

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 540**

21 Número de solicitud: 201700305

51 Int. Cl.:

**G21F 9/30** (2006.01)

**G21F 9/32** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**29.03.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**03.10.2018**

71 Solicitantes:

**CONDORCHEM ENVITECH S.L. (100.0%)  
C/ Suïssa, 32  
08338 Premià de Dalt (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**TUSET MÉNDEZ, Sergio y  
VILDOZO CORTEZ, Daniel**

74 Agente/Representante:

**TRULLOLS DURÁN, María Del Carmen**

54 Título: **Procedimiento de gasificación "In situ" mediante pirolisis y foto-oxidación catalítica de residuos radiactivos de baja actividad (RBBA) procedente de la industria nuclear**

57 Resumen:

Procedimiento de gasificación "in-situ" mediante pirolisis y foto-oxidación catalítica de residuos radiactivos de baja actividad (RBBA) procedentes de la industria nuclear, que comprende: la fragmentación y trituración de los residuos radiactivos; la gasificación de los residuos triturados mediante un proceso de pirolisis con la producción de un gas de síntesis (syngas); la recuperación de los aceites presentes en el efluente gaseoso mediante el enfriado y posterior lavado del syngas y la concentración de los aceites recuperados mediante evaporación al vacío; la foto-oxidación de los compuestos orgánicos presentes en el syngas mediante un proceso de foto-oxidación: la conversión del H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO presentes en el efluente gaseoso en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante un proceso de oxidación catalítica; y la purificación de la corriente gaseosa mediante una filtración con carbón activo.

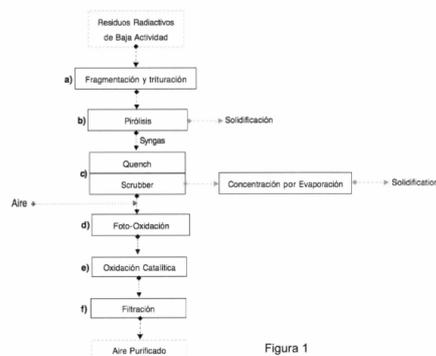


Figura 1

ES 2 684 540 A1

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de gasificación «in-situ» mediante pirólisis y foto-oxidación catalítica de residuos radiactivos de baja actividad (RBBA) procedentes de la industria nuclear.

5

### Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es un procedimiento de gasificación de residuos radiactivos de baja actividad para obtener una reducción de volumen y peso. Este proceso podrá reducir estos tipos de residuos (RBBA) en más del 80% en volumen y más del 60% en peso. Este proceso cumple los requisitos técnicos para poder realizarse in-situ es decir en las propias centrales nucleares, centros de manipulación de material radioactivo o fábricas de combustible nuclear. Evitando así los costos de transporte y gestión a centros de almacenamientos de residuos radioactivos.

10  
15

### Campo de aplicación de la invención

Esta invención es aplicable para el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad, esencialmente incluye los residuos relacionados con operaciones de manipulación y mantenimiento, como por ejemplo: indumentaria de trabajo, calzado de seguridad, filtros usados, productos desechables como guantes, máscaras, tejidos, trapos, paletas de madera, plásticos y embalajes, etc., es decir todo material generalmente combustible y/o de origen orgánico proveniente de la manipulación y procesos en la industria nuclear y componentes radioactivos.

20  
25

### Estado de la técnica

Uno de los aspectos más delicados de la actividad nuclear es la generación de residuos radiactivos procedentes de este tipo de industria.

30

En España, por ejemplo, fundamentalmente se genera residuos de baja y media actividad (aproximadamente una cantidad de 95%), estos provienen de la actividad nuclear, pero también muchos se generan en hospitales, centros de investigación o ciertas actividades industriales. Su gestión comienza en el propio centro con su acondicionamiento para el traslado a centros de almacenamientos y disposición especializados. Para el confinamiento adecuado de estos residuos radiactivos, se interponen barreras naturales y de ingeniería, de forma que se aíslan completamente los materiales contaminados durante el tiempo que necesiten para que desaparezca su actividad radioactiva.

35

Otro proceso utilizado es el traslado de estos residuos radiactivos a plantas de incineración. La Incineración es un proceso de combustión en presencia de oxígeno, en el cual se pueden generar gases tóxicos (NOx, SOx, Dioxinas, Furanos) los cuales deben ser tratados con un gran costo de mantenimiento y sin garantía de no exceder los límites de emisiones.

40

Para reducir la cantidad de desechos para el almacenamiento provisional y minimizar los costos de evacuación, todos los países aplican o tienen previsto aplicar medidas para reducir el volumen de desechos generados, cuando sea posible. La reducción de volumen es particularmente interesante para desechos de actividad baja que son en general de gran volumen pero de baja radiactividad.

45  
50

Uno de los objetivos esenciales de este nuevo proceso es reducir al máximo posible los volúmenes de desechos que han de almacenarse o evacuarse, es decir, concentrar al máximo posible la radiactividad contenida en los desechos.

La experiencia ha demostrado que entre el 50% y el 80% de los desechos radioactivos sólidos producidos en centrales nucleares y fábricas de producción de combustible nuclear pueden clasificarse como desechos combustibles.

5 Esta invención presenta una mejora sustancial desde varios puntos de vista con respecto a la compactación / gestión y a la incineración. Puede lograrse una reducción muy elevada de volumen hasta el 80% y hasta un 60% en masa. El producto final es una ceniza homogénea inerte que puede embalsarse en contenedores para su evacuación, y una corriente gaseosa que es purificada para su posterior emisión a la atmósfera cumpliendo con las normas ambientales correspondientes.

10 El motivo de esta patente no es reivindicar los procesos de pirólisis, foto-oxidación y la oxidación catalítica que son de dominio público, sino se centra en el aprovechamiento de estas tres tecnologías juntas, optimizándolas para su aplicación a la reducción en volumen, y en peso de los residuos radiactivos de baja actividad.

El solicitante de la presente invención desconoce la existencia de antecedentes que permitan realizar la reducción de este tipo de residuos reactivos mediante estas tres tecnologías juntas.

20 El creciente costo de la evacuación de desechos radioactivos proporciona un incentivo para adoptar procedimientos encaminados a minimizar las cantidades de desechos y a desarrollar nuevas tecnologías para minimizar los volúmenes en la del acondicionamiento de este tipo de residuos.

## 25 **Descripción de la invención**

El proceso se inicia, con un acondicionamiento de los residuos sólidos mezclados, previo a la gasificación, se utilizan el corte, la fragmentación y la trituración para reducir el tamaño físico de los diversos elementos de desecho. El papel, los plásticos, la ropa, el cartón, la madera, etc. se fragmentan en pequeñas piezas menores a 10 mm.

30 Estas piezas ya trituradas se introducen en un reactor optimizado de pirólisis en las que se aplica energía térmica, ya sea mediante sistemas eléctricos (resistencias eléctricas, inducción, etc.) o con combustión de gas (gas natural, butano, propano, syngas, etc.), para alcanzar la temperatura idónea y nitrógeno para inertizar el proceso. Este proceso se realizará a temperaturas entre 500 - 700°C y en ausencia de O<sub>2</sub>. Los enlaces de las moléculas de los residuos presentes en la cámara pirolítica se romperán, formando átomos y compuestos de cadenas de carbono cortas.

40 Los productos de este proceso son un gas de síntesis (syngas) y una fracción sólida rica en carbono (ceniza inerte) que contendrá también las partículas radioactivas y aquella fracción sólida no gasificable (metales, inertes, etc.).

45 El syngas estará compuesto principalmente por los gases de hidrógeno (H<sub>2</sub>), en una proporción del 10% - 40%, en función de la composición total. En menor proporción se obtendrán también: metano (CH<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>), monóxido y dióxido de carbono (CO, CO<sub>2</sub>), además de aceites ligeros (mezclas de benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), tolueno (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), xileno (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) y otros).

50 La composición del syngas producido por la pirólisis de los residuos sólidos, dependerá de las condiciones del proceso como son la temperatura de operación, la velocidad del calentamiento y principalmente de la composición de los desechos de alimentación.

La ceniza formada, es retirada del proceso para su respectivo almacenamiento y gestión.

5 El syngas producido es enviado a un enfriador rápido de gases o “quench” donde será enfriado a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C y posteriormente lavado con agua por medio de un “scrubber”, esto con el objetivo de eliminar los compuestos bituminosos presentes en la corriente gaseosa. La purga del agua de lavado scrubber se tratara mediante un evaporador al vacío, para minimizar el volumen de este residuo que podrá ser mezclado con las cenizas y gestionado externamente.

10 Para evitar riesgos en la purificación del syngas, por su elevado contenido en hidrogeno, este es diluido con aire ambiente en una proporción de 1/100 hasta 1/400, esto con el fin de disminuir la concentración total de H<sub>2</sub> (<1%), y es dirigido a un proceso de purificación que utiliza dos tecnologías de oxidación, una en fase gas (foto-oxidación) y la otra en fase catalítica (oxidación-catalítica).

15 En la foto-oxidación gaseosa, los compuestos orgánicos volátiles producidos como el CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, etc. son reducidos gracias a la formación de radicales libres muy oxidantes como el OH<sup>·</sup> y el O<sup>·</sup>. Estos radicales son capaces de oxidar la mayoría de los compuestos orgánicos, de lo que resultan varios subproductos y otros radicales oxidantes, ocasionando así una reacción en cadena hasta la oxidación completa del contaminante. Los radicales oxidantes se formarán en la presencia de aire y humedad existentes en el flujo gaseoso y la irradiación UV  
20 proveniente de lámparas de cuarzo (185 nm. y 254 nm.) presentes en el reactor de foto-oxidación.

25 Una vez purificado el gas de compuestos orgánicos y odorizantes, es dirigido a un segundo proceso, que es el de la oxidación catalítica. A una temperatura de 300°C a 400°C y gracias a la presencia de un catalizador (PdAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), el H<sub>2</sub> el CH<sub>4</sub> y el CO restantes de la gasificación de los residuos radiactivos se convierten en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Este proceso es exotérmico, por lo tanto, una vez alcanzada la temperatura de reacción será un proceso auto-térmico, evitando así el consumo de energía externa.

30 La corriente gaseosa así tratada pasará por una última etapa, que consiste en una batería de filtración de los radio-nucleídos volátiles gaseosos que pudiesen todavía estar presentes. Esta batería de filtros a base de carbón activado, permite retener este tipo de compuestos, permitiendo que se produzca su desintegración radiactiva.

### 35 **Descripción de las figuras**

40 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de facilitar la comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva un juego de figuras en el que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- La figura 1 muestra un diagrama con las diferentes fases o etapas del procedimiento de gasificación de los residuos radiactivos de baja actividad.

### 45 **Realización preferida de la invención**

En la figura 1 se han representado esquemáticamente las fases del procedimiento descrito anteriormente, incluyendo:

50 a) El corte, la fragmentación y la trituración de los residuos radiactivos de baja actividad hasta alcanzar una mezcla de residuos radioactivos de un tamaño igual o inferior a 10 mm.

- b) La gasificación de los residuos radiactivos mediante un proceso de pirolisis a una temperatura comprendida entre 500°C y 700°C, con la producción de un gas de síntesis (syngas).
- 5 c) La recuperación de los aceites presentes en el efluente gaseoso, mediante el enfriado rápido a una temperatura de 20°C a 45°C y posterior lavado del syngas producido en la pirolisis con el fin de eliminar los hidrocarburos bituminosos presentes en la corriente gaseosa a la salida del enfriamiento; y la concentración de los aceites recuperados mediante evaporación al vacío.
- 10 d) La foto-oxidación de los compuestos orgánicos y odorantes presentes en el syngas mediante un proceso de foto-oxidación en un reactor con irradiación ultravioleta gracias a la presencia de los radicales formados en dicho el reactor ultra-violeta.
- 15 e) La conversión del 100% del H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO presentes en el efluente gaseoso en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante un proceso de oxidación catalítica.
- 20 f) La purificación de la comente gaseosa mediante una filtración con carbón activo, antes de ser enviada a la atmósfera, evitando cualquier emisión de compuestos radiactivos volátiles.

El componente principal en el proceso de gasificación de los residuos radiactivos mediante pirolisis, es un reactor pirolítico que consta de una cámara con calefacción externa, hermética y revestida con un envoltorio aislante térmicamente.

25 Esta cámara gira lentamente y alcanza una temperatura comprendida entre los mencionados 500°C y 700°C; contando dicha cámara con una pequeña inclinación en el sentido de alimentación hacia la descarga.

30 En el proceso de oxidación catalítica se utiliza un catalizador, por ejemplo PdAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que presenta una alta selectividad para la eliminación del H<sub>2</sub>.

35 Una vez descrita suficientemente la naturaleza de la invención, se hace constar a los efectos oportunos que en la misma se pueden introducir los cambios que se consideren oportunos, siempre y cuando ello no suponga una alteración de las características esenciales de la invención que se reivindican a continuación.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de gasificación «in-situ» mediante pirólisis y foto-oxidación catalítica de residuos radiactivos de baja actividad (RBBA) procedentes de la industria nuclear, **caracterizado** porque comprende:
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- a) El corte, la fragmentación y la trituración de los residuos radiactivos de baja actividad hasta alcanzar una mezcla de residuos radioactivos de un tamaño igual o inferior a 10 mm.
  - b) La gasificación de los residuos radiactivos mediante un proceso de pirólisis a una temperatura comprendida entre 500°C y 700°C, con la producción de un gas de síntesis (syngas).
  - c) La recuperación de los aceites presentes en el efluente gaseoso, mediante el enfriado a una temperatura de 20°C a 45°C y posterior lavado del syngas producido en la pirólisis; y la concentración de los aceites recuperados mediante evaporación al vacío.
  - d) La foto-oxidación de los compuestos orgánicos y odorantes presentes en el syngas mediante un proceso de foto-oxidación en un reactor con irradiación ultravioleta gracias a la presencia de los radicales formados en dicho reactor ultra-violeta.
  - e) La conversión del 100% del H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO presentes en el efluente gaseoso en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante un proceso de oxidación catalítica.
  - f) La purificación de la corriente gaseosa mediante una filtración con carbón activo, antes de ser enviada a la atmósfera, evitando cualquier emisión de compuestos radiactivos volátiles.

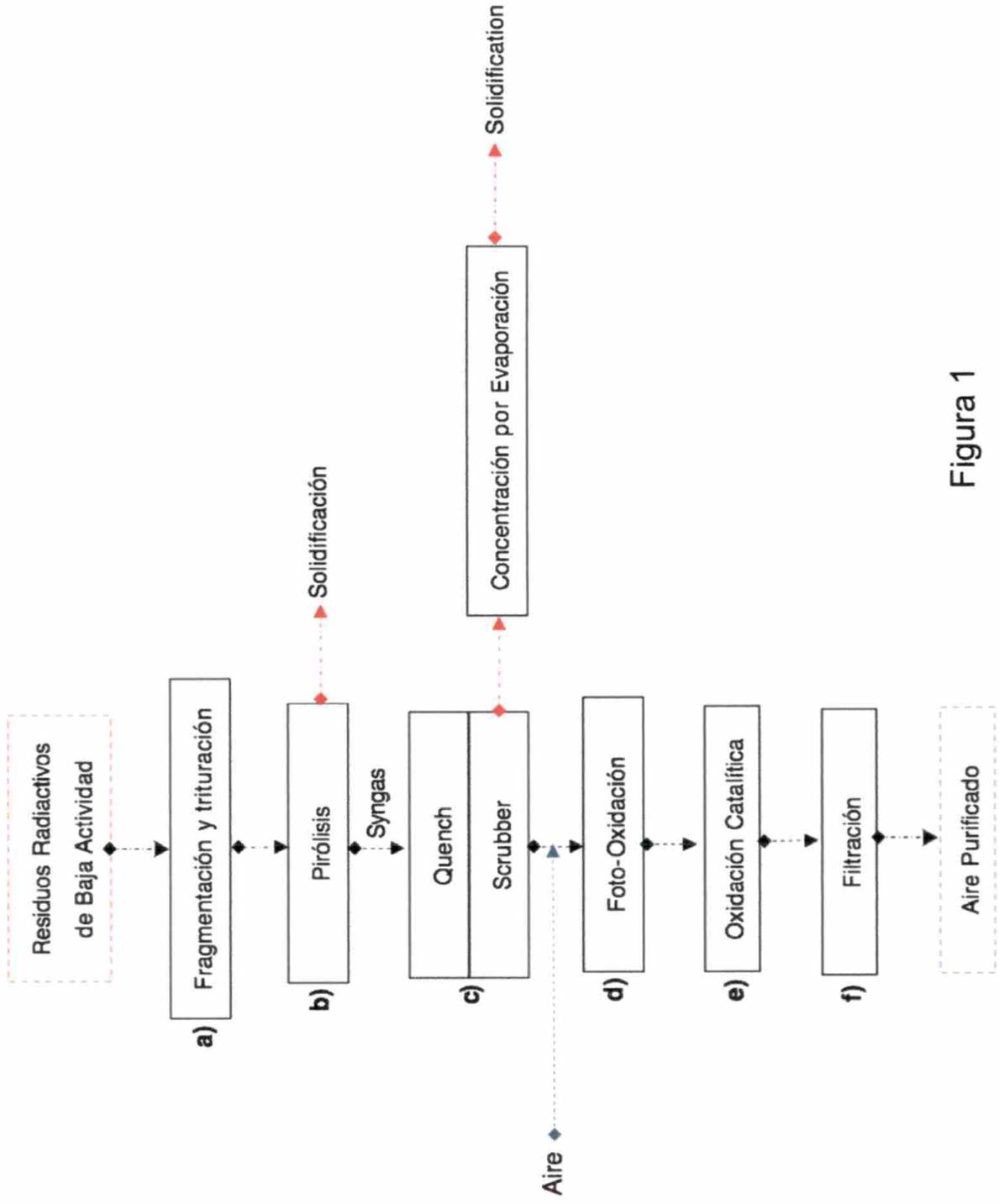


Figura 1



②① N.º solicitud: 201700305

②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.03.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G21F9/30** (2006.01)  
**G21F9/32** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	KR 101622336B B1 (YEPYUNG E&C) 18/05/2016, párrafos [0057-0086], figuras 1-3	1
A	ES 2008214 A6 (TECNICAS ESPECIALES DE REDUCCI) 16/07/1989, columna 3, línea 1-columna 4, línea 30; figura 1	1
A	FR 2766954 A1 (HANKUK FIBER CO LTD) 05/02/1999, página 3, línea 8 - página 4, línea 10; página 4, línea 32-página 6, línea 9; reivindicación 1; figura 1	1
A	DE 3224054 A1 (KIENER PYROLYSE) 29/12/1983, Reivindicaciones 1-6, figura 1	1

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 nº:

Fecha de realización del informe  
28.09.2017

Examinador  
M. González Rodríguez

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G21F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, COMPENDEX, INSPEC, GOOGLE SCHOLAR

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.09.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	KR 101622336B B1 (YEPYUNG E&C)	18.05.2016
D02	ES 2008214 A6 (TECNICAS ESPECIALES DE REDUCCI)	16.07.1989
D03	FR 2766954 A1 (HANKUK FIBER CO LTD)	05.02.1999
D04	DE 3224054 A1 (KIENER PYROLYSE)	29.12.1983

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La solicitud se refiere a un procedimiento de gasificación de residuos radiactivos de baja actividad mediante pirólisis, foto-oxidación y oxidación catalítica como etapas principales.

El documento D01 recoge un procedimiento para la carbonización de residuos radiactivos de baja actividad que consta de las siguientes etapas: -pirólisis en un horno de los residuos radiactivos a una temperatura de 650-850°C y en atmósfera de nitrógeno; - filtración del efluente gaseoso en dos módulos, uno de ellos catalítico; - y por último, foto-oxidación de la corriente de gas procedente de los módulos de filtración para obtener un gas limpio que pueda ser enviado a la atmósfera (Ver párrafos [0057-0086], figuras 1-3). La principal diferencia entre el procedimiento recogido en la solicitud y el procedimiento divulgado en D01 radica en que este último no contempla una etapa de oxidación catalítica del efluente gaseoso tras la etapa de foto-oxidación.

El documento D02 divulga un procedimiento y la instalación para llevar a cabo el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad donde los residuos se introducen en una primera cámara de pirólisis (3) y se someten a una temperatura de 600°C en una atmósfera reductora, tras lo cual los gases obtenidos se introducen en una segunda cámara de post-combustión (5) donde se produce una reacción de combustión térmica que permite eliminar los compuestos volátiles inquemados. A continuación los gases de salida se mezclan con aire exterior en una cámara de dilución (10), se enfrían en un intercambiador de calor gases-aire (6), se neutralizan por puesta en contacto con una solución de sosa líquida (12) y por último se filtran (14) (Ver columna 3, línea 1-columna 4, línea 30; figura 1). En este caso, el procedimiento recogido en D02 no contempla las etapas de foto-oxidación o de oxidación catalítica que propone el procedimiento objeto de la solicitud.

El documento D03 divulga un procedimiento y la instalación para llevar a cabo el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad, que consta de una primera etapa de trituración (12) de los residuos, tras la cual se alimentan a un horno de fusión a baja temperatura (18) y a continuación a un horno de pirólisis (22). La corriente gaseosa obtenida en la pirólisis se alimenta a una torre catalítica donde se obtienen hidrocarburos ligeros, que son recuperados en una etapa posterior de condensación, y los gases restantes son sometidos a una etapa de filtración (Ver página 3, línea 8 - página 4, línea 10; página 4, línea 32-página 6, línea 9; reivindicación 1; figura 1). El procedimiento recogido en el documento D03 no incorpora etapas de foto-oxidación y de oxidación catalítica para el tratamiento de los gases obtenidos en la etapa de pirólisis.

El documento D04 divulga un procedimiento para el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad con una etapa de pirólisis a 450-600°C, tras la cual los gases obtenidos son purificados haciéndolos pasar por un lecho catalítico a 1000-1200°C, y por etapas de enfriamiento, lavado y filtración (Ver reivindicaciones 1-6, figura 1). Como en los casos anteriores, el procedimiento recogido en el documento D04 no incluye una etapa de foto-oxidación.

Ninguno de los documentos anteriores ni ninguna combinación relevante de los mismos revela un procedimiento para el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad que incluya una etapa de pirólisis en la que se obtenga un gas que a continuación se someta a una etapa de foto-oxidación y posteriormente a una reacción de oxidación catalítica, tal y como se recoge en la reivindicación 1 de la solicitud. El procedimiento reivindicado constituye una alternativa para el tratamiento de residuos radiactivos de baja actividad, que cumple con los requisitos de novedad y actividad inventiva (Art.6 y 8 LP).