

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 066**

51 Int. Cl.:

G21F 3/02 (2006.01)

G06F 3/01 (2006.01)

G06F 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2019 PCT/EP2019/066405**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.12.2019 WO19243543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2019 E 19732356 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024 EP 3811380**

54 Título: **Procedimiento y conjunto de intervención en una zona radiactiva**

30 Prioridad:

22.06.2018 FR 1855601

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

19.11.2024

73 Titular/es:

**FRAMATOME (100.0%)
1 place Jean Millier, Tour Areva
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**PONS, GUILLAUME;
GREMBER, FRANCK y
CASTELEIRA, AUDREY**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 988 066 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

Procedimiento y conjunto de intervención en una zona radiactiva

5 **[0001]** La presente invención se refiere a las operaciones de intervención en una zona radiactiva.

[0002] En el marco de las operaciones de mantenimiento realizadas en instalaciones nucleares, los operadores que trabajan en zona controlada están expuestos a varios tipos de riesgos:

10 - riesgo radiológico (tasa de dosis ambiente, puntos calientes, contaminación radiológica).
- seguridad clásica (caídas en superficie plana, manipulación de carga, trabajos en altura, riesgo de anoxia, quemaduras, etc.).

[0003] Tener en cuenta estos distintos riesgos permite realizar una operación de mantenimiento con total
15 seguridad, a la vez que se limita la dosis integrada a lo estrictamente necesario (principio ALARA).

[0004] Muchos de estos riesgos son indetectables por los sentidos humanos (contaminación, radiaciones
ionizantes), o pueden estar enmascarados por el entorno de trabajo (riesgo de caída en una abertura en el suelo, zona
de prohibición de circulación durante las operaciones de manipulación de carga, o más en general cualquier situación
20 de riesgo que no pueda ser objeto de una señalización permanente). Además, los equipos de protección pueden limitar
el campo de visión del operador, lo que aumenta aún más el riesgo en caso de manipulación de carga, o impide que
los operadores consulten sus dosímetros operativos.

[0005] Actualmente, los riesgos se tratan de la manera siguiente.

25

- El riesgo de irradiación está cubierto por el uso de un radiómetro y de un dosímetro operativo que lleva cada
participante. Las alarmas sonoras y luminosas pueden avisar al operador en caso de que se supere un umbral
predefinido.

30 - El riesgo de contaminación está cubierto por la realización de mediciones por medio un contaminómetro portátil o el
uso opcional de una baliza de aerosol que permite medir respectivamente el nivel de contaminación fijada o
atmosférica.

- Los riesgos materiales clásicos se presentan físicamente, por la implantación de un balizado físico en el caso de una
abertura en el suelo o de una zona de manipulación de cargas pesadas.

35 **[0006]** Además, antes del comienzo de las operaciones en zonas controladas:

- se transmite a los participantes o se visualiza en la entrada del local de trabajo una cartografía preliminar en papel
(dosimetría y nivel de contaminación); esta cartografía es realizada por el servicio SPR (Servicio de Prevención de
Riesgos); en el caso en que la zona incluya puntos calientes (puntos de alta irradiación o de alta contaminación
40 radiológica), el servicio SPR puede implantar una señalización normalizada (trisector de colores y valor de tasa de
dosis en los puntos calientes);

- los riesgos clásicos se mencionan oralmente durante las visitas previas o durante las últimas reuniones de puesta a
punto, justo antes de la intervención.

45 **[0007]** Recientemente se han propuesto soluciones técnicas para limitar los riesgos durante las intervenciones
en zonas radiactivas.

[0008] Una primera solución consiste en asegurar una vigilancia complementaria visual y fónica, por medio de
una ventana de supervisión exterior, con un seguimiento teledosimétrico de los operadores por el supervisor. Este
50 sistema está especialmente bien adaptado al caso de intervenciones en el fondo de piscina o de intervenciones que
exijan llevar RPV (ropa de protección ventilada).

[0009] Según una segunda solución existente, un puesto de supervisión y de prevención de riesgos permite
interconectar cámaras, del teledosímetro o de otros sensores, y archivar los datos en una aplicación de supervisión.

55

[0010] El enfoque actual, pese a las mejoras aportadas por las soluciones técnicas anteriores, presenta
inconvenientes importantes.

[0011] En lo que respecta a los riesgos relacionados con la dosimetría:

60

- el operador se basa en estados medidos anteriormente (cartografía en papel que ha podido evolucionar desde los
últimos informes), y está obligado a controlar la dosimetría de su perímetro de intervención con ayuda de un
radiómetro;

65 - la compartición de esta información con los otros operadores se lleva a cabo oralmente y no tiene en cuenta los
posibles cambios de configuración de la situación radiológica del local en curso de intervención;

- no hay materialización de puntos de repliegue de tipo ALARA (puntos de la zona de intervención en los que la tasa de dosis es mínima), por desconocimiento de la cartografía de las tasas de dosis, en particular en los entornos de alta irradiación tales como las piscinas de reactor;

- 5 - según el tipo de ropa que se lleve, la dosimetría individual operativa es difícil de leer en tiempo real y a menudo se controla al final del puesto, salvo en caso de utilización de teledosímetros o de un sistema de radiofonía adicional que permita una información oral del supervisor hacia los operadores;
- en el caso de la segunda solución técnica mencionada anteriormente, los sistemas de radiofonía, supervisión y teledosimetría se ven afectados directamente por los problemas de transmisión de datos por ondas electromagnéticas presentes en el edificio del reactor, en particular las perturbaciones inducidas por el revestimiento metálico de la piscina del reactor o los cimientos de hormigón de alto espesor que separan físicamente los diferentes locales.
- 10

[0012] En lo que respecta a los riesgos relacionados con la contaminación, la situación es sustancialmente la misma que para los riesgos relacionados con la dosimetría.

- 15 **[0013]** En lo que respecta a los riesgos clásicos:

- estos riesgos se evalúan en la visita previa a la obra, durante reuniones de puesta a punto;

- ninguna cartografía, ni siquiera en papel, estipula la localización de los riesgos o su evolución;

- solo una comunicación por radiofonía durante una intervención de un operador con RPV (ropa de protección ventilada) puede permitir que este operador comparta estos riesgos con los otros operadores que trabajan con él, directamente o a través del supervisor.

20

[0014] Así, la información sobre estos diferentes riesgos:

- 25 - no se trata en tiempo real;
- es difícil de mostrar;
- es compartida tan solo oralmente.

[0015] El documento US2015/294506 A1 describe un procedimiento de intervención de al menos un operador en una zona radiactiva, con medición de la intensidad de la radiación radiactiva por uno o varios detectores.

30

[0016] El documento US2016/203240 A1 describe un procedimiento de modelización de una zona radiactiva, que genera una cartografía 3D que combina a la vez datos topográficos y datos radiológicos.

35 **[0017]** El documento CN105639818 A describe un casco de realidad virtual.

[0018] En este contexto, la invención según un primer aspecto pretende proponer un procedimiento de intervención en una zona radiactiva que permita gestionar mejor los riesgos, en particular los riesgos relacionados con la irradiación.

40

[0019] Para este fin, la invención trata sobre un procedimiento de intervención de al menos un operador en una zona radiactiva según la reivindicación 1.

[0020] Dado que las mediciones registradas se materializan en un dispositivo de realidad aumentada llevado por el al menos un operador, este tiene acceso a los datos de manera sencilla, y conoce en tiempo real la tasa de dosis en su entorno.

45

[0021] El uso de símbolos holográficos discretos, que indican la intensidad de la radiación radiactiva, colocados de manera que aparezcan para el al menos un operador en las coordenadas espaciales correspondientes, permite transmitirle la información de manera legible. Esta información no es legible cuando es transmitida en forma de una nube de puntos que llena todo el espacio de la zona.

50

[0022] Por el contrario, la invención prevé mostrar las mediciones de tasa de dosis solo en un número limitado de puntos, normalmente a lo largo del camino recorrido por el operador en la zona radiactiva cuando el detector portátil es llevado por el operador.

55

[0023] El procedimiento de la invención puede también realizarse según cualquiera de las reivindicaciones dependientes 2 a 9.

60 **[0024]** Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un conjunto de intervención para al menos un operador en una zona radiactiva según la reivindicación 10.

[0025] Se desprenderán otras características y ventajas de la invención a partir de la descripción detallada que se ofrece a continuación, de modo indicativo y en ningún caso limitativo, en referencia a las figuras adjuntas, entre las cuales:

65

- La figura 1 es una representación esquemática simplificada del conjunto de intervención de la invención;
- La figura 2 es un zoom de un elemento de la figura 1; y
- La figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra los hologramas añadidos por el dispositivo de visión aumentada en el campo de visión de los operadores.

[0026] La invención se refiere así a un procedimiento de intervención de al menos un operador en una zona radiactiva 1.

10 **[0027]** Esta zona se denomina radiactiva en el sentido de que se encuentra en una instalación que contiene materiales radiactivos. A su vez contiene material radiactivo, o puede contenerlo.

[0028] La instalación es una INB (Instalación Nuclear de Base), tal como un reactor nuclear, una instalación del ciclo del combustible nuclear o un laboratorio. Como variante, la instalación es una ICPE (Instalación Clasificada para la Protección del Entorno) o cualquier otra instalación.

[0029] La zona es de cualquier tipo. Esta zona es por ejemplo una piscina de reactor, una celda caliente o cualquier local clasificado de zona contaminada de una INB que abre acceso a una operación de mantenimiento.

20 **[0030]** La intervención pretende realizar cualquier clase de trabajos en la zona radiactiva: trabajos de mantenimiento, de limpieza, de desmantelamiento, etc.

[0031] La intervención es realizada por un solo operador o, por el contrario, por un equipo de varios operadores que intervienen al mismo tiempo o de forma sucesiva en la zona radiactiva 1.

25

[0032] El procedimiento comprende al menos las etapas siguientes:

- obtención de un modelo digital que representa la topografía en tres dimensiones de la zona radiactiva 1;
- intervención del al menos un operador en la zona radiactiva 1, comprendiendo la etapa de intervención al menos las subetapas siguientes:

30

- de manera repetida, medición de una intensidad de la radiación radiactiva por un detector portátil 3 (figura 2), y determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 en el momento de la medición;
- registro en el modelo digital de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes;
- materialización de las mediciones registradas en un dispositivo de realidad aumentada 5 (figura 2) llevado por el al menos un operador, por medio de una pluralidad de símbolos holográficos discretos 7 (figura 3), usando el modelo digital, tal que cada símbolo holográfico 7 indica la intensidad de la radiación radiactiva de una de las mediciones registradas y está colocado de manera que aparezca de forma visible para el al menos un operador en las coordenadas espaciales correspondientes.

35

40

[0033] El detector portátil 3 es llevado por el al menos un operador. Está configurado para medir la tasa de dosis en el lugar en que se encuentra el operador.

45 **[0034]** Normalmente, la intensidad de la radiación radiactiva es medida de modo continuo por el detector portátil 3.

[0035] Cuando intervienen varios operadores, cada operador está equipado con un detector portátil 3.

50 **[0036]** El detector portátil es de cualquier tipo adaptado. Está previsto, por ejemplo, para medir las radiaciones γ o β , o cualquier otro tipo de radiación.

[0037] El dispositivo de realidad aumentada 5 comprende normalmente un casco 9 llevado por el al menos un operador, con una superficie de visualización 10 translúcida colocada delante de los ojos del al menos un operador.

55

[0038] Por ejemplo, el dispositivo de realidad aumentada 5 es del tipo Microsoft HoloLens®.

[0039] Normalmente, cada operador está equipado con un dispositivo de realidad aumentada 5 del tipo anterior, con un casco 9.

60

[0040] Se dispone un puesto de supervisión 11 (figura 1) a cierta distancia de la zona radiactiva 1, por ejemplo en una sala 13 cuyas condiciones radiológicas permiten una presencia permanente. Se configuran medios de comunicación 15 para permitir el intercambio de datos entre el o cada dispositivo de realidad aumentada 5 y el puesto de supervisión 11.

65

[0041] En el ejemplo representado en la figura 1, los medios de comunicación 15 comprenden uno o varios emisores/receptores wifi 17, conectados por cable al puesto de supervisión 11, por ejemplo por un enlace de tipo RJ45.

[0042] El o cada dispositivo de realidad aumentada 5 (figura 2) está equipado con un módulo de comunicación 5 wifi, que permite enviar o recibir datos al o a cada emisor/receptor wifi 17.

[0043] El detector portátil 3 llevado por el operador se comunica con el dispositivo de realidad aumentada 5 llevado por dicho operador, preferentemente según un protocolo de comunicación Bluetooth.

10 **[0044]** Un operador suplementario, llamado supervisor, gestiona el puesto de supervisión 11. También está equipado preferentemente con un dispositivo de realidad aumentada 5, del mismo tipo que el que lleva el o cada otro operador, o con un casco de realidad virtual, o con un ordenador que permite visualizar las imágenes vistas por los operadores.

15 **[0045]** La determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 en el momento de la medición de la intensidad de la radiación radiactiva es realizada por un módulo de geolocalización 18, normalmente integrado en el dispositivo de realidad aumentada 5 (figura 2). Como variante, este módulo es independiente del dispositivo de realidad aumentada 5.

20 **[0046]** El modelo digital representa la topografía, es decir, la geometría, de cualquier zona radiactiva 1, o de solo una parte de la zona radiactiva 1. Describe a la vez las estructuras de ingeniería civil y los equipos dispuestos en la zona radiactiva 1.

25 **[0047]** El modelo digital se almacena en el dispositivo de realidad aumentada 5. Cuando intervienen varios operadores, se almacena en el dispositivo de realidad aumentada 5 de cada uno de los operadores. Es modificado simultáneamente en cada dispositivo de realidad aumentada 5.

[0048] Como variante, se almacena en el puesto de supervisión 11, o en cualquier otro espacio de almacenamiento digital adaptado accesible para los dispositivos de realidad aumentada 5 de todos los operadores.

30 **[0049]** La etapa de obtención del modelo digital comprende:

- una subetapa de registro de imágenes de la zona radiactiva 1 con una o varias cámaras 19, y
- una subetapa de determinación del modelo digital mediante el uso de las imágenes registradas.

35 **[0050]** La o cada cámara 19 es llevada por el operador. Ventajosamente, forma parte del casco 9 del dispositivo de realidad aumentada 5 (figura 2).

40 **[0051]** La determinación del modelo digital mediante el uso de las imágenes registradas es realizada por el dispositivo de realidad aumentada. Esta funcionalidad existe en el dispositivo de realidad aumentada Microsoft Hololens®. Por tanto, el procedimiento de determinación del modelo digital no se describirá aquí en detalle.

45 **[0052]** La etapa de obtención del modelo digital es realizada simultáneamente con la etapa de intervención, estando el modelo digital determinado o siendo enriquecido progresivamente con las imágenes registradas durante la etapa de intervención.

[0053] Más en concreto, durante la primera intervención de un operador en la zona radiactiva 1, las imágenes registradas por la o cada cámara llevada 19 por el operador sirven para crear el modelo digital.

50 **[0054]** Durante las intervenciones siguientes del operador, las imágenes suplementarias registradas por la o cada cámara 19 llevada por el operador sirven para enriquecer el modelo digital, es decir, para completarlo o para hacerlo más preciso. En particular, las imágenes registradas sirven para extender el modelo digital de manera que represente partes o equipos de la zona radiactiva no cubiertos todavía al final de la primera intervención.

55 **[0055]** Como se describe anteriormente, el modelo digital es compartido ventajosamente por los operadores.

[0056] Con ello se entiende que se almacena el mismo modelo digital en cada dispositivo de realidad aumentada 5. Las modificaciones aportadas al modelo común son realizadas simultáneamente en todos los dispositivos de realidad aumentada, con independencia de cuál sea el origen de las modificaciones.

60 **[0057]** En particular, durante las intervenciones de cada operador, las imágenes registradas por la cámara llevada por dicho operador sirven para enriquecer el modelo digital común.

[0058] El registro de una de las mediciones y su materialización por un símbolo holográfico son activados 65 preferentemente por el al menos un operador, tal que dicho símbolo holográfico discreto materializa la intensidad de

la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 en el momento de la activación.

[0059] La activación es realizada, por ejemplo, con un gesto de la mano del operador delante de la cámara 19. Esto resulta especialmente cómodo cuando el operador lleva una ropa de protección tal como una RPV.

5

[0060] Como variante, la activación se realiza pulsando un botón, mediante la voz o por cualquier otro medio.

[0061] Los símbolos holográficos 7 se visualizan en la superficie de visualización 10 de manera que aparezcan para el al menos un operador en las coordenadas espaciales determinadas correspondientes.

10

[0062] Por ejemplo, cada símbolo holográfico 7 es un punto de color colocado en el suelo, como se ilustra en la figura 3. El punto es un disco, o un rectángulo o presenta cualquier otra forma adaptada. No tiene espesor o, por el contrario, presenta una altura no nula.

15

[0063] Ventajosamente, la medición registrada se indica digitalmente en el punto, de manera legible para el operador.

[0064] El color del punto se elige según el valor de la medición registrada. Respeta por ejemplo la norma colorimétrica en vigor en la instalación nuclear de base en la que se realiza la intervención.

20

[0065] Por ejemplo, el punto es:

- azul cuando la tasa equivalente de dosis medida está comprendida entre 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ y 7,5 $\mu\text{Sv/h}$;
- verde cuando la tasa equivalente de dosis medida está comprendida entre 7,5 $\mu\text{Sv/h}$ y 25 $\mu\text{Sv/h}$;
- 25 - amarillo cuando la tasa equivalente de dosis medida está comprendida entre 25 $\mu\text{Sv/h}$ y 2 mSv/h;
- naranja cuando la tasa equivalente de dosis medida está comprendida entre 2 mSv/h y 100 mSv/h;
- rojo cuando la tasa equivalente de dosis medida es superior a 100 mSv/h.

[0066] El símbolo holográfico 7 es ventajosamente diferente cuando la medición registrada supera un umbral predeterminado, por ejemplo 2,5 mSv/h. El símbolo holográfico 7 en este caso se elige de manera que sea muy visible, para que señale la presencia de un punto caliente. En el ejemplo representado en la figura 3, este símbolo es un punto rojo en el suelo, con un triángulo rojo encima del punto, unido al punto por un trazo vertical negro.

30

[0067] El símbolo holográfico 7 es elegido y colocado automáticamente por el dispositivo de realidad aumentada 5.

35

[0068] Los símbolos holográficos 7 se califican de discretos ya que son distintos unos de otros y están separados entre sí. No forman conjuntamente un volumen continuo que represente la distribución espacial de tasa de dosis en toda la zona radiactiva. El operador solo ve un pequeño número de símbolos holográficos, creados por él o por los otros operadores.

40

[0069] Normalmente, estos símbolos holográficos se distribuirán a lo largo de su recorrido por la zona radiactiva 1, entre el punto de entrada en la zona radiactiva 1 y los diferentes puestos de trabajo.

45

[0070] Según una variante ventajosa, la adición de un símbolo holográfico discreto 7 en el dispositivo de realidad aumentada 5 se activa cuando la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 es superior a un valor predeterminado.

[0071] Esta activación es automática.

50

[0072] Según una variante de realización, la adición de un símbolo se activa cuando la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 es superior a un valor absoluto, independiente de la posición del operador en la zona radiactiva. Este valor se registra por ejemplo en el detector 3.

55

[0073] Según otra variante, se registra una tarjeta de la distribución espacial de tasa de dosis en toda la zona radiactiva es registrada antes de la intervención, por ejemplo en el mismo espacio de almacenamiento digital que el modelo digital.

[0074] Un módulo de activación automática 20 (figura 2) compara de manera continua la medición de la intensidad de la radiación radiactiva suministrada por el detector portátil y la medición consignada en la tarjeta en el lugar en que se encuentra el detector 3. La medición consignada corresponde al valor predeterminado mencionado anteriormente. Si la medición suministrada por el detector portátil es superior a la medición consignada, el módulo de activación automática 20 activa automáticamente la subetapa de registro y la subetapa de materialización. Ventajosamente el símbolo holográfico añadido es diferente de los otros, de manera que atraiga la atención del

65

[0075] El módulo de activación automática 20 está integrado por ejemplo en el dispositivo de realidad aumentada 5.

5 **[0076]** Cuando intervienen todos los diversos operadores en la zona radiactiva durante la etapa de intervención, la etapa de intervención comprende al menos las subetapas siguientes:

- de manera repetida, medición de una intensidad de la radiación radiactiva por el detector portátil 3 llevado por cada operador, y determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 en el momento de la medición;

10 - registro en el modelo digital común de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes.

[0077] Así, cada operador alimenta el modelo digital común con los valores registrados.

15 **[0078]** Los operadores intervienen conjuntamente en la zona radiactiva, o uno tras otro.

[0079] Además, cuando el modelo digital es compartido entre varios operadores, los símbolos holográficos 7 son colocados por el dispositivo de realidad aumentada 5 de cada operador de manera que aparezcan para dicho operador en las coordenadas espaciales correspondientes.

20

[0080] Así, cada operador ve el símbolo holográfico discreto a una distancia y según un ángulo en función de su posición actual.

[0081] Según otro aspecto, el procedimiento comprende una etapa de registro en el modelo digital de al menos uno de los elementos siguientes asociado a las coordenadas espaciales correspondientes: zona de repliegue ALARA, riesgo convencional no nuclear.

25

[0082] En este caso, la etapa de intervención comprende una subetapa de materialización del al menos un elemento en el dispositivo de realidad aumentada por medio de un símbolo holográfico específico 21 que aparece para el operador en las coordenadas espaciales correspondientes (véase figura 3).

30

[0083] El riesgo convencional es por ejemplo un agujero en el suelo que supone un riesgo de caída para el operador, o un cono de elevación, es decir, un volumen situado bajo un elemento de manipulación de cargas tal como un puente o un polipasto.

35

[0084] El símbolo holográfico específico puede ser diferente para cada tipo de riesgo de manera que el operador pueda entender al verlo la naturaleza del riesgo. En el ejemplo ilustrado en la figura 3, el símbolo holográfico específico 21 es un triángulo rojo, semejante a un panel de señalización de carretera.

[0085] La zona de repliegue ALARA es una zona en la que la tasa de dosis es particularmente baja. Los operadores pueden detenerse en ella durante un tiempo prolongado si fuera necesario para realizar tareas que no necesitan su presencia en un punto específico de la zona radiactiva.

40

[0086] La zona de repliegue ALARA se materializa, por ejemplo, por un símbolo holográfico específico 21 de forma paralelepípedica. En el paralelepípedo se inscribe la palabra ALARA, de forma visible para el operador. El color del símbolo holográfico específico 21 se elige según la tasa de dosis en la zona de repliegue ALARA. Respeto por ejemplo la norma colorimétrica en vigor en la instalación nuclear en la que se realiza la intervención, como se describe anteriormente.

45

[0087] Cuando el modelo digital es compartido entre varios operadores, el dispositivo de realidad aumentada de cada operador hace aparecer el símbolo holográfico específico 21 para dicho operador en las coordenadas espaciales correspondientes (véase figura 3).

50

[0088] La etapa de registro en el modelo digital es realizada por el supervisor en el puesto de supervisión 11, o es realizada por uno de los operadores. Por ejemplo, el operador se coloca en el lugar en que debe aparecer el símbolo holográfico específico 21 y realiza un gesto delante de la cámara 19 del dispositivo de realidad aumentada 5. El gesto que se realiza es diferente según el riesgo que se va a señalar. El dispositivo de realidad aumentada 5 detecta e interpreta el gesto, y registra el elemento correspondiente en el modelo digital, con las coordenadas espaciales correspondientes suministradas por el módulo de geolocalización 18.

55

60

[0089] Debe observarse que, como variante, cada operador está equipado con uno o más detectores portátiles, por ejemplo un contaminómetro. Las mediciones realizadas por el o por cada otro detector portátil, y las coordenadas espaciales correspondientes del detector portátil en el momento de la medición, se registran en el modelo digital. Estas mediciones se materializan también mediante símbolos holográficos en el dispositivo de realidad aumentada.

65

[0090] La invención se refiere también a un conjunto de intervención para al menos un operador en una zona radiactiva 1. El conjunto comprende (figura 2):

- un modelo digital que representa la topografía en tres dimensiones de la zona radiactiva 1;
- 5 - al menos un detector portátil 3 que realiza mediciones de una intensidad de la radiación radiactiva;
- un módulo 18 de determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 en el momento de cada medición;
- un módulo 22 de registro en el modelo digital de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes;
- 10 - un dispositivo de realidad aumentada 5 llevado por el al menos un operador;
- un módulo 24 de materialización de las mediciones registradas por medio de una pluralidad de símbolos holográficos discretos en el dispositivo de realidad aumentada 5, usando el modelo digital.

[0091] El módulo de materialización 24 está configurado para que cada símbolo holográfico discreto indique la intensidad de la radiación radiactiva de una de las mediciones registradas y esté colocado de manera que aparezca de forma visible para el al menos un operador en las coordenadas espaciales correspondientes.

[0092] El detector portátil 3 y el módulo 18 de determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 son tal como se describe anteriormente.

[0093] El dispositivo de realidad aumentada 5 es tal como se describe anteriormente. Es normalmente del tipo Microsoft Hololens®.

[0094] El dispositivo de realidad aumentada 5 comprende normalmente un casco 9 llevado por el al menos un operador, con una superficie de visualización translúcida colocada delante de los ojos del al menos un operador.

[0095] El conjunto incluye preferentemente un módulo 26 de obtención del modelo digital, que comprende a su vez:

- 30 - al menos una cámara 19 configurada para registrar imágenes de la zona radiactiva 1, y
- un submódulo 28 de determinación del modelo digital mediante el uso de las imágenes registradas.

[0096] La o cada cámara 19 es llevada por el operador. Ventajosamente, forma parte del casco 9 del dispositivo de realidad aumentada 5.

[0097] El submódulo 28 de determinación del modelo digital mediante el uso de las imágenes registradas está integrado en el dispositivo de realidad aumentada. Esta funcionalidad existe en el sistema de realidad aumentada Microsoft Hololens®. Por tanto, el procedimiento de determinación del modelo digital no se describirá aquí en detalle.

[0098] El módulo 22 de registro de las mediciones y de las coordenadas espaciales está normalmente integrado en el dispositivo de realidad aumentada 5.

[0099] El módulo de materialización 24 está normalmente integrado en el dispositivo de realidad aumentada 5. Está configurado para que los símbolos holográficos se visualicen en la superficie de visualización 10 de manera que aparezcan para el al menos un operador en las coordenadas espaciales determinadas correspondientes.

[0100] Los módulos de registro y de materialización 22, 24 están configurados para que el registro de una de las mediciones y su materialización por un símbolo holográfico sean activados por el al menos un operador, de manera que dicho símbolo holográfico discreto muestre la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 en el momento de la activación.

[0101] Los módulos de registro y de materialización 22, 24 están configurados para que la activación sea realizada por ejemplo con un gesto de la mano del operador delante de la o de una cámara 19.

[0102] Como variante, los módulos de registro y de materialización 22, 24 están configurados para que la activación se realice pulsando un botón, mediante la voz o por cualquier otro medio.

[0103] Según una variante ventajosa, el conjunto de intervención está configurado para que la adición de un símbolo holográfico discreto 7 en el dispositivo de realidad aumentada 5 se active cuando la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 sea superior a un valor predeterminado.

[0104] Esta activación es automática.

[0105] Según una variante de realización, el conjunto de intervención está configurado para que la adición de un símbolo se active cuando la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil 3 sea superior a un

valor absoluto, independiente de la posición del operador en la zona radiactiva. Este valor se registra por ejemplo en el detector 3.

5 **[0106]** Según otra variante, se registra una tarjeta de la distribución espacial de tasa de dosis en toda la zona radiactiva antes de la intervención, por ejemplo en el mismo espacio de almacenamiento digital que el modelo digital.

10 **[0107]** Un módulo de activación automática 20 compara de manera continua la medición de la intensidad de la radiación radiactiva suministrada por el detector portátil y la medición consignada en la tarjeta en el lugar en que se encuentra el detector 3. La medición consignada corresponde al valor predeterminado mencionado anteriormente. Si la medición suministrada por el detector portátil es superior a la medición consignada, el módulo de activación automática 20 activa automáticamente la subetapa de registro y la subetapa de materialización. Ventajosamente el símbolo holográfico añadido es diferente de los otros, de manera que atraiga la atención del operador.

15 **[0108]** El módulo de activación automática 20 está integrado por ejemplo en el dispositivo de realidad aumentada 5.

20 **[0109]** Normalmente, el conjunto comprende un elemento de medición 3 asociado a un módulo 18 de determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil 3 para cada operador. Comprende también un dispositivo de realidad aumentada 5, asociado a módulos de registro y de materialización 22, 24, para cada operador.

25 **[0110]** El conjunto comprende además un puesto de supervisión 11 colocado a cierta distancia de la zona radiactiva 1, por ejemplo en una sala 13 cuyas condiciones radiológicas permiten una presencia permanente (figura 1). El conjunto comprende también medios de comunicación 15 configurados para permitir el intercambio de datos entre el o cada dispositivo de realidad aumentada 5 y el puesto de supervisión 11.

30 **[0111]** El puesto de supervisión 11 está equipado de manera que transmita todos los tipos de informaciones a los operadores. En particular, el supervisor puede ayudar a los operadores compartiendo su flujo de audio, vídeo (imágenes que provienen de las cámaras frontales 19), comunicarse con ellos, enviar en el campo de visión de los operadores un flujo de informaciones que le permita ayudarles en su actividad (modo operativo o plano en formato PNG, WORD o PDF, flujo de vídeo obtenido de una cámara externa, imágenes, así como la compartición de la pantalla completa del supervisor, etc.). También puede realizar controles reglamentarios a distancia.

35 **[0112]** Los medios de comunicación entre los dispositivos de realidad aumentada 5 y el puesto de supervisión 11 permiten también al supervisor que visualice un conjunto de datos transmitidos por los dispositivos de realidad aumentada 5:

- dosimetría recibida por cada operador, tasa de dosis ambiente de cada operador y alarmas de umbrales predefinidas;
- mensajes de alertas relacionados con el uso de los detectores portátiles 3 o de los dispositivos de realidad aumentada 5 (en particular, carga de las baterías de los aparatos de cada operador);
- 40 - calidad de la red utilizada.

45 **[0113]** Preferentemente, el conjunto comprende un módulo 30 de registro en el modelo digital de al menos uno de los elementos siguientes asociado a las coordenadas espaciales correspondientes: zona de repliegue ALARA, riesgo convencional no nuclear.

[0114] En este caso, el módulo de materialización 24 comprende un submódulo 32 de materialización del al menos un elemento en el dispositivo de realidad aumentada por un símbolo holográfico específico 21 que aparece para el operador en las coordenadas espaciales correspondientes (véase figura 3).

50 **[0115]** Dicho módulo 30 de registro en el modelo digital está integrado en el puesto de supervisión 11, o está integrado en cada dispositivo de realidad aumentada 5. En este último caso está configurado para que el operador se coloque en el lugar en que debe aparecer el símbolo holográfico específico 21 y realiza un gesto delante de la cámara 19 del dispositivo de realidad aumentada 5. El gesto que se realiza es diferente según el riesgo que se va a señalar. El dispositivo de realidad aumentada 5 detecta e interpreta el gesto, y registra el elemento correspondiente en el modelo digital, con las coordenadas espaciales correspondientes suministradas por el elemento de geolocalización 18.

60 **[0116]** Como variante, debe observarse que el conjunto comprende para cada operador uno o más detectores portátiles, por ejemplo un contaminómetro. Los módulos de registro y de materialización están configurados para que las mediciones realizadas por el o por cada otro detector portátil, y las coordenadas espaciales correspondientes del detector portátil en el momento de la medición, se registren en el modelo digital. Los módulos de registro y de materialización están configurados para que las mediciones se muestren también con símbolos holográficos en el dispositivo de realidad aumentada.

65 **[0117]** El conjunto descrito anteriormente está diseñado especialmente para la implementación del

procedimiento de la invención. En sentido inverso, el procedimiento de la invención está especialmente bien adaptado para una implementación por el conjunto que acaba de describirse.

- 5 **[0118]** La invención se ha descrito anteriormente para una realización en la que el modelo digital se obtiene durante la etapa de intervención, usando imágenes que provienen de una o varias cámaras llevadas por el o los operadores. Según otra realización, el modelo digital se obtiene antes de la etapa de intervención, por ejemplo durante una campaña de toma de vistas previa. Se carga en el o los dispositivos de realidad aumentada 5 antes de la intervención.
- 10 **[0119]** Alternativamente, sin embargo, fuera del objeto de las reivindicaciones, el procedimiento y el conjunto descritos también podrían usarse para simular una intervención. En este caso, una aplicación informática móvil podría generar mediciones de intensidad de radiación radiactiva, sustituyendo a las del dosímetro. Estas mediciones serían tratadas como se describe anteriormente. En particular, el registro y la materialización de las mediciones mediante símbolos holográficos serían activados por el operador, del mismo modo que durante una intervención real. Así sería
15 posible reproducir puntos calientes o riesgos de seguridad clásicos durante las sesiones de formación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de intervención de al menos un operador en una zona radiactiva (1), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:
- 5
- obtención de un modelo digital que representa la topografía en tres dimensiones de la zona radiactiva (1);
 - intervención del al menos un operador en la zona radiactiva (1), comprendiendo la etapa de intervención al menos las subetapas siguientes:
- 10
- de manera repetida, medición de una intensidad de la radiación radiactiva por un detector portátil (3) llevado por el al menos un operador, y determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil (3) en el momento de la medición;
 - registro en el modelo digital de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes;
- 15
- materialización de las mediciones registradas en un dispositivo de realidad aumentada (5) llevado por el al menos un operador, por medio de una pluralidad de símbolos holográficos discretos (7), usando el modelo digital, de manera que cada símbolo holográfico (7) indica la intensidad de la radiación radiactiva de una de las mediciones registradas y está colocado de manera que aparezca de forma visible para el al menos un operador en las coordenadas espaciales correspondientes.
- 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de realidad aumentada (5) comprende al menos un casco (9) llevado por el al menos un operador, con una superficie de visualización (10) translúcida colocada delante de los ojos del al menos un operador, tal que los símbolos holográficos (7) se visualizan en la superficie de visualización (10) de manera que aparezcan de forma visible para el al menos un operador en las
- 25 coordenadas espaciales determinadas correspondientes.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la etapa de obtención comprende una subetapa de registro de imágenes de la zona radiactiva (1) con al menos una cámara (19), en particular la al menos una cámara (19) llevada por el al menos un operador, y una subetapa de determinación del modelo digital mediante el uso de las
- 30 imágenes registradas.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la etapa de obtención es realizada simultáneamente con la etapa de intervención, estando el modelo digital determinado o siendo enriquecido progresivamente con las imágenes registradas durante la etapa de intervención.
- 35
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el registro de una de las mediciones y su materialización son activados por el al menos un operador, de manera que dicho símbolo holográfico discreto (7) materializa la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil (3) en el momento de la activación.
- 40
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la adición de un símbolo holográfico discreto (7) en el dispositivo de realidad aumentada (5) se activa cuando la intensidad de la radiación radiactiva medida por el detector portátil (3) es superior a un valor predeterminado.
- 45
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- el procedimiento comprende una etapa de registro en el modelo digital de al menos uno de los elementos siguientes asociado a las coordenadas espaciales correspondientes: zona de repliegue ALARA, riesgo convencional no nuclear;
 - la etapa de intervención comprende una subetapa de materialización del al menos un elemento en el dispositivo de realidad aumentada (5) por un símbolo holográfico específico (21) que aparece de forma visible para el operador en las coordenadas espaciales correspondientes.
- 50
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el modelo digital es compartido por varios operadores, estando cada operador equipado con un dispositivo de realidad aumentada (5) que materializa las mediciones registradas por medio de una pluralidad de símbolos holográficos discretos (7) usando el modelo digital, tal que cada símbolo holográfico (7) indica la intensidad de la radiación radiactiva de una de las mediciones registradas y está colocado de manera que aparezca de forma visible para dicho operador en las coordenadas espaciales correspondientes.
- 60
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que todos los operadores intervienen en la zona radiactiva (1) durante la etapa de intervención, comprendiendo la etapa de intervención al menos las subetapas siguientes:
- de manera repetida, medición de una intensidad de la radiación radiactiva por el detector portátil (3) llevado por cada operador, y determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil (3) en el momento de la
- 65

medición;

- registro en el modelo digital común de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes.

5 10. Conjunto de intervención para al menos un operador en una zona radiactiva (1), comprendiendo el conjunto:

- un dispositivo de realidad aumentada (5) apto para ser llevado por el al menos un operador;

10 - un modelo digital que representa la topografía en tres dimensiones de la zona radiactiva (1), almacenado en el dispositivo de realidad aumentada (5) del o de cada operador o almacenado en un puesto de supervisión (11) o almacenado en cualquier otro espacio de almacenamiento digital adaptado accesible para los dispositivos de realidad aumentada (5) de todos los operadores;

- un detector portátil (3) que realiza mediciones de una intensidad de la radiación radiactiva y apto para ser llevado por el al menos un operador;

15 - un módulo (18) de determinación de las coordenadas espaciales del detector portátil (3) en el momento de cada medición;

- un módulo (22) de registro en el modelo digital de una pluralidad de dichas mediciones y de las coordenadas espaciales correspondientes;

20 - un módulo (24) de materialización de las mediciones registradas por medio de una pluralidad de símbolos holográficos discretos (7) en el dispositivo de realidad aumentada (5), usando el modelo digital, configurado para que cada símbolo holográfico (7) indique la intensidad de la radiación radiactiva de una de las mediciones registradas y esté colocado de manera que aparezca de forma visible para el al menos un operador en las coordenadas espaciales correspondientes.

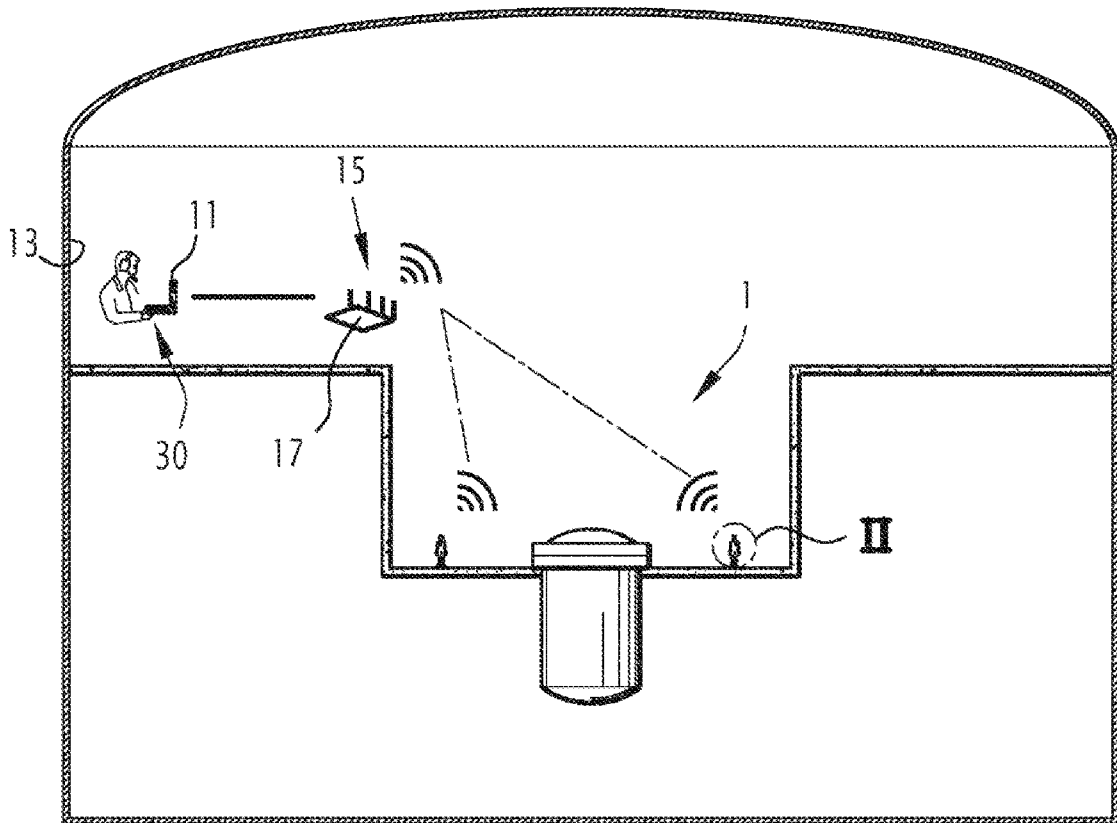


FIG. 1

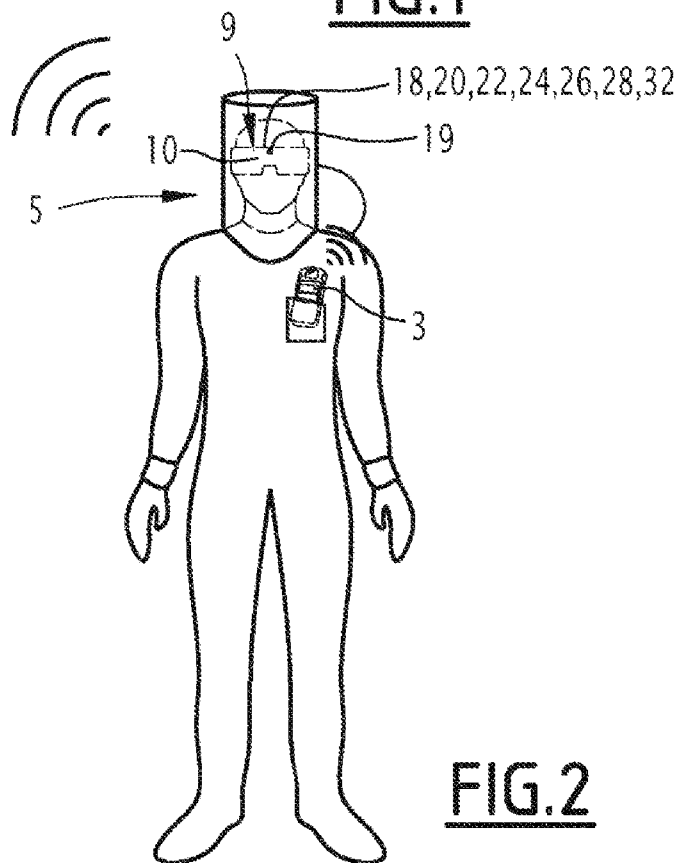


FIG. 2

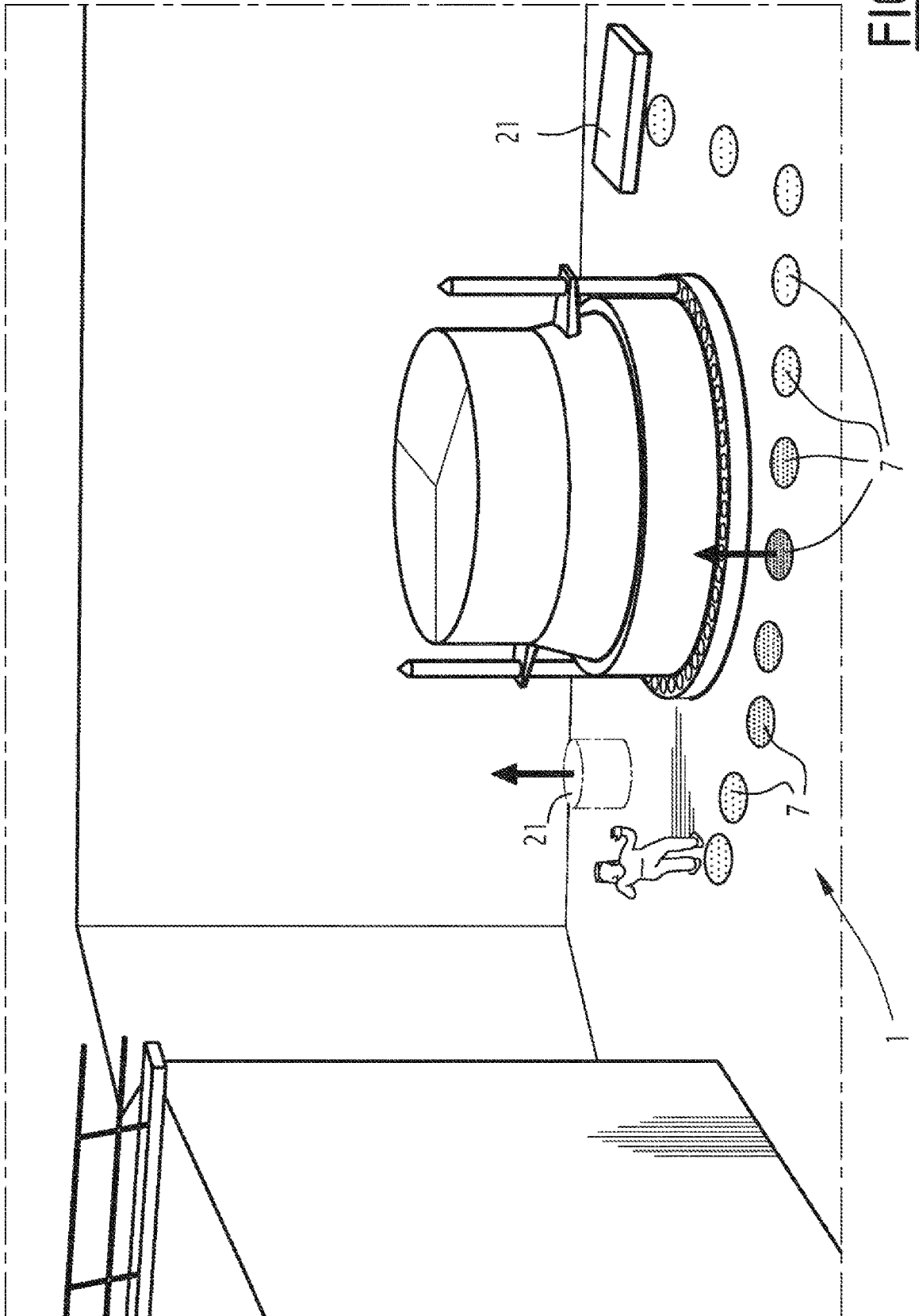


FIG. 3