

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 557**

51 Int. Cl.:

C02F 11/12 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
C02F 1/66 (2006.01)
C02F 101/00 (2006.01)
C02F 101/20 (2006.01)
C02F 101/22 (2006.01)
C02F 103/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2009 E 09007660 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2133314**

54 Título: **Procedimiento para el tratamiento de fosfoyeso y en particular de lixiviados de fosfoyeso**

30 Prioridad:

10.06.2008 IT MI20081051

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

16.06.2014

73 Titular/es:

**VOMM CHEMIPHARMA S.R.L. (100.0%)
VIA CURIEL 252
20089 ROZZANO MI, IT**

72 Inventor/es:

CEREA, GIUSEPPINA

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 468 557 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 fosfoyeso y en particular de lixiviados de fosfoyeso.

Campo de aplicación

5 La presente invención concierne al campo técnico de la restauración medioambiental y en particular se refiere a un procedimiento para tratar fosfoyeso.

Más específicamente, la invención se refiere a un procedimiento para tratar agua de lixiviado procedente de vertederos de fosfoyeso.

Técnica anterior

Se conoce el procesamiento de minerales de fosfato para producir ácido fosfórico y fertilizantes.

10 También se conoce el uso de fosforita (o fosforitas), roca sedimentaria fosfática de origen orgánico que consiste principalmente en fosfatos de calcio como mineral de partida, con formación de residuos y subproductos de procesamiento radiactivos, como el fosfoyeso.

15 El fosfoyeso (o fosfoyesos), de hecho, es un subproducto del procesamiento de fosforitas en la práctica que consiste en yeso que comprende sustancias contaminantes que incluyen fosfatos, cloruros, sulfatos, nitratos y que, además, está contaminado con metales tales como arsénico, plomo, mercurio, níquel, cobre, cadmio, selenio, cromo hexavalente y también con radionúclidos, principalmente pero no sólo, uranio 238 (^{238}U), polonio 210 (^{210}Po), torio 232 (^{232}Th) y potasio 40 (^{40}K).

20 También debe añadirse que la mayor parte de, si no todos, los agentes contaminantes descritos anteriormente también están presentes en el lixiviado que se deriva de vertederos o de pilas de fosfoyeso, que, debido a la capacidad de infiltración que lo caracteriza, representa un riesgo incluso mayor para el medioambiente en general, y en particular para las aguas subterráneas, en comparación con el propio fosfoyeso.

Por tanto, el fosfoyeso así como las aguas de lixiviado relacionadas constituyen un problema medioambiental serio que la técnica anterior ha intentado solucionar a través de diversos métodos y procedimientos de tratamiento, muchos de los cuales van dirigidos a reducir su contaminación radiactiva.

25 El documento US 4.421.731 describe por ejemplo un procedimiento para reducir la radiactividad del fosfoyeso, que comprende una etapa de calcinación térmica inicial del fosfoyeso.

Un procedimiento de este tipo va dirigido al tratamiento de desechos o residuos sólidos.

30 Para el tratamiento del lixiviado procedente de vertederos de fosfoyeso, la técnica anterior ha proporcionado procedimientos que usan sustancialmente membranas que, aunque cumplen el fin, presentan la desventaja de que el tratamiento en el lixiviado como tal provoca un ensuciamiento rápido de las membranas.

Véase por ejemplo P. Battistoni *et al.*, "Chemical-Physical Pretreatment of Phosphogypsum Leachate", Ind. Eng. Chem. Res. 2006, 45, págs. 3237-3242, publicado en línea el 31 de marzo de 2006.

Sumario de la invención

35 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para tratar fosfoyeso y en particular el lixiviado relacionado que sea una alternativa a los procedimientos proporcionados por la técnica anterior, que sea particularmente simple y rentable, implicando por tanto costes de producción y gestión de la planta de tratamiento relacionada inferiores a los de los procedimientos conocidos citados anteriormente.

Un objetivo de este tipo se realiza, según la invención, mediante un procedimiento para tratar agua de lixiviado procedente de un vertedero de fosfoyeso o una pila de fosfoyeso que comprende las etapas de:

40 alimentar un flujo continuo de dicho lixiviado que tiene un contenido seco de menos del 5% en peso a un turboconcentrador que comprende un cuerpo tubular cilíndrico con eje horizontal equipado con aberturas de entrada y salida, una camisa de calentamiento para llevar la pared interna del cuerpo tubular hasta una temperatura predeterminada, un rotor de paletas soportado de manera rotatoria en el cuerpo tubular cilíndrico en el que se hace rotar a velocidades periféricas comprendidas entre 15 y 40 m/s, para dispersar el flujo de lixiviado continuo en un flujo de partículas de lixiviado que se centrifugan contra la pared interna calentada del turboconcentrador con formación de una capa de fluido tubular altamente turbulenta, dinámica, delgada, que avanza sustancialmente en contacto con la pared interna mencionada anteriormente hacia la abertura de salida desde la que se descarga de manera continua un flujo de lixiviado concentrado que tiene un contenido seco comprendido entre el 20% y el 95% en peso.

45

El contenido seco del flujo de lixiviado concentrado es preferiblemente mayor del 75% en peso, incluso más preferiblemente está comprendido entre el 80% y el 95% en peso.

5 Debe observarse que el flujo de lixiviado concentrado está en forma de un sólido pastoso y viscoso, y comprende todos los metales pesados presentes en el flujo de lixiviado inicial, que se han concentrado ventajosamente en el mismo.

También debe observarse que el flujo de lixiviado concentrado mencionado anteriormente consiste sustancialmente en yeso.

10 En particular, debe observarse que el yeso obtenido a partir de la etapa mencionada anteriormente (yeso naciente), en la que se concentra el lixiviado, puede apantallar la radiactividad que caracteriza al lixiviado antes de que se someta al presente procedimiento de tratamiento.

Por tanto, ventajosamente, el flujo de lixiviado concentrado mencionado anteriormente puede devolverse al vertedero de fosfoyeso, tras haberse sometido posiblemente a una etapa de separación y/o neutralización.

15 En detalle, preferiblemente, el flujo de lixiviado concentrado en la salida del turboconcentrador se alimenta a una unidad de separación de la que se obtiene un segundo flujo de lixiviado concentrado como corriente de salida en forma de un sólido pastoso altamente viscoso que se devuelve al vertedero de fosfoyeso, tras haberse sometido posiblemente a la etapa de neutralización mencionada anteriormente en un reactor adecuado.

Preferiblemente, en el caso de neutralización, una etapa de este tipo se lleva a cabo en un turborreactor en el que se hace reaccionar el flujo de lixiviado concentrado mencionado anteriormente (en la salida del turboconcentrador o en la salida de la unidad de separación) con hidróxido de calcio Ca(OH)_2 .

20 También debe observarse que a partir de la unidad de separación mencionada anteriormente, que es preferiblemente del tipo de un hidrociclón, también se obtiene un flujo adicional, o flujo de lixiviado vaporizado, como corriente de salida, que preferiblemente, tras haberse condensado, se somete a etapas de procedimiento adicionales que comprenden al menos una etapa de ósmosis inversa, preferiblemente dos etapas de ósmosis inversa.

25 Todavía preferiblemente, las etapas de ósmosis inversa mencionadas anteriormente van precedidas por una etapa de filtración del flujo de lixiviado condensado, llevada a cabo ventajosamente con carbonos activos, y tales dos etapas de ósmosis inversa se separan preferiblemente mediante una etapa de neutralización, llevada a cabo ventajosamente con sosa (hidróxido de sodio - NaOH).

30 De esta manera se obtiene un flujo de lixiviado permeado esencialmente libre de agentes contaminantes, o en cualquier caso un lixiviado permeado en el que están presentes los compuestos y elementos nocivos y/o contaminantes en porcentajes muy bajos, hasta el punto en que el lixiviado permeado final obtenido tiene características conformes a lo que está previsto en el decreto legislativo italiano 152/06 y, por tanto, puede usarse ventajosamente como agua industrial.

35 A partir del flujo de lixiviado condensado mencionado anteriormente sometido a la primera etapa de ósmosis inversa mencionada anteriormente, también se obtiene un flujo de lixiviado concentrado adicional (tercer flujo de lixiviado concentrado) que se transporta ventajosamente aguas arriba del turboconcentrador para reintroducirse en el procedimiento de purificación al inicio de la planta según la presente invención.

De esta manera se obtiene ventajosamente un procedimiento de circuito cerrado.

40 Ventajas y características adicionales de esta invención pasarán a ser más claras a partir de la descripción de una realización de ejemplo de un procedimiento según la invención, realizada más adelante en el presente documento con referencia al dibujo adjunto, proporcionado para fines ilustrativos y no limitativos.

Breve descripción del dibujo

La figura 1 ilustra un diagrama de flujo que representa esquemáticamente un procedimiento para tratar un flujo de lixiviado procedente de vertederos de fosfoyeso según la presente invención.

45 Descripción detallada

Con referencia a la figura 1, se describirá a continuación en mayor detalle un procedimiento para tratar agua de lixiviado procedente de vertederos de fosfoyeso según la invención.

50 El agua de lixiviado mencionada anteriormente comprende numerosos agentes contaminantes y contaminantes, que incluyen en general fosfatos, cloruros, sulfatos, nitratos, así como metales como arsénico, plomo, mercurio, níquel, cobre, cadmio, selenio, cromo hexavalente y radionúclidos como uranio 238 (^{238}U), polonio 210 (^{210}Po), torio 232 (^{232}Th) y potasio 40 (^{40}K).

En una condición de funcionamiento, un flujo de agua de lixiviado indicado con 2, también identificado en el presente documento como lixiviado, se envía a un primer aparato, según la invención un turboconcentrador A.

5 En particular, el turboconcentrador A consiste esencialmente en un cuerpo tubular cilíndrico, cerrado en los extremos opuestos mediante paredes de extremo y equipado de manera coaxial con una camisa de calentamiento destinada al flujo de un fluido, por ejemplo vapor o aceite diatérmico, para mantener la pared interna del cuerpo tubular a una temperatura predeterminada.

El cuerpo tubular está equipado con una abertura de entrada desde la que se alimenta de manera continua el flujo de lixiviado, y con una abertura de salida desde la que se descarga un flujo de lixiviado concentrado continuo indicado con 2a.

10 Para motivos técnicos contingentes, el turboconcentrador puede tener naturalmente más de una abertura de entrada y/o salida.

En el cuerpo tubular del turboconcentrador se soporta de manera rotatoria un rotor de paletas, se disponen de manera helicoidal las paletas del mismo y se orientan para centrifugar y transportar simultáneamente el lixiviado alimentado al mismo hacia la abertura de salida.

15 Se proporciona un motor para activar el rotor de paletas a velocidades periféricas comprendidas entre 15 y 40 metros por segundo.

20 El flujo de lixiviado mencionado anteriormente alimentado al turboconcentrador A tiene un contenido de sustancias sólidas (contenido seco) que se estima a 105°C que es de menos del 5% en peso, y se centrifuga mediante las paletas del rotor mencionadas anteriormente, tras la entrada del flujo de lixiviado en el turboconcentrador A, contra la pared interna calentada, y se transporta simultáneamente hacia la abertura de salida mencionada anteriormente gracias a la orientación de las paletas.

Cuando el lixiviado, y más precisamente el agua contenida en el mismo, a través de la acción de centrifugación llevada a cabo mediante las paletas del rotor, entra en contacto con la pared del cuerpo tubular calentado hasta una alta temperatura, se evapora instantáneamente.

25 Además, parte del agua unida a las partículas de sustancia sólida del lixiviado, gracias a la alta energía térmica producida por la pared calentada del cuerpo tubular y a la alta energía cinética conferida por las paletas del rotor, también se expulsa en forma de vapor de las partículas sólidas de sustancia seca.

30 Debe añadirse que también se aumenta adicionalmente la capacidad de evaporación del turboconcentrador A en el caso en el que implica la alimentación en su interior de un flujo de gas calentado, tal como se muestra en el ejemplo de la figura 1 en el que un flujo de aire precalentado, recirculado en un circuito cerrado, se indica con 16.

Un flujo 16 de aire de este tipo se alimenta al turboconcentrador A en una corriente paralela al flujo de lixiviado, a una temperatura comprendida preferiblemente entre 150 y 300°C.

La temperatura del flujo 16 de aire, preferiblemente 250°C, se alcanza ventajosamente haciendo pasar un flujo 15 de aire de recirculación de bucle cerrado a través de un intercambiador de calor Q 1 dedicado.

35 Tal como se muestra en el ejemplo de la figura, el flujo 15 de aire de recirculación de bucle cerrado procede de una columna D de condensación dispuesta más aguas abajo, en la que se hace condensar el flujo de proceso de lixiviado, tal como pasará a ser más claro más adelante en el presente documento.

40 Como corriente de salida del turboconcentrador A, tras un tiempo de residencia comprendido en general entre 20 segundos y 5 minutos, se obtiene por tanto el flujo de lixiviado concentrado continuo mencionado anteriormente indicado con 2a, en forma de un sólido pastoso viscoso, que tiene un contenido seco de al menos el 20% en peso y un $\text{pH} \leq 4$.

45 Lo que sucede en la práctica es que en la etapa de concentración del lixiviado que tiene lugar en el turboconcentrador, gracias a lo que se describió anteriormente, se genera yeso reconocido como yeso naciente, lo que sorprendente y ventajosamente tiene la capacidad de apantallar la radiactividad de los radionúclidos presentes en el lixiviado que caracteriza a este último antes de someterlo al presente procedimiento, gracias a la insaturación del orbital 3d del calcio.

Por tanto, el yeso naciente que se desarrolla en el presente procedimiento constituye un producto del procedimiento para tratar lixiviado que tiene un impacto medioambiental extremadamente bajo, si no es realmente cero, ya que está esencialmente libre de radiactividad.

50 Además, el flujo 2a de lixiviado concentrado pastoso y viscoso mencionado anteriormente en la salida del turboconcentrador A también comprende los metales pesados presentes inicialmente en el flujo de lixiviado, que se han concentrado ventajosamente en el yeso naciente.

Tal como se estableció anteriormente, el flujo 2a de lixiviado concentrado se devuelve luego al vertedero de fosfoyeso tras haberse sometido posiblemente a una etapa de neutralización y preferiblemente tras haberse separado del componente acuoso restante del flujo de proceso haciéndolo pasar a través de una unidad B de separación, que consiste preferiblemente en un hidrociclón.

5 En detalle, según la realización preferida de la invención ilustrada en el ejemplo de la figura 1, el flujo 2a de lixiviado concentrado como corriente de salida del turboconcentrador A, se alimenta a la unidad B de separación mencionada anteriormente, como corriente de salida de la cual se obtiene un segundo flujo de lixiviado concentrado indicado con 5.

10 Luego un flujo 5 de lixiviado concentrado de este tipo como corriente de salida de la unidad B de separación se somete preferiblemente a la etapa de neutralización mencionada anteriormente antes de que se devuelva al vertedero de fosfoyeso.

La etapa de neutralización del lixiviado concentrado se lleva a cabo en un reactor C, preferiblemente un turborreactor en el que se hace reaccionar el flujo 5 de lixiviado concentrado, por ejemplo, con un flujo de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en el ejemplo de la figura indicado con 14.

15 El turborreactor C comprende esencialmente un cuerpo tubular cilíndrico con eje horizontal que está equipado con al menos una abertura para la introducción del flujo 5 de lixiviado concentrado y el flujo 14 de hidróxido de calcio, y con al menos una abertura de descarga del flujo tratado.

20 El turborreactor C también comprende una camisa de calentamiento para llevar la pared interna del cuerpo tubular hasta una temperatura predeterminada, un rotor de paletas totalmente similar al rotor de paletas del turboconcentrador descrito anteriormente, es decir, soportado de manera rotatoria en el cuerpo tubular cilíndrico en el que se hace rotar a velocidades comprendidas entre 15 y 40 m/s, para dispersar el flujo de lixiviado concentrado en un flujo concentrado de partículas de lixiviado.

25 El flujo de hidróxido de calcio se alimenta al turborreactor C preferiblemente en una corriente paralela al flujo de lixiviado concentrado que, según el ejemplo de la figura 1, corresponde al segundo flujo mencionado anteriormente pero que, tal como se discutió anteriormente, también puede corresponder al primer flujo de lixiviado concentrado mencionado anteriormente como corriente de salida del turboconcentrador.

30 Luego, el lixiviado concentrado y el hidróxido de calcio se centrifugan contra la pared interna del turborreactor calentado hasta una temperatura de al menos 150°C, con formación de una capa de fluido tubular altamente turbulenta, dinámica, delgada, en la que las partículas de lixiviado concentrado y de hidróxido de calcio se mantienen mecánicamente en contacto próximo mediante las paletas del rotor de paletas.

El lixiviado concentrado y el hidróxido de calcio reaccionan luego en la capa delgada mencionada anteriormente que avanza en el cuerpo tubular cilíndrico hacia la abertura de descarga, sustancialmente en contacto con la pared interna del turborreactor C.

35 Luego, un flujo de lixiviado neutralizado a $\text{pH} \approx 7$ se descarga de manera continua desde el turborreactor C y se envía al vertedero o a la pila de fosfoyeso, tal como se muestra en el ejemplo de la figura 1 en el que se indica un flujo de lixiviado neutralizado de este tipo con 6.

También se obtiene un flujo sustancialmente de aire indicado con 23 como corriente de salida del turborreactor C que se descarga ventajosamente a la atmósfera tras haberse sometido a una etapa de tratamiento con carbonos activos.

40 Debe observarse que también se obtiene un segundo flujo correspondiente a un flujo 2b de lixiviado vaporizado como corriente de salida de la unidad B de separación, que según la invención se somete a etapas de procedimiento adicionales, que comprenden en particular al menos una etapa de ósmosis inversa.

45 En detalle, preferiblemente, el flujo 2b de lixiviado vaporizado como corriente de salida de la unidad B de separación se condensa en una columna D de condensación, antes de someterse como flujo 12 de lixiviado condensado a una doble etapa de ósmosis inversa del tipo conocido.

50 En resumen, se lleva a cabo una etapa de ósmosis inversa usando una membrana que retiene las sustancias contaminantes residuales presentes en el flujo de lixiviado en procesamiento (el soluto) impidiendo que pase a través de dicha membrana y generando de esta manera un flujo de lixiviado concentrado adicional, mientras que, a la inversa, se permite que la fracción acuosa del lixiviado (el disolvente) pase, generando por consiguiente un flujo de lixiviado permeado.

En mayor detalle, un flujo 3 de lixiviado condensado como corriente de salida de la columna D de condensación se somete a enfriamiento en un intercambiador Q2 de calor y luego se somete un flujo 12 de lixiviado condensado a una etapa de filtración en una unidad G de filtración.

Debe observarse que en el intercambiador Q2 de calor, el flujo 3 de lixiviado condensado se pone en relación de intercambio de calor con el agua de refrigeración de una torre E de refrigeración, que tiene respectivos flujos de agua de refrigeración 18 como corriente de salida y 19 como corriente de entrada (flujo de retorno), así como flujos 20, 24 de drenaje.

5 La filtración del flujo 12 de lixiviado condensado se lleva a cabo preferiblemente con carbonos activos y se obtiene por tanto un flujo 13 de lixiviado filtrado como corriente de salida de la unidad de filtración, que se envía a la primera de las etapas de ósmosis inversa mencionadas anteriormente.

10 En particular, de la primera etapa de ósmosis inversa llevada a cabo en una unidad F1 de ósmosis inversa respectiva, se obtienen un primer flujo 7 de lixiviado permeado y un flujo 8 de lixiviado concentrado adicional que se devuelve aguas arriba del turboconcentrador A.

El primer flujo 7 de lixiviado permeado se somete luego a la segunda etapa de ósmosis inversa en una segunda unidad F2 de ósmosis inversa respectiva dispuesta en serie con la primera unidad F1 de ósmosis inversa mencionada anteriormente, a la que llega tras haberse sometido a una etapa de neutralización en una unidad H dedicada.

15 En otras palabras, el flujo 7 de lixiviado permeado se envía a la unidad H de neutralización, donde se hace reaccionar con un flujo 22 preferiblemente de hidróxido de sodio (NaOH), de lo que se obtiene un flujo 9 de lixiviado permeado neutralizado como corriente de salida que se envía a la segunda de las etapas de ósmosis inversa mencionadas anteriormente.

20 Tras la segunda etapa de ósmosis inversa se obtiene un flujo 10 de producto que consiste esencialmente en agua con características conformes a lo previsto en el decreto legislativo italiano 152/06, y que, por tanto, puede usarse ventajosamente como agua industrial.

25 Con el fin de mantener la continuidad en el procedimiento según la invención tal como se describió anteriormente, un tanque S1 para recoger el flujo de lixiviado que va a tratarse está previsto aguas arriba del turboconcentrador, en otras palabras entre el vertedero o la pila de fosfoyeso que constituye la fuente de un flujo 1 de lixiviado como tal y el turboconcentrador al que se envía el flujo 2 de lixiviado mencionado anteriormente como corriente de salida del tanque S1.

30 Preferiblemente, con el fin de corregir el pH desde un valor de menos de 3 que caracteriza al lixiviado como tal procedente del vertedero de fosfoyeso, hasta un valor comprendido entre 3 y 4, el flujo de lixiviado sometido al presente procedimiento se hace reaccionar en el tanque S1 de recogida con un segundo flujo 14a de hidróxido de calcio alimentado al mismo tanque S1.

Un segundo tanque S2 está previsto entre la columna D de condensación y la unidad G de filtración para recoger el lixiviado condensado y enfriado, en el ejemplo de la figura 1 el flujo indicado con 4.

35 También se envía preferiblemente al tanque S2 un flujo procedente de la segunda etapa de ósmosis inversa, en particular el flujo concentrado obtenido a partir de una segunda etapa de ósmosis inversa de este tipo, en el ejemplo de la figura el flujo indicado con 11.

Como corriente de salida del tanque S2 de recogida está por tanto el flujo 12 de lixiviado condensado mencionado anteriormente que se envía luego a la unidad G de filtración tal como se describió anteriormente, que se genera mediante el mezclado del flujo 4 de lixiviado condensado y enfriado con el flujo 11 de lixiviado concentrado obtenido a partir de la segunda etapa de ósmosis inversa.

40 Sin querer limitar el alcance de protección de la presente invención, el siguiente ejemplo numérico ilustra detalles adicionales de la presente invención y en qué manera el presente procedimiento puede implementarse en una realización preferida.

EJEMPLO

45 Se somete un flujo 1 de lixiviado procedente de un vertedero de fosfoyeso al procedimiento de tratamiento según la presente invención según lo que se ha descrito e ilustrado anteriormente en el ejemplo de la figura 1, obteniendo un flujo 10 de producto.

En particular, los valores numéricos de la carga contaminante y de algunos parámetros de procedimiento que caracterizan el flujo de lixiviado en las diversas etapas del procedimiento según la invención, tales como velocidad de flujo, pH, temperatura, cantidad de sólidos suspendidos, etc., se presentan en la siguiente tabla 1.

50 Debe observarse que para algunos productos químicos se muestra la cantidad total presente en el flujo de proceso entre las diversas etapas del procedimiento según la presente invención, como por ejemplo para el fósforo [P_{tot}], mientras que para el nitrógeno [N] se diferencia el nitrógeno nítrico del nitrógeno amoniacal.

Tabla 1

Flujo	1	2	3	4	5	6
Componente	Lixiviado como tal	Lixiviado + concentrado de la 1ª fase de ósmosis	Agua + condensado	Condensado tras enfriamiento en tanque de recogida	Lixiviado concentrado	Concentrado + cal entradas 5 + 14 del turborreactor
Velocidad de flujo (kg/h)	6167	7300	183126	7126	174	209
pH	2,18	3 – 4	3 – 4	3 – 4	3 – 4	7
Temperatura (°C)	20	22	55	30	80	25
Sólidos suspendidos (mg/kg)	25	23	< 5	< 5	900	747
N amoniacal (mg/kg)	430	364	1,90	1,90	15440	12816
N nítrico (mg/kg)	10	10	2,90	2,90	259	215
Cloruros (mg/kg)	3100	2855	385	385	55000	45655
Fluoruros (mg/kg)	830	810	180	180	23600	19130
Sulfatos (mg/kg)	3300	2788	1,60	1,60	74000	61427
P _{tot} (mg/kg)	4200	3548	0,90	0,90	110000	91310
Aluminio (mg/kg)	25	24			900	747
Arsénico (mg/kg)	0,60	0,5	0,0055	0,0055	28	23,2
Cadmio (mg/kg)	3,40	2,8	< 0,0055	< 0,0055	50	41,5
Calcio (mg/kg)	1130	955	< 0,1	< 0,1	21000	109600
Cromo VI (mg/kg)	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,5	< 0,5
Hierro (mg/kg)	62	52,8			2236	1856
Manganeso (mg/kg)	13	11			469	390
Mercurio (mg/kg)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,1	< 0,1
Res. a 105°C (%)	2,50				90	92

Tabla 1 continuación

Flujo	7	8	9	10	11	12
Componente	Permeado de la 1ª fase de ósmosis	Concentrado de la 1ª fase de ósmosis	Permeado de la 1ª fase de ósmosis tras neutralización	Permeado de la 2ª fase de ósmosis	Concentrado de la 2ª fase de ósmosis	Entrada a la 1ª fase de ósmosis: condensado + concentrado de la 2ª fase 4 + 11
Velocidad de flujo (kg/h)	6493	1133	6493,25	5993,25	500	7626
pH	3 – 4	4 – 5	6,50	6,5	6	3 – 4
Temperatura (°C)	30	30	30	30	30	30
Sólidos suspendidos (mg/kg)	1	4	0,5	0,0	2	4,8
N amoniacal (mg/kg)	< 0,1	6,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,6
N nítrico (mg/kg)	0,20	11	0,20	< 0,1	0,8	2,6
Cloruros (mg/kg)	92	1900	92	15	900	419
Fluoruros (mg/kg)	70	704	70	< 1,5	435	210
Sulfatos (mg/kg)	< 0,1	6	< 0,1	< 0,25	< 0,1	1,4
P _{tot} (mg/kg)	0,70	2	0,70	0,50	1,8	1
Aluminio (mg/kg)	0,90	20	0,90	< 0,20	1,4	5,1
Arsénico (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	< 0,01	0,005	0,005
Cadmio (mg/kg)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Calcio (mg/kg)	1,00	6,9	1,00	0,50	3,8	< 0,1
Cromo VI (mg/kg)	0,02	0,02	0,02	< 0,005	0,02	< 0,02
Hierro (mg/kg)	1,00	2,8	1,00	< 0,2	2,4	< 0,1
Manganeso (mg/kg)	0,30	0,75	0,30	< 0,05	0,8	< 0,1
Mercurio (mg/kg)	< 0,001	0,001	< 0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Res. a 105°C (%)						

Tabla 1 continuación

Flujo	13	14	15	16	18	19
Componente	Entrada a la 1ª fase de ósmosis	Cal para neutralización de concentrado	Aire de recirculación en bucle cerrado	Aire de recirculación precalentado en bucle cerrado	Agua de refrigeración de la torre	Agua de refrigeración que vuelve a la torre
Velocidad de flujo (kg/h)	7626	35	6000	6000	200.000	200.000
pH	3 – 4					
Temperatura (°C)	30	20	50	250	25	48,75
Sólidos suspendidos (mg/kg)	2					
N amoniacal (mg/kg)	1,6					
N nítrico (mg/kg)	2,6					
Cloruros (mg/kg)	419					
Fluoruros (mg/kg)	210					
Sulfatos (mg/kg)	1,4					
P _{tot} (mg/kg)	1					
Aluminio (mg/kg)	5,1					
Arsénico (mg/kg)	0,005					
Cadmio (mg/kg)	< 0,005					
Calcio (mg/kg)	2,30					
Cromo VI (mg/kg)	< 0,02					
Hierro (mg/kg)	1,4					
Manganeso (mg/kg)	0,0					
Mercurio (mg/kg)	< 0,001					
Res. a 105°C (%)						

Tabla 1 continuación

Flujo	20	22	23	24
Componente	Drenaje de torre de refrigeración	Sosa en la neutralización (sección de ósmosis)	Aire en el tratamiento con carbonos activos	Vapor de la torre de evaporación
Velocidad de flujo (kg/h)	9000	0,25	200	9000
pH				
Temperatura (°C)	25		50	30
Sólidos suspendidos (mg/kg)				
N amoniacal (mg/kg)			120	
N nítrico (mg/kg)				
Cloruros (mg/kg)				
Fluoruros (mg/kg)			2,3	
Sulfatos (mg/kg)				
P _{tot} (mg/kg)				
Aluminio (mg/kg)				
Arsénico (mg/kg)				
Cadmio (mg/kg)				
Calcio (mg/kg)				
Cromo VI (mg/kg)				
Hierro (mg/kg)				
Manganeso (mg/kg)				
Mercurio (mg/kg)				
Res. a 105°C (%)				

5 Con respecto a los aparatos individuales con los que se llevan a cabo las diversas etapas de procedimiento que caracterizan el presente procedimiento tal como se representa en la tabla 1 mencionada anteriormente, debe añadirse que la etapa de concentración se lleva a cabo en un turboconcentrador A hecho de aleación de acero inoxidable especial AISI 904, equipado con un rotor de paletas que se hace rotar a una velocidad periférica de aproximadamente 35 m/s.

10 La etapa de neutralización del flujo de lixiviado concentrado se lleva a cabo en un turborreactor C hecho de aleación especial AISI 904, cuyo rotor de paletas se hace rotar a una velocidad periférica preferida de aproximadamente 15 m/s.

La principal ventaja de la presente invención radica en la posibilidad de tener un método para tratar lixiviado procedente de un vertedero de fosfoyeso que permite obtener, como productos de proceso, un flujo de lixiviado concentrado, que consiste en la práctica en yeso naciente que puede apantallar la radiactividad del lixiviado

procedente del vertedero de fosfoyeso y que, además, también concentra en su interior los agentes contaminantes que consisten en metales pesados típicos de un lixiviado de este tipo, y un flujo de lixiviado permeado que consiste en la práctica en agua con características tales como que puede reutilizarse industrialmente en diversos procedimientos.

- 5 Básicamente, la presente invención hace posible reducir, si no eliminar realmente, el riesgo de contaminación debido al lixiviado generado mediante fosfoyeso, a través de un procedimiento que para la misma capacidad permite un ahorro de energía en comparación con procedimientos conocidos, lo que se traduce en un coste relacionado menor, y que al mismo tiempo es particularmente flexible con respecto a los flujos de proceso, tiempos y temperaturas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para tratar lixiviado procedente de un vertedero de fosfoyeso o de una pila de fosfoyeso que comprende las etapas de:

5 alimentar un flujo continuo de dicho lixiviado que tiene un contenido seco de menos del 5% en peso a un turboconcentrador que comprende un cuerpo tubular cilíndrico con eje horizontal, equipado con aberturas de entrada y salida, una camisa de calentamiento para llevar la pared interna del cuerpo tubular hasta una temperatura predeterminada, un rotor de paletas, soportado de manera rotatoria en el cuerpo tubular cilíndrico en el que se hace rotar a velocidades periféricas comprendidas entre 15 y 40 m/s para dispersar dicho flujo de lixiviado continuo en un flujo de partículas de lixiviado, en el que se centrifugan dichas partículas de lixiviado contra la pared interna calentada del turboconcentrador con formación de una capa de fluido tubular altamente turbulenta, dinámica, delgada, que avanza sustancialmente en contacto con dicha pared interna hacia dicha abertura de salida, desde la que se descarga de manera continua un flujo de lixiviado concentrado que tiene un contenido seco comprendido entre el 20% y el 95% en peso.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho flujo de lixiviado concentrado tiene un contenido seco de más del 75% en peso, preferiblemente comprendido entre el 80% y el 95% en peso, y un pH de menos de 4.
- 20 3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de alimentar dicho flujo de lixiviado concentrado a una unidad de separación, preferiblemente un hidrociclón, desde la que se descargan un flujo de lixiviado concentrado adicional y un flujo de lixiviado vaporizado.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho flujo de lixiviado concentrado se somete a una etapa de neutralización, preferiblemente con hidróxido de calcio Ca(OH)_2 .
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicha etapa de neutralización se lleva a cabo en un turborreactor que comprende un cuerpo tubular cilíndrico con eje horizontal, equipado con al menos una abertura de entrada para la introducción de dicho flujo de lixiviado concentrado, al menos una abertura de salida para la descarga de un flujo de lixiviado neutralizado, una camisa de calentamiento para llevar la pared interna del cuerpo tubular hasta una temperatura predeterminada, un rotor de paletas, soportado de manera rotatoria en el cuerpo tubular cilíndrico.
- 30 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, en el que se condensa dicho flujo de lixiviado vaporizado y se somete posteriormente a al menos una etapa de ósmosis inversa y preferiblemente a dos etapas de ósmosis inversa posteriores.
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que entre dichas dos etapas de ósmosis inversa se lleva a cabo una etapa de neutralización, preferiblemente con hidróxido de sodio, en un primer flujo de lixiviado permeado.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, en el que dicho flujo de lixiviado condensado, antes de dicha al menos una etapa de ósmosis inversa, se somete a una etapa de filtración, llevada a cabo preferiblemente con carbonos activos.

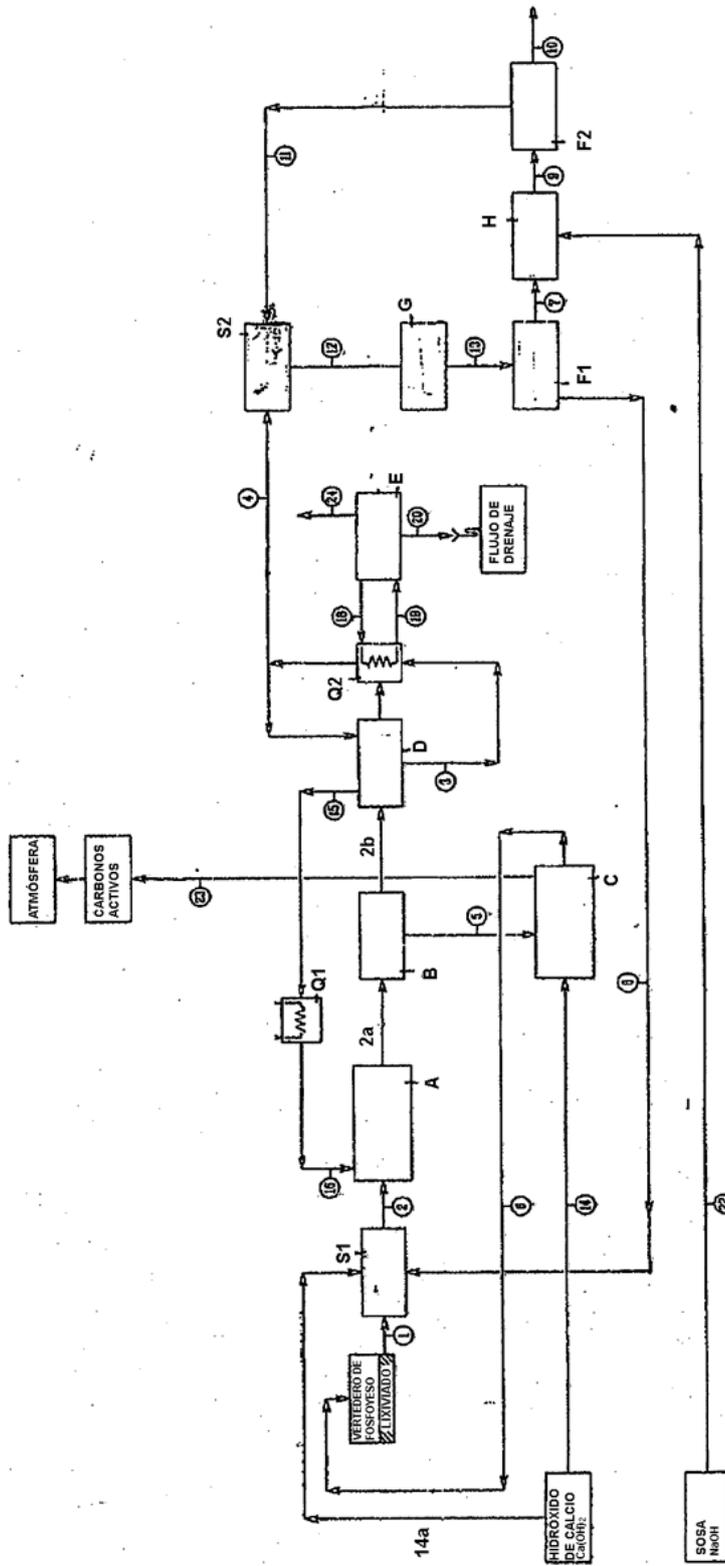


Fig. 1