



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 190 758**

② Número de solicitud: 200200006

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>: G21F 9/18

C02F 3/34

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **02.01.2002**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2003**

⑬ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**01.08.2003**

⑦ Solicitante/s: **UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE MADRID**  
Avda. Ramiro de Maeztu, 7  
28040 Madrid, ES  
**IBERDROLA GENERACION**

⑦ Inventor/es:  
**Moreno Gómez, Diego Alejandro y  
Montero Ortego, Felipe**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares.**

⑤ Resumen:

Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares.

El procedimiento de concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares que se presenta se basa en la capacidad que tienen los microorganismos para retener radionúclidos cuando crecen formando biopelículas sobre las superficies que colonizan. Este proceso, conocido como biorremediación, hasta la fecha no se ha utilizado en la zona de contención de las centrales nucleares. El sistema actual de clarificación de las aguas radiactivas en las piscinas nucleares se realiza con un sistema de filtros desmineralizadores que cuando finalizan su vida útil generan un importante volumen de material radiactivo a gestionar. El procedimiento que se presenta mediante biorremediación, llevado a cabo delante de estos filtros, prolonga la vida de los mismos y por tanto es necesario gestionar menos residuos radiactivos aumentando la rentabilidad económica del proceso.

ES 2 190 758 A1

## DESCRIPCION

Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares.

### Sector técnico al que se refiere la invención

Industria Nuclear, Gestión de Residuos Radiactivos, Tratamientos de Aguas Contaminadas.

### Exposición del estado de la técnica

Durante los últimos años se han venido desarrollando procedimientos de biorremediación consistentes en la utilización de microorganismos para la recuperación de ambientes contaminados. Principalmente los esfuerzos han ido encaminados a la restauración de suelos contaminados con productos químicos, tóxicos o peligrosos usando microorganismos; de esta forma se ha ido implantando el concepto de biorremediación. No obstante, la utilización de microorganismos para la recuperación del medio ambiente se viene llevando a cabo desde hace más de sesenta años para la depuración de aguas residuales. Adicionalmente también se han desarrollado procesos de biorremediación aplicados a la gestión de residuos radiactivos en repositorios definitivos pero nunca dentro del área de contención de una central nuclear, objeto del procedimiento que cubre la presente patente.

Las piscinas para el almacenamiento de combustible nuclear gastado tienen la finalidad de "enfriar" el combustible gastado que procede del reactor y que tras su utilización todavía posee alta radiactividad e importante generación de calor. A pesar de que el agua de las piscinas nucleares actúa como blindaje eficaz contra la radiación, en las proximidades a las mismas se presentan niveles considerables a los que son expuestos los trabajadores de la central. El propósito del procedimiento que se describe a continuación es bajar los niveles de contaminación radiactiva del agua de las piscinas nucleares y en consecuencia disminuir el nivel de radiación próxima a las mismas y las tasas de exposición.

Actualmente las aguas radiactivas de las piscinas nucleares se tratan por un sistema de filtros desmineralizadores, a base de resinas intercambiadoras de iones, que tienen la misión de retener las sustancias disueltas y en suspensión que pueda arrastrar el agua, tales como productos de fisión, corrosión, etc. con lo que se consigue una mayor claridad del agua y una considerable disminución de la radiactividad en las zonas circundantes a las piscinas. Con el paso del tiempo la vida útil de las resinas se termina y es necesario embidonarlas y tratarlas como residuos radiactivos. Con el procedimiento que se presenta por biorremediación se retienen los radionúclidos del agua radiactiva antes de que lleguen a las resinas de los filtros desmineralizadores y por lo tanto se aumenta su vida útil y en consecuencia se disminuye el volumen del material radiactivo a gestionar. El material utilizado para el procedimiento que se patenta, al contrario que las resinas, se puede descontaminar y gestionar como material no radiactivo.

### Explicación de la invención

Para llevar a cabo la concentración y eliminación de radionúclidos citada anteriormente en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares se

ha ideado un procedimiento de biorremediación completamente innovador y que se aplica en el proceso del tratamiento de las aguas de las piscinas, previamente a su vuelta a las mismas.

En este procedimiento, el agua radiactiva a tratar procedente de las piscinas nucleares se hace pasar por un biorreactor que contiene un ovillo o madeja de titanio, acero inoxidable o cualquier otro material no corrosivo ni degradable en este ambiente y que sea capaz de ser colonizado por los microorganismos existentes en dichas aguas. A su paso por el biorreactor, el agua radiactiva entra en contacto con el material del ovillo o madeja dispuesto en su interior, formándose una biopelícula que retiene los radionúclidos. Los microorganismos son capaces de retener los radioisótopos presentes en el agua de las piscinas mediante uno o más de los siguientes mecanismos: bioadsorción, bioabsorción, bioacumulación, biosolubilización, bioprecipitación.

A continuación, el agua sale por el extremo opuesto al de entrada en flujo continuo y antes de volver a la piscina se hace pasar por el sistema de filtros desmineralizadores.

Finalmente, el material del biorreactor es reemplazado por material fresco. La biopelícula que coloniza el material y que retiene los radionúclidos, es económicamente eliminada por cualquier procedimiento convencional de descontaminación radioquímica de materiales y los radionúclidos se pueden concentrar en un volumen pequeño de eluyente para su recuperación, disposición final o contención. A continuación, el material del biorreactor puede ser gestionado como material no radiactivo. Ambos procesos, la concentración de los radionúclidos en un reducido volumen, y la gestión de los materiales utilizados como no radiactivos contribuyen a la rentabilización económica del procedimiento.

El tipo y tamaño del biorreactor, el caudal de agua radiactiva circulante a tratar y la periodicidad de eliminación de la biopelícula están condicionados a las especificidades de cada una de las plantas de tratamiento de aguas en la zona caliente de las distintas centrales nucleares.

El primer objeto de este procedimiento consiste en aprovechar la capacidad que tienen algunos de los microorganismos presentes en las aguas radiactivas de las piscinas para colonizar el material dispuesto en el interior del biorreactor. Estos microorganismos que no se pueden cultivar ni manipular en el laboratorio se conocen en la bibliografía técnica como VBNC (viables pero no cultivables).

Con el fin de acelerar el procedimiento de concentración de radionúclidos, un segundo objeto de este procedimiento consiste en cultivar previamente en el laboratorio el material que constituye el ovillo o artificio similar citado anteriormente en presencia de un microorganismo, o una mezcla de ellos, aislados previamente del agua radiactiva a tratar.

### Exposición detallada de al menos un modo de realización de la invención

La primera parte del procedimiento consiste en la preparación del material que se introducirá en el biorreactor. Este material, por ejemplo de acero inoxidable, trenzado a partir de virutas del

mismo en forma de ovillo o madeja de 20 g y con una superficie de exposición de  $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , se desengrasa con acetona en baño de ultrasonidos. A continuación se esteriliza en autoclave a  $121^\circ\text{C}$  durante 15 minutos. En condiciones asépticas los ovillos se introducen en el biorreactor cilíndrico, fabricado en acero inoxidable de 250 mm de altura y 90 mm de diámetro, constandingo en su parte inferior de una conexión para la entrada del agua y en la superior de otra para la salida. El siguiente paso en este procedimiento consiste en hacer pasar mediante una bomba un caudal medio de 3 metros cúbicos hora de agua radiactiva pro-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

cedente de una piscina para el almacenamiento de combustible nuclear gastado, en cuya composición cualitativa isotópica habitual se presentan  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  y  $^{54}\text{Mn}$ . A partir de ese momento el material del biorreactor empieza a ser colonizado por los microorganismos presentes en las aguas radiactivas y comienzan a retener los radionúclidos presentes en las mismas. Este procedimiento aplicado a una central nuclear de tipo BWR (reactor de agua en ebullición), donde se ha realizado el prototipo experimental permite fundamentalmente la concentración y posterior eliminación del radionúclido  $^{60}\text{Co}$ .

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares **caracterizado** por un biorreactor que contiene un ovillo, madeja o arteificio similar de titanio, acero inoxidable o cualquier otro material no corrosivo ni degradable por el agua radiactiva de las piscinas nucleares y capaz de ser colonizado por los microorganismos existentes en dichas aguas.

2. Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares se-

gún reivindicaciones 1 **caracterizado** porque el agua radiactiva a tratar, a su paso por el biorreactor, entra en contacto con el material dispuesto en el interior del biorreactor, formándose una biopelícula que retiene los radionúclidos.

3. Procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos según reivindicaciones 1 **caracterizado** porque el material que constituye el ovillo o arteificio similar se puede cultivar previamente en el laboratorio en presencia de microorganismos aislados previamente del agua radiactiva a tratar para acelerar el proceso de concentración de radionúclidos.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



① ES 2 190 758

② N.º solicitud: 200200006

③ Fecha de presentación de la solicitud: 02.01.2002

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>: G21F 9/18, C02F 3/34

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	DE 4433413 A1 (C&E GmbH) 21.03.1996, columna 1, línea 62 - columna 2, línea 49; reivindicación 1.	1-3
X	US 5447629 A (CHAUMONT et al.) 05.09.1995, todo el documento.	1-3
X	ASHLEY, N.V. & ROACH, D.J.W. Review of Biotechnology applications to nuclear waste treatment. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1990, Volumen 49, páginas 381-394, ISSN 0268-2575.	1-3
A	US 5487834 A (CARMAN et al.) 30.01.1996, todo el documento.	1-3

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe

30.06.2003

Examinador

Fco. J. Haering Pérez

Página

1/1