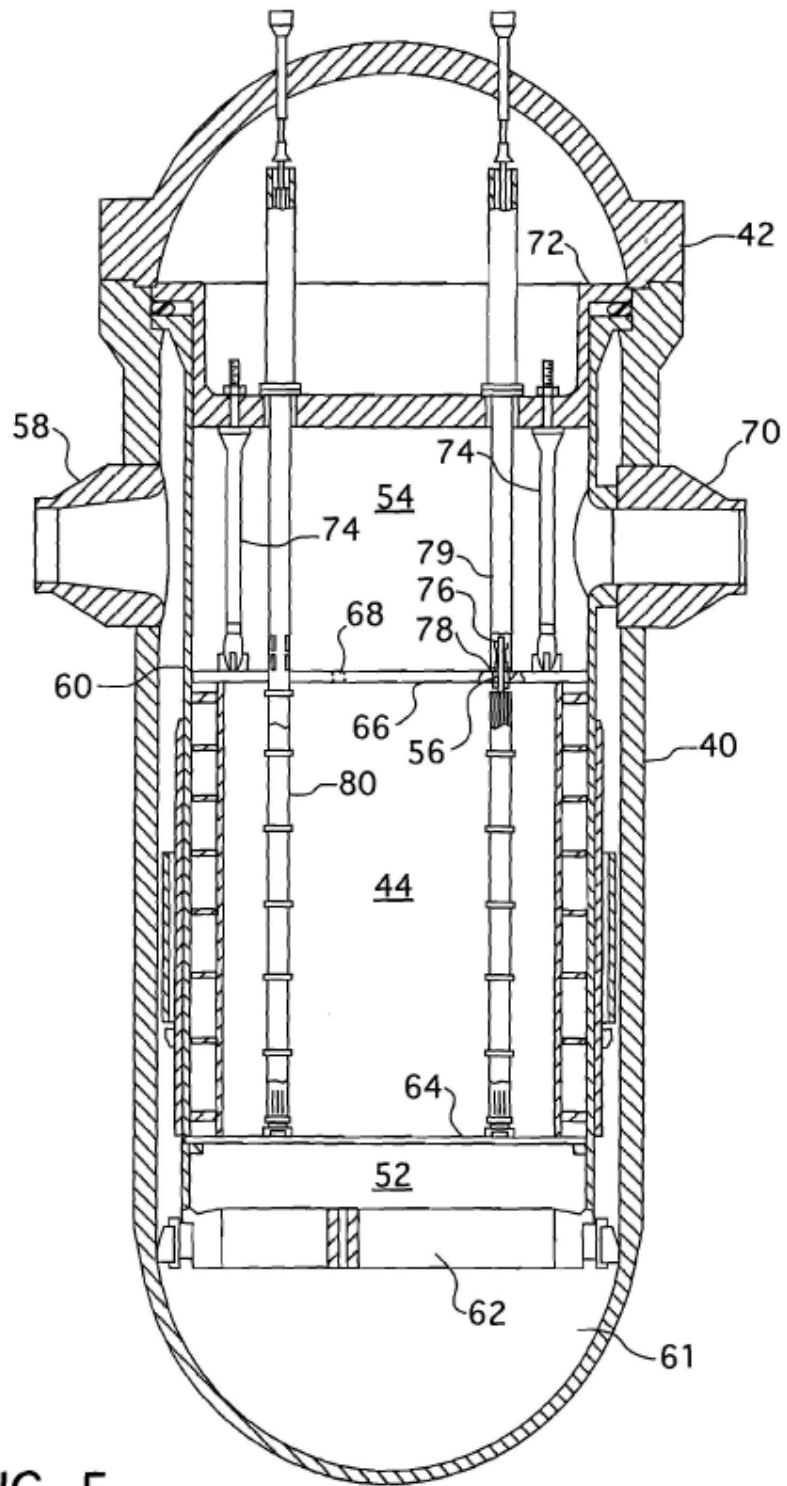


FIG. 5 Técnica Anterior

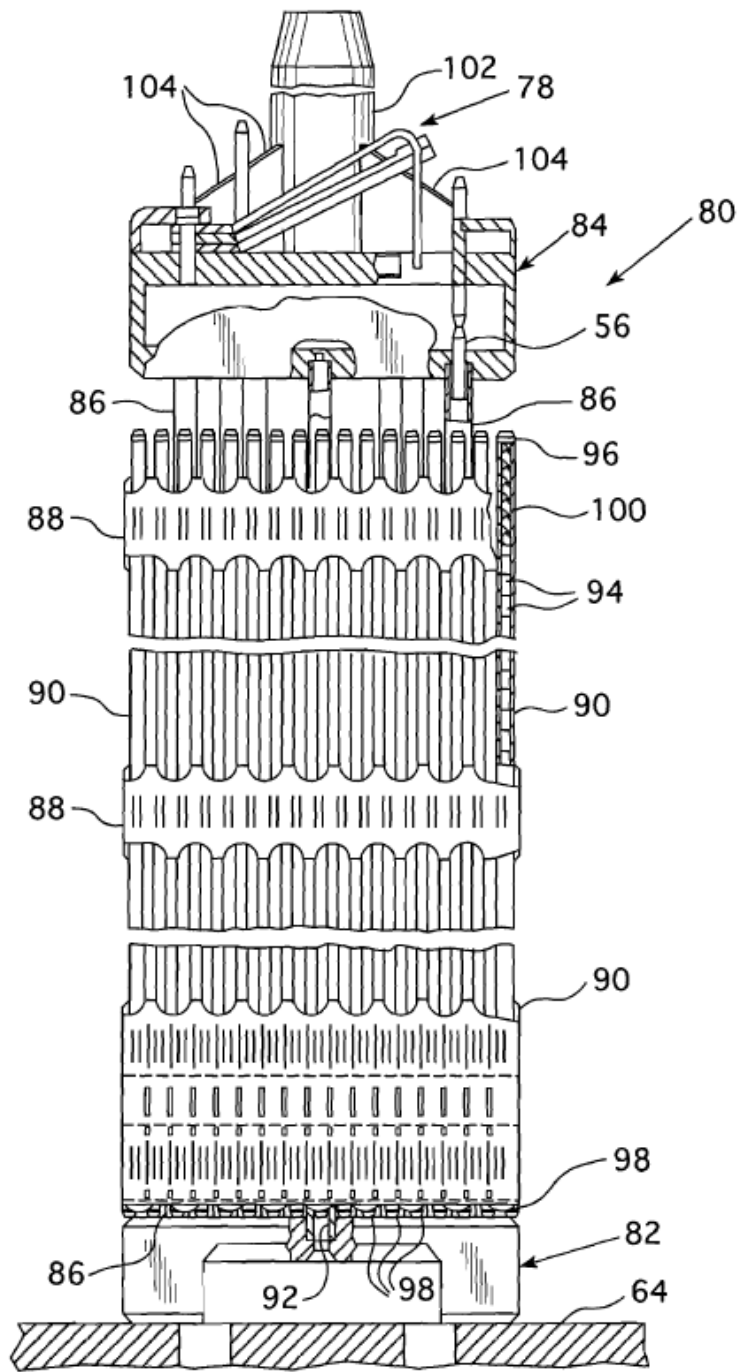


FIG. 6

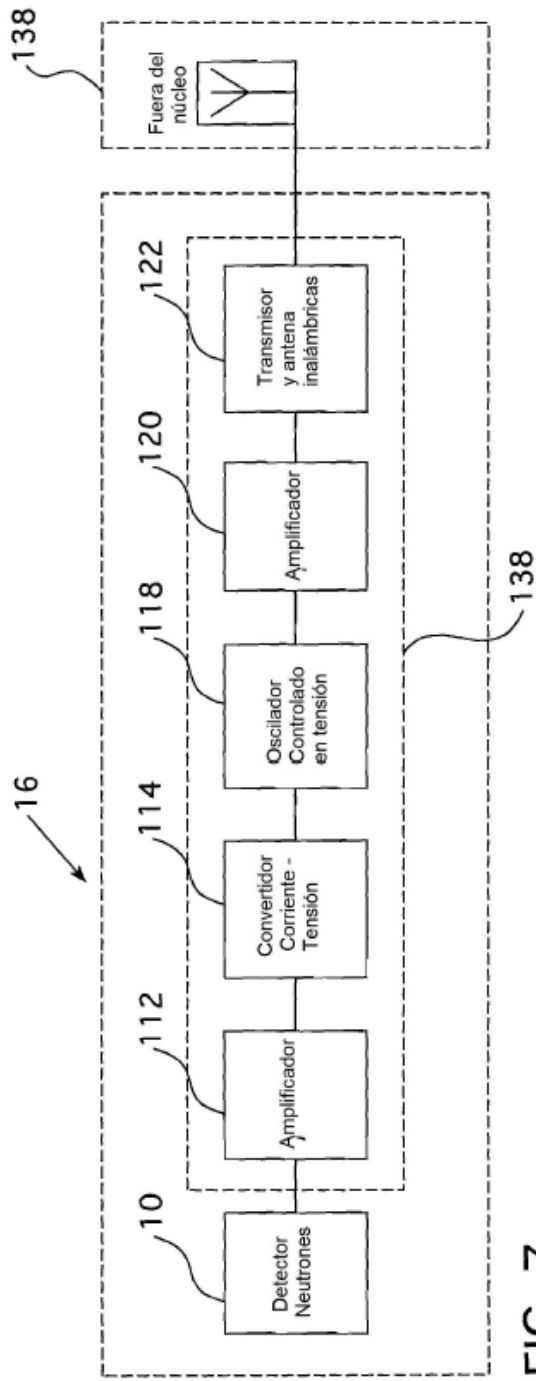


FIG. 7

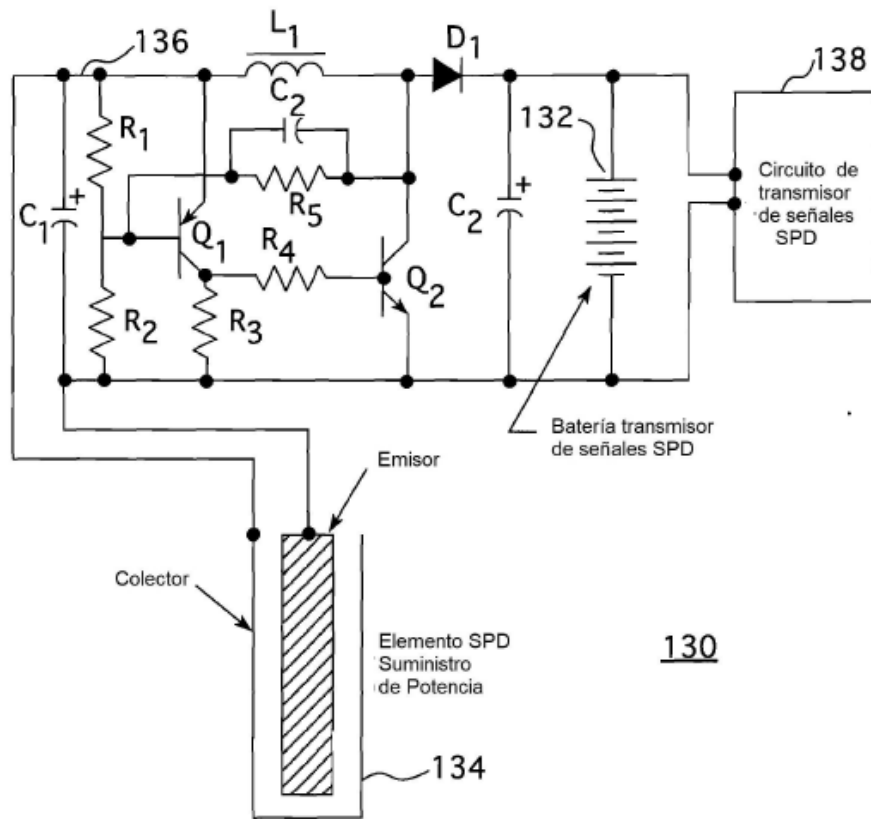


FIG. 8



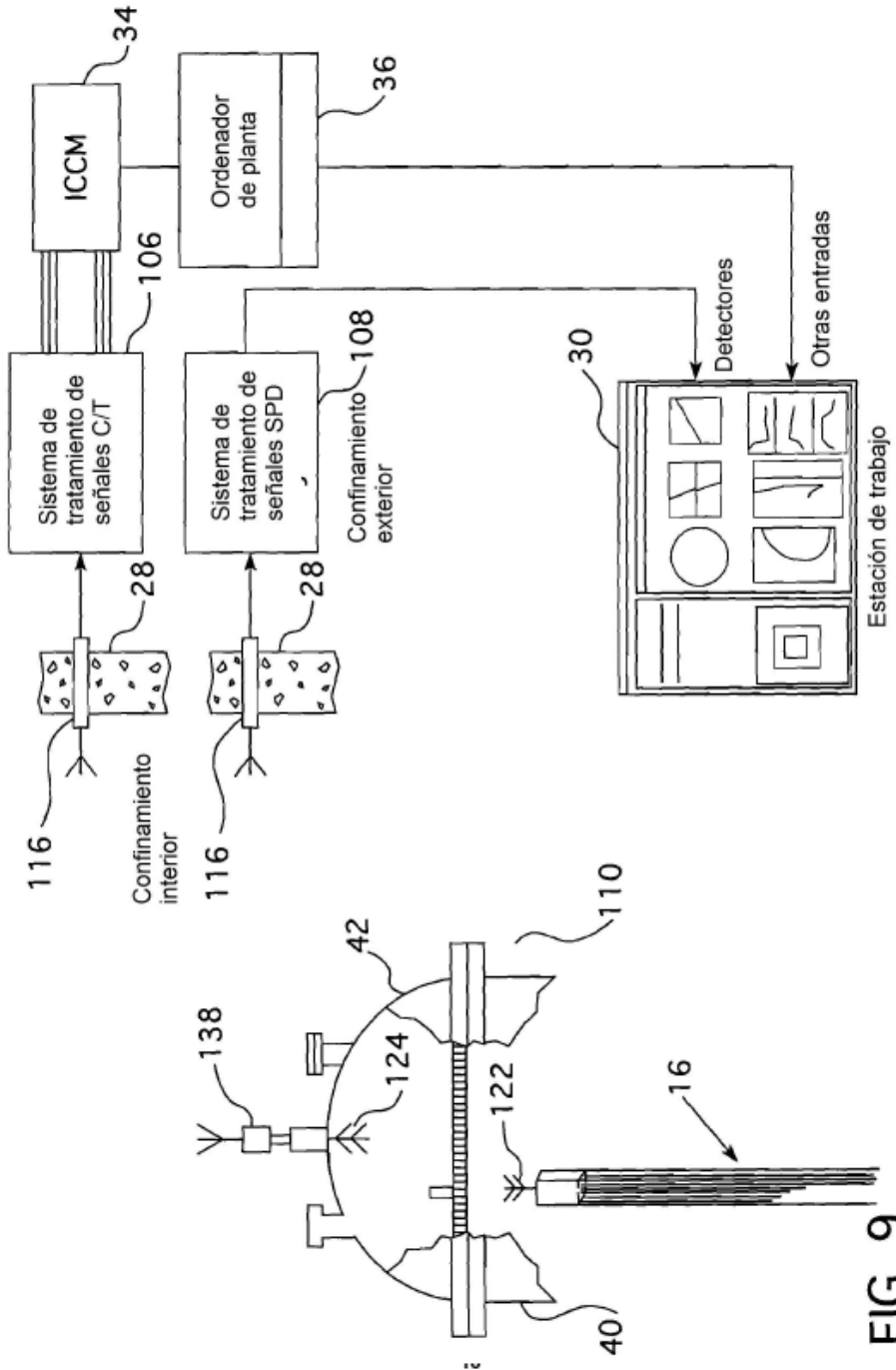


FIG. 9