

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 420**

51 Int. Cl.:

**G21G 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2015 PCT/EP2015/052646**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128022**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2015 E 15704772 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 3257052**

54 Título: **Sistema de generación de radionucleidos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.05.2019**

73 Titular/es:  
**FRAMATOME GMBH (100.0%)  
Paul-Gossen-Strasse 100  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:  
**RICHTER, THOMAS FABIAN;  
WISTUBA, LOTHAR;  
ARNDT, OLIVER;  
JAAFAR, LEILA y  
STOLL, UWE**

74 Agente/Representante:  
**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 713 420 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 generación de radionucleidos

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un sistema de generación de radionucleidos.

**Antecedentes técnicos**

10 Los radionucleidos se utilizan en diversos campos de la ciencia y la tecnología, así como para fines médicos. Por lo general, los radionucleidos se producen en reactores de investigación o ciclotrones. Sin embargo, ya que el número de instalaciones para la producción comercial de radionucleidos está ya limitado y se espera que disminuya, se desea proporcionar sitios de producción alternativos.

15 La densidad de flujo de neutrones en el núcleo de un reactor nuclear comercial se mide, entre otras cosas, introduciendo unas sondas esféricas sólidas, las llamadas "aerobolas" en tubos de instrumentación ("dedos") que pasan a través del núcleo del reactor, usando aire a presión para accionar las aerobolas en un sistema de tubo. Existen propuestas para usar dichos sistemas de medición de bolas para la producción de radionucleidos.

20 El documento EP 2 093 773 A2 muestra un sistema de generación de radionucleidos en el que los radioisótopos de corto plazo que tienen aplicaciones médicas se generan a través de la fisión nuclear en un reactor nuclear de agua ligera comercial. Los tubos de instrumentación existentes, utilizados convencionalmente para alojar detectores de neutrones, se utilizan para generar radionucleidos durante la operación normal del reactor. Los blancos de irradiación esféricos se empujan y se retiran linealmente de los tubos de instrumentación. Mientras que el perfil de flujo de neutrones axial del núcleo del reactor se considera conocido o calculable, la posición óptima y la cantidad de tiempo de exposición de los blancos en el núcleo del reactor se determinan basándose en al menos este parámetro. Puede usarse un sistema de engranajes de accionamiento, un accionador o un accionamiento neumático para mover y mantener los blancos de irradiación. Un sistema de control de flujo automático mantiene el sincronismo entre todos los subsistemas de este sistema de medición por bolas.

25 También se conocen sistemas similares a partir de los documentos US 8 842 798 B2 y US 2013/0170927 A1, que describen específicamente varias realizaciones del sistema de accionamiento (vías y mecanismo de transporte para los blancos), por ejemplo, basándose en un sistema TIP (sonda de calibración a través del núcleo) existente. Puede usarse un componente como una válvula de parada o una válvula de compuerta en conexión con la dispensación de blancos de irradiación en momentos específicos y de una manera en particular. El documento US 2013/0315361 A1 sugiere una válvula para sellar una base de un tubo de instrumentación. Se proporcionan rutas alternativas para preservar el acceso a los indexadores de tubo de TIP existentes, o para proporcionar un enrutamiento alternativo a los destinos deseados. En el documento US 2013/0177126 A1 se muestra un conjunto de retención, que incluye una estructura de restricción como una horquilla para el bloqueo selectivo del movimiento de los blancos de irradiación a través de una vía y/o la entrada/salida de los tubos de instrumentación.

**Sumario de la invención**

45 Es un objeto de la invención mejorar la producción de radionucleidos.

El objeto anterior se resuelve mediante un sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones ventajosas y convenientes de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes que pueden combinarse entre sí de manera independiente.

50 La invención proporciona un sistema de generación de radionucleidos que comprende un sistema de tubos configurado para permitir la inserción y extracción de los blancos de irradiación en un dedo de instrumentación de un reactor nuclear, y un sistema de accionamiento de blanco de irradiación configurado para insertar los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación y para retirar los blancos de irradiación del dedo de instrumentación. De acuerdo con la invención, el sistema de generación de radionucleidos comprende además una unidad de instrumentación y control que está vinculada a un sistema de monitorización de núcleo en línea y que está configurada para calcular las localizaciones de irradiación preferidas de los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación basándose en el estado real del reactor como se proporciona por el sistema de monitorización de núcleo en línea.

60 La invención se basa en el hallazgo de que los reactores nucleares futuros o existentes, cuyo principal fin es/será la generación de energía eléctrica, pueden usarse para la producción de radionucleidos. En particular, los sistemas de medición por bolas existentes o planificados, u otros sistemas de irradiación, de tales reactores comerciales pueden modificarse y/o complementarse para permitir una producción efectiva y eficaz de radionucleidos.

65 Como ya se ha mencionado, un sistema de medición por bolas es un sistema para medir la densidad de flujo de

neutrones en diferentes lugares en el núcleo del reactor. Al menos algunos de los dedos de instrumentación y los tubos conectados de dicho sistema de medición por bolas pueden usarse para guiar las aerobolas, que incluyen un material padre adecuado, hacia el núcleo del reactor y para conducir las aerobolas fuera del núcleo del reactor después de la irradiación adecuada del material padre. Se ha de destacar especialmente que el proceso de irradiación se optimiza considerando el estado real del reactor, especialmente el flujo de neutrones actual, el quemado total, la potencia y/o la carga del reactor. Por lo tanto, las localizaciones de irradiación preferidas de los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación, un tiempo de irradiación óptimo y otros parámetros del proceso de irradiación pueden calcularse para obtener resultados óptimos. Con respecto a la idea principal subyacente de la invención, no es importante si el cálculo real se realiza en la unidad de instrumentación y control o por el sistema de monitorización de núcleo en línea adaptado del sistema de medición por bolas. En consecuencia, se abarcarán ambas alternativas.

Preferentemente, la información proporcionada por el sistema de monitorización de núcleo en línea a la unidad de instrumentación y control incluye al menos uno de los siguientes: flujo de neutrones (desde los detectores extra o intranucleares), valores de activación obtenidos a partir de un sistema de medición por bolas existente, quemado total, potencia del reactor, carga, posición(es) de la barra, caudal, temperatura de entrada, presión, sincronización temporal. Cuanta más información sobre el reactor se considere como datos de entrada, más precisos serán los resultados del cálculo del tiempo de irradiación óptimo. Los parámetros mencionados anteriormente pueden incluir valores en tiempo real y cualquiera de sus derivados, como desarrollos a lo largo del tiempo.

De acuerdo con una realización sofisticada de la invención, otros parámetros, en particular, un tiempo de irradiación óptima para los blancos de irradiación, se calculan por la unidad de instrumentación y control a partir de la información proporcionada por el sistema de monitorización de núcleo en línea.

Los dedos de instrumentación del sistema de generación de radionucleidos están rodeados por el refrigerante primario del reactor nuclear. Con el fin de darse cuenta inmediatamente de cualquier fuga en el sistema, el sistema de generación de radionucleidos comprende además al menos un sensor para detectar la entrada del refrigerante primario.

El sensor para detectar la entrada de refrigerante primario se localiza preferentemente en el dedo de instrumentación o en un componente del sistema de tubo.

De acuerdo con un aspecto especial de la invención, el sensor es un sensor de humedad vasado en una bujía de encendido que está modificado para medir la resistencia eléctrica.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sistema de accionamiento comprende una batería de válvula como un sistema neumático para el control separado del transporte de los blancos de irradiación en el sistema de tubo. Basándose en esta separación de controles, el sistema de medición por bolas regular (para determinar el flujo de neutrones en el núcleo) y el sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la invención pueden accionarse por separado.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sistema de tubo comprende un componente de separación que divide los tubos en un puente de cables por encima de la cabeza de la vasija de presión del reactor y/o en una placa de conectores del reactor nuclear.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de llenado de blanco para insertar los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación y la eliminación de los blancos de irradiación del dedo de instrumentación después de la irradiación para su posterior transporte en el sistema de tubo.

En vista de una operación segura y fiable del dispositivo de llenado de blancos, la unidad de instrumentación y control está configurada de tal manera que la operación de las válvulas del dispositivo de llenado de blancos está al menos parcialmente automatizada.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de puerta para descargar los blancos de irradiación en un recipiente de recogida después de la irradiación.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sistema de accionamiento comprende unos sensores para monitorizar la presencia y el tiempo de ejecución de los blancos de irradiación y/o cualquier bola indicadora que pase a través del sistema de tubos, en particular en y fuera del dedo de instrumentación.

Con respecto al principio de medición de estos sensores, puede usarse la variación del flujo magnético a medida que los blancos de irradiación y/o las bolas indicadoras pasan por los sensores. Además, o como alternativa, pueden emplearse sensores de radiación que detectan la radiación de los blancos de irradiación y/o de las bolas indicadoras.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, la unidad de instrumentación y control está vinculada a al menos un sistema de monitorización de fallos del reactor nuclear, en particular a un sistema de monitorización de fallos de un sistema de medición por bolas.

5 De acuerdo con una realización preferida de la invención, se proporciona una estación de operador que incluye una unidad de proceso para controlar los parámetros de operación específicos de los componentes mecánicos del sistema de accionamiento, en particular, de la batería de válvula.

10 La unidad de instrumentación y control puede configurarse ventajosamente para controlar automáticamente la presión en el sistema de tubos, en particular después de cada alimentación de entrada de los blancos de irradiación.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, la energía eléctrica para los componentes del sistema de generación de radionucleidos se gestiona por una cabina de carga de un sistema de medición por bolas y/o por una cabina de control.

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

Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos a los que se hace referencia. En los dibujos:

- 20 – La figura 1 muestra un boceto esquemático de una configuración del sistema de generación de radionucleidos (MAS) de acuerdo con la invención;
- La figura 2 muestra un ejemplo de una integración de I & C MAS en un sistema de medición por bolas;
- 25 – La figura 3 muestra un ejemplo de modificaciones de un I & C MAS en un sistema de medición por bolas;
- La figura 4 muestra un diagrama esquemático que proporciona información sobre la cantidad de dedos de instrumentación, su equipo con detectores de medición por bolas y su distribución dentro del núcleo del reactor nuclear; y
- 30 – La figura 5 muestra un dedo de instrumentación lleno en parte con aerobolas MAS y en parte con bolas indicadoras.

### 35 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

La figura 1 ilustra la configuración básica de un sistema de generación de radionucleidos dentro de una planta de energía nuclear comercial, en particular una planta de energía con un reactor nuclear EPR™ o Siemens DWR. La base del sistema de generación de radionucleidos es un sistema de medición por bolas existente o de otro modo planificado, cuyo fin principal es medir la densidad de flujo de neutrones en el núcleo del reactor nuclear. El sistema de medición por bolas incluye un sistema de accionamiento configurado para insertar aerobolas en los dedos de instrumentación, que se extienden en el núcleo, y para retirar las aerobolas de los dedos de instrumentación después de la irradiación.

45 El sistema de medición por bolas está adaptado para manejar también blancos de irradiación especiales, que también se forman como aerobolas que tienen un diámetro de 1,9 mm, pero incluyen un material padre adecuado para generar radionucleidos que son para usarse con fines médicos y/u otros fines. Para una referencia más fácil, en lo sucesivo en el presente documento, el sistema de generación de radionucleidos basado en el sistema de medición por bolas existente o planificado se denominará MAS (sistema de aerobolas médico).

50 Como se muestra en la figura 1, la instrumentación y el control (I & C) del MAS está vinculada a un dispositivo de llenado de blancos (mecanismo de alimentación de entrada/de salida), un equipo de control mecánico que incluye una batería de válvula, un sistema de control de irradiación en línea adaptado del sistema de medición por bolas, y un sistema de monitorización de fallos.

55 A continuación, los componentes principales del MAS, que son necesarios además de los del sistema de medición por bolas existente o planificado, o que deben modificarse, se describirán de acuerdo con las figuras 2 y 3. Los componentes añadidos o modificados se indican con líneas en negrita y están escritos en cursiva en las figuras 2 y 3.

60 Una batería de válvula se usa como un sistema neumático adicional para el control separado de los blancos MAS en el sistema de tubos. La batería de válvula puede implementarse como un subsistema adicional además de las baterías de válvula del sistema de medición por bolas, o se instala un sistema completamente nuevo.

65 Un componente de separación divide los tubos en el puente de cables por encima de la cabeza de la vasija de

presión del reactor, a través de la que también se conducen los tubos fuera del reactor, y/o en la placa de conectores.

5 Un dispositivo de llenado de blanco (mecanismo de alimentación de entrada/de salida) inserta las aerobolas MAS en los dedos de instrumentación y las retira de los dedos de instrumentación después de la irradiación para un transporte adicional en el sistema de tubo.

10 Un sistema de puerta que incluye diversos dispositivos (electro) mecánicos se usa para llenar los blancos de irradiación en un tubo para su transporte al núcleo del reactor, y también para descargar las aerobolas MAS en un recipiente de recogida después de la irradiación.

15 Varios sensores de humedad se proporcionan para detectar cualquier entrada de refrigerante primario (o cualquier otro líquido) en el sistema MAS. Debería entenderse que los tubos de instrumentación utilizados para el MAS están en contacto directo con el agua de refrigeración primaria que rodea el núcleo del reactor nuclear. Los sensores de humedad pueden basarse en bujías que se modifican para medir la resistencia eléctrica.

20 Otros sensores se proporcionan para monitorizar la presencia y el tiempo de ejecución de las aerobolas MAS que pasan a través de los tubos. Estos sensores están dispuestos preferentemente en los tubos de instrumentación que penetran en el núcleo. El principio de medición puede basarse en la detección de una variación del flujo magnético a medida que pasan las aerobolas MAS (o cualquier bola indicadora para medir el tiempo de transporte y la indicación de integridad).

25 A través de una interfaz, una unidad de control I & C MAS se conecta con el software del sistema de monitorización de núcleo en línea adaptado. La unidad de control está además conectada a los componentes mecánicos del MAS, que incluyen los sensores. Para una generación eficiente de radionúclidos, se deben determinar las condiciones óptimas de irradiación y el tiempo de las aerobolas MAS. Prácticamente todos los datos de entrada relevantes para este cálculo están disponibles en el sistema de control de irradiación en línea del sistema de medición por bolas, por ejemplo, el sistema de software de monitorización de núcleo POWERTRAX/S de Areva. Por lo tanto, la unidad de control, que está vinculada a este sistema (adaptado), puede calcular el tiempo de irradiación óptimo y otros parámetros, como la cantidad de aerobolas MAS en un dedo de instrumentación (que define la longitud real de la columna de blanco respectiva y las posiciones de las aerobolas individuales dentro de la columna de blanco). Basándose en los resultados de estos cálculos, la unidad de control y/o el operador operan en consecuencia los componentes MAS mecánicos. La unidad de control también está conectada a un sistema de monitorización de fallos actualizado del sistema de medición por bolas para informar de cualquier error en el MAS.

35 El cálculo en línea del tiempo de irradiación óptimo y otros parámetros no se basa simplemente en la suposición de un flujo de neutrones constante estimado, sino que toma el estado real del reactor en cuenta, especialmente al menos uno de los siguientes parámetros: flujo de neutrones, obtenidos a partir de un sistema de medición por bolas existente, quemado total, potencia del reactor, carga, posición(es) de la barra, caudal, temperatura de entrada, presión, sincronización temporal. No solo pueden considerarse los valores en tiempo real de estos parámetros, sino que también su desarrollo a lo largo del tiempo.

40 La figura 4 representa esquemáticamente un diagrama que proporciona información sobre la cantidad de dedos de instrumentación, su equipo de detectores de medición por bolas y su distribución dentro del núcleo del reactor nuclear. De acuerdo con el ejemplo mostrado en la figura 4, se toman cuatro posiciones de medición de bola del sistema de medición por bolas para su uso en el MAS.

45 La figura 5 muestra una ilustración simplificada de un dedo de instrumentación 10 que se usa para el MAS. Con la ayuda del sistema de monitorización de núcleo en línea es posible determinar las áreas 12 del dedo de instrumentación en las que el flujo de neutrones es demasiado bajo para producir radionucleidos, y las áreas 14 donde el flujo de neutrones está por encima de la demanda de blanco de irradiación necesaria y, por lo tanto, es adecuado para producir los radionucleidos deseados. Un área superior 16 del dedo de instrumentación 10 puede estar vacía. Al tener las bolas indicadoras debajo de los blancos en el dedo de instrumentación, los sensores monitorizan que todas las bolas hayan dejado el dedo durante el proceso de soplado, si las bolas indicadoras pasan el sensor.

50 La figura 5 también muestra simbólicamente un sensor de humedad 18 que en teoría podría estar dispuesto en el dedo de instrumentación 10. Sin embargo, los sensores de humedad están dispuestos por lo general en los componentes del sistema de tubos fuera de la vasija de presión del reactor.

55 La operación manual del MAS se realiza en una estación de operador a través de una unidad de proceso. La unidad de proceso se instala en una cabina de control separado en una sala de cabina de control (véanse las figuras 2 y 3). La unidad de proceso está equipada con una pantalla y permite, entre otras cosas, el control de los parámetros específicos de la batería de válvula MAS.

60 En la estación de operador, puede monitorizarse el estado de los blancos de irradiación MAS durante la irradiación y

5 el tiempo de irradiación restante. Cuando se supera el tiempo de irradiación calculado de un conjunto de blancos en un dedo de instrumentación, un mensaje solicita al operador que inicie el proceso de alimentación de salida con respecto a este dedo de instrumentación. La operación de las diversas válvulas del mecanismo de alimentación de entrada/salida está parcialmente automatizada, de tal manera que las acciones repetitivas se realizan de manera más segura y confiable.

10 Después de cada alimentación de entrada con nuevos blancos de irradiación, se comprueba y se regula la presión en el sistema de tubo de una manera totalmente automatizada. La unidad de control también recoge otras señales digitales representativas de ciertas condiciones del sistema. Especialmente, las señales de los sensores de humedad permiten una monitorización de fugas, es decir, para detectar si algún refrigerante primario ha entrado en el sistema de tubos del MAS.

15 La energía eléctrica para los componentes MAS, incluyendo la batería de válvula y la unidad de proceso de la cabina MAS, se realiza a través de la cabina de carga del sistema de medición por bolas. Con este fin, se instala un inversor de potencia adicional con los fusibles adecuados en la cabina de carga. También es posible usar un suministro adicional de 24 voltios incorporado en la sala de la cabina de control.

20 El MAS también puede instalarse en una planta de energía nuclear sin un sistema de medición por bolas. El sistema de medición por bolas como se ha descrito anteriormente es solo la base que hace que la instalación del sistema de generación de radionucleidos deseado sea más fácil, ya que no es necesario instalar tubos, dedos, etc. solo para el MAS. Un posible reactor para una aplicación de este tipo podría ser un reactor CANDU (CANada Deuterium Uranium).

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de generación de radionucleidos, comprendiendo el sistema:

5 un sistema de tubos configurado para permitir la inserción y la retirada de blancos de irradiación en un dedo de instrumentación de un reactor nuclear,  
 un sistema de accionamiento de blanco de irradiación configurado para insertar los blancos de irradiación en el  
 dedo de instrumentación y retirar los blancos de irradiación del dedo de instrumentación, y  
 una unidad de instrumentación y control,  
 10 estando la unidad de instrumentación y control configurada para vincularse a un sistema de monitorización de núcleo en línea y configurada para calcular las localizaciones de irradiación preferidas de los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación basándose en el estado real del reactor como se proporciona por el sistema de monitorización de núcleo en línea.

15 2. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la información sobre el estado real proporcionada por el sistema de monitorización de núcleo en línea a la unidad de instrumentación y control incluye al menos uno de los siguientes: flujo de neutrones, valores de activación de un sistema de medición por bolas existente, quemado total, potencia del reactor, carga, posición(es) de las barras, caudal, temperatura de entrada, presión, sincronización temporal.

20 3. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la unidad de instrumentación y control calcula los parámetros adicionales, en particular el tiempo de irradiación óptimo para los blancos de irradiación, a partir de la información proporcionada por el sistema de monitorización de núcleo en línea.

25 4. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de generación de radionucleidos comprende además al menos un sensor para detectar la entrada de refrigerante primario.

30 5. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el sensor está localizado en un componente del sistema de tubos, preferentemente fuera de la vasija de presión del reactor nuclear.

35 6. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, **caracterizado por que** el sensor es un sensor de humedad basado en una bujía que se modifica para medir la resistencia eléctrica.

40 7. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de accionamiento comprende una batería de válvula como sistema neumático para el control separado del transporte de los blancos de irradiación en el sistema de tubos.

45 8. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de tubos comprende un componente de separación que divide los tubos en un puente de cables por encima de la cabeza del recipiente a presión del reactor y/o en una placa de conectores del reactor nuclear.

50 9. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de llenado de blancos para insertar los blancos de irradiación en el dedo de instrumentación y retirar los blancos de irradiación del dedo de instrumentación después de la irradiación para un transporte adicional en el sistema de tubos.

55 10. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de instrumentación y control está configurada de tal manera que la operación de las válvulas del dispositivo de llenado de blancos está al menos parcialmente automatizada.

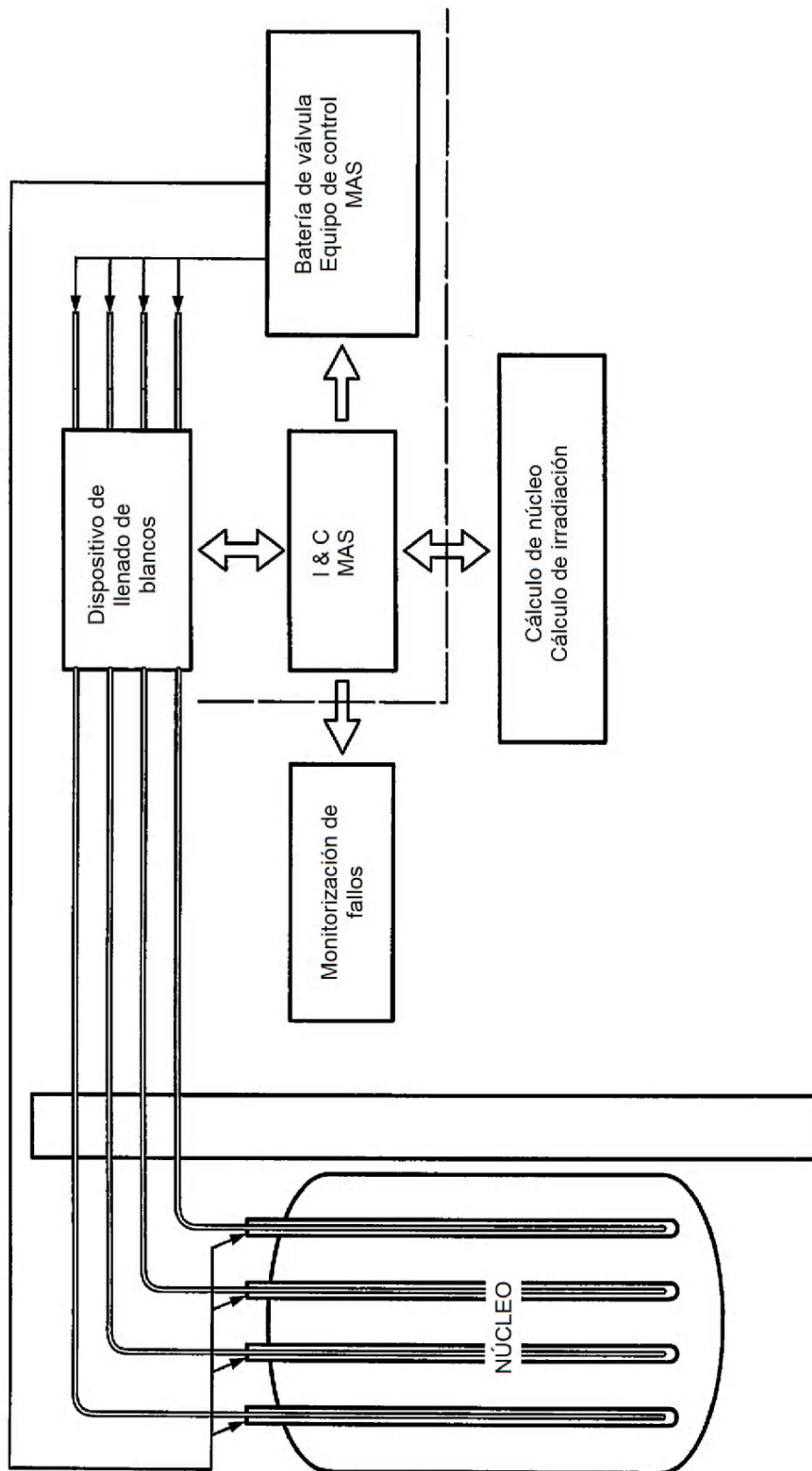
60 11. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de puerta para descargar los blancos de irradiación en un recipiente colector después de la irradiación.

65 12. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema de accionamiento comprende unos sensores para monitorizar la presencia y el tiempo de ejecución de los blancos de irradiación y/o las bolas indicadoras que pasan a través del sistema de tubos.

13. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** los sensores para monitorizar la presencia y el tiempo de ejecución de los blancos de irradiación y/o las bolas indicadoras miden la radiación y/o la variación del flujo magnético a medida que los blancos de irradiación y/o las bolas indicadoras pasan por los sensores.

- 5 14. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de instrumentación y control está configurada para vincularse a al menos un sistema de monitorización de fallos del reactor nuclear, en particular a un sistema de monitorización de fallos de un sistema de medición por bolas.
- 10 15. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** una estación de operador que incluye una unidad de proceso para controlar los parámetros operativos específicos de los componentes mecánicos del sistema de accionamiento, en particular de la batería de válvula.
- 15 16. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de instrumentación y control está configurada para controlar automáticamente la presión en el sistema de tubos.
17. El sistema de generación de radionucleidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la energía eléctrica para los componentes del sistema de generación de radionucleidos se gestiona por una cabina de carga de un sistema de medición por bolas y/o por una cabina de control.





**Fig. 1**

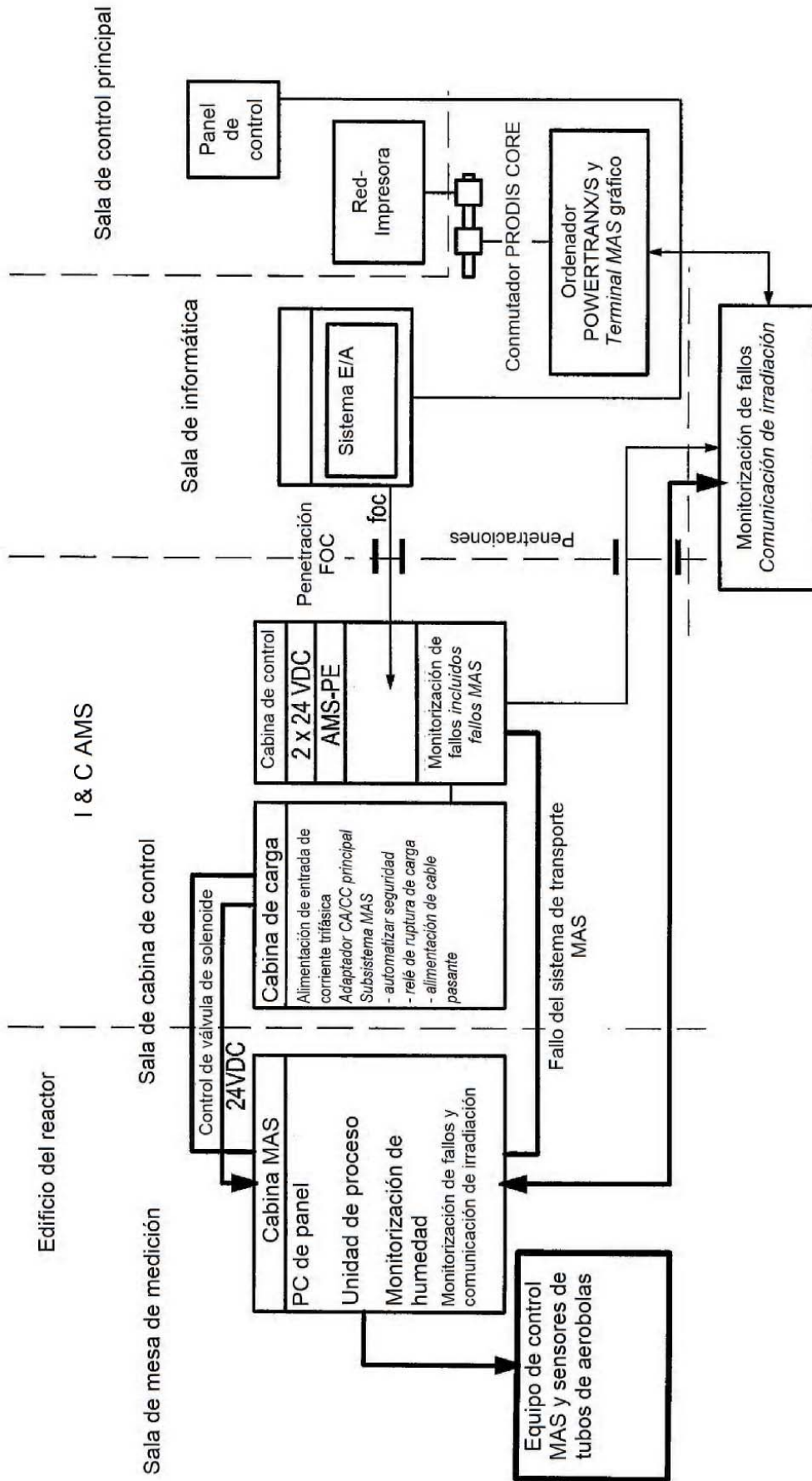
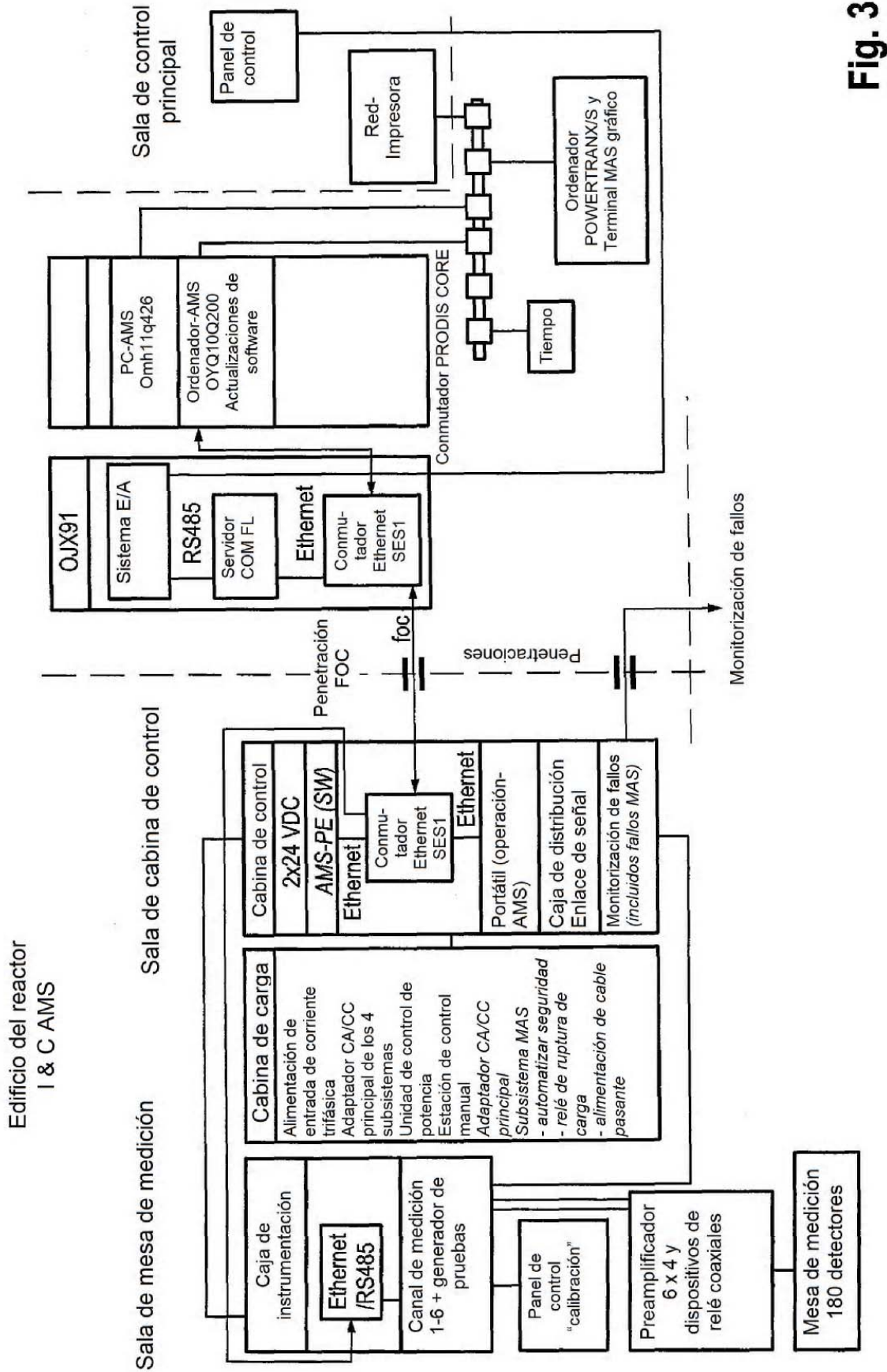
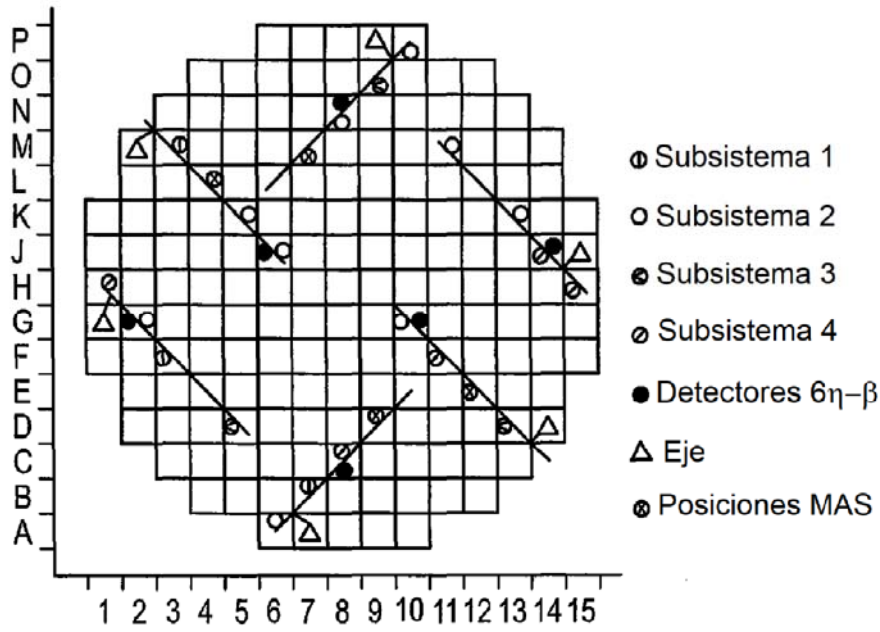


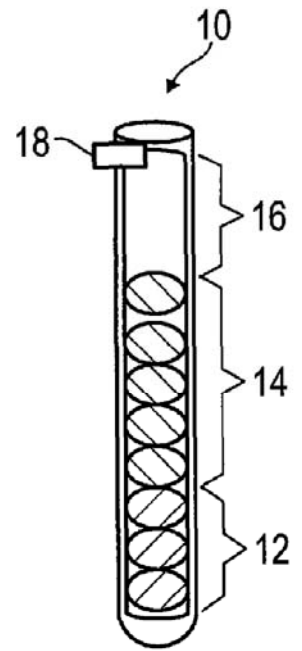
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**