



REPÚBLICA ARGENTINA
PODER EJECUTIVO NACIONAL
INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL

TÍTULO DE PATENTE DE INVENCION

AR116065B1

LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O.1996), Y SU DECRETO REGLAMENTARIO (DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN NOMBRE DE LA NACIÓN ARGENTINA EL PRESENTE TÍTULO A COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA); CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET). INVENTOR / ES GÓMEZ BERISSO, MARIANO; ALCALDE BESSIA, FABRICIO PABLO; PÉREZ, MARTÍN; ARNALDI, LUIS HORACIO; SOFO HARO, MIGUEL FRANCISCO; LIPOVETZKY, JOSÉ; ASOREY, HERNÁN GONZALO; SIDELNIK, IVÁN PEDRO; BLOSTEIN, JUAN JERÓNIMO.

QUE ACREDITA LA CONCESIÓN DE PATENTE DE INVENCION SOBRE: DETECTOR DE NEUTRONES Y RADIACIÓN GAMMA MEDIANTE EL EMPLEO DE UN DETECTOR CHERENKOV EN AGUA

CUYA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES COPIA FIEL DE LA DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE LA LEY 24.481 (DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TÉRMINO POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS IMPRORROGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARÁ EL DÍA: 6 DE FEBRERO DE 2039.

BUENOS AIRES, 30 DE NOVIEMBRE DE 2022.



Patentes de Invención
Modelos de Utilidad



Marcas



Modelos y Diseños
Industriales



Transferencia de
Tecnología



Información
Tecnológica

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PATENTE DE INVENCION

SOBRE

**"DETECTOR DE NEUTRONES Y RADIACION GAMMA MEDIANTE EL EMPLEO DE UN
DETECTOR CHERENKOV EN AGUA"**

SOLICITADA POR:

- (1) CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS (CONICET) 50%**
- (2) COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (CNEA) 50%**

CON DOMICILIO EN:

- (1) Godoy Cruz 2290 Piso 10, C1425FQB Ciudad Autónoma de Buenos Aires - ARGENTINA**
- (2) Av. del Libertador 8250, 1429 Ciudad Autónoma de Buenos Aires - ARGENTINA**

INVENTORES:

Juan Jerónimo BLOSTEIN: Sarmiento Superior 4023, R8402BOG San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Iván Pedro SIDELNIK: Calle 6 (Cahiu) 12565, R8401BOU San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Hernán Gonzalo ASOREY: Neumeyer 40 2do B, R8400ASB San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
José LIPOVETZKY: Callao 3825 UF 3, 8402 San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Miguel Francisco SOFO HARO: Quaglia 584, 2° F, R8400BEC San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Luis Horacio ARNALDI: Carlos Ruiz 1557 Piso 3 Dpto. E, San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Martín PÉREZ: Santiago Albarracín 135, 2° C, R8400BEC San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Fabrício Pablo ALCALDE BESSIA: Avda. Bustillo 9500, R8402AGP San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA
Mariano GÓMEZ BERISSO: Pioneros 7385, 8400 San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro - ARGENTINA

POR EL PLAZO DE 20 AÑOS

DETECTOR DE NEUTRONES Y RADIACIÓN GAMMA MEDIANTE EL EMPLEO DE UN DETECTOR CHERENKOV EN AGUA

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo detector de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma que se basa en un detector de radiación Cherenkov en agua.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] La detección de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma tiene diversas aplicaciones tal como en materia de seguridad, detectando la presencia de materiales fisibles o fisionables (conocidos como “materiales nucleares especiales”, uranio, plutonio, etc.) a partir de la detección de los neutrones emitidos por estos materiales. Esto tiene particular interés para la detección no intrusiva del tráfico ilegal de materiales nucleares especiales que emiten neutrones susceptibles de ser utilizados con fines terroristas (uranio, plutonio, etc), como así para detectar el transporte ilegal de residuos radiactivos en portales de control aduanero y de tránsito, control de seguridad en contenedores, embarcaciones, medios de transporte, acceso a instalaciones, cargamentos en general y pasajeros. Otros usos podrían ser en materia de energía en salvaguardias nucleares (control de calidad de combustibles nucleares), prospección uranífera y en materia de detección de neutrones en general para una gran diversidad de estudios de interés básico y aplicado, incluyendo aplicaciones médicas en el ámbito de la medicina nuclear y radioterapia.

[0003] Existen detectores de neutrones que poseen altas eficiencias de detección de neutrones térmicos basados en una cámara de ionización conteniendo helio-3, material cuyo núcleo posee una alta sección eficaz de captura de neutrones térmicos y es un gas noble de baja abundancia isotópica y muy baja disponibilidad en nuestro planeta. Actualmente el uso masivo de helio-3 para la fabricación de detectores de neutrones produjo una disminución drástica en el stock mundial del isótopo helio-3,

situación mundialmente conocida como la “crisis del helio-3”, la cual provocó un incremento significativo en el precio del helio-3 durante los últimos años. Esta circunstancia ha motivado que, durante los últimos años, distintos laboratorios se dediquen a la búsqueda de técnicas alternativas para la detección de neutrones.

[0004] Una de dichas técnicas alternativas a los detectores basados en helio-3 es el empleo de detectores Cherenkov, en los cuales mediante la producción de radiación Cherenkov se detectan indirectamente los neutrones y los fotones gamma.

[0005] Se han divulgado dispositivos para detectar neutrones basados en detectores Cherenkov tal como en la patente estadounidense US 8373133 B2 que protege un dispositivo detector de neutrones y rayos gamma y un sistema de monitoreo de portal de radiación. Dicho detector consiste en un dispositivo en el cual la detección de neutrones se logra mediante el empleo de agua dopada con compuestos que contienen gadolinio, más precisamente de cloruro de gadolinio ($GdCl_3$), en el cual los núcleos de gadolinio luego de la captura neutrónica emiten fotones gamma que, al interactuar con el medio por efecto Compton, generan electrones con velocidades mayores a la de la luz en dicho medio, produciéndose así la emisión de luz Cherenkov. Dicho dispositivo cuenta con una pluralidad de tubos fotomultiplicadores para captación de la luz, además de un diseño que consta de dos cámaras, una encima de la otra o una encerrando la otra. Dicho dispositivo presenta algunas desventajas, entre ellas el empleo de cloruro de gadolinio el cual es una sal de un elevado costo y difícil de conseguir, además de que es una sustancia tóxica. Adicionalmente, el uso de una pluralidad de tubos fotomultiplicadores también genera un considerable incremento en los costos de instalación y de mantenimiento.

[0006] Otro documento de patente relacionado con este campo de la técnica es la solicitud de patente estadounidense US 2012/0307952 A1 que está dirigida a un detector de neutrones Cherenkov que emplea agua desionizada y $GdCl_3$ como dopante para la detección de neutrones en donde, luego de la captura neutrónica, se produce la emisión de partículas beta que reaccionan con el agua produciendo luz

mediante el efecto Cherenkov, la cual es captada mediante uno o más tubos fotomultiplicadores o fotodiodos. Sin embargo, y a pesar de lo indicado en la solicitud US 2012/0307952 A1, corresponde destacar que la energía de las partículas beta emitidas por el gadolinio resulta insuficiente para producir el efecto Cherenkov en agua, efecto que posee un umbral de energía cinética de 750 keV para electrones. Por otra parte, y al igual que el antecedente mencionado anteriormente, el elemento dopante para la detección de neutrones, es decir, el cloruro de gadolinio, es un compuesto tóxico.

[0007] Como se ha mencionado para ambos antecedentes, el cloruro de gadolinio es un elemento contaminante y tóxico. Éste, tal y como se especifica en su ficha de datos de seguridad, puede causar irritación en la piel, grave irritación en los ojos y problemas respiratorios, además se recomienda evitar respirarlo en polvo, gas, niebla, vapores, entre otros, haciendo que en caso de una rotura accidental o intencional de un dispositivo Cherenkov en agua que emplee dicho dopante, como puede ser en un paso fronterizo, puede conllevar en un derrame que generaría un gran costo ambiental. Adicionalmente, dicha ficha de datos especifica que para la manipulación de este compuesto se requiere de la utilización de indumentaria adecuada de protección como pueden ser anteojos de seguridad, guantes, máscaras de protección, etc.

[0008] Cabe destacar que, en relación con los detectores de neutrones y fotones gamma la magnitud tecnológica de interés es la eficiencia absoluta de detección, y que para las posibles aplicaciones de los detectores de neutrones y fotones gamma, como puede ser el escaneo/control de muestras de gran volumen, resulta conveniente el empleo de detectores de gran volumen activo y alta eficiencia intrínseca de detección.

[0009] En consecuencia, existe una necesidad de un dispositivo que permita superar a los inconvenientes arriba mencionados pudiendo detectar neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma a través de un detector Cherenkov en agua que utilice un dopante no tóxico ni contaminante, de menor costo, con capacidad de

escalabilidad a grandes volúmenes de detección y que, luego de la captura neutrónica, produzca radiación gamma de mayor energía que genere una señal de mayor intensidad y permita el uso de un dispositivo más sencillo y por lo tanto más económico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0010] En base a las consideraciones anteriores, la presente invención proporciona un detector Cherenkov en agua, que no emplea sales de gadolinio, que utiliza menores recursos en dispositivos electrónicos y que logra superar los problemas mencionados arriba, diferenciándose de lo conocido en el campo de detectores de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma.

[0011] En consecuencia, el objeto de la presente invención es un dispositivo detector de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma que se basa en un detector de radiación Cherenkov en agua y que permite grandes volúmenes activos de detección a un costo relativamente bajo y señales de mayor intensidad, en donde dicho dispositivo comprende:

- un recipiente que comprende al menos una tapa;
- un recubrimiento reflector y difusor de fotones en el interior del recipiente;
- una solución acuosa contenida en el recipiente, la cual comprende cloruro de sodio (NaCl); y
- un dispositivo sensor de luz ópticamente acoplado a la solución acuosa.

[0012] En una forma de realización preferida de la presente invención, el material del recipiente y de la al menos una tapa es seleccionado, independientemente, del grupo que comprende materiales metálicos, materiales poliméricos y materiales compuestos.

[0013] En una forma de realización más preferida de la presente invención, los materiales metálicos se seleccionan del grupo que comprende acero al carbono y acero inoxidable.

[0014] En una forma de realización más preferida de la presente invención, los materiales poliméricos comprenden PVC.

[0015] En una forma de realización más preferida de la presente invención, los materiales compuestos comprenden fibra de vidrio y resina epoxi.

[0016] En una forma de realización preferida de la presente invención, el recipiente tiene una forma geométrica seleccionada del grupo que comprende cilíndrica, cúbica, paralelepípedica de base rectangular, esférica, entre otras.

[0017] En una forma de realización preferida de la presente invención, el recipiente es estanco a la luz exterior.

[0018] En una forma de realización preferida de la presente invención, la al menos una tapa es estanca a la luz exterior y puede ser accionada entre una posición abierta y una posición cerrada.

[0019] En una forma de realización de la presente invención, el dispositivo sensor de luz es seleccionado del grupo que comprende un tubo fotomultiplicador, un fotomultiplicador de silicio, un sensor CMOS y un sensor CCD, entre otros.

[0020] En una forma de realización preferida de la presente invención, la solución acuosa comprende entre 0,5 % y 36 % de cloruro de sodio en masa, preferiblemente entre 2 % y 25 % de NaCl en masa, más preferiblemente entre 3 % y 15 % de NaCl en masa, aún más preferiblemente entre 5 % y 10 % de NaCl en masa, entre otros rangos intermedios, y lo más preferible un 5 % de cloruro de sodio en masa, que aumenta la detección de neutrones por parte del dispositivo.

[0021] En una forma de realización de la presente invención, la solución acuosa comprende, además, un compuesto de alto índice de refracción como puede ser el disulfuro de carbono (CS₂), material que posee un mayor índice de refracción que el agua, y por lo tanto presenta un menor umbral de energía de electrones para la producción de efecto Cherenkov. Dicho compuesto de alto índice de refracción puede estar diluido en agua pura, en la solución acuosa o puro.

[0022] En una forma de realización preferida de la presente invención, el recubrimiento reflector y difusor utilizado es un tejido de polietileno de alta densidad de color blanco que refleja y difunde fotones Cherenkov aumentando la probabilidad de que dichos fotones sean detectados. Preferiblemente, la tela de polietileno de alta densidad utilizada es comercializada bajo la marca Tyvek por DuPont.

[0023] En una forma de realización preferida de la presente invención, el dispositivo comprende, además, en el interior del recipiente, una pluralidad de fibras ópticas acopladas al dispositivo sensor de luz, las cuales mejoran la captación y el transporte de la luz Cherenkov producida en el interior del recipiente, lo cual mejora la intensidad de la señal registrada y la eficiencia de detección de neutrones y fotones gamma del dispositivo.

[0024] En una forma de realización preferida de la presente invención, la pluralidad de fibras ópticas se acoplan al dispositivo sensor de luz mediante grasa óptica.

[0025] En una forma de realización de la presente invención, el dispositivo sensor de luz está sujeto a la al menos una tapa.

[0026] En una forma de realización preferida de la presente invención, el dispositivo sensor de luz se encuentra afuera del recipiente dentro de otro recipiente o volumen estanco a la luz.

[0027] En una forma de realización más preferida de la presente invención, la pluralidad de fibras ópticas son fibras ópticas centelladoras con cambiador de longitud de onda (WLS, por sus siglas en inglés *Wavelength Shifters*) con revestimiento múltiple. Estas fibras son capaces de captar la luz Cherenkov y reemitir luz en un mayor rango angular de captación en torno al eje de transporte de la fibra, como así también compatibilizar el espectro de emisión de luz de la fibra óptica con la eficiencia de detección del sensor de luz utilizado, aumentado así aún más la intensidad de la señal y la eficiencia de detección de neutrones y fotones gamma del dispositivo.

[0028] En una forma de realización aún más preferida de la presente invención, dicha pluralidad de fibras ópticas comprende siete fibras ópticas de sección circular, una

central y seis en su periferia, de 1,25 mm de diámetro cada una, colocadas en el centro del recipiente.

[0029] En una forma de realización aún más preferida de la presente invención, el dispositivo detector de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma comprende:

- un recipiente que comprende al menos una tapa estanca a la luz exterior que puede ser accionada entre una posición abierta y una posición cerrada;
- un recubrimiento reflector y difusor de fotones en el interior del recipiente;
- una solución acuosa contenida en el recipiente, la cual comprende cloruro de sodio (NaCl) y un compuesto de alto índice de refracción como puede ser el disulfuro de carbono (CS₂);
- una pluralidad de fibras ópticas en el interior del recipiente; y
- un dispositivo sensor de luz acoplado a la pluralidad de fibras ópticas y que se encuentra afuera del recipiente dentro de otro recipiente o volumen estanco a la luz.

[0030] Cabe destacar que las mejoras en la eficiencia de detección de neutrones provistas por el uso de cloruro de sodio como dopante con o sin el compuesto de alto índice de refracción (por ejemplo, disulfuro de carbono) y por el uso de fibras ópticas son independientes entre sí. Es decir, en una forma de realización de la presente invención se utiliza una solución acuosa con el añadido de cloruro de sodio pero sin el empleo de fibras ópticas, mientras que en una forma de realización preferida de la presente invención se incorporan en forma simultánea las fibras ópticas y la solución acuosa con cloruro de sodio como dopante ya que de esta forma se obtiene la mayor eficiencia de detección de neutrones y fotones gamma, y se intensifica la intensidad de la señal de cada fotón gamma o evento registrado.

[0031] Por lo tanto, mediante el detector Cherenkov de la presente invención se logra superar las desventajas de los detectores Cherenkov en agua conocidos en la técnica. Esto se logra debido a la utilización de un elemento abundante, no tóxico, no contaminante y barato, como una solución acuosa de cloruro de sodio en carácter de volumen activo en el dispositivo de la invención, al empleo de un solo dispositivo sensor de luz ópticamente acoplado al recipiente y a la utilización de fibras ópticas que permiten aumentar la intensidad de la señal de cada evento registrado y la eficiencia en la detección de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma, mediante un diseño del dispositivo más sencillo y por lo tanto más económico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0032] La Figura 1A es una vista esquemática de una forma de realización del dispositivo de la presente invención.

[0033] La Figura 1B es una vista esquemática de una forma de realización más preferida del dispositivo de la presente invención.

[0034] La Figura 1C es una vista esquemática de otra forma de realización del dispositivo de la Figura 1B.

[0035] La Figura 2A es un gráfico que muestra la respuesta del detector de la Figura 1A cuando se lo expone a una fuente de ^{252}Cf emisora de neutrones.

[0036] La Figura 2B es un gráfico que muestra la respuesta del detector de la Figura 1A cuando se lo expone a una fuente ^{137}Cs emisora de radiación gamma.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0037] La presente invención se describirá en mayor detalle a continuación, haciendo referencia a las figuras anexas que ilustran formas de realización de la invención a modo de ejemplo, las cuales no deben ser interpretadas como limitantes de la misma.

[0038] En cada una de las figuras se emplean las mismas referencias numéricas para cada elemento del dispositivo de la invención.

[0039] La presente invención se refiere a un dispositivo capaz de detectar neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma que se basa en un detector de radiación

Cherenkov en agua. Debe entenderse por neutrones rápidos a neutrones libres cuyo nivel de energía cinética está entre, aproximadamente, 1 MeV y 20 MeV.

[0040] A los efectos de la presente invención la expresión “estanco a la luz” cuando se la usa para describir al recipiente, o a las tapas del mismo, del dispositivo de la presente invención se refiere a que no permite que ingrese la luz exterior o ambiente al recipiente pero aun así no se encuentra blindado a los gammas y neutrones existentes en el fondo natural de radiación. Por su parte, la expresión “ópticamente acoplado”, usada para describir la forma en que se encuentra dispuesto el dispositivo sensor de luz, se refiere a que dicho dispositivo se encuentra posicionado de forma de recibir la mayor cantidad de fotones Cherenkov generados dentro del recipiente de la presente invención. Esta mayor recepción de fotones por parte del dispositivo sensor de luz puede lograrse, por ejemplo, sujetando dicho dispositivo sensor de luz a una tapa del recipiente y orientándolo hacia adentro, es decir hacia la solución acuosa; o colocando el dispositivo sensor de luz afuera del recipiente y alojado dentro de otro volumen estanco a la luz ambiente.

[0041] La Figura 1A muestra una vista esquemática de una forma de realización del dispositivo de la presente invención que comprende un recipiente cilíndrico **1**, un dispositivo sensor de luz **2**, una solución acuosa **3** de NaCl que constituye el volumen activo del recipiente **1**, un par de tapas **5** y un recubrimiento interior **6**.

[0042] Tal como se aprecia en la Figura 1A el recipiente cilíndrico **1** tiene las tapas **5** colocadas en cada uno de sus extremos y contiene en su interior al dispositivo sensor de luz **2**, la solución acuosa **3**, el recubrimiento interior **6**.

[0043] El recipiente cilíndrico **1** está construido preferiblemente de acero al carbono o acero inoxidable.

[0044] El dispositivo sensor de luz **2** se encuentra ópticamente acoplado al volumen activo, siendo capaz de minimizar las reflexiones en la interfase, maximizando así el número de fotones Cherenkov detectados. Este acople óptico se logra evitando la formación de volúmenes indeseados (por ejemplo, burbujas), entre la solución acuosa

3 y el dispositivo sensor de luz **2**, que posean un índice de refracción diferente al de la solución acuosa **3** que pudiera generar reflexiones indeseadas, y por lo tanto pérdidas de la luz Cherenkov. El dispositivo sensor de luz **2** se encuentra sujeto a una de las tapas **5** del recipiente cilíndrico **1**, orientando hacia adentro, es decir hacia la solución acuosa **3**, en donde dichas tapas **5** pueden ser del mismo material que el recipiente **1**, son estancas a la luz exterior, y cierran el volumen activo por ejemplo mediante roscado, abulonado u otro tipo de cierre estanco a la luz.

[0045] En una forma de realización de la presente invención, el dispositivo sensor de luz **2** es seleccionado del grupo que comprende un tubo fotomultiplicador, un fotomultiplicador de silicio, un sensor CMOS y un sensor CCD, entre otros.

[0046] En una forma de realización preferida de la presente invención, la solución acuosa **3** puede comprender rangos entre 0,5 % y 36 % de NaCl en masa, entre 2 % y 25 % de NaCl en masa, entre 3 % y 15 % de NaCl en masa, entre 5 % y 10 % de NaCl en masa, entre otros. En una forma de realización más preferida, la solución acuosa comprende 5 % en masa de cloruro de sodio (NaCl) lo cual aumenta la probabilidad de captura neutrónica en el Cl del NaCl y, por ende, la eficiencia de detección de neutrones del dispositivo.

[0047] En una forma de realización de la presente invención, la solución acuosa de NaCl puede comprender, además, un compuesto de alto índice de refracción como puede ser disulfuro de carbono (CS₂), el cual se usa en los casos en los que se desea detectar radiación consistente en fotones gamma de baja energía.

[0048] En una forma de realización preferida de la presente invención, el recubrimiento interior **6** utilizado es una tela de polietileno de alta densidad de color blanco que refleja y difunde fotones Cherenkov aumentando la probabilidad de que dichos fotones sean detectados. Debe entenderse por polietileno de alta densidad a un polímero de la familia de los polímeros olefínicos o de los polietilenos cuya densidad se encuentra entre 0,940 y 0,970 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Preferiblemente, el tejido de polietileno de alta

densidad utilizado es comercializado bajo la marca Tyvek por DuPont. El tejido utilizado tiene una superficie rugosa que facilita la propagación de fotones Cherenkov debido a que como la radiación Cherenkov se produce de forma coherente, una reflexión especular no aumentaría significativamente la probabilidad de recolección de fotones y haría que la detección de la radiación incidente dependa mucho de la dirección de propagación. Dicho tejido es adherido en el interior del recipiente cilíndrico **1** utilizando un adhesivo basado en silicona comercial transparente, lo cual permite recubrir la superficie interior del recipiente **1** de manera uniforme.

[0049] La detección de neutrones térmicos en el detector Cherenkov de la Figura 1A se logra cuando dichos neutrones, provenientes de un emisor externo al detector, son capturados por los núcleos de cloro del cloruro de sodio de la solución acuosa **3**, emitiendo fotones gamma. Dichos fotones interactúan con la solución acuosa por efecto Compton, efecto fotoeléctrico y/o creación de pares, generándose así electrones con velocidades mayores a la de luz en dicho medio, superándose así el umbral Cherenkov y produciéndose así radiación Cherenkov que puede ser detectada utilizando el dispositivo sensor de luz **2** que emite la señal de interés. Es por ello que la detección de neutrones es indirecta. Del mismo modo, el dispositivo de la presente invención permite incluso la detección de neutrones rápidos debido a que el líquido sirve como moderador de neutrones convirtiendo los neutrones rápidos en neutrones térmicos. Por su parte, la detección de fotones gamma, tanto de aquellos provenientes desde fuera del detector como de aquellos emitidos por el Cl luego de la captura neutrónica, se logra mediante la interacción de estos fotones con la solución mediante los efectos fotoeléctrico, Compton y/o de creación de pares.

[0050] Más precisamente, luego de la captura de neutrones por parte de los iones cloruro cuando el detector Cherenkov de la Figura 1A es expuesto a una fuente radiactiva emisora de neutrones (no mostrada), se emiten fotones gamma de 8,5 MeV de energía, la cual es mayor que la energía de los fotones emitidos luego de la captura

neutrónica por parte del gadolinio en la patente estadounidense US 8373133 B2, permitiendo obtener una mayor intensidad de señal Cherenkov.

[0051] Es necesario aclarar que el fotón gamma de mayor energía emitido luego de producirse la absorción neutrónica en ^{155}Gd es de 1,965 MeV, mientras que el fotón gamma de mayor energía emitido luego de que el ^{157}Gd absorbe un neutrón es de 6,750 MeV. Por su parte, el fotón gamma de mayor energía emitido luego de que el ^{35}Cl absorbe un neutrón es de 8,578 MeV (ver “*Database of prompt gamma rays from slow neutron capture for elemental analysis*”) y que las energías reportadas en la patente mencionada arriba se refieren a la suma total de la energía de todos los fotones gamma producidos por lo que no se puede tener en cuenta en el detector de la presente invención debido a que no todos los fotones gamma contribuyen a la señal, ya sea porque algunos fotones gamma escapan del detector, y/o porque una o varias partículas no superan la energía mínima o umbral para poder generar efecto Cherenkov en el agua, por lo que se toma el fotón gamma de mayor energía que es el que generará una señal mucho mayor en función de su capacidad para producir partículas secundarias en el interior del detector con energía suficiente como para producir señales, es decir fotones, Cherenkov. Dicha señal producida por los fotones gamma de mayor energía producirá un mayor número de fotones Cherenkov que el producido por un fotón gamma de menor energía y, por lo tanto, producirá una señal de mayor intensidad. La señal colectada es procesada realizando un espectro de la intensidad de la señal de los eventos o fotones detectados, intensidad que es directamente proporcional a la carga colectada en cada evento. El espectro consiste de un histograma de las intensidades de los diferentes eventos registrados, las cuales son clasificadas en un número entero de canales discretos. Se entiende por “canal” el eje horizontal de dicho histograma, mientras que el eje vertical del histograma informa el número de eventos registrado en cada canal. De este modo, cada canal corresponde a un cierto rango de intensidades de la señal. Por lo tanto, los eventos son registrados en canales mayores conforme aumenta la intensidad de la señal. De

este modo, en el espectro de carga de los eventos detectados, estos eventos de mayor intensidad serán registrados en canales mayores que los producidos por fotones gamma de menor energía. Estos eventos de mayor intensidad son registrados en canales en los cuales el ruido debido al fondo natural de radiación y al ruido electrónico es significativamente menor, mejorando de esta manera la relación señal/ruido del dispositivo.

[0052] La Figura 1B muestra una vista esquemática de una forma de realización más preferida del dispositivo de la presente invención con una configuración sustancialmente similar al de la Figura 1A pero con el agregado de una pluralidad de fibras ópticas **4** en su interior, dentro de la solución acuosa **3** de cloruro de sodio y acopladas al dispositivo sensor de luz **2**, con la finalidad de mejorar la eficiencia de detección de neutrones del dispositivo.

[0053] El funcionamiento de dicho dispositivo es sustancialmente el mismo que el descrito más arriba con respecto al dispositivo de la Figura 1A, con la excepción de que una vez se producen los fotones Cherenkov en el seno de la solución acuosa **3**, éstos serán colectados, conformados en longitud de onda y transportados hacia el dispositivo sensor de luz **2** mediante la pluralidad de fibras ópticas **4**. Dicho dispositivo sensor de luz **2**, para esta forma de realización, puede estar alojado afuera del recipiente **1**, tal como se muestra en la Figura 1B, dentro de otro recipiente o volumen estanco a la luz (no mostrado) o puede estar también dentro del recipiente **1** sujeto a una tapa **5** del recipiente **1** y ópticamente acoplado a la solución acuosa **3** tal como en la Figura 1A. El acople óptico entre la pluralidad de fibras ópticas **4** y dispositivo sensor de luz **2** se realiza utilizando grasa óptica, material que posee un índice de refracción similar al índice de refracción de la pluralidad de fibras ópticas **4**, evitándose así las reflexiones de luz indeseadas que se producirían en la interfaz de aire que existiría entre la pluralidad de fibras ópticas **4** y el dispositivo sensor de luz **2** si no se utilizara grasa óptica para rellenar esta interfaz.

[0054] En una forma de realización preferida, la pluralidad de fibras ópticas **4** son fibras ópticas centelladoras con cambiador de longitud de onda (WLS) con revestimiento múltiple, con el fin de mejorar la eficiencia de detección de neutrones de dicho dispositivo.

[0055] En una forma de realización aún más preferida de la presente invención, dicha pluralidad de fibras ópticas **4** comprende siete fibras ópticas de sección circular, una central y seis en su periferia, de 1,25 mm de diámetro cada una, colocadas en el centro del recipiente.

[0056] Al utilizar fibra óptica WLS, la luz Cherenkov (mayormente emitida en la región que abarca desde el ultravioleta cercano hasta el azul del espectro visible) que interactúa con dicha fibra es reemitida (mayormente en el verde del espectro visible) en todas las direcciones, quedando un importante ángulo sólido de dicha reemisión cubierto por el rango angular de captación y transporte de la fibra óptica WLS, la cual funciona para dichos fotones reemitidos como guía de ondas, permitiendo así coleccionar una importante fracción de la luz Cherenkov, reemitirla en longitudes de onda en las que el dispositivo detector de luz es más sensible y transportarla grandes distancias hacia el detector de luz con mínima pérdida de fotones.

[0057] Como se apreciará más adelante, el agregado de la pluralidad de fibras ópticas **4** produce una mejora notable de la eficiencia de detección de neutrones y de la intensidad de los pulsos que constituyen la señal detectada por el dispositivo.

[0058] La Figura 1C muestra otra forma de realización del dispositivo de la Figura 1B. Dicha forma de realización consiste en la implementación de varios dispositivos correspondientes al de la Figura 1B, pudiendo disponerse de 2, 3, 4, 5 o más de dichos dispositivos (en la Figura 1C se muestran cuatro), en donde los recipientes cilíndricos **1** de cada uno de dichos dispositivos se colocan paralelos entre sí y de manera adyacente. Cada recipiente cilíndrico **1** cuenta con un dispositivo sensor de luz **2** en uno de sus extremos, independientes entre sí, que al igual que en la forma de realización de la Figura 1B pueden estar dentro del recipiente **1** o afuera de éste

dentro de otro recipiente estanco a la luz (no mostrado), y que permiten detectar la presencia de neutrones y fotones gamma de cada solución acuosa **3** en forma independiente. Esta implementación permite que distintas soluciones acuosas **3** estén dopadas con diferentes absorbentes de neutrones y/o fotones gamma, permitiendo así discriminar la contribución a la señal debida a neutrones de la contribución debida a fotones gamma.

Resultados experimentales

[0059] La figura 2A es un gráfico que muestra resultados experimentales del detector de la Figura 1A cuando se lo expone a una fuente emisora de neutrones. En ella se comparan el espectro de carga integrada de los pulsos obtenidos luego de una medición de 5 minutos en presencia de una fuente de neutrones de ^{252}Cf (Californio) empleando agua pura (H_2O), el cual se representa en el gráfico en forma de círculos huecos, con el espectro obtenido utilizando agua con NaCl diluido en una concentración de aproximadamente 25 g/l, es decir 2,5% de NaCl en masa, el cual se representa en el grafico en forma de cuadrados macizos. En ambos casos se sustrajo un espectro, previamente adquirido durante 5 minutos en ausencia de la fuente, producido por el fondo natural de radiación ambiente, obteniéndose así el espectro debido sólo a los neutrones emitidos por la fuente. Cabe aclarar que el dispositivo no fue blindado para reducir la contribución al contaje debida a los neutrones y gammas existentes en el fondo natural.

[0060] Al día del experimento, la emisión de neutrones rápidos de dicha fuente de californio era de $(2,7 \pm 0,1) 10^3$ neutrones por segundo. Entre la fuente y el detector se colocó una pared construida con ladrillos de plomo de 10 cm de espesor. También se colocó un ladrillo de plomo debajo de la fuente a fin de reducir la cantidad de fotones que luego de interactuar con el piso arribaban al detector. Dicha pared de plomo entre la fuente y el detector y dicho ladrillo de plomo debajo de la fuente permitieron atenuar prácticamente la totalidad de la contribución a los espectros debida a la radiación

gamma emitida por dicha fuente. La distancia entre el centro de la fuente y la superficie exterior del detector fue de aproximadamente 11 cm.

[0061] La Figura 2B es un gráfico que muestra resultados experimentales del detector de la Figura 1A cuando se lo expone a una fuente de radiación gamma. En él se comparan el espectro de carga integrada de los pulsos obtenidos luego de una medición de 5 minutos en presencia de una fuente de radiación gamma de ^{137}Cs (Cesio) empleando H_2O , el cual se representa en el grafico en forma de triángulos huecos con el vértice hacia abajo, con el espectro obtenido utilizando agua con NaCl diluido en una concentración de aproximadamente 25 g/l, el cual se representa en el grafico en forma de triángulos macizos con el vértice hacia arriba. En ambos casos se sustrajo un espectro, previamente adquirido durante 5 minutos en ausencia de la fuente, producido por el fondo natural de radiación, obteniéndose así el espectro debido sólo a los fotones emitidos por la fuente.

[0062] Dicha fuente emitía principalmente fotones gamma de 661,7 keV y poseía una actividad de 370,4 Bq (10,01 μCi). Además, dicha fuente gamma fue colocada en contacto con la superficie exterior del detector Cherenkov. Al igual que en el caso de la fuente de neutrones mencionada arriba, el centro de la fuente gamma fue colocado a aproximadamente la misma altura que el centro del volumen activo de detección (aproximadamente 66,5 cm por sobre la superficie en la que se encuentra apoyado el detector).

[0063] Para las Figuras 2A y 2B el eje horizontal del gráfico indica unidades arbitrarias del conversor analógico digital utilizado (ADCq, por sus siglas en inglés) y el eje vertical indica, en escala logarítmica, el número de eventos registrados en cada canal de pulsos de la electrónica utilizada para digitalizar y registrar las señales.

[0064] De las Figuras 2A y 2B puede verse que el número de eventos registrados al utilizar NaCl diluido en agua es significativamente mayor que el obtenido al utilizar agua pura en las mismas condiciones experimentales. Esto se debe, en el caso de la detección de neutrones, a que luego de la reacción nuclear con el cloro se emiten

numerosos fotones gamma, la mayoría de los cuales superan los 2,22 MeV, llegando hasta 8,58 MeV. La energía de la mayoría de estos fotones gamma es considerablemente mayor que la energía liberada luego de la absorción neutrónica en el H (hidrógeno) del H₂O (2,22 MeV).

[0065] Además, en dicha Figura 2A se aprecia que la captura de neutrones en el cloro del cloruro de sodio respecto a la captura en el hidrógeno del agua no sólo incrementa el número de detecciones sino que, además, dicho incremento se produce predominantemente mediante fotones significativamente más energéticos que el umbral Cherenkov. Este incremento en la energía del fotón gamma intermediario se manifiesta en un incremento en el número de eventos registrados con gran número de unidades arbitrarias del conversor analógico digital. Este incremento es significativamente favorable considerando que la frecuencia de conteo de radiación de fondo (que desde un punto de vista de la detección de los materiales de interés es ruido), decrece significativa y monótonamente conforme aumenta el canal de ADCq analizado, mejorando la relación señal a ruido mediante la elección de un umbral de detección más alto.

[0066] La Tabla 1 a continuación muestra resultados obtenidos a partir de la configuración experimental de la Figura 2A. En ella se muestran los eventos registrados en presencia del fondo natural de radiación y luego de colocar la fuente de neutrones de ²⁵²Cf. Se comparan los resultados utilizando agua pura y agua con NaCl diluido. En la última columna se indica la intensidad de la señal de interés, obtenida calculando la diferencia entre los eventos registrados con y sin fuente.

Tabla 1:

Número de eventos registrados en presencia de la fuente de neutrones (²⁵²Cf) y en presencia del fondo natural de radiación (fondo) obtenidos en un experimento comparativo. La diferencia de eventos registrados (²⁵²Cf-fondo) da cuenta de los neutrones detectados que fueron emitidos por dicha fuente:

Volumen activo	^{252}Cf	Fondo	^{252}Cf - fondo
H ₂ O	4.731.330	4.503.122	228.208
H ₂ O con 25 g/l de NaCl	9.306.656	8.243.514	1.063.142

[0067] La primera columna muestra los volúmenes activos que se usaron en el experimento (H₂O y H₂O con 25 g/l de NaCl), la segunda columna muestra los eventos registrados por el dispositivo luego de colocar la fuente de neutrones de ^{252}Cf , la tercera columna muestra los eventos registrados en presencia del fondo natural de radiación y la última columna indica la intensidad de la señal de interés, obtenida calculando la diferencia entre los eventos registrados con y sin fuente.

[0068] Como puede verse en dicha tabla, el número de neutrones detectados en 5 minutos al utilizar NaCl diluido en agua (1.063.142) es considerablemente mayor al número detectado al utilizar agua pura (228.208). El agregado de 25 g/l de NaCl en el agua produjo un incremento de la tasa de conteo del 365%.

[0069] La Tabla 2 a continuación muestra resultados obtenidos a partir de la configuración experimental de la Figura 2B. En ella se muestran los eventos registrados en presencia del fondo natural de radiación y luego de colocar la fuente de radiación gamma de ^{137}Cs . Se comparan los resultados utilizando agua pura y agua con NaCl diluido. En la última columna se indica la intensidad de la señal de interés, obtenida calculando la diferencia entre los eventos registrados con y sin fuente.

Tabla 2:

Número de eventos registrados en presencia de la fuente de radiación gamma (^{137}Cs) y en presencia del fondo natural de radiación (fondo) obtenidos en un experimento comparativo. La diferencia de eventos registrados (^{137}Cs -fondo) da cuenta de los fotones gamma que fueron emitidos por dicha fuente

Volumen activo	^{137}Cs	Fondo	^{137}Cs -fondo
H_2O	11.537.594	11.087.238	450.356
H_2O con 25g/l de NaCl	10.982.062	9.058.152	1.923.910

[0070] La primera columna muestra los volúmenes activos que se usaron en el experimento (H_2O y H_2O con 25 g/l de NaCl), la segunda columna muestra los eventos registrados por el dispositivo luego de colocar la fuente de radiación gamma de ^{137}Cs , la tercera columna muestra los eventos registrados en presencia del fondo natural de radiación y la última columna indica la intensidad de la señal de interés, obtenida calculando la diferencia entre los eventos registrados con y sin fuente

[0071] Como puede verse en dicha tabla, el número de fotones gamma detectados en 5 minutos al utilizar NaCl diluido en agua (1.923.910) es considerablemente mayor al número detectado al utilizar agua pura (450.356). El agregado de 25 g/l de NaCl en el agua produjo un incremento de la tasa de conteo del 327%. Esta mejora significativa en el conteo pone en evidencia las ventajas de utilizar dispositivos como el de la Figura 1A para detectar en forma no intrusiva el tráfico ilegal de materiales nucleares especiales, de residuos radiactivos, etc.

[0072] Cabe destacar que los valores reportados en las tablas 1 y 2 fueron obtenidos integrando los espectros de carga de los pulsos registrados de las Figuras 2A y 2B respectivamente.

[0073] Por lo tanto, con los resultados ilustrados en las Figuras 2A y 2B y en las Tablas 1 y 2, se demuestra experimentalmente que el detector correspondiente a la Figura 1A es capaz de detectar los neutrones emitidos por una fuente de ^{252}Cf , como así también los fotones gamma emitidos por una fuente de ^{137}Cs .

[0074] A continuación se presenta la Tabla 3 que muestra diferentes eficiencias de detección de neutrones. Se realizaron dos ensayos consistentes en simulaciones numéricas, considerando en cada uno de ellos el dispositivo de la presente invención, teniendo en el primer caso una solución acuosa con cloruro de sodio y sin una

pluralidad de fibras ópticas, configuración que corresponde con la forma de realización de la Figura 1A; y, en el segundo caso, una solución acuosa con cloruro de sodio y con la pluralidad de fibras ópticas, configuración que corresponde con la forma de realización de la Figura 1B. Cada una de las eficiencias obtenidas en dichos ensayos se muestra con su correspondiente incerteza estadística.

[0075] Si bien una concentración del 2,5 % de NaCl en masa produce una diferencia apreciable, se recomienda una concentración de al menos 5 % de NaCl en masa puesto que es el valor de concentración en el que las probabilidades de captura neutrónica en el H del H₂O y en el Cl del NaCl se igualan.

Tabla 3:

Eficiencia intrínseca de detección de neutrones de un experimento comparativo:

Solución salina NaCl (5% en peso)	Solución salina NaCl (5 % en peso) con mazo de fibras ópticas
(30,7+/-6.4)%	(46,6+/-7.2)%

[0076] La primera columna muestra la eficiencia de detección de neutrones del dispositivo teniendo éste únicamente una solución acuosa con cloruro de sodio y la segunda columna muestra la eficiencia de detección de neutrones del dispositivo teniendo éste una solución acuosa con cloruro de sodio y una pluralidad de fibras ópticas.

[0077] En el caso donde se usa la pluralidad de fibras ópticas, ésta consiste en siete fibras ópticas WLS de diámetro 1,25 mm, una central y seis en su periferia, colocadas en el centro del recipiente.

[0078] En dicho ensayo se inyectaron 10⁵ neutrones, con energías entre 10⁻⁸ MeV (neutrones térmicos) y 2 MeV (neutrones rápidos) que inciden sobre el centro del recipiente en la dirección normal al eje longitudinal del mismo. Se hicieron 20 realizaciones de este procedimiento con el fin de minimizar las fluctuaciones introducidas por la aleatoriedad intrínseca de los ensayos. La eficiencia de detección

se calculó como el cociente entre el número de eventos detectados por el dispositivo y el número de neutrones incidentes.

[0079] Como se ha demostrado arriba, la incorporación de la pluralidad de fibras ópticas dentro del volumen activo (a fin de coleccionar, conformar en longitud de onda y transportar los fotones Cherenkov generados en el seno del líquido) mejora notablemente la eficiencia de detección de neutrones y la intensidad de los pulsos que constituyen la señal detectada por el dispositivo.

[0080] Es necesario destacar las ventajas obtenidas en el dispositivo de la presente invención no eran de ningún modo evidentes ni esperables, entre ellas, que el volumen de solución acuosa considerado resultase suficiente como para coleccionar eficientemente los fotones gamma generados en el seno de dicha solución, que dicha solución generase la suficiente luz Cherenkov para conformar una señal medible por sobre el ruido electrónico existente en el dispositivo experimental, que el agregado de cloruro de sodio (en cantidad suficiente para dominar la absorción neutrónica por sobre el agua) no afectase significativamente la transparencia de la solución en el rango de longitudes de onda de la luz Cherenkov en el cual el dispositivo sensor de luz (por ejemplo, un tubo fotomultiplicador) posee una eficiencia cuántica importante y, finalmente, que la incorporación de fibras ópticas fuese a producir una suficiente colección, conformación de longitud de onda y transporte de la luz reemitida.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo detector de neutrones térmicos, neutrones rápidos y fotones gamma, caracterizado porque comprende:
 - un recipiente que comprende un volumen interior, una superficie interior, y al menos una tapa accionable entre una posición abierta y una posición cerrada, en donde el recipiente y la al menos una tapa son estancos a la luz exterior;
 - un recubrimiento reflector y difusor de fotones adherido en la superficie interior del recipiente;
 - una solución acuosa contenida en el volumen interior del recipiente, comprendiendo dicha solución acuosa entre 0,5 % y 36 % de cloruro de sodio (NaCl); y
 - un dispositivo sensor de luz ópticamente acoplado a la solución acuosa contenida en el volumen interior del recipiente.
2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el material del recipiente y de la al menos una tapa es seleccionado, independientemente, del grupo que comprende materiales metálicos, materiales poliméricos y materiales compuestos.
3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los materiales metálicos se seleccionan del grupo que comprende acero al carbono y acero inoxidable.
4. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los materiales poliméricos comprenden PVC.
5. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los materiales compuestos comprenden fibra de vidrio y resina epoxi.
6. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque el recipiente tiene una forma geométrica seleccionada del grupo

que comprende cilíndrica, cúbica, paralelepípedica de base rectangular, esférica, entre otras.

7. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo sensor de luz es seleccionado del grupo que comprende un tubo fotomultiplicador, un fotomultiplicador de silicio, un sensor CMOS y un sensor CCD, entre otros.

8. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la solución acuosa comprende entre 2 % y 25 % de NaCl en masa.

9. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque la solución acuosa comprende entre 3 % y 15 % de NaCl en masa.

10. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque la solución acuosa comprende entre 5 % y 10 % de NaCl en masa.

11. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la solución acuosa comprende un 5 % de cloruro de sodio en masa.

12. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 8 a 11, caracterizado porque la solución acuosa comprende, además, un compuesto con un índice de refracción de la luz mayor que el índice de refracción del agua.

13. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque el compuesto con un índice de refracción de la luz mayor que el índice de refracción del agua es disulfuro de carbono (CS_2).

14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el recubrimiento reflector y difusor de fotones es una tela de polietileno de alta densidad de color blanco.

15. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende, además, en el interior del recipiente, una pluralidad de fibras ópticas acopladas al dispositivo sensor de luz.

16. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado porque la pluralidad de fibras ópticas se acoplan al dispositivo sensor de luz mediante grasa óptica.
17. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque el dispositivo sensor de luz está sujeto a la al menos una tapa.
18. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, caracterizado porque el dispositivo sensor de luz se encuentra afuera del recipiente dentro de otro recipiente o volumen estanco a la luz.
19. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, caracterizado porque la pluralidad de fibras ópticas son fibras ópticas con cambiador de longitud de onda.
20. El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, caracterizado porque dicha pluralidad de fibras ópticas comprende siete fibras ópticas de sección circular, una central y seis en su periferia, de 1,25 mm de diámetro cada una, colocadas en el centro del recipiente.

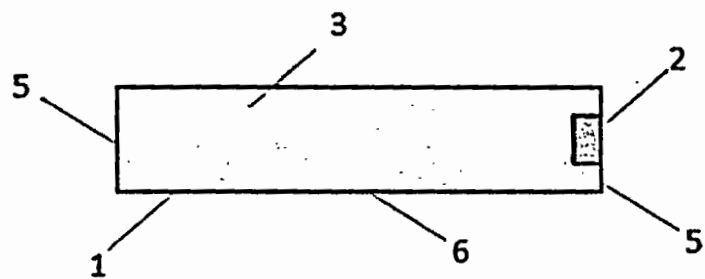
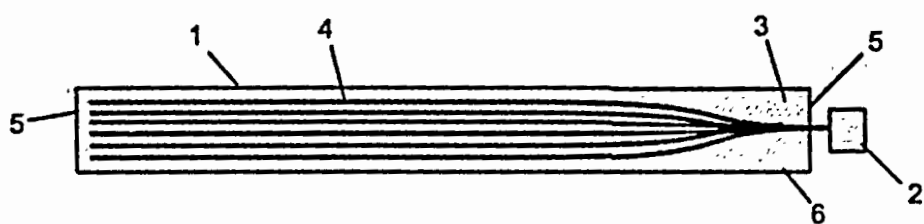


FIGURA 1A



FIGUA 1B

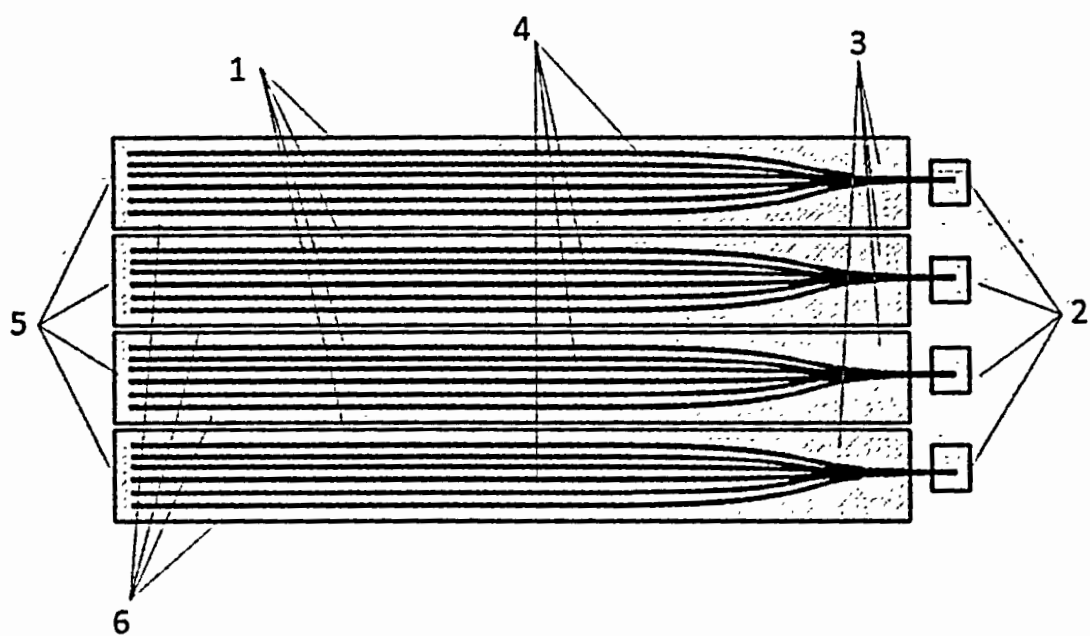


FIGURA 1C

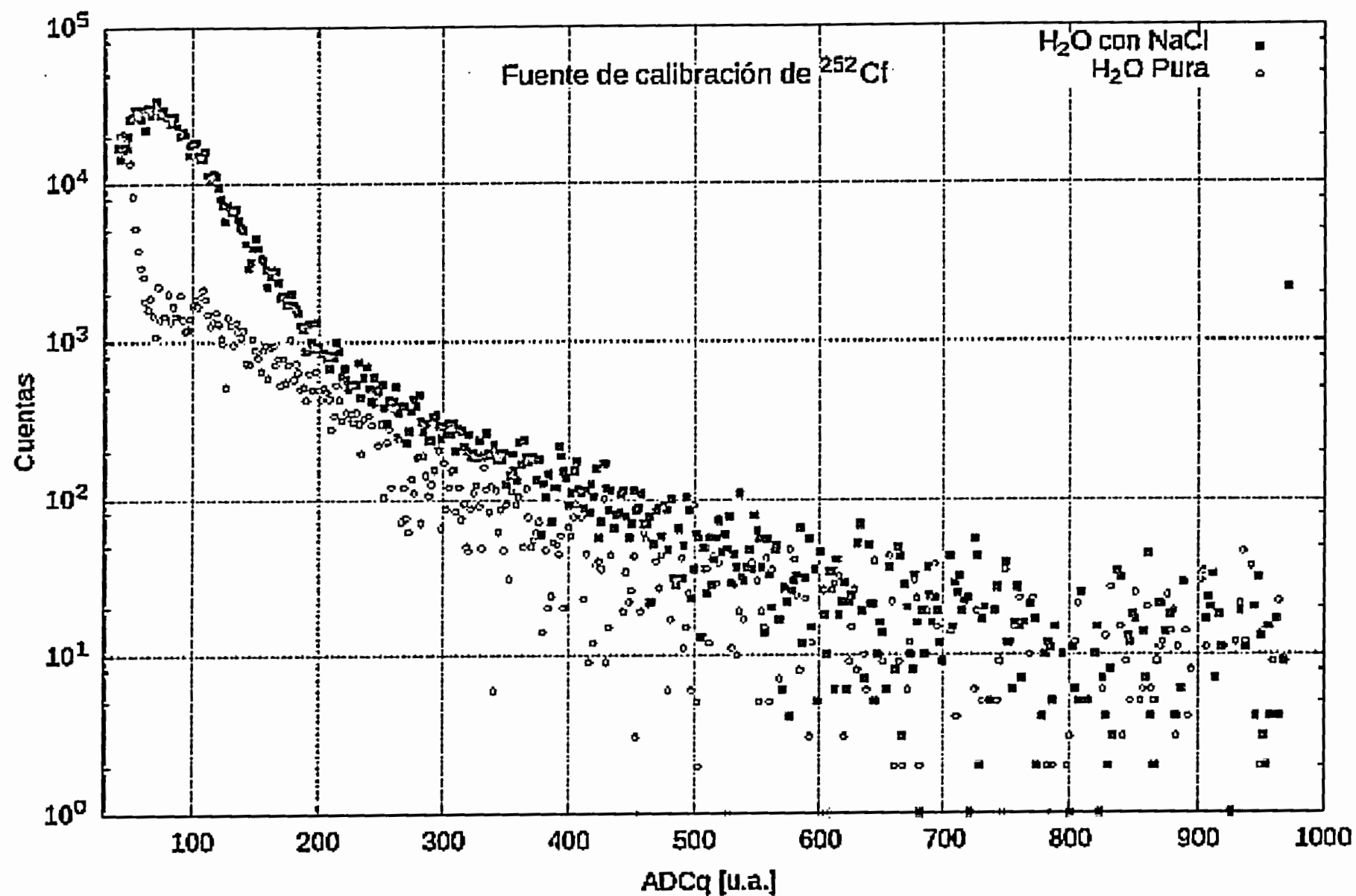


FIGURA 2A

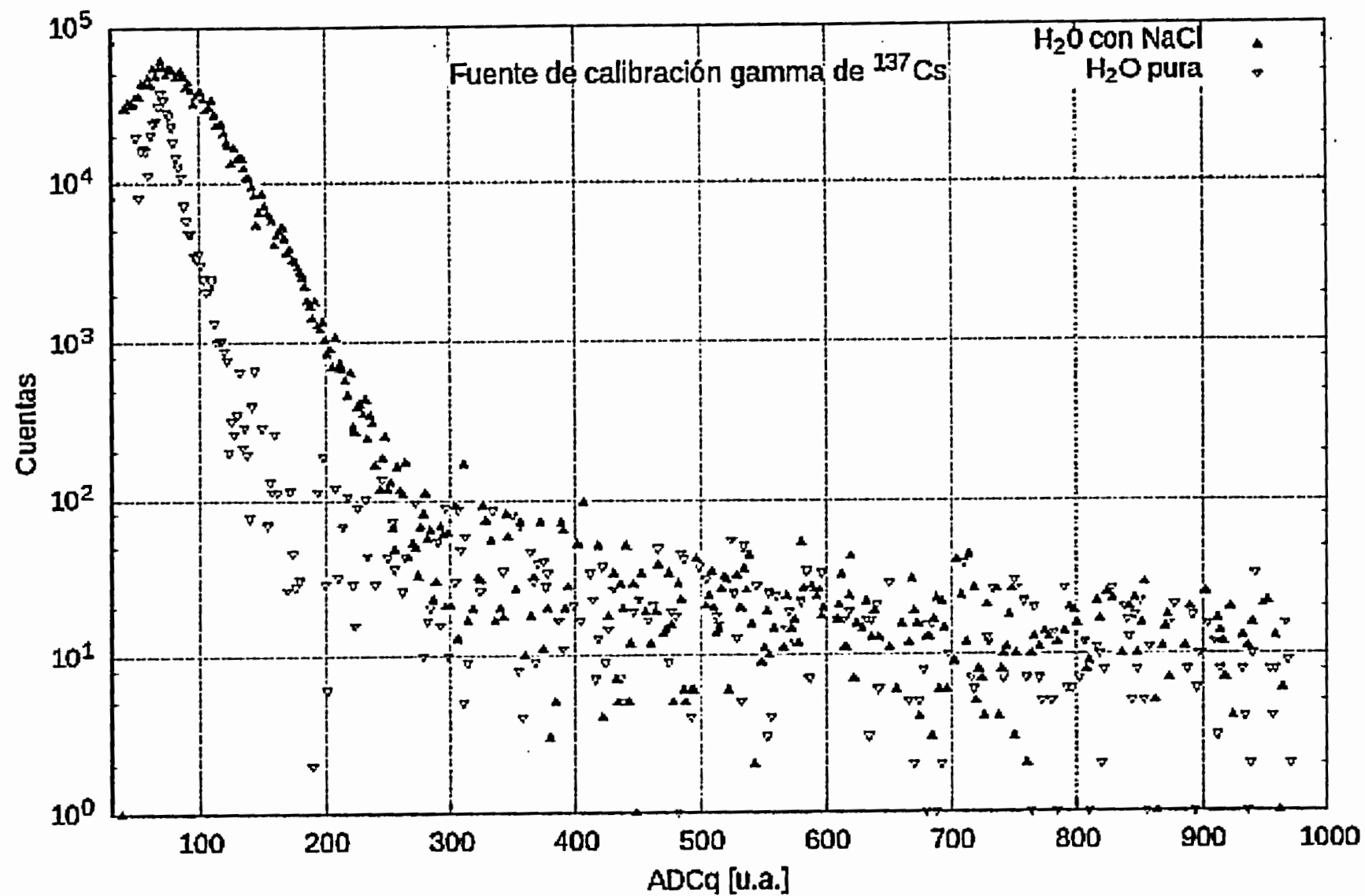


FIGURA 2B



REPÚBLICA ARGENTINA

(10) PATENTE DE INVENCION

(11) RESOLUCIÓN NÚMERO: AR116065B1

(--) DISPOSICION GDE NÚMERO: DI-2022-458-APN-ANP#INPI

(24) FECHA DE RESOLUCIÓN: 30/11/2022

(--) FECHA DE VENCIMIENTO: 06/02/2039

(21) ACTA NÚMERO: P20190100279

(22) FECHA PRESENTACIÓN:06/02/2019

(51) INT.CL.7 : (CIP) G01T1/00; G01T1/20; G01T1/22; G01T3/00; G01T3/06; G01T7/00

(30) PRIORIDAD CONVENIO DE PARÍS

(54) TÍTULO :DETECTOR DE NEUTRONES Y RADIACIÓN GAMMA MEDIANTE EL EMPLEO DE UN DETECTOR CHERENKOV EN AGUA

(71) TITULAR :

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)

---- CON RESIDENCIA EN :

AV. DEL LIBERTADOR 8250 C.A.B.A., (1429), País AR

GODOY CRUZ 2290 C.A.B.A., (C1425FQB), País AR

(74) AGENTE :895



INPI

INSTITUTO NACIONAL
DE PROPIEDAD INDUSTRIAL
ARGENTINA