

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 796**

51 Int. Cl.:

**C02F 9/04** (2006.01)  
**C02F 1/70** (2006.01)  
**C02F 1/72** (2006.01)  
**C02F 1/28** (2006.01)  
**C02F 11/08** (2006.01)  
**C07C 205/06** (2006.01)  
**C02F 1/66** (2006.01)  
**C02F 101/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2010 E 10703410 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013 EP 2393758**

54 Título: **Procedimiento para el tratamiento de aguas residuales**

30 Prioridad:

**06.02.2009 DE 102009007761**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.04.2013**

73 Titular/es:

**BAYER MATERIALSCIENCE AG (100.0%)  
51368 Leverkusen, DE**

72 Inventor/es:

**RAUSCH, ANDREAS KARL y  
BLÖCHER, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 400 796 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 para el tratamiento de aguas residuales

5 La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos que se producen en la fabricación de compuestos nitroaromáticos.

Los compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos tienen un efecto bactericida y/o son poco biodegradables. Por lo tanto, no deben liberarse en el medio ambiente ni tampoco introducirse en altas concentraciones en instalaciones de depuración biológicas. Esto hace necesario un tratamiento técnico de estas aguas residuales para que las aguas residuales puedan alimentarse a una instalación de depuración biológica.

El estado de la técnica divulga varias soluciones técnicas para la degradación de compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos en soluciones acuosas que, no obstante, se caracterizan todas por tener desventajas significativas.

El documento DE 2818680 A1 reivindica un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitrohidroxiaromáticos caracterizado porque se calientan las aguas residuales que contienen compuestos nitrohidroxiaromáticos en ausencia de aire y oxígeno a temperaturas en el intervalo de 150 °C a 500 °C con presión. Como intervalo de presión preferente se indica de 5000 a 35000 kPa. Para este procedimiento es ventajoso que las aguas residuales contengan compuestos nitrohidroxiaromáticos en forma de sus sales hidrosolubles que puedan formarse en medio alcalino. Es una desventaja, en este procedimiento, la alta presión requerida, que tiene como consecuencia en la realización en continuo de este procedimiento altos costes de provisión y operación de bombas adecuadas. También es necesario para el mantenimiento de la temperatura requerida un calentamiento permanente. Otra desventaja de este procedimiento es que el contenido en iones nitrito en las aguas residuales no se reduce mediante este procedimiento, sino que, como se deduce de los ejemplos del documento DE 2818680 Au, al menos permanece constante (ejemplo 4), pero también puede duplicarse (ejemplo 2). Los iones nitrito son también bactericidas y solo pueden aceptarse en cantidades reducidas en instalaciones de depuración biológicas.

El documento EP 503387 B1 reivindica un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que contiene compuestos nitro aromáticos procedentes de instalaciones de fabricación de nitrobenzenu mediante el tratamiento con ácido nítrico a temperaturas de 180 a 350 °C y presiones de 4000 kPa a 25000 kPa. Por medio de un tratamiento de este tipo se reduce la cantidad de compuestos nitrohidroxiaromáticos a valores inferiores a 1 ppm, a la vez que se degrada el COT (COT = carbono orgánico total) en más del 95 %.

En este procedimiento son desventajosas las condiciones de operación requeridas, así como el uso de ácido nítrico, que aumenta la carga de nitratos en las aguas residuales.

El documento EP 1132347 B1 reivindica un procedimiento en el que las aguas residuales procedentes de la síntesis de compuestos nitroaromáticos se concentran primero hasta aproximadamente la solubilidad o por encima de la solubilidad de los compuestos nitrohidroxiaromáticos y después se someten a un tratamiento térmico de degradación que preferentemente se lleva a cabo en condiciones supercríticas para el agua. Para llevar a cabo este procedimiento son necesarias condiciones de operación superiores a la presión crítica y a la temperatura crítica del agua. La presión crítica del agua es de 21830 kPa y la temperatura crítica del agua de 374,1 °C (Handbook of Chemistry and Physics, R.C. Weast (Editor), CRC Press, Boca Raton, 66ª edición, 1985, página F-64, tabla 2). La realización de un tratamiento de aguas residuales en estas condiciones da lugar a unos costes elevados.

También destacan por unos costes elevados todos los procedimientos que usan peróxido de hidrógeno como agente oxidante. En la mayor parte de estos casos se usa hierro divalente como catalizador en condiciones ácidas. Este procedimiento se denomina oxidación de Fenton. Se ha demostrado la eficacia de este procedimiento para la eliminación de compuestos nitroaromáticos (por ejemplo, E. Chamarro, A. Marco, S. Esplugas (2001): Use of fenton reagent to improve organic chemical biodegradability. Water Research 35 (4), páginas 1047-1051 o documento EP 22525 B1 o documento EP 360989 B1). Frente a los procedimientos mencionados anteriormente, este procedimiento presenta la ventaja de que puede realizarse sin presión y a temperatura ambiente. De todas las maneras, el agente oxidante peróxido de hidrógeno usado también da lugar a costes elevados, que son más elevados cuanto mayor sea el contenido de compuestos nitroaromáticos o nitrohidroxiaromáticos en las aguas residuales. Además, este procedimiento se caracteriza por un alto consumo de hierro con actividad catalítica, generándose cantidades relevantes de lodo, cuya eliminación da lugar a costes adicionales. Para aguas residuales muy cargadas tales como las que se producen, por ejemplo, en la fabricación de compuestos nitroaromáticos o en la fabricación de compuestos nitrohidroxiaromáticos, los procedimientos que usan peróxido de hidrógeno como agente oxidante son, por lo tanto, inadecuados.

El documento DE 3316265 C2 reivindica un procedimiento de oxidación en húmedo de materiales orgánicos en aguas residuales cargadas mediante el tratamiento con oxígeno a temperaturas y presiones elevadas en presencia de un sistema rédox tal como iones hierro y en presencia, simultáneamente, de cocatalizadores tales como

bezoquinona, naftoquinona o p-aminofenol. La oxidación en húmedo se lleva a cabo en medio ácido a pH = 1 - 4, temperaturas de 50 - 200 °C y presiones de 100 a 6000 kPa.

5 El ejemplo 17 de este documento especifica que los cocatalizadores requeridos para la oxidación también pueden obtenerse mediante el tratamiento alcalino de lignito, siempre que el lignito también permanezca durante la etapa de oxidación en la mezcla de reacción. El ejemplo 18 describe el mismo modo de procedimiento para hulla.

10 Este documento enseña también a añadir a aguas residuales que contienen sustancias oxidantes tales como, por ejemplo, compuestos nitroaromáticos, un agente reductor tal como, por ejemplo, hidrazina, dióxido de azufre, sulfuro de sodio o virutas de hierro para transformar los compuestos nitroaromáticos mencionados a modo de ejemplo en aminas. Esta reducción debe realizarse en una etapa del procedimiento previa, tal como, entre otras, la que se indica en el ejemplo 16 del documento, en la que se usa sulfuro de sodio como agente reductor. En dicho ejemplo se llevaron las aguas residuales, tal como se generan en la síntesis de ácido nitroestilbénico, a pH = 12 con lejía de sosa, se añadieron 2 g/l de sulfuro de sodio y se mantuvieron a 140 °C en presencia de oxígeno durante 30 minutos. A continuación se oxidaron las aguas residuales a 180 °C, una presión parcial de oxígeno de 500 kPa, a pH = 2 y en presencia de sulfato de hierro (II). Mediante un tratamiento de este tipo de 90 minutos se redujo el índice de COD en aproximadamente el 80 % (COD = carbono orgánico disuelto).

20 No obstante, el uso de los reductores recomendados en el documento DE 3316265 C2 es desventajoso, debido a que son caros (hidracina, sulfuros, sulfitos) y/o las aguas residuales se cargan con carga adicional de sales (sulfatos, iones metálicos). Sin embargo, este procedimiento presenta frente al estado de la técnica algunas ventajas, debido a que la degradación de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales se puede realizar a presiones y temperaturas bajas.

25 Un objetivo de la invención era, por lo tanto, proporcionar un procedimiento fiable, sencillo y económico de tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos que se caracterice por unas condiciones de operación económicamente favorables y que asegure que las aguas residuales tratadas puedan alimentarse a una instalación de depuración biológica.

30 Sorprendentemente, se ha hallado que el tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos en el sentido de la presente invención tiene éxito cuando el procedimiento de tratamiento de estas aguas residuales se lleva a cabo en dos etapas y en la primera etapa se reducen, es decir, se hidrogenan, los compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos con un agente reductor económico que no forme sales seleccionado de entre turba, lignito y/o hulla y en la segunda etapa la mezcla de reacción obtenida en la primera etapa se somete a oxidación en húmedo catalizada con hierro con oxígeno en medio ácido.

40 La invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y/o nitrohidroxiaromáticos, caracterizado porque a las aguas residuales se añade en una primera etapa un agente reductor orgánico que no forme sales en las aguas residuales seleccionado de entre turba, lignito y/o hulla, y se tratan en condiciones reductoras y las aguas obtenidas en la primera etapa se acidifican a continuación, en una segunda etapa, y se oxidan con un agente oxidante.

45 Se ha hallado que una oxidación en húmedo catalizada con hierro con oxígeno en medio alcalino no es por sí sola suficiente para degradar satisfactoriamente compuestos nitrohidroxiaromáticos (ejemplo comparativo 1) y se descarta una oxidación en húmedo catalizada con hierro con oxígeno en medio ácido debido a que los compuestos nitrohidroxiaromáticos precipitan como sólidos en medio ácido, y los sólidos pueden ser explosivos (ejemplo comparativo 2). Una eliminación total de los compuestos nitrohidroxiaromáticos tiene éxito al realizarla mediante una oxidación en húmedo catalizada con hierro con oxígeno si, tal como se describe en el documento DE 3316265 C2, se reducen los compuestos nitrohidroxiaromáticos en sentido químico, por ejemplo con sulfito de sodio (ejemplo comparativo 3).

50 Para evitar el uso de sulfito de sodio, caro y causante de una carga de sulfato, se probó el uso de coadyuvantes económicos tales como virutas de hierro y lignito. Con virutas de hierro, un agente reductor conocido, se reduce el contenido en compuestos nitrohidroxiaromáticos mediante una reducción previa en un 64 %. Sorprendentemente, se ha hallado, no obstante, que también se puede usar lignito en medio alcalino como agente reductor para la reducción de compuestos nitrohidroxiaromáticos cuando la reducción previa se lleva a cabo a temperatura elevada, preferentemente a 120 - 200 °C. Por medio de lignito se puede reducir el contenido de compuestos nitrohidroxiaromáticos en un 86 % (ejemplo comparativo 4).

60 Si se combina la oxidación en húmedo catalizada con hierro con oxígeno de unas aguas residuales que contienen compuestos nitrohidroxiaromáticos con la reducción previa de las aguas residuales con lignito en medio alcalino, la degradación total del compuesto nitrohidroxiaromático se realiza con éxito (ejemplo según la invención 5). A este respecto, el lignito destaca como agente reductor económico y no contribuye al aumento de la carga de sales de las aguas residuales, debido a que es biodegradable por sí mismo. El nitrógeno contenido en los compuestos nitroaromáticos o nitrohidroxiaromáticos, a este respecto, se transforma en compuestos no perjudiciales para las

bacterias, principalmente en amonio. No tiene lugar la formación de nitrito, por el contrario incluso se transforma también nitrito ya presente en las aguas residuales (ejemplo según la invención 6).

5 Por lo tanto, es conforme a la invención un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y nitrohidroxiaromáticos caracterizado porque se añade a las aguas residuales en una primera etapa turba, lignito y/o hulla y se tratan en condiciones reductoras, y las aguas residuales obtenidas en la primera etapa se acidifican a continuación, en una segunda etapa, y se oxidan con un agente oxidante.

10 Las aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y/o nitrohidroxiaromáticos se generan en la fabricación de compuestos nitroaromáticos, tal como, por ejemplo, en la fabricación de nitrobenzenu mediante la nitración de benzenu o en la fabricación de dinitrotolueno mediante la nitración de tolueno. Estas aguas residuales se producen como soluciones alcalinas, debido a que los compuestos nitrohidroxiaromáticos se disuelven en medio alcalino en forma de sus sales en medio acuoso. A unas aguas residuales alcalinas que contienen compuestos nitroaromáticos y/o nitrohidroxiaromáticos de este tipo se les añade un agente reductor y se calientan a temperaturas de 80 – 200 °C, preferentemente de 120 – 200 °C, y se mantienen en este intervalo de temperatura durante un periodo de permanencia de entre 5 min y 5 h, preferentemente de 15 min a 3 h. Preferentemente, la temperatura a la que se calientan las aguas residuales se mantiene constante durante el periodo de permanencia. Como agente reductor se usa según la invención un agente reductor que no forme sales seleccionado de entre turba, lignito y/o hulla, de modo particularmente preferente lignito de calidad inferior. El lignito de calidad inferior particularmente preferente es económico y, dado el caso, los restos transportados desde el procedimiento pueden proporcionarse a una instalación de depuración biológica. La concentración del reductor con respecto al volumen de aguas residuales es preferentemente de 1 a 200 g/l, de modo particularmente preferente de 5 a 50 g/l.

25 Las hullas, los lignitos o las turbas que se usan como reductores se diferencian por su grado de carbonización, que se manifiesta en la proporción de componentes volátiles, y son de calidad inferior según el orden mencionado. De este modo, los lignitos de calidad inferior tales como, por ejemplo, lignito de poca calidad, presentan una proporción del 50 - 60 % en peso de componentes volátiles, el lignito duro del 45 – 50 % en peso, mientras que las distintas clases de hulla presentan una proporción de componentes volátiles inferior al 45 % en peso. Para la turba son características proporciones de componentes volátiles superiores al 50 % en peso y contiene aún, al contrario que el lignito, celulosa libre (Römpf Chemielexikon Online 2008, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, palabras de referencia "Torf" y "Kohle").

35 Las aguas residuales producidas en la primera etapa (reducción previa) se neutralizan con un exceso de ácido y se acidifican. La acidificación puede realizarse con un ácido mineral, preferentemente ácido sulfúrico, pero también con un ácido orgánico. Como ácidos orgánicos se usan preferentemente ácido acético o ácido oxálico, que son fácilmente biodegradables por sí mismos. También pueden usarse para la acidificación mezclas de varios ácidos.

40 Después de la acidificación se realiza, en la segunda etapa, la oxidación con un agente oxidante. A este respecto se trata preferentemente de una oxidación en húmedo con oxígeno catalizada con hierro. Para ello se añade a la corriente de aguas residuales acidificada un catalizador, preferentemente sulfato de hierro (II) y se alimenta a un reactor de oxidación, en el que las aguas residuales se tratan, preferentemente a 100 - 250 °C, de modo particularmente preferente a 160 – 220 °C, durante 5 a 180 minutos, preferentemente 30 a 60 minutos, con un gas que contenga oxígeno, preferentemente con aire, de modo particularmente preferente con oxígeno técnicamente puro. Como reactor de oxidación se usa preferentemente una columna de burbujeo o varias columnas de burbujeo conectadas en paralelo o en serie.

50 Las aguas residuales tratadas según el procedimiento según la invención se han liberado tanto de compuestos nitroaromáticos como de compuestos nitrohidroxiaromáticos y de nitrito, por lo que pueden alimentarse directamente a las instalaciones de depuración correspondientes para su purificación biológica.

### **Ejemplos**

55 Para los ejemplos siguientes se usaron aguas residuales como las que pueden obtenerse en la producción de compuestos nitroaromáticos, por ejemplo en la producción de nitrobenzenu. Estas aguas residuales no contienen compuestos nitroaromáticos, pero sí varios compuestos nitrohidroxiaromáticos, que en algunos casos concretos pertenecen exclusivamente al grupo de los nitrofenoles, cuya denominación química se abrevia como sigue:

60	:	2-NP:	2-nitrofenol
		4-NP:	4-nitrofenol
		2,4-DNP:	2,4-dinitrofenol
		2,6-DNP:	2,6-dinitrofenol
		2,4,6-TNP:	2,4,6-trinitrofenol, nombre común: ácido pícrico

65 El contenido de nitrofenoles en la aguas residuales se determina mediante HPLC analítica. Un procedimiento adecuado para ello se describe, por ejemplo, por Belloli y col. (Belloli, R.; Barlette B.; Bolzacchini, E.: Meinardi, S.;

Orlandi, M.; Rindone, B. "Determination of toxic nitrophenols in the atmosphere by high-performance liquid chromatography", Journal of Chromatography A, 846 (1999) 277-281).

#### **Ejemplo comparativo 1: Oxidación en húmedo en medio alcalino sin reducción previa**

Se alimentaron 4 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos que eran muy alcalinas a un recipiente de laboratorio con agitación y se calentaron gradualmente a 200 °C. Además, se realizó la adición de oxígeno a una presión total de 2000 kPa. Después de 3 horas se enfriaron las aguas residuales y se determinó la concentración de compuestos nitroaromáticos. Tal como muestra la tabla 1, solo se logró la degradación de los nitrofenoles mediante la oxidación en húmedo sin reducción previa en un 62 %.

**Tabla 1**

	<b>2-NP mg/kg</b>	<b>4-NP mg/kg</b>	<b>2,4-DNP mg/kg</b>	<b>2,6-DNP mg/kg</b>	<b>2,4,6-TNP mg/kg</b>	<b>Suma de nitrofenoles mg/kg</b>
Aguas residuales antes del tratamiento	1440	106	7756	1416	376	11094
Muestra después del tratamiento	367	80	3011	681	72	4211

#### **Ejemplo comparativo 2: Oxidación en húmedo en medio ácido sin reducción previa**

A 1 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos, que eran muy alcalinas, se añadió en un recipiente de vidrio ácido sulfúrico, para neutralizarlas y acidificarlas. Se realizó la precipitación de un precipitado blanco que constaba de compuestos nitrohidroxiaromáticos sólidos. Debido a que no puede excluirse que estos sólidos representen un riesgo por su carácter explosivo, no se llevó a cabo ningún tipo de oxidación en húmedo por motivos de seguridad.

#### **Ejemplo comparativo 3: Reducción previa con sulfito de sodio (inorgánico) y oxidación en húmedo**

A 4,5 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos se añadieron 270 g de sulfito de sodio, se alimentaron a un recipiente de laboratorio con agitación y se mantuvieron a 70 °C durante una hora. A continuación se añadieron a 4 l de las aguas residuales tratadas de este modo 67 ml de ácido sulfúrico y 6 g de heptahidrato de sulfato de hierro (II). A continuación se realizó un calentamiento gradual a 200 °C y la adición de oxígeno a una presión total de 2000 kPa. Después de 3 horas se enfriaron las aguas residuales y se determinó la concentración de compuestos nitroaromáticos. Tal como muestra la tabla 2, se eliminaron todos los nitrofenoles hasta un punto inferior al límite de detección. No obstante, un tratamiento de este tipo es poco económico debido a los altos precios del agente reductor.

**Tabla 2**

	<b>2-NP mg/kg</b>	<b>4-NP mg/kg</b>	<b>2,4-DNP mg/kg</b>	<b>2,6-DNP mg/kg</b>	<b>2,4,6-TNP mg/kg</b>	<b>Suma de nitrofenoles mg/kg</b>
Aguas residuales antes del tratamiento	1440	106	7756	1416	376	11094
Muestra después del tratamiento	<1	<1	<1	<1	<1	<5

#### **Ejemplo comparativo 4: Reducción previa con virutas de hierro o lignito sin oxidación en húmedo**

A 4 o 5 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos se añadieron 200 g de virutas de hierro o 200 g de lignito en polvo y se mantuvieron durante tres horas a 200 °C. A continuación se enfriaron las aguas residuales y se determinó la concentración de los compuestos nitroaromáticos. No tuvo lugar ninguna oxidación en húmedo posterior. Tal como muestra la tabla 3, se logró la degradación de los nitrofenoles mediante la reducción previa con virutas de hierro en un 64 % y con lignito en un 86 %.

**Tabla 3**

	<b>2-NP mg/kg</b>	<b>4-NP mg/kg</b>	<b>2,4-DNP mg/kg</b>	<b>2,6-DNP mg/kg</b>	<b>2,4,6-TNP mg/kg</b>	<b>Suma de nitrofenoles mg/kg</b>
Aguas residuales antes del tratamiento	1074	104	5350	1382	512	8422
Muestra después del tratamiento con virutas de hierro	117	106	2677	106	<20	3046

(continuación)

	2-NP mg/kg	4-NP mg/kg	2,4-DNP mg/kg	2,6-DNP mg/kg	2,4,6-TNP mg/kg	Suma de nitrofenoles mg/kg
Muestra después del tratamiento con lignito en polvo	135	70	935	27	<5	1172

**Ejemplo según la invención 5: Reducción previa con lignito (orgánico) y oxidación en húmedo**

- 5 A 5 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos se añadieron 200 g de lignito en polvo y se mantuvieron durante tres horas a 200 °C. A continuación se añadieron a 4 l de las aguas residuales tratadas de este modo 51 ml de ácido sulfúrico y 6 g de heptahidrato de sulfato de hierro (II). A continuación se realizó un calentamiento gradual a 200 °C y la adición de oxígeno a una presión total de 2000 kPa. Después de 3 horas se enfriaron las aguas residuales y se determinó la concentración de nitrofenoles. Tal como muestra la tabla 4, se eliminaron todos los nitrofenoles hasta un punto inferior al límite de detección.

**Tabla 4**

	2-NP mg/kg	4-NP mg/kg	2,4-DNP mg/kg	2,6-DNP mg/kg	2,4,6-TNP mg/kg	Suma de nitrofenoles mg/kg
Aguas residuales antes del tratamiento	1074	104	5350	1382	512	8422
Muestra después del tratamiento	<5	<5	<5	<5	<5	<25

**Ejemplo según la invención 6: Eliminación de nitrito**

- 15 A 5 l de aguas residuales procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos se añadieron 50 g de lignito en polvo y se mantuvieron durante tres horas a 180 °C. A continuación se tomó una muestra y se determinó la concentración de las especies de nitrógeno. A continuación se añadieron a 3 l de las aguas residuales tratadas de este modo 4,5 g de heptahidrato de sulfato de hierro (II). A continuación se realizó un calentamiento gradual a 200 °C y la adición de oxígeno a una presión total de 2000 kPa. Después de 2 horas se enfriaron las aguas residuales y se determinó la concentración de las especies de nitrógeno. Tal como muestra la tabla 5, se eliminó totalmente el nitrito y las especies de nitrógeno se transformaron en su mayor parte en amonio.

**Tabla 5**

	N (total) mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/l
Aguas residuales antes del tratamiento	1910	<1	290	16
Muestra después de la reducción con lignito	1690	<1	284	486
Muestra después de la oxidación con oxígeno	1310	78	<1	1678

25

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento de aguas residuales alcalinas procedentes de la producción de compuestos nitroaromáticos que contienen compuestos nitroaromáticos y/o nitrohidroxiaromáticos **caracterizado porque** se añade a las aguas residuales alcalinas, en una primera etapa, un agente reductor orgánico que no forme sales en las aguas residuales seleccionado de entre turba, lignito y/o hulla y se tratan en condiciones reductoras, calentando las aguas residuales alcalinas a temperaturas de 80 - 200 °C y manteniéndolas en este intervalo de temperatura durante un periodo de residencia de entre 5 min y 5 h, y las aguas residuales obtenidas en esta primera etapa se acidifican a continuación en una segunda etapa y se oxidan con un agente oxidante.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** como agente oxidante se usa oxígeno.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la segunda etapa se lleva a cabo en un reactor, en el que se introduce directamente ácido y en el que se lleva a cabo la oxidación.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las aguas residuales que contienen compuestos nitroaromáticos y/o nitrohidroxiaromáticos proceden de la producción de nitrobenzeno o dinitrotolueno.