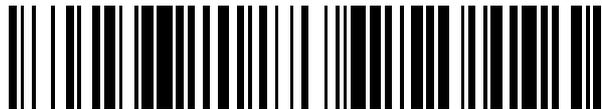


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 810 754**

51 Int. Cl.:

C03C 14/00 (2006.01)

C04B 32/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2016 PCT/GB2016/053946**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17103594**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2016 E 16816350 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3390321**

54 Título: **Proceso de tratamiento de bauxita, incluyendo el tratamiento de los residuos de bauxita para obtener un producto sólido**

30 Prioridad:

15.12.2015 GB 201522152

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

09.03.2021

73 Titular/es:

**PURGO GROUP LIMITED (100.0%)
Unit 1 Kings Close, Charfleets Industrial Estate,
Essex
Canvey Island SS8 0QZ, GB**

72 Inventor/es:

**BOWLES, JOHN;
SHANAHAN, DAVID;
JENNINGS, STEPHEN;
SALT, GEOFFREY y
SHERRY, JAMES PATRICK**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 810 754 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

Proceso de tratamiento de bauxita, incluyendo el tratamiento de los residuos de bauxita para obtener un producto sólido

5

CAMPO

La presente invención se refiere al tratamiento de residuos de bauxita y a la producción de productos sólidos a partir de los mismos. La presente invención también se refiere a la fabricación de productos de construcción tales como ladrillos, baldosas, paneles de construcción y otros materiales tales como agregados de alto rendimiento, agregados, balasto ferroviario, etc. a partir del tratamiento de residuo de bauxita.

Antecedentes

15 El residuo de bauxita, comúnmente conocido en la técnica como "barro rojo", es un subproducto de desecho sólido generado durante el proceso Bayer para la producción de alúmina a partir de lateritas. El proceso Bayer es el principal medio industrial para refinar la bauxita para producir alúmina. La alúmina es la principal materia prima para la producción de aluminio en todo el mundo (por ejemplo, mediante el proceso Hall-Heroult). Más del 95 % de la producción de alúmina se realiza a través del proceso Bayer.

20

Una planta de procesamiento de bauxita típica puede producir hasta el doble de barro rojo que la alúmina cuando se utiliza el proceso Bayer. La proporción de barro rojo producido depende de la mineralogía y/o el origen geográfico de la bauxita junto con las condiciones particulares de extracción utilizadas en el proceso Bayer. Una tendencia general muestra que, cada vez más, se está refinando una bauxita de menor calidad para producir alúmina a medida que disminuye la calidad/cantidad de las existencias mundiales de bauxita. El resultado es que cada vez se produce más residuo de bauxita por tonelada de alúmina producida.

25

El barro rojo comprende una mezcla de impurezas que contienen óxido sólido y metálico. El color rojo es causado, por ejemplo, por el hierro oxidado presente en el mismo. El valor de pH del barro rojo puede variar típicamente de 10 a 13. Este pH altamente alcalino puede tener un impacto perjudicial en el medio ambiente.

30

El barro rojo presenta un importante problema de eliminación ya que no puede eliminarse fácilmente. Por lo general, simplemente se bombea, como una suspensión, en estanques de retención (lagunas) donde se mantiene indefinidamente. Dicho barro rojo en las lagunas puede secarse y producir partículas de polvo aerotransportadas que no pueden ser fácilmente contenidas. Como consecuencia, las lagunas de barro rojo se mantienen húmedas. Además, si no se mantiene en un área de retención hermética, el lixiviado del barro rojo puede contaminar la capa freática.

35

Las estimaciones de la cantidad acumulada de barro rojo en todo el mundo indican hasta 3 gigatoneladas. Además, las estimaciones de la tasa de producción de residuos de bauxita sugieren una tasa actual de aproximadamente 140 megatoneladas anuales, y aumentan debido a las crecientes demandas mundiales de aluminio.

40

La invención tiene como objetivo abordar estas cuestiones.

Resumen

45

La invención proporciona un proceso que aprovecha un procedimiento de tratamiento de residuo de bauxita resultante del tratamiento de bauxita mediante el proceso Bayer para producir un producto sólido. El documento CN 103 319 150 A describe un procedimiento de tratamiento de residuos de bauxita mediante el cual se sinteriza un producto sólido. El procedimiento utilizado en el proceso según la invención comprende: mezclar una cantidad del residuo de bauxita con una cantidad de material de vidrio para formar una mezcla; comprimir la mezcla para formar un cuerpo verde; sinterizar el cuerpo verde (por ejemplo, preferentemente a una temperatura suficiente para fundir el material de vidrio); y enfriar el cuerpo verde sinterizado para producir así el producto sólido. Se ha descubierto que esto proporciona un cuerpo sólido en el que es menos peligroso de lo que lo es el residuo de bauxita utilizado para fabricarlo. El término "peligroso" puede definirse según la norma de Prueba de Criterios de Aceptación de Residuos BS EN 12457.

55

Tabla 1: Criterios de aceptación de residuos de vertederos

<i>(Valores límite de BS EN 12457-3 (mg/kg) a L:S 10:1)</i>					
Elemento	Residuos inertes (mg/kg)	Estable peligrosos reactivos y residuos no peligrosos conjuntamente con SNRHW (mg/kg)	Residuos estables no eliminados (mg/kg)	Residuos peligrosos (mg/kg)	*Inadecuado para la eliminación de residuos que DEBEN ser procesados (mg/kg)
Arsénico como As	0,5	2		25	>25
Bario como Ba	20	100		300	>300
Cadmio como Cd	0,04	1		5	>5
Cromo como Cr	0,5	10		70	>70
Cobre como Cu	2	50		100	>100
Mercurio como Hg	0,01	0,2		2	>2
Molibdeno como Mo	0,5	10		30	>30
Níquel como Ni	0,4	10		40	>40
Plomo como Pb	0,5	10		50	>50
Antimonio como Sb	0,06	0,7		5	>5
Selenio como Se	0,1	0,5		7	>7
Cinc como Zn	4	50		200	>200
Cloruro como Cl	800	15000		25000	>25000
Fluoruro como F	10	150		500	>500
Sulfato como SO ₄ ²⁻	1000	20000		50000	>50000
Sólidos disueltos totales (TDS)	4000	60000		100000	>100000
Índice de fenol	1				
Carbono orgánico disuelto (DOC)	500	800		1000	>1000

*Columna añadida por el solicitante: el material que excede el umbral de prueba WAC para "desechos peligrosos" por definición debe procesarse para ser aceptado para su eliminación en vertedero.

Estos Criterios de aceptación de residuos (WAC (Waste Acceptance Criteria)) son aquellos que deben cumplirse antes de la eliminación de un producto de desecho en un vertedero, y proporcionan un procedimiento objetivo útil para definir y analizar la reducción del peligro en los residuos de bauxita que se puede lograr según la presente invención.

5 Debe entenderse que la presente invención no necesita satisfacer la norma de prueba WAC BS EN 12457 en términos de reducir el residuo de bauxita de ser descrito como "peligroso" a algo no peligroso (por ejemplo, "desechos inertes"), pero se ha descubierto que la presente invención puede al menos reducir el número de elementos componentes dentro del residuo de bauxita que de otro modo se clasificaría como "Peligroso" y, en realizaciones preferidas, puede hacer que los desechos de bauxita sean totalmente no peligrosos ("Inertes") según la norma de prueba WAC BS EN 12457.

10

En una realización preferida, el producto sólido puede ser estable (por ejemplo, "Desechos peligrosos estables no reactivos y residuos no peligrosos eliminados conjuntamente con SNRHW" según la BS EN 12457) con respecto a su contenido de uno o más de (o todos) los siguientes materiales: arsénico, mercurio, molibdeno, cromo, plomo, cadmio, selenio, cloruro. "Los residuos peligrosos estables no reactivos y los residuos no peligrosos eliminados conjuntamente con SNRHW" a veces se denominan "estables no reactivos/no peligrosos".

15

En una realización preferida, el producto sólido puede ser inerte (por ejemplo, "Desechos inertes" según la BS EN 12457) con respecto a su contenido de uno o más de (o todos) los siguientes materiales: arsénico, mercurio, molibdeno, cromo, plomo, cadmio, selenio, cloruro.

20

Preferentemente, la mezcla está en forma líquida acuosa, tal como una suspensión. El material de vidrio se puede añadir al residuo de bauxita cuando el residuo de bauxita está en una forma líquida acuosa, tal como una suspensión. El vidrio se puede añadir en forma de particulado (por ejemplo, vidrio esmerilado). El vidrio esmerilado puede comprender partículas de un diámetro medio de partícula que no exceda aproximadamente 100 μm (por ejemplo, menos de 75 μm). El material de vidrio puede comprender un vidrio de silicato, que opcionalmente también puede comprender vidrio de borosilicato. Por ejemplo, el vidrio de silicato puede ser un vidrio de cal sodada. Esto puede ser, pero sin limitación, vidrio de posconsumo. El vidrio de cal sodada (a veces denominado en forma abreviada: "vidrio de sosa") es la forma más común de vidrio producido. Se compone de aproximadamente el 65 % - 75 % de sílice (dióxido de silicio, SiO_2), aproximadamente el 12 % - 18 % de sosa (óxido de sodio, Na_2O), y aproximadamente el 5 % - 12 % de cal (óxido de calcio, CaO), con mucha menos cantidad de diversos otros compuestos. La sosa sirve como flujo para bajar la temperatura a la que se derrite la sílice, y la cal actúa como estabilizador de la sílice. El vidrio de cal sodada es económico, químicamente estable, razonablemente duro, y extremadamente viable porque es capaz de volver a ablandarse varias veces.

25

30

35 El proceso de sinterización permite que los átomos en los materiales dentro del cuerpo verde se difundan a través de los límites de las partículas, fusionando entre sí las partículas y creando una pieza sólida. Se postula (pero no se afirma) que el vidrio añadido dentro de la mezcla utilizada para formar el cuerpo verde facilita esta fusión. Puede fusionarse íntimamente con los materiales componentes del residuo de bauxita para hacerlos menos peligrosos. Se postuló que el material de vidrio fundido puede fluir hacia huecos dentro del cuerpo verde, mejorando así la interacción con partículas/granos de residuos de bauxita. Dichos movimientos de masa pueden reducir la porosidad total del producto sólido sinterizado. El transporte de material puede producirse debido a la evaporación y condensación de la difusión. Los átomos metálicos pueden moverse a lo largo de los límites de los cristales hacia las paredes de los poros internos, redistribuyendo la masa de la masa interna (residuo de bauxita) del objeto y entrando en los poros, donde el vidrio fundido puede estar presente. La tensión superficial puede ser la fuerza impulsora de este movimiento. Además, puede haber cambios mineralógicos, recristalizando los minerales preexistentes para formar fases más grandes, de mayor temperatura y mayor presión debido a la sinterización y la compresión.

40

45

La temperatura de sinterización puede ser una temperatura de entre aproximadamente 800 °C y aproximadamente 1400 °C. La temperatura de sinterización se puede ajustar según la composición y la mineralogía del residuo de bauxita, para optimizar el proceso de tratamiento según se desee. Se ha encontrado que al aumentar la temperatura de sinterización, el contenido de vidrio amorfo del producto sólido resultante aumenta y el contenido de hematita dentro del producto sólido resultante cae significativamente en comparación con el contenido de hematita del residuo de bauxita dentro del cuerpo verde presinterizado. Preferentemente, la temperatura de sinterización es una temperatura de al menos aproximadamente 1100 °C, y puede ser una temperatura de entre aproximadamente 1100 °C y aproximadamente 1400 °C. Durante la etapa de sinterización, se ha encontrado que la conversión en un vidrio amorfo del contenido de hematita dentro del componente de residuo de bauxita del cuerpo verde, se mejora significativamente a dichas temperaturas de sinterización. Se ha encontrado que el vidrio amorfo resultante de esto ayuda a mejorar la resistencia, la durabilidad y la calidad del producto sólido resultante del proceso de tratamiento.

50

55

60 La sinterización puede tener lugar durante un periodo de tiempo de entre aproximadamente media hora y

- aproximadamente 12 horas. El periodo de tiempo puede variar según la masa del cuerpo verde resultante de la etapa de compresión, y/o el volumen/tamaño del cuerpo verde resultante de la etapa de compresión. Por ejemplo, el cuerpo verde resultante de la etapa de compresión puede comprender un gránulo que tiene una masa entre aproximadamente 20 g y aproximadamente 100 g, y el periodo de sinterización puede ser entre aproximadamente media hora y
- 5 aproximadamente 2 horas, por consiguiente. Para un cuerpo verde más grande o masivo, el periodo de sinterización puede ser concomitantemente más largo. Por ejemplo, el cuerpo verde resultante de la etapa de compresión puede comprender un ladrillo (o elemento tipo briqueta) que tiene una masa de entre aproximadamente 100 g y aproximadamente 500 g, y el periodo de tiempo de sinterización puede ser entre aproximadamente 2 horas y aproximadamente 12 horas, por consiguiente. Cuanto más pequeño es el ladrillo (por ejemplo, de tipo briqueta; por
- 10 ejemplo, de aproximadamente 100 g a aproximadamente 200 g en masa), más corto es el periodo de tiempo de sinterización requerido (por ejemplo, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 4 horas), y cuando más grande es el ladrillo (por ejemplo, de aproximadamente 200 g a aproximadamente 500 g) mayor será el tiempo de sinterización (por ejemplo, de aproximadamente 4 horas a aproximadamente 12 horas). El periodo de tiempo de sinterización se puede ajustar según la composición y la mineralogía del residuo de bauxita, para optimizar el proceso de tratamiento
- 15 según se desee. Por ejemplo, el periodo de tiempo de sinterización se puede ajustar según la cantidad o proporción del óxido de hierro mineral dentro del residuo de bauxita (Explicación: la hematita da el color rojo que se pierde después de la sinterización, por lo que se postula que la presencia de hematita se cambia a un óxido de hierro menos oxidado tal como magnetita, mientras que la goethita (hidróxido de hierro) también puede modificarse).
- 20 La etapa de compresión comprende preferentemente comprimir la mezcla bajo una presión de compresión de al menos aproximadamente 10 MPa. La presión de compresión puede ser una presión dentro del intervalo de aproximadamente 10 MPa a aproximadamente 400 MPa. Por ejemplo, la presión de compresión puede ser igual o superior a aproximadamente 10 MPa, o aproximadamente 15 MPa, o aproximadamente 20 MPa, o aproximadamente 30 MPa o aproximadamente 50 MPa, o aproximadamente 100 MPa, o aproximadamente 200 MPa, o aproximadamente 300 MPa,
- 25 o aproximadamente 400 MPa. Por ejemplo, la presión de compresión puede ser igual o inferior a aproximadamente 10 MPa, o aproximadamente 15 MPa, o aproximadamente 20 MPa, o aproximadamente 30 MPa o aproximadamente 50 MPa, o aproximadamente 100 MPa, o aproximadamente 200 MPa, o aproximadamente 300 MPa, o aproximadamente 400 MPa. La presión de compresión puede estar dentro de un intervalo de presiones que tienen límites inferiores y superiores seleccionados, respectivamente, de cualquiera de los ejemplos anteriores. La presión
- 30 de compresión se puede aplicar presionando una cantidad de la mezcla. Se puede aplicar colocando una cantidad de la mezcla en un molde y presionando la mezcla dentro del molde. Esto puede producir un cuerpo verde conformado, listo para sinterizar.
- Se ha encontrado que la compresión apropiada de la mezcla de material de vidrio y residuo de bauxita, para formar el
- 35 cuerpo verde, puede mejorar la capacidad del tratamiento para proporcionar un producto sólido que sea menos peligroso que el residuo de bauxita. Se cree que el acto de compresión redujo la porosidad del cuerpo verde, que es resultado de la compresión, y aumenta así la interfaz/contacto entre el material de vidrio añadido y el residuo de bauxita dentro del cuerpo verde. Se cree que esto puede mejorar la eficacia con la que estos dos materiales constituyentes interactúan durante el proceso de sinterización, para hacer que el producto sólido resultante sea menos peligroso que
- 40 el residuo de bauxita inicial.
- Si la mezcla está en una forma líquida acuosa, tal como una suspensión, preferentemente la suspensión de la mezcla se deshidrata a presión para producir una torta compactada o comprimida a partir de la cual se forma el cuerpo verde, o que proporciona directamente el cuerpo verde. La suspensión de la mezcla puede deshidratarse usando un filtro
- 45 prensa para el procesamiento de separación sólido/líquido usando presión. El filtro prensa puede disponerse para conducir la suspensión de la mezcla dentro del filtro prensa a una presión de entre aproximadamente 2,5 atm y aproximadamente 4 atm. El resultado es exprimir el agua de la suspensión, dejando atrás un cuerpo compacto y comprimido de material deshidratado conocido en la técnica como "torta" o "torta de filtro".
- 50 El procedimiento puede incluir la manipulación del material de torta para formar un cuerpo verde, o una multitud de cuerpos verdes. Esto puede comprender forzar el material de torta a través de una boquilla de extrusión de un aparato extrusor. La torta se somete a presión de compresión en el proceso. A continuación, la torta extruida y compactada se puede cortar en porciones, definiendo cada una un cuerpo verde para sinterizar. Se puede posicionar una fresa giratoria adyacente a la salida de la boquilla de extrusión para cortar la salida de la torta extruida desde la misma, para
- 55 este propósito.
- La manipulación del material de torta puede comprender colocar la torta en un transportador y transportar la torta en bruto a una fresa para cortar la torta en porciones del tamaño y forma deseados. Cada porción de corte puede proporcionar de este modo un cuerpo verde para sinterización. El corte puede implementarse cortando el material de
- 60 torta usando una o más cuchillas de fresa, cada una dispuesta sobre un transportador para ejecutar un movimiento

- alternativo para cortar el material de torta transportado en porciones. Como alternativa, se puede emplear una rueda de fresa giratoria que comprende una rueda circular posicionada sobre una superficie del transportador de modo que el material de torta sea transportado hacia abajo por el transportador. La circunferencia de la rueda de fresa giratoria puede presentar una serie de filos cortantes o cuchillas que se extienden radialmente y que se disponen en una
- 5 disposición regular a lo largo de la misma. Estos filos cortantes se pueden dimensionar de manera periódica para oscular con la superficie del transportador a medida que se gira la cuchilla giratoria en uso. Preferentemente, el filo cortante osculante se controla para que tenga una velocidad que coincida sustancialmente con la de la superficie del transportador que lleva el material de torta.
- 10 Se puede proporcionar un espacio entre los filos cortantes vecinos para definir un volumen rebajado que defina un molde o una prensa para alojar porciones del material de torta transportado. De este modo, el molde/prensa puede cortar y presionar el material de torta. Un filo cortante de la fresa giratoria puede ser un borde cerrado que define un perímetro cerrado que rodea el volumen rebajado.
- 15 Cualquiera de estas operaciones de corte se puede aplicar al material de torta cortada extruida, o al material de torta en bruto directamente desde un filtro prensa.

La cantidad de residuo de bauxita está preferentemente entre aproximadamente el 90 % en peso y aproximadamente el 99,5 % en peso de la mezcla resultante, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante. La cantidad de

20 material de vidrio está preferentemente entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 0,5 % en peso de la mezcla resultante, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante.

El material de vidrio puede comprender granos de vidrio de un tamaño/diámetro medio de partícula que no exceda aproximadamente 200 μm , o más preferentemente de tamaño medio de partícula que no exceda aproximadamente

25 100 μm , o más preferentemente de tamaño medio de partícula que no exceda aproximadamente 75 μm , o todavía más preferentemente de tamaño medio de partícula que no exceda aproximadamente 65 μm . Este control del tamaño de partícula de vidrio ayuda a mejorar la mezcla íntima que se formará preferentemente entre los granos de vidrio añadidos y el residuo de bauxita al que se añade. El tamaño medio de partícula puede medirse usando un instrumento de difracción láser tal como está fácilmente disponible para el experto para tal fin, o puede controlarse usando técnicas

30 de tamizado de partículas en la técnica (por ejemplo, controlar/aplicar un medidor de tamiz apropiado para eliminar partículas/tamaños no adecuados).

El procedimiento puede incluir formar una pasta acuosa que comprende la mezcla, donde el residuo de bauxita y la cantidad de material de vidrio se mezclan sustancialmente de manera homogénea en toda la pasta, y la compresión

35 comprende comprimir la pasta acuosa. Esto proporciona una mezcla íntima de granos de residuos de bauxita y granos del material de vidrio, lo que a su vez mejora la interacción entre los dos según los procesos que ocurren durante la sinterización que dan como resultado un producto sólido de menor nivel de riesgo ambiental que el asociado con el residuo de bauxita no tratado.

El procedimiento puede incluir mezclar una cantidad de finos con la cantidad de residuo de bauxita y la cantidad de material de vidrio para formar así la mezcla, donde los finos son el resultado de la trituración de dicho producto sólido. De esta manera, el resultado del tratamiento se puede utilizar como ingrediente para el mismo tratamiento de

40 cantidades posteriores de residuos de bauxita. Se ha encontrado que el producto sólido resultante de este tratamiento comprende una mayor proporción de material vítreo amorfo (en relación con el residuo de bauxita no tratado) que se

45 ha encontrado que es adecuado para ayudar al propio proceso de tratamiento.

La cantidad de residuo de bauxita puede estar entre aproximadamente el 90 % en peso y aproximadamente el 95 % en peso de la mezcla resultante sobre una base en peso seco de la mezcla resultante, y la cantidad de material de vidrio y finos puede estar comprendida dentro del material que constituye el resto de la mezcla. La cantidad de material

50 de vidrio puede estar entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 0,5 % en peso de la mezcla resultante, y la cantidad de finos puede estar entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 1 % en peso de la mezcla resultante sobre una base en peso seco de la mezcla resultante, y la cantidad de residuo de bauxita puede estar comprendida dentro del material que constituye el resto de la mezcla.

El procedimiento puede comprender mezclar una cantidad de cal (CaO) con la cantidad de bauxita y la cantidad de material de vidrio para formar la mezcla.

La cantidad de cal puede ser cal sustancialmente pura, si se desea, o más comúnmente puede ser un material rico en cal. Una fuente adecuada y fácilmente disponible de cal para proporcionar la cantidad de cal para este propósito, es

60 la ceniza (por ejemplo, cenizas volantes) resultante de los procesos de control de la contaminación del aire, tales como

los residuos de control de la contaminación del aire (APCR (Air Pollution Control Residues)). Estos residuos son el resultado de, por ejemplo, incineración de desechos sólidos municipales mediante lo cual se crean y capturan grandes volúmenes de cenizas y residuos de cenizas volantes por los sistemas de control de la contaminación del aire (APC). Los residuos del control de la contaminación del aire (APC) de las instalaciones de incineración de desechos existen

5 en una serie de variedades diferentes dependiendo del tipo de incinerador y el tipo de equipo de limpieza de gases de combustión instalado. La composición química de los residuos también depende de los residuos incinerados. Típicamente, sin embargo, los residuos de APC son un polvo de grano muy fino. Hay dos tipos principales de sistemas APC: i) inyección de cal húmeda, y ii) inyección de cal seca o semiseca. En estos sistemas, la cal se inyecta en el gas de combustión del incinerador, ya sea en forma seca o en suspensión. Esto se hace para neutralizar los componentes

10 ácidos en el gas de combustión. Las cenizas volantes, los productos de reacción y la cal sin reaccionar generalmente se eliminan en los filtros. En general, los residuos de APC de la incineración de desechos sólidos municipales consisten en cenizas, carbono y cantidades significativas de cal sin reaccionar. Por lo tanto, el exceso de cal está presente en los residuos de APC.

15 La incineración de desechos municipales produce residuos que están típicamente contaminados con compuestos nocivos. Debido a las temperaturas extremadamente altas a las que se produce la incineración de los desechos sólidos municipales (típicamente aproximadamente 1000 °C), existe una disociación casi completa de los compuestos orgánicos y la volatilización de algunas especies de metales. Los lixiviados de estos residuos pueden contener altas concentraciones de sales y metales traza incluyendo (pero sin limitación) aluminio, plomo, cromo y cinc. Los cloruros

20 pueden representar una fracción soluble significativa de esta ceniza volante. Por consiguiente, la ceniza volante de APCR presenta un riesgo de contaminación si se eliminan en contacto con el agua subterránea. La ceniza volante se considera un desecho peligroso (o peor) que requiere almacenamiento en minas abandonadas subterráneas o en vertederos especiales. La ceniza volante puede tratarse antes de su eliminación si se va a eliminar como un material no peligroso, sin embargo, hay una falta de medios ambientalmente aceptables para eliminar los APCR. Por lo tanto,

25 el uso de APCR para proporcionar una cantidad de cal (aunque de una fuente impura) en la presente invención, puede proporcionar un medio para eliminar los contaminantes en los APCR encapsulándolos en el producto sólido resultante producido por el proceso de tratamiento descrito en esta invención. La mezcla mencionada anteriormente de una cantidad de cal (CaO) con la cantidad de bauxita y la cantidad de material de vidrio puede formar así la mezcla mencionada que, por lo tanto, también se combina con los contaminantes/componentes restantes (por ejemplo, ceniza,

30 metales, etc.) de los APCR. La adición de cal puede ayudar con algunas fuentes de residuos de bauxita, ya que puede formar complejos con algunos metales pesados (incluido el arsénico) y esto puede ayudar a reducir la cantidad de dichos metales pesados a niveles inertes dentro del producto del proceso descrito en esta invención.

La cantidad de residuo de bauxita puede estar entre aproximadamente el 85 % o el 90 % en peso y aproximadamente el 99,5 % en peso de la mezcla resultante y la cantidad de material de vidrio y cal combinados puede estar entre

35 aproximadamente el 10 % o el 15 % en peso y aproximadamente el 0,5 % en peso de la mezcla resultante, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante. La cantidad de cal puede estar entre aproximadamente el 0,5 % en peso y aproximadamente el 5 % en peso de la mezcla resultante, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante. La cantidad de material de vidrio puede estar entre aproximadamente el 1 % en peso y aproximadamente el 10 % o el

40 15 % en peso de la mezcla resultante sobre una base en peso seco de la mezcla resultante.

La cantidad de residuo de bauxita puede estar entre aproximadamente el 85 % o el 90 % en peso y aproximadamente el 95 % en peso de la mezcla resultante, con el material de vidrio, finos y cal comprendidos dentro del resto de la mezcla, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante. La cantidad de material de vidrio puede estar entre

45 aproximadamente el 10 % o el 15 % en peso y aproximadamente el 0,5 % en peso de la mezcla resultante, y la cantidad de cal puede estar entre aproximadamente el 0,5 % en peso y aproximadamente el 5 % en peso de la mezcla resultante, y la cantidad de finos puede estar entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 1 % en peso de la mezcla resultante sobre una base en peso seco de la mezcla resultante. El residuo de bauxita puede constituir el resto de la mezcla.

50 La invención proporciona un proceso de tratamiento de bauxita que comprende: recibir bauxita; medir la proporción de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida, siendo la una o más sustancias objetivo una o más sustancias seleccionadas de entre: arsénico (As), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), selenio (Se), cloruro (Cl⁻); procesar la bauxita recibida según un proceso Bayer de

55 tratamiento de bauxita y a partir del mismo producir un residuo de bauxita; tratar el residuo de bauxita según el procedimiento de tratamiento descrito anteriormente, donde la cantidad de material de vidrio, y/o la temperatura de sinterización, y/o el periodo de tiempo de sinterización se determinan según la proporción medida de una o más sustancias objetivo (por ejemplo, elementos) dentro de la composición química de la bauxita recibida.

60 La cantidad de material de vidrio se determina preferentemente según la proporción medida de una o más sustancias

objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida. La presión de compresión aplicada para formar el cuerpo verde y/o la temperatura de sinterización y/o el periodo de tiempo de sinterización pueden determinarse según la proporción medida de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.

- 5 La cantidad de finos se determina preferentemente según la proporción medida de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida. La cantidad de finos se determina preferentemente según la proporción medida de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.

- 10 En un tercer aspecto, la invención puede proporcionar un producto sólido producido según un procedimiento según la invención en su primer aspecto como se ha descrito anteriormente, o según el proceso de la invención en su segundo aspecto como se ha descrito anteriormente. El producto sólido puede ser estable (por ejemplo, "Desechos peligrosos estables no reactivos y residuos no peligrosos eliminados conjuntamente con SNRHW" según la BS EN 12457) con respecto a su contenido de uno o más de (o todos) los siguientes materiales: arsénico, mercurio, molibdeno, cromo, plomo, cadmio, selenio, cloruro. El producto sólido puede ser inerte (por ejemplo, "Desechos inertes" según la BS EN 12457) con respecto a su contenido de uno o más de (o todos) los siguientes materiales: arsénico, mercurio, molibdeno, cromo, plomo, cadmio, selenio, cloruro.

20 El término "vidrio" se refiere a un sólido que posee una estructura no cristalina (es decir, amorfa) y que exhibe una transición vítrea cuando se calienta hacia el estado líquido.

El término "cuerpo verde" se refiere a un objeto cuyo constituyente principal es un material particulado débilmente unido (por ejemplo, material cerámico), que puede estar en forma de polvo o granos unidos o comprimidos, antes de que se haya sinterizado. Este es un término común utilizado por los expertos en la técnica.

- 25 El término "aproximadamente" cuando se usa en esta memoria descriptiva se refiere a una tolerancia de $\pm 10\%$ del valor establecido, es decir, aproximadamente el 50 % abarca cualquier valor en el intervalo del 45 % al 55 %. En realizaciones adicionales, "aproximadamente" se refiere a una tolerancia de $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 0,2\%$ o el 0,1 % del valor establecido.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra esquemáticamente las principales etapas de procesamiento en el proceso Bayer para la producción de alúmina a partir de bauxita;

- 35 la figura 2 ilustra gráficamente la composición química típica del residuo de bauxita producido como un subproducto del proceso Bayer de la figura 1;

la figura 3 ilustra gráficamente la composición mineral típica del residuo de bauxita producido como un subproducto del proceso Bayer de la figura 1;

- 40 la figura 4 ilustra esquemáticamente un procedimiento para procesar residuo de bauxita según una realización de la invención;

- 45 la figura 5 ilustra esquemáticamente otro procedimiento para procesar residuo de bauxita según una realización de la invención;

la figura 6 muestra el cambio en la mineralogía de un producto sólido sinterizado según algunas realizaciones de ejemplo de la invención;

- 50 la figura 7 muestra gráficamente un proceso de formación de vidrio amorfo a partir de hematita;

las figuras 8A, 8B y 8C muestran ejemplos de una interfaz gráfica de usuario según una realización de la invención;

- 55 la figura 9 ilustra esquemáticamente un procedimiento para procesar residuo de bauxita según una realización de la invención;

la figura 10 muestra esquemáticamente un filtro prensa para formar un cuerpo verde mediante un proceso de separación líquido/sólido de una suspensión espesa según una realización de la invención;

- 60 la figura 11A muestra esquemáticamente un proceso para formar un cuerpo verde conformado por extrusión de

una torta producida, por ejemplo, por el filtro prensa de la figura 10;

la figura 11B muestra esquemáticamente un proceso para formar un cuerpo verde conformado cortando una torta producida, por ejemplo, por el filtro prensa de la figura 10;

5

la figura 11C muestra esquemáticamente un proceso para formar un cuerpo verde conformado presionando/moldeando y cortando una torta producida, por ejemplo, por el filtro prensa de la figura 10.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES

10

La figura 1 ilustra esquemáticamente las principales etapas de tratamiento en el conocido proceso Bayer para procesar bauxita para producir alúmina. El proceso comienza con el suministro de materia prima de bauxita. Esta se extrae usando una cantidad de hidróxido de sodio en un proceso de lixiviación a presión a temperatura elevada. La salida del proceso de lixiviación a presión/temperatura elevada es aluminato de sodio. La mezcla se somete a un proceso de separación sólido/líquido que produce un residuo sólido (suspensión) de bauxita (barro rojo) que debe eliminarse o gestionarse como producto residual según los procedimientos de procesamiento actuales en la técnica. También se produce por el proceso de separación sólido/líquido una cantidad de líquido de aluminato de sodio útil al que se añaden cristales de hidróxido de aluminio y la mezcla se deja enfriar, lo que da como resultado que una cantidad adicional de hidróxido de aluminio precipite de la mezcla. A continuación, el sólido se separa del licor de aluminato de sodio usado por filtración. La salida de este proceso de filtración es hidróxido de aluminio $[\text{Al}(\text{OH})_3]$, y a continuación puede venderse tal cual, o secarse o calcinarse para dar óxido de aluminio. El licor gastado se retroalimenta al proceso, se mezcla con bauxita y el proceso se repite. Se pueden añadir cantidades adicionales de hidróxido de sodio. Es por este proceso Bayer básico que el residuo de bauxita se produce en grandes cantidades.

15

25 Las composiciones químicas "promedio" y mineralógicas "promedio" del residuo de bauxita se ilustran gráficamente en las figuras 2 y 3. La abreviatura LOI (Lost On Ignition) se refiere a "pérdida por ignición" y representa carbono orgánico e inorgánico y agua que pueden estar químicamente unidos en los minerales constituyentes. Gran parte, o la mayor parte, del sodio y gran parte del calcio están presentes como resultado del tratamiento de la bauxita original con sosa cáustica y cal en el proceso Bayer descrito anteriormente. Las composiciones químicas se determinan típicamente mediante un proceso bien conocido de fluorescencia de rayos X (XRF) tal como es bien conocido y está fácilmente disponible para el experto. Las composiciones mineralógicas se determinan típicamente mediante un proceso bien conocido de difracción de polvo de rayos X (XRD de polvo) tal como se conoce bien y está fácilmente disponible para el experto.

30

35 Las composiciones químicas y mineralógicas de cualquier residuo de bauxita dado dependen sensiblemente de la mineralogía de la ubicación geológica de la cual se extrajo la bauxita inicial, así como de los parámetros específicos empleados en el proceso Bayer aplicado a esa bauxita que da como resultado el residuo de bauxita en cuestión. La composición depende de la mineralogía de las rocas originales y del régimen climático que ha inducido los procesos de alteración descritos como laterización para formar lo que se conoce como la "bauxita inicial".

40

La presente invención se aplica preferentemente a residuos de bauxita que comprenden la siguiente especificación química genérica para sus constituyentes principales:

Fe_2O_3 -	de aproximadamente el 15 % a aproximadamente el 55 %
Al_2O_3 -	de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 30 %
TiO_2 -	de aproximadamente el 4 % a aproximadamente el 20 %
CaO -	de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 14 %
SiO_2 -	de aproximadamente el 3 % a aproximadamente el 30 %
Na_2O -	de aproximadamente el 0,5 % a aproximadamente el 10 %

45 Además, los principales componentes mineralógicos podrían ser normalmente:

Sodalita	- de aproximadamente el 4 % a aproximadamente el 40 %
Goethita	- de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 30 %
Hematita	- de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 30 %
Magnetita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 8 %

Sílice (cristalina y amorfa)	- de aproximadamente el 3 % a aproximadamente el 20 %
Aluminato de calcio	- de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 20 %
Boehmita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 20 %
Dióxido de titanio, anatasa y rutilo	- de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 15 %
Moscovita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 15 %
Calcita	- de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 20 %
Caolinita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 5 %
Gibbsita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 5 %
Perovskita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 12 %
Cancrinita	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 50 %
Díásporo	- de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 5 %

La figura 4 ilustra esquemáticamente una secuencia de etapas en el procedimiento para el tratamiento del residuo de bauxita resultante de un proceso de tratamiento de bauxita, según una realización preferida de la presente invención.

- 5 El proceso comienza con la provisión de una cantidad de residuo de bauxita (1) junto con la provisión de una cantidad de partículas de vidrio (2) tales como partículas de vidrio de cal sodada aproximadamente micronizadas. Cantidades adecuadas de estos materiales iniciales se combinan (3) en una pasta acuosa y se mezclan hasta que la pasta acuosa comprende una mezcla sustancialmente homogénea tanto de partículas de residuos de bauxita como de partículas de vidrio.
- 10 La pasta acuosa se coloca a continuación en un molde de una forma adecuada o deseada (por ejemplo, un bloque o una forma de ladrillo) y se comprime mediante la aplicación (4) de una presión de compresión. A continuación, el bloque de mezcla comprimido se sinteriza (5) calentando el bloque a una temperatura que tiene un valor dentro del intervalo de 800 °C a 1400 °C durante un periodo de entre 0,5 horas y 12 horas. El resultado (6) de este proceso de
- 15 sinterización es un bloque sólido de mezcla sinterizada en el que los metales contaminantes peligrosos se convierten significativa o sustancialmente por completo en menos peligrosos (o inertes) dentro de una matriz de vidrio y se recrystalizan los minerales formados durante este proceso de sinterización que impregna sustancialmente todo el bloque sinterizado.
- 20 Se ha encontrado que la optimización de este proceso se puede lograr añadiendo opcionalmente (2) cantidades adecuadas de finos/partículas de material (8) que se producen por la molienda (7) de bloques del material sólido producido por el proceso de sinterización descrito anteriormente. Opcionalmente, en esta etapa, se puede añadir cal (8) a la pasta acuosa (3) junto con, o en lugar de, los finos, si se desea. De esta manera, el producto del proceso de la invención puede usarse como una entrada de semilla en el propio proceso para optimizar los resultados logrados.
- 25 La figura 5 ilustra esquemáticamente una aplicación del proceso descrito con referencia a la figura 4 junto con el procesamiento de bauxita según las metodologías de procesamiento Bayer existentes. Como se ha analizado anteriormente con referencia a la figura 1, el proceso Bayer comienza con la provisión y la entrada de materia prima de bauxita (10). En esta etapa inicial, el procedimiento según la invención en la realización mejorada de la figura 5
- 30 incluye la etapa inicial de medir la composición del material de bauxita de entrada (10) para determinar la proporción (por ejemplo, % en peso) de contaminantes de metal objetivo dentro de la bauxita de entrada.
- Se ha encontrado que diferentes contaminantes de metal objetivo que requieren una reducción de toxicidad dentro de los productos sinterizados sólidos (por ejemplo, bloques) producidos según la invención, pueden estar mejor
- 35 contenidos y volverse inertes si el proceso global se adapta/optimiza según el metal objetivo en cuestión. El resultado del proceso de medición del metal objetivo (11) se transmite a una unidad de control que contiene una base de datos adecuada (por ejemplo, Tabla de búsqueda) de parámetros de control de proceso para su uso en el proceso de tratamiento de residuos de bauxita posterior (13). Cada parámetro de control de proceso se corresponde con una proporción particular (por ejemplo, % en peso) de contaminante de metal objetivo dentro de la bauxita de entrada. Los
- 40 parámetros de control de proceso incluyen la cantidad relativa de residuo de bauxita y material de vidrio (por ejemplo, partículas de vidrio de cal sodada), la cantidad opcional de aditivos adicionales (por ejemplo, finos, cal), el grado de compresión aplicado adecuadamente a la mezcla de residuo de bauxita y materiales de vidrio para producir el cuerpo verde para la sinterización posterior, y la temperatura de sinterización y la duración de la sinterización que se aplicarán al cuerpo verde. Se ha encontrado que estos parámetros de control de proceso pueden variar para optimizar la

reducción de la toxicidad resultante de ciertos metales/compuestos objetivo dentro del residuo de bauxita.

Los parámetros de control de proceso pueden ser preferentemente valores utilizados previamente para procesar con éxito las materias primas de residuos de bauxita anteriores según la invención. De esta manera, los parámetros de proceso que se han encontrado previamente exitosos en la reducción de la toxicidad asociada con un metal o compuesto objetivo particular (por ejemplo, entre los enumerados en la prueba WAC BS EN 12457), cuando se aplican a un residuo de bauxita que tiene un % de contenido particular de ese material objetivo, se utilizan para predecir un valor de parámetro de proceso adecuado para su uso en un procesamiento actual de nueva materia prima de residuos de bauxita. Los valores anteriores de los parámetros de control, en asociación con los valores correspondientes de % de entrada de metal/compuesto objetivo, pueden coincidir entonces con los valores de % de entrada de los mismos metales/compuestos objetivo que se encuentran presentes dentro de una nueva entrada de residuo de bauxita. A continuación, estos valores de parámetros de proceso coincidentes se pueden emplear en el procesamiento del residuo de bauxita de entrada, por consiguiente.

En las realizaciones preferidas, la unidad de control (12) puede identificar los dos valores más cercanos para un parámetro de control de proceso particular en base a un valor de % de entrada dado de un metal/compuesto objetivo. Estos dos valores más cercanos pueden ser los valores de parámetros de control de proceso asociados con los dos valores de % de metal/compuesto objetivo dentro de la tabla de búsqueda que "asocian" el valor de % de entrada, siendo uno el valor inferior más cercano y siendo el otro el valor superior más cercano. La unidad de control puede estar dispuesta para interpolar un valor de "mejor estimación" para cada valor de parámetro de proceso entre los dos valores de parámetros de proceso asociados con los valores de % de metal/compuesto objetivo de asociación dentro de la Tabla de búsqueda.

A continuación, los parámetros de control relevantes recuperados de la unidad de control (12) se introducen en el proceso (13) de la invención como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 4. Por consiguiente, el proceso de tratamiento de residuos de bauxita (13) puede entonces implementarse. En particular, el proceso en cuestión se aplica al residuo de bauxita (16) que se produce como parte del procesamiento Bayer (15) del mismo material de entrada de bauxita del que se derivaron inicialmente las mediciones del contenido de metal objetivo (11). Como resultado, el tratamiento del residuo de bauxita aplicado según esta realización, se adapta específicamente a las propiedades químicas del material de entrada de bauxita que fue objeto del proceso Bayer que produjo el residuo de bauxita en cuestión. Debido a esto, el proceso Bayer (50) puede producir no solo hidróxido de aluminio (17), sino que también puede producir un residuo de bauxita (16) que puede tratarse de manera óptima según la presente invención para producir bloques sólidos de material sustancialmente inerte adecuado para su uso en la industria de la construcción o de otro modo.

Criterios de evaluación

El producto de la invención satisface preferentemente criterios adecuados a clasificar como al menos "estables" o más preferentemente como "inertes". Una definición ampliamente aceptada de "estable" e "inerte" es la que cumple con los criterios de la BS EN 12457 WAC (Criterios de aceptación de residuos). Esta prueba evalúa los contaminantes que se pueden lixiviar y se utiliza para evaluar los materiales antes de la aceptación del vertedero. No existe un proceso viable ampliamente utilizado para el tratamiento del residuo de bauxita en la técnica anterior que satisfaga este criterio "inerte" cuando se prueba bajo la prueba WAC BS EN 12457. Históricamente ha resultado extremadamente difícil, si no imposible, obtener niveles de "peligro" bajos o por debajo del umbral según este criterio. El producto producido según la invención puede ser estable (por ejemplo, "Desechos peligrosos estables no reactivos y residuos no peligrosos eliminados conjuntamente con SNRHW" según la BS EN 12457) o "inerte" con respecto a su contenido de uno o más de (o todos) los siguientes materiales: arsénico, mercurio, molibdeno, cromo, plomo, cadmio, selenio, cloruro.

La presente invención puede convertir el residuo de bauxita en un producto estable e inerte con propiedades físicas que sean adecuadas para la fabricación de productos de construcción tales como ladrillos, baldosas, paneles de construcción y otros materiales valiosos tales como agregados de alto rendimiento, agregados, apuntalantes, balasto ferroviario, etc. La resistencia a la intemperie, la radiación UV, el agua, los ácidos y álcalis suaves, los parásitos, etc., son ejemplos de propiedades físicas que son adecuadas para la fabricación de productos de construcción y que se consiguen con el producto de la invención. En realizaciones preferidas, puede proporcionar un producto sólido que satisfaga los criterios "inertes" cuando se prueba bajo la prueba WAC BS EN 12457 y, por lo tanto, no libera componentes dañinos a través de la lixiviación natural durante su uso y, en consecuencia, habrá poca o ninguna restricción en su uso final por dichos motivos.

60 Adición de vidrio esmerilado (por ejemplo, vidrio de cal sodada)

El vidrio de cal sodada de residuos posconsumo finamente molido, tal como vidrio de botella, molido hasta granos de diámetro <63 µm, se añade al residuo de bauxita y se procesa para lograr una pasta o suspensión sustancialmente homogénea. El vidrio esmerilado de cal sodada se puede añadir antes o después de la filtración de la suspensión de
5 residuos de bauxita que sale del proceso Bayer.

El vidrio de cal sodada puede ser transparente o de color. Actualmente, no existe un uso de gran volumen para vidrio de cal sodada coloreado mixto posconsumo y, como consecuencia, las existencias de dicho vidrio están creciendo, al menos en Europa. La adición de vidrio esmerilado de cal sodada reduce la temperatura de fusión eutéctica y hace que
10 la fusión del residuo de bauxita sea posible a temperaturas más bajas y, por lo tanto, a costes de combustible más bajos. La cantidad de vidrio de cal sodada añadida dependerá tanto del material de origen como del uso/aplicación final previsto.

Mezcla con componentes adicionales

15 Se pueden añadir componentes adicionales a la mezcla si se desea. Estos componentes adicionales pueden ser uno o más de los siguientes:

20 (1) finos molidos del producto sólido producido por el proceso de tratamiento de la presente invención;

(2) opcionalmente, cal (CaO).

Los beneficios/conveniencia de añadir componentes adicionales se pueden determinar según la mineralogía y la composición del residuo de bauxita que se está tratando. Esto estará en gran medida dictado por la fuente de la bauxita
25 de entrada en bruto, y/o la fuente del residuo de bauxita (es decir, las condiciones de procesamiento Bayer) y el uso final deseado del producto sinterizado.

En caso necesario, finos del 0 % al 10 % (por peso seco de la mezcla resultante) de la fabricación anterior de residuos de bauxita sinterizada. Opcionalmente, se puede añadir una cantidad de cal dentro del intervalo del 0 % al 5 % (en
30 peso seco de la mezcla resultante) al residuo de bauxita/pasta/suspensión homogénea de vidrio esmerilado de cal sodada y se mezclan bien. Se puede usar un mezclador en línea. La elección y la cantidad de uno o más componentes adicionales (si los hay) para cada fuente de residuo de bauxita se pueden seleccionar para lograr un producto final que satisfaga los criterios inertes cuando se prueba bajo la prueba WAC BS EN 12457.

35 Los finos se pueden producir por diseño (es decir, específicamente para su uso como un componente adicional) o se pueden crear como un subproducto del procedimiento de tratamiento normal, de cualquier manera esto se hace según la invención. Los finos y/o la cal se pueden añadir antes o después de la filtración de la suspensión de barro rojo del proceso Bayer. Sin embargo, preferentemente, la adición del uno o más componentes adicionales no debe interferir
40 en la obtención de una mezcla homogénea de residuo de bauxita y vidrio esmerilado de cal sodada.

Preparación para sinterización

45 El residuo de bauxita/pasta homogénea de vidrio esmerilado de cal sodada, que contiene uno o más componentes adicionales, si se desea, puede calentarse para lograr la consistencia deseada antes de la sinterización para presentar el material en la forma física deseada a la etapa de sinterización.

La pasta puede presentarse para la sinterización en diferentes formas físicas dependiendo del uso final del residuo de bauxita sinterizado. Esto puede incluir extrusión, compresión, etc. o conformado en baldosas, gránulos o ladrillos, etc.
50 para lograr el producto final en el estado deseado, por ejemplo, los materiales de construcción pueden ser como ladrillos o baldosas, etc., mientras que los agregados de alto rendimiento pueden requerir un tamaño/forma de gránulo/partícula específico.

La figura 9 ilustra esquemáticamente una variante del proceso descrito anteriormente con referencia a la figura 4 en la que el residuo de bauxita se procesa en un producto final sólido. Otros aspectos opcionales de la realización de la
55 figura 9 se ilustran con referencia a la figura 10 y las figuras 11A a 11C. Estos asuntos se refieren a ejemplos de la manera en que la mezcla mencionada anteriormente de residuo de bauxita y vidrio (por ejemplo, vidrio de cal sodada) puede procesarse para proporcionar un cuerpo verde adecuado para la sinterización en el producto final sólido como se ha descrito anteriormente.

60 En resumen, el residuo de bauxita (1) se produce como una suspensión como un subproducto de la aplicación del

proceso Bayer (15) a la bauxita (10). A continuación, (2) se añade una cantidad de vidrio esmerilado, por ejemplo, vidrio de cal sodada a la suspensión, como se describe en otra parte en detalle en esta invención, y la mezcla de bauxita/vidrio se mezcla a fondo para distribuir el vidrio añadido a través de la suspensión de bauxita, dando como resultado una suspensión de mezcla (30). Esta suspensión de mezcla se suministra a continuación a alta presión a un
 5 filtro prensa (40) (véase la figura 10) donde se "deshidrata" para producir una torta (50). Esta torta de residuo de bauxita/vidrio mezclado se procesa a continuación cortando/conformando (70) la torta en porciones de la forma y el tamaño deseados, definiendo cada una un "cuerpo verde" listo para su sinterización (5) para producir el producto sólido final (6). Opcionalmente, la torta en bruto (50) que sale del proceso de prensado del filtro (40) puede extraerse antes del corte/conformado (70).

10

Con referencia a la figura 10, esta figura ilustra esquemáticamente los elementos centrales de un dispositivo conocido como "filtro prensa". Aunque en esta invención se hace referencia al uso de un filtro prensa, debe entenderse que pueden usarse otros tipos de filtros de presión para separación sólido/líquido, según sea apropiado para proporcionar una torta compactada. Los ejemplos incluyen filtros centrífugos, filtros de presión, filtros de vacío, etc., tal como los
 15 que serán fácilmente aparentes y estarán disponibles para el experto en esta técnica. El "filtro prensa" es un tipo de herramienta utilizada en la técnica en el procesamiento de separación sólido/líquido que utiliza presión. Se usa comúnmente para eliminar el líquido ("deshidratar") de la suspensión particulada fina que típicamente se encuentra en las plantas de procesamiento de minerales. El aparato funciona con el principio de conducir una suspensión a través de una serie de filtros (por ejemplo, tela) bajo presión (por ejemplo, típicamente entre aproximadamente 2,5 atm
 20 y aproximadamente 4 atm) para extraer el agua de la suspensión, dejando atrás un cuerpo compacto y comprimido de material deshidratado conocido en la técnica como "torta" o "torta de filtro". Un filtro prensa (40), adecuado para su uso en una realización de la presente invención, comprende una cámara de filtración que contiene un paquete de filtro (41, 42, 43) que incluye una sucesión de marcos de filtro separados por placas intermedias (41). Cada marco de filtro lleva un par de filtros (por ejemplo, láminas de tela) (43) espaciados para definir entre ellos un volumen interno para
 25 recibir la suspensión a presión (30) para su deshidratación.

Una bomba de suspensión (no mostrada) conduce la suspensión (30) al filtro prensa a través de una abertura de entrada de suspensión de la cámara de filtración en comunicación de fluido, permitiendo una abertura de entrada de
 suspensión de cada marco de filtro que la suspensión a presión entre en el volumen interno para su deshidratación.

30

El filtrado líquido (45) pasa a través de las láminas de filtro (43) y fluye entre un marco de filtro y una placa adyacente
 41 a una abertura de salida de filtrado líquido de la cámara de filtración. El resultado es la formación de una torta dentro del volumen interno de cada marco de filtro, entre las láminas de filtro del mismo, a medida que se deshidrata la suspensión. La presión bajo la cual se forma la torta de filtro sirve para compactar o comprimir el material de la torta. Se ha encontrado que la consistencia de la torta, resultante de la deshidratación del residuo de bauxita y la mezcla de
 35 vidrio, es comparable a la de la arcilla de modelar y, por lo tanto, es lo suficientemente firme como para mantener su forma cuando está en reposo, pero lo suficientemente maleable para ser simplemente cortarse y/o prensarse/moldearse directamente en porciones conformadas para proporcionar un "cuerpo verde" listo para su sinterización. Ejemplos de esto se muestran en las figuras 11A a 11C.

40

El acceso directo a la torta de filtro se logra abriendo una placa terminal (44) de la cámara de filtración para revelar los marcos de filtro y la torta dentro de los mismos. Cada marco de filtro (42) y placa intermedia (41) se puede mover para permitir que la torta se retire de los marcos de filtro y se procese como se desee.

45

La manipulación del material de torta para formar un cuerpo verde, o una multitud de ellos, puede incluir forzar la torta
 a través de una boquilla de extrusión (62) de un aparato extrusor (60) mostrado esquemáticamente (y simplísticamente) en la figura 11A. La torta (50) puede conducirse a través de una cámara extrusora (61) mediante un husillo sinfín (63), o similar, hacia la boquilla de extrusión (62) y someterse a presión de compresión (64) en el proceso. A continuación, la torta extruida y compactada (65) puede cortarse directamente en porciones (66) mediante las cuchillas giratorias
 (70) de una fresa giratoria colocada adyacente a la salida de boquilla de extrusión para este propósito. El perfil longitudinal de las porciones (66) se define por el perfil de la salida de boquilla de extrusión, y la longitud de cada
 50 porción se define por la velocidad de extrusión de la torta extruida (65) y la velocidad de rotación de las cuchillas (y el número de ellas) de la fresa giratoria. Las porciones resultantes de la torta (66) son cada una un "cuerpo verde" listo para su sinterización, y pueden transportarse a un horno (por ejemplo, un calcinador) para su sinterización.

55

Las figuras 11B y 11C ilustran esquemáticamente procedimientos alternativos (o adicionales) para procesar la salida de la torta (50) desde un filtro prensa. Esto puede comprender colocar la torta en un transportador y transportar la torta en bruto a una fresa para cortar la torta en porciones del tamaño y forma deseados. Cada una de las porciones cortadas proporciona un "cuerpo verde" (67) y puede transportarse, continuamente, hacia un horno para su sinterización. El corte puede ser simplemente cortando directamente la torta en bruto usando una o más cuchillas de
 60 fresa (71) cada una dispuesta sobre el transportador para ejecutar un movimiento alternativo (indicado por las flechas

75) para cortar la torta en bruto transportada (50) en porciones.

La figura 11C muestra una variante de esta disposición en la que la cuchilla de fresa alternativa (71) es reemplazada por una rueda de fresa giratoria (72), que también puede servir como una prensa de conformación. La rueda de fresa giratoria comprende una rueda circular posicionada sobre el transportador de torta con su eje de rotación atravesando la superficie del transportador de tal manera que la torta en bruto se transporte bajo la misma por el transportador. La circunferencia de la rueda de fresa giratoria presenta una serie de filos o cuchillas cortantes que se extienden radialmente (73), que se disponen en una matriz regular a lo largo de la misma y dimensionadas de manera que se osculen periódicamente o se acerquen a la superficie del transportador a medida que se gira la cuchilla giratoria en uso en una dirección (74) y velocidad angular seleccionada de tal manera que un filo cortante osculante/más cercano tenga una velocidad que coincida sustancialmente con la de la superficie del transportador que soporta la torta.

Un espacio entre los filos cortantes vecinos proporciona un volumen rebajado (75) que define un molde o prensa para alojar la pieza de torta que se había cortado por los filos cortantes de la rueda de fresa y separada del cuerpo principal de la torta (50) introducida inicialmente a la rueda de fresa giratoria. Si el grosor del cuerpo de entrada de la torta en bruto (es decir, su altura por encima de la superficie de transporte del transportador) se dispone para exceder la profundidad del molde o rebaje (75), entonces el acto de cortar una pieza de torta también presiona/comprime el pieza y la moldea en la forma definida por el volumen rebajado de moldeo (75). Esta forma puede ser cualquier forma deseada, para definir el "cuerpo verde" (68) preformado en la forma deseada del cuerpo sólido final producido una vez que el cuerpo verde se sinteriza posteriormente, por ejemplo, la forma de cualquiera de: un ladrillo, una briqueta, un gránulo, un azulejo, una viga, un lingote, u otra forma deseada. Un filo cortante (73) puede ser un filo cerrado que define un perímetro cerrado que rodea el volumen rebajado (75) (por ejemplo, conceptualmente a modo de un cortador de galletas).

En disposiciones alternativas, una o ambas de estas operaciones de corte se pueden aplicar a las porciones extruidas y cortadas de la torta (66) que salen del extrusor (60) de la figura 11A, o se pueden aplicar a la torta extruida (65) que sale del extrusor (60) en lugar del corte con la fresa giratoria, por ejemplo, la cuerda extruida de la torta se puede transportar horizontalmente a la cuchilla (71) o cuchilla/prensa (72) para su corte.

En aún otra realización, el filtro prensa puede ser una denominada "filtro prensa de placa rebajada". Dichas prensas de filtro contienen elementos que definen depresiones rebajadas y cóncavas de dimensiones relativamente pequeñas (por ejemplo, 50 cm de ancho) en las que la torta de filtro comprimida puede acumularse bajo el proceso de prensado de filtro descrito anteriormente. La forma y las dimensiones de estas concavidades rebajadas actúan como un molde para preformar la torta del filtro en un cuerpo verde listo para su sinterización sin la necesidad de corte o moldeo adicional.

Ciclo de sinterización

El ciclo de sinterización puede variar dependiendo de la fuente del residuo de bauxita, los componentes adicionales incluidos (si los hay) y el uso final del producto sinterizado. Sin embargo, la mayoría de los ciclos de sinterización se mantendrán a una temperatura entre 800 °C y 1400 °C, y preferentemente entre 1100 °C y 1400 °C durante entre 0,5 horas y 10 horas.

El ciclo de sinterización se puede realizar como un proceso por lotes o como un proceso continuo. Se puede usar un horno de túnel, horno de caja/calcinador, horno de péndulo, horno vertical o calcinadora rotativa, siendo los dos últimos el aparato preferido para la sinterización.

Durante el ciclo de sinterización, el color del material cambia gradualmente de rojo a negro y logra una composición y apariencia homogéneas en todo el producto sinterizado.

Ciclo de enfriamiento

El material sinterizado se enfría de forma controlada para reducir la degradación, deformación o deterioro del producto. El enfriamiento se llevará a cabo de forma continua utilizando cualquiera de los enfriadores de aire de tubo giratorio después de un calcinador de tubo. Como alternativa, para la fabricación de baldosas de ladrillo y tuberías se utilizarán hornos estáticos por lotes o continuos. El calor recuperado puede volver a la toma de aire del calcinador o el horno para mejorar la eficiencia.

Ejemplo

60

Se tomó una muestra de residuo de bauxita de una planta de fabricación europea utilizando una fuente de bauxita de África. El proceso según tres realizaciones diferentes de la invención se aplicó a la muestra de residuo de bauxita como se indica a continuación:

Proceso N.º 1 -	0 % de vidrio de cal sodada añadido;	Sin compresión;	sinterización a 1100 °C.
Proceso N.º 2 -	5 % de vidrio de cal sodada añadido;	Compresión aplicada;	sinterización a 1100 °C.
Proceso N.º 3 -	5 % de vidrio de cal sodada añadido;	Compresión aplicada;	sinterización a 1000 °C.
Proceso N.º 4 -	10 % de vidrio de cal sodada añadido;	Compresión aplicada;	sinterización a 1200 °C.

5

En el Proceso N.º 2, se aplicó compresión presionando manualmente la mezcla (residuo de bauxita + vidrio) cuando estaba dentro de un molde de acero cuadrado de 100 mm para comprimir la mezcla. Por lo tanto, se considera un ejemplo comparativo de "baja" compresión. En el Proceso N.º 3 y el Proceso N.º 4, se aplicó compresión presionando mecánicamente la mezcla (residuo de bauxita + vidrio) cuando estaba dentro del molde de acero cuadrado de 100 mm para comprimir la mezcla. Esta compresión se aplicó utilizando una prensa de 15 toneladas con un pistón de 47,7 mm. Por lo tanto, estos se consideran ejemplos comparativos de "alta" compresión. A continuación, el producto sólido resultante de cada uno de estos procesos se trituró y se analizó según la prueba WAC BS EN 12457. Los resultados se muestran en la Tabla 2. A modo de comparación, también se analizó una muestra de referencia en bruto del mismo residuo de bauxita según la prueba WAC BS EN 12457. Esto se conoce como "Proceso de referencia N.º 1" en el que no se aplicó vidrio, compresión ni sinterización.

Se puede ver que cada uno de los procesos N.º 2 a N.º 4 da como resultado la conversión de un residuo de bauxita que es "Inadecuada" para cualquier eliminación de residuos, en un producto que es totalmente "Inerte" en términos de su contenido de arsénico. Los procesos N.º 2 también reducen los niveles de cromo de "Peligroso" a "Estable".

En particular, los procesos N.º 3 y N.º 4 representan cada uno todos los materiales enumerados como "Inerte". La Tabla 3 enumera una comparación de las diferencias entre los procesos N.º 2 a N.º 4 en comparación con el Proceso de referencia N.º 1. Se enumera la reducción porcentual en arsénico, cromo y molibdeno, en la que una reducción porcentual (P_i) según el proceso N.º "i" ($i = 2, 3, 4$) con respecto al Proceso de referencia N.º 1, se define en términos de la medida del valor en mg/kg (X_i) de un elemento indicado obtenido del proceso N.º "i" ($i = 2, 3, 4$) y el valor correspondiente (X_1) obtenido usando el Proceso de referencia N.º 1, como se indica a continuación:

$$P_i = 100 \times \frac{X_1 - X_i}{X_1}$$

30

Tabla 2: Resultados de WAC para la muestra

(Valores de BS EN 12457-3 (mg/kg) a L:S 10:1)

Elemento	Proceso de referencia N.º 1 (mg/kg)	Proceso N.º 2 (mg/kg)	Proceso N.º 3 (mg/kg)	Proceso N.º 4 (mg/kg)	Inerte (mg/kg)	Estable (mg/kg)	Peligroso (mg/kg)	**Inadecuado (mg/kg)
As	32	0,17	0,15	0,11	0,5	2	25	>25
Ba	1,2	0,23	0,032	< 0,10	20	100	300	>300
Cd	< 0,002	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,04	1	5	>5
Cr	13	4,8	0,22	0,21	0,5	10	70	>70
Cu	0,82	0,035	< 0,100	0,018	2	50	100	>100
Hg	0,01	0,0017	0,0014	0,0033	0,01	0,2	2	>2
Mo	0,65	0,2	0,018	0,04	0,5	10	30	>30
Ni	0,08	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,4	10	40	>40

(Valores de BS EN 12457-3 (mg/kg) a L:S 10:1)

Elemento	Proceso de referencia N.º 1 (mg/kg)	Proceso N.º 2 (mg/kg)	Proceso N.º 3 (mg/kg)	Proceso N.º 4 (mg/kg)	Inerte (mg/kg)	Estable (mg/kg)	Peligroso (mg/kg)	**Inadecuado (mg/kg)
Pb	2,4	0,95	< 0,100	< 0,10	0,5	10	50	>50
Sb	0,09	0,11	< 0,060	< 0,060	0,06	0,7	5	>5
Se	< 0,2	< 0,10	< 0,100	< 0,10	0,1	0,5	7	>7
Zn	7	0,045	< 0,25	0,68	4	50	200	>200
Cl	< 70	< 30	< 30	< 30	800	15000	25000	>25000
F	< 6	l/s	< 2,0	< 2,0	10	150	500	>500
SO ₄ ²⁻	40	170	3,5	21	1000	20000	50000	>50000
(TDS)	5300	5400	400	400	4000	60000	100000	>100000
Índice de fenol	< 1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1			
(DOC)	100	19	12	10	500	800	1000	>1000

* l/s = demasiado pequeño para medirse. ** Columna añadida por el solicitante: el material que excede el umbral de prueba WAC para "desechos peligrosos" por definición debe procesarse para ser aceptado para su eliminación en vertedero.

Tabla 3: Una comparación de diferencias entre procesos

Procesos comparados	Diferencia	% de As reducido*	% de Cr reducido*	% de Mo reducido*
N.º 1 y N.º 2	Baja compresión; 5 % de vidrio; sinterización a 1100 °C	99	63	69
N.º 1 y N.º 3	Alta compresión; 5 % de vidrio; sinterización a 1000 °C	100	98	97
N.º 1 y N.º 4	Alta compresión; 10 % de vidrio; sinterización a 1200°C	100	98	94

• Los valores de % se dan al número entero más cercano

Propiedades químicas del producto final

5

El producto sinterizado satisface las pruebas de aplicación del producto de uso final apropiadas. También satisface la clasificación inerte cuando se prueba bajo la prueba WAC BS EN 12457, por lo tanto, se puede almacenar y usar con restricciones mínimas con respecto a la contaminación del suelo.

10 Mineralogía y vidrio amorfo

Se prepararon tres muestras idénticas de un cuerpo verde como se ha descrito anteriormente usando el mismo residuo de bauxita y con la misma proporción de vidrio de cal sodada añadido, y cada una comprimida para formar un cuerpo verde. Estas tres muestras se calentaron a 1100 °C (Muestra A1), 1150 °C (Muestra A2) o 1200 °C (Muestra A3) y se mantuvieron a esa temperatura durante 10 horas, según el proceso de la presente invención. La figura 6 y la Tabla 4 muestran el cambio resultante en la mineralogía del producto sólido sinterizado que se produce en cada caso.

El producto sólido resultante perdió el color rojo del residuo de bauxita y se volvió negro con algo de magnetismo. Se propone que esto puede deberse a que los minerales de óxido de hierro han sido alterados de hematita a magnetita. La alteración se puede mostrar en el diagrama de fugacidad de oxígeno - temperatura de la figura 7, como un proceso de reducción a lo largo de una trayectoria similar a la que muestra la flecha negra en la figura 7.

El contenido amorfo de estas muestras aumenta con la temperatura de sinterización y puede considerarse que incluye un "vidrio" resultante de la fusión de algunos de los constituyentes minerales. Los minerales de menor temperatura de

fusión, especialmente la hematita (Fe_2O_3), con contribuciones menores de nefelina, perovskita y sodalita, se han destruido parcialmente para crear un vidrio. El enfriamiento rápido (templado) evita la formación de cristales para dar un producto vítreo o amorfo sin estructura cristalina.

5

Tabla 4: Cambio en la mineralogía del producto sólido sinterizado

Mineral	Punto de fusión inicial (°C)	Muestra A1 (1100 °C) Mineral %	Muestra A2 (1150°C) Mineral %	Muestra A3 (1200°C) Mineral %
Hematita	678	51,9	42,5	25,8
Nefelina	850-1254	14,0	13,4	7,0
Perovskita	1960	9,2	8,0	3,0
Pseudobrookita	585-1200	7,8	8,9	12,6
Sodalita	1100	2,4	1,3	0,4
Gehlenita	1590	1,9	2,1	2,0
Amorfo	-	12,7	23,5	43,6
Cuarzo	870	-	0,3	-
Piroxeno	-	-	-	2,0
Plagioclasa	1100-1550	-	-	3,7
Total	678	99,9	100,0	100,1

Optimización del proceso

El proceso de formación de una laterita y el proceso de Bayer eliminan grandes cantidades de elementos (especialmente silicio y aluminio) de la roca original. Esto da como resultado un aumento en la concentración de lo que queda, incluidos los metales. Esta concentración puede ser de al menos 3 veces en general y podría ser tanto como 10 veces por encima de la concentración natural en la roca original.

En la roca original, los metales se distribuyen típicamente en pequeños minerales en todo el cuerpo de la roca y también se concentran en concentraciones más altas en líneas, vetas o capas. En la roca, es probable que los metales presenten niveles de unos pocos mg/kg, en las líneas, vetas o capas, las concentraciones podrían aumentar a un pequeño porcentaje. El tamaño de las líneas, vetas o capas podría ser de 0,5 m a 20 m. Estas cifras son aproximadas con la intención de demostrar las circunstancias prácticas: los ejemplos individuales pueden ser mayores o menores.

Por lo tanto, la distribución de los metales en la roca original es muy irregular. Cuando se forma la laterita (conocida como bauxita cuando el contenido de Al es alto, normalmente cuando el contenido de alúmina excede el 32 %), típicamente habría seguido las irregularidades metálicas de la roca original. La presencia de silicio se controla de cerca mientras bloquea la sosa. Cuando la laterita (bauxita) se extrae por su contenido de Al y Si, generalmente no hay interés en el contenido de otros metales y la bauxita solo se controla por su contenido de Al y silicio durante la extracción, sin análisis de otros metales. Por lo tanto, durante la extracción, no se intenta evitar los "puntos calientes" metálicos y probablemente no se sabe dónde ocurren. Las irregularidades en el contenido de metal son pequeñas en comparación con la escala de la explotación. No hay intentos intencionales de homogeneización. El resultado general es que se pueden esperar grandes variaciones en el contenido de metales en una materia prima de bauxita.

Los metales dentro de una muestra de bauxita típicamente se agruparán (Cu, Pb, Zn, por ejemplo) pero no todos los metales pueden aparecer en la misma línea, veta o capa. Por ejemplo, U y Th generalmente aparecen juntos pero separados de los otros metales. La bauxita sudamericana/caribeña tiende a tener un mayor contenido de Th y U. También es probable que el radón esté presente. Por ejemplo, los niveles de radiactividad en las muestras de bauxita debido al radón de origen natural (Ra-226) pueden ser del orden de 180-190 Bq/kg, y los niveles debidos al torio de origen natural (Th-232) pueden ser del orden de 130-140 Bq/kg. Sin embargo, lo más notable es que, al calentar los residuos de bauxita a una temperatura de aproximadamente 1000 °C o más, los niveles de exhalación de radón (Ra-226) y torio (Th-232) se puedan reducir eficazmente a un valor de aproximadamente una décima parte (o menos) de los niveles de exhalación del residuo de bauxita original (sin sinterizar). Esto es especialmente beneficioso cuando se producen materiales de construcción mediante un proceso según la presente invención.

40

Las figuras 8A a 8C muestran una interfaz gráfica de usuario (GUI) según una realización de la invención. La unidad de control (figura 5, elemento 12) puede generar una visualización en una GUI para mostrarse a un usuario/controlador de una planta de proceso según la invención. Una primera pantalla (figura 8A) muestra una lista horizontal de metales y compuestos objetivo debajo de los cuales, por ejemplo, los recuadros de presentación rectangulares están dispuestos horizontalmente en una matriz lineal. Una vez que se ha analizado (11) una nueva materia prima de entrada de bauxita (10) para determinar su contenido en % de metales/compuestos objetivo, la unidad de control está dispuesta para recibir (como entrada) y usar esa información de composición para determinar si es probable que los parámetros de control de proceso utilizados actualmente empleados en el proceso (13) de tratamiento de residuos de bauxita sean adecuados para su uso con la nueva materia prima de bauxita.

10 Usando los valores de % predeterminados almacenados del contenido de % de metal/compuesto objetivo, contenidos en la Tabla de búsqueda de la unidad de control, y los valores de los parámetros de control de proceso que se usaron en el pasado para procesar con éxito el residuo de bauxita según el proceso de la invención, la unidad de control está dispuesta para encontrar los valores de los parámetros de control de proceso que se requerirán para procesar la nueva

15 materia prima de bauxita para producir un producto sólido final (de la invención) con una toxicidad adecuadamente baja (por ejemplo, "inerte"). Los valores calculados de los parámetros de proceso que se consideran necesarios se comparan a continuación con los valores de los parámetros de proceso actualmente en uso. Si la diferencia es lo suficientemente grande como para evitar que el proceso de tratamiento produzca un producto sólido adecuado, utilizando los parámetros de control de proceso actuales, a continuación la GUI lo muestra como una advertencia en

20 forma de columnas completamente extendidas (por ejemplo, de color rojo), tal como se muestra en la figura 8C, asociadas con los materiales objetivo que probablemente permanezcan en niveles no deseados dentro del producto sólido. De lo contrario, la GUI muestra columnas más cortas extendidas en proporción al % de contenido de material objetivo previsto en el producto final, como se muestra en la figura 8B. Las columnas están preferiblemente codificadas por colores (por ejemplo, ámbar) para indicar materiales objetivo que probablemente se reducirán a niveles

25 deseables/aceptables dentro del producto sólido final. Esto se muestra en las figuras 8B y 8C, siendo los materiales objetivo: Cd, Hg, Mo, Pb, Se y Cl.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de tratamiento de bauxita que comprende:
 - 5 recibir bauxita (10);
medir la proporción de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida, siendo la una o más sustancias objetivo una o más sustancias seleccionadas de entre: arsénico (As), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), selenio (Se), cloruro (Cl⁻);
procesar la bauxita recibida según un proceso Bayer de tratamiento de bauxita y a partir del mismo producir un
10 residuo de bauxita (1);
tratar el residuo de bauxita mediante:
 - mezcla de una cantidad del residuo de bauxita con una cantidad de material de vidrio (2) para formar una
mezcla;
 - 15 compresión de la mezcla para formar un cuerpo verde;
sinterización del cuerpo verde; y,
enfriamiento del cuerpo verde sinterizado para producir así el producto sólido;

donde la cantidad de un material de vidrio, y/o la temperatura de sinterización, y/o el periodo de tiempo de
20 sinterización se determinan según la proporción medida de una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.
 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde dicho material de vidrio comprende un vidrio de cal
sodada.
 - 25 3. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde dicha temperatura de sinterización está entre aproximadamente 800 °C y aproximadamente 1400 °C.
 4. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde dicha compresión comprende
30 comprimir dicha mezcla bajo una presión de compresión de al menos 10 MPa.
 5. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde dicha cantidad de residuo de bauxita está entre aproximadamente el 90 % en peso y aproximadamente el 99,5 % en peso de la mezcla resultante, y dicha cantidad de material de vidrio está entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 0,5 % en peso de
35 la mezcla resultante, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante.
 6. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior que incluye formar una pasta acuosa que comprende dicha mezcla, donde dicho residuo de bauxita y dicha cantidad de material de vidrio se mezclan homogéneamente a través de dicha pasta, y dicha compresión comprende comprimir dicha pasta acuosa.
 - 40 7. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior que comprende mezclar una cantidad de finos con dicha cantidad de residuo de bauxita y dicha cantidad de material de vidrio para formar así dicha mezcla, donde los finos son el resultado de la trituración de dicho producto sólido.
 - 45 8. Un procedimiento según la reivindicación 7, donde dicha cantidad de residuo de bauxita está entre aproximadamente el 90 % en peso y aproximadamente el 95 % en peso de la mezcla resultante y la cantidad de material de vidrio y finos comprendidos dentro del material que constituye el resto de la mezcla, sobre una base en peso seco de la mezcla resultante.
 - 50 9. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde al menos dicha cantidad de material de vidrio se determina según dicha proporción medida de dicha una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.
 10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha compresión incluye
55 la aplicación de una presión de compresión determinada según dicha proporción medida de dicha una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.
 11. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde al menos dicha temperatura de sinterización se determina según dicha proporción medida de dicha una o más sustancias objetivo dentro de la
60 composición química de la bauxita recibida.

12. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, donde dicha cantidad de finos se determina según dicha proporción medida de dicha una o más sustancias objetivo dentro de la composición química de la bauxita recibida.

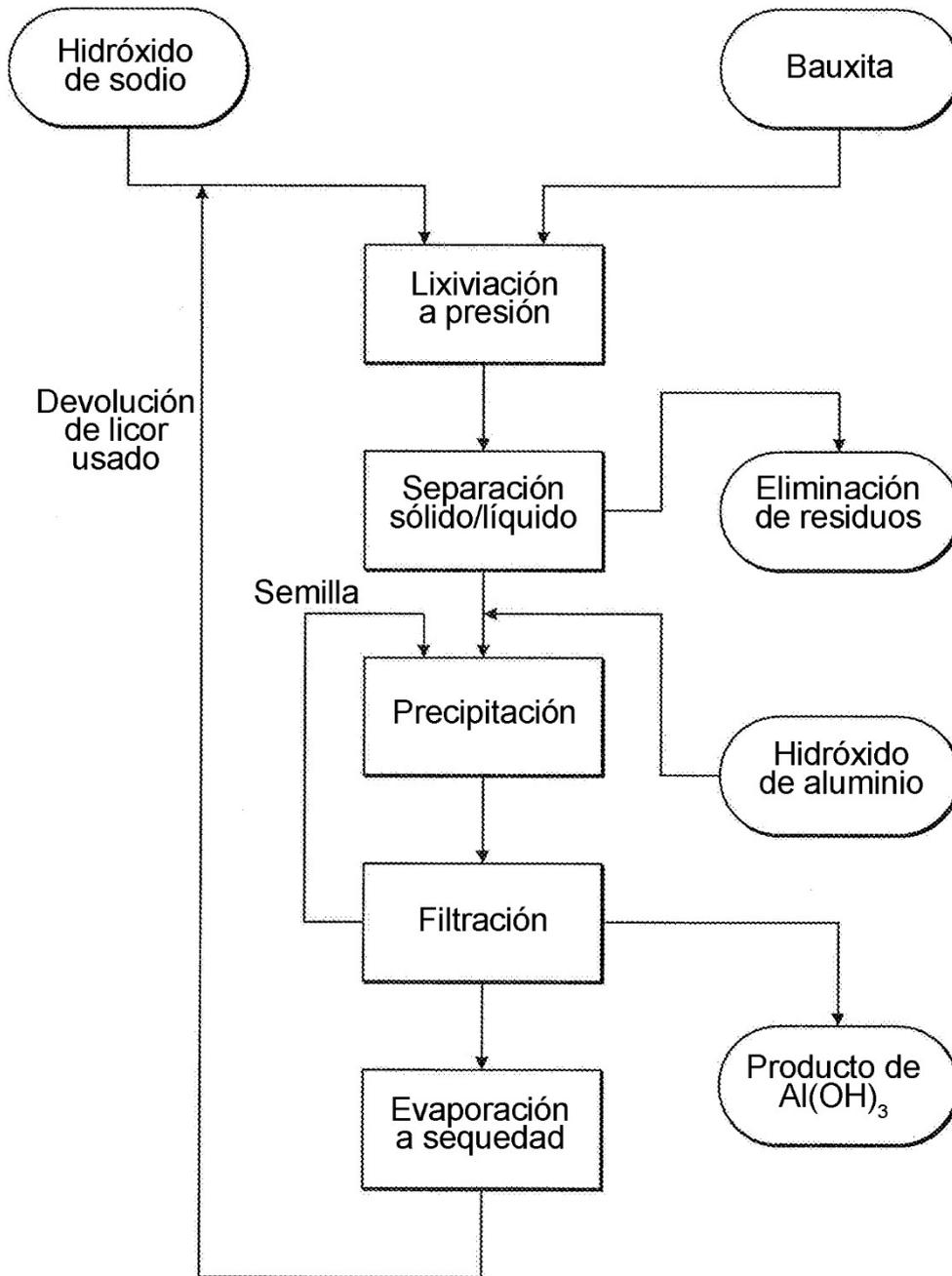


FIG. 1

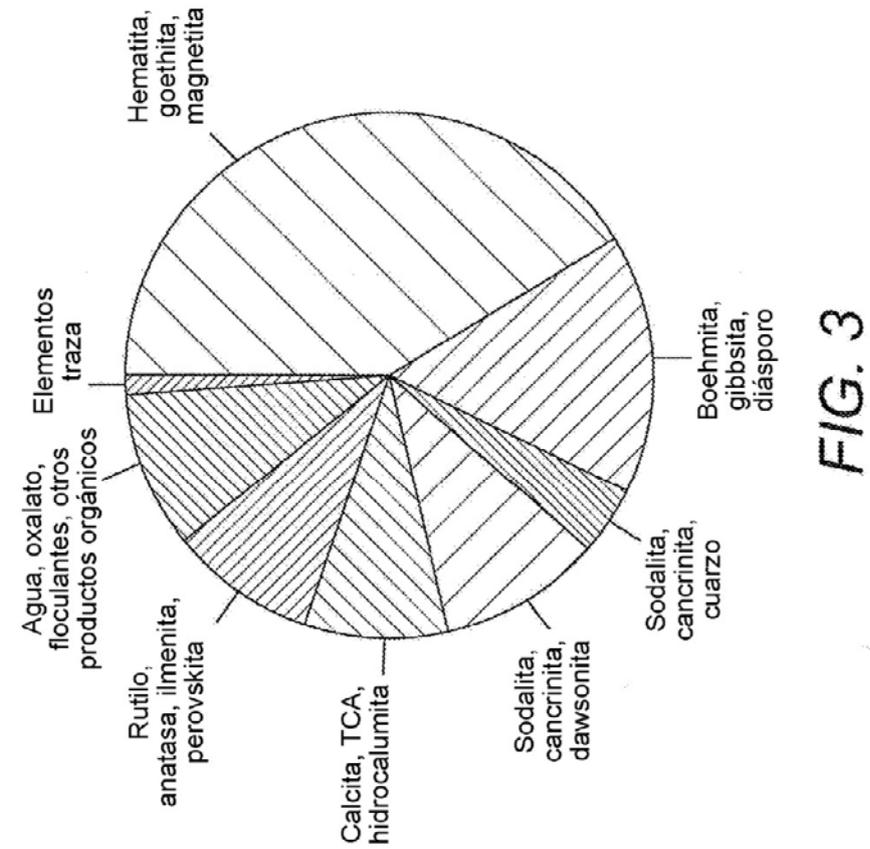


FIG. 3

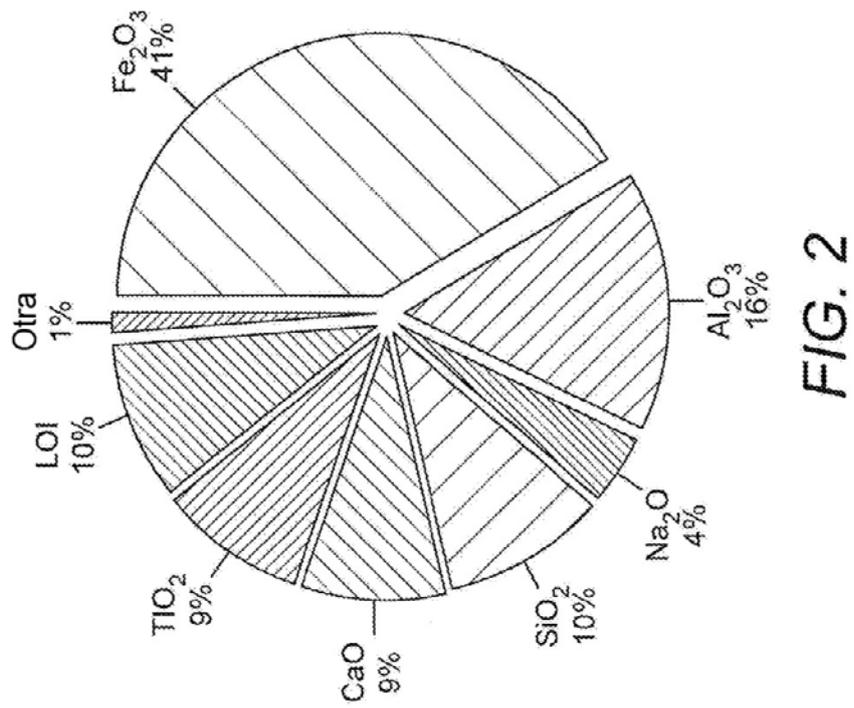


FIG. 2

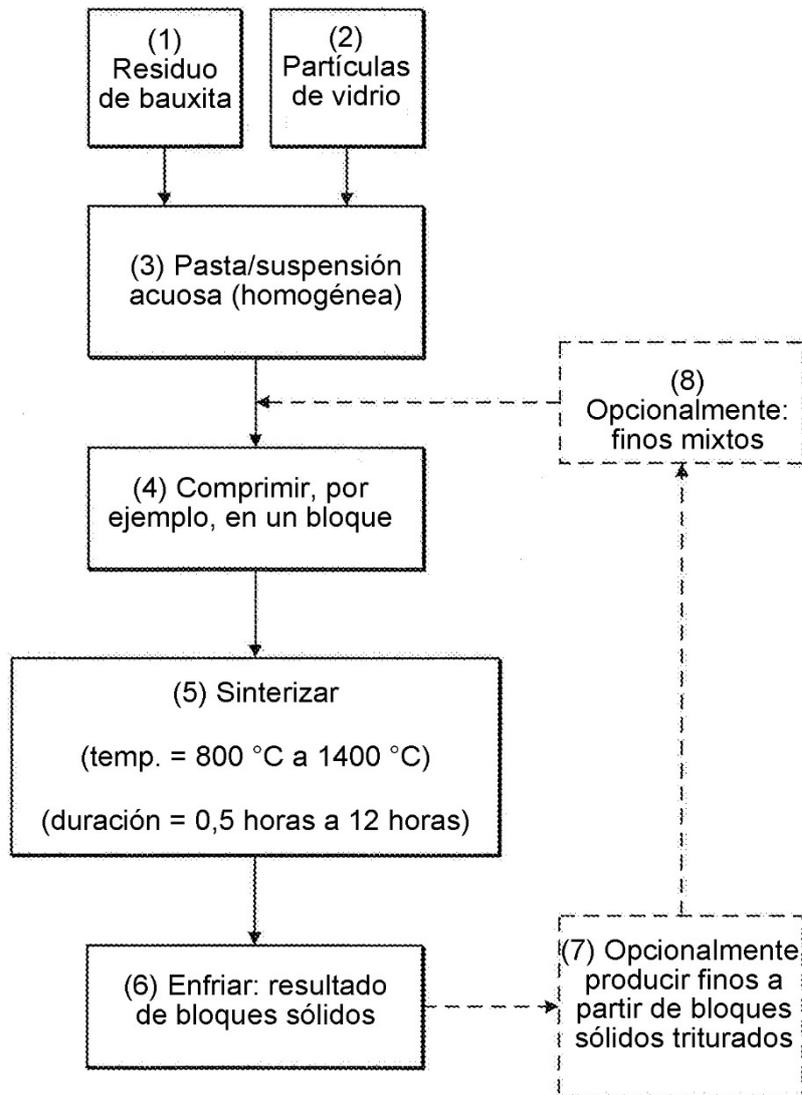


FIG. 4

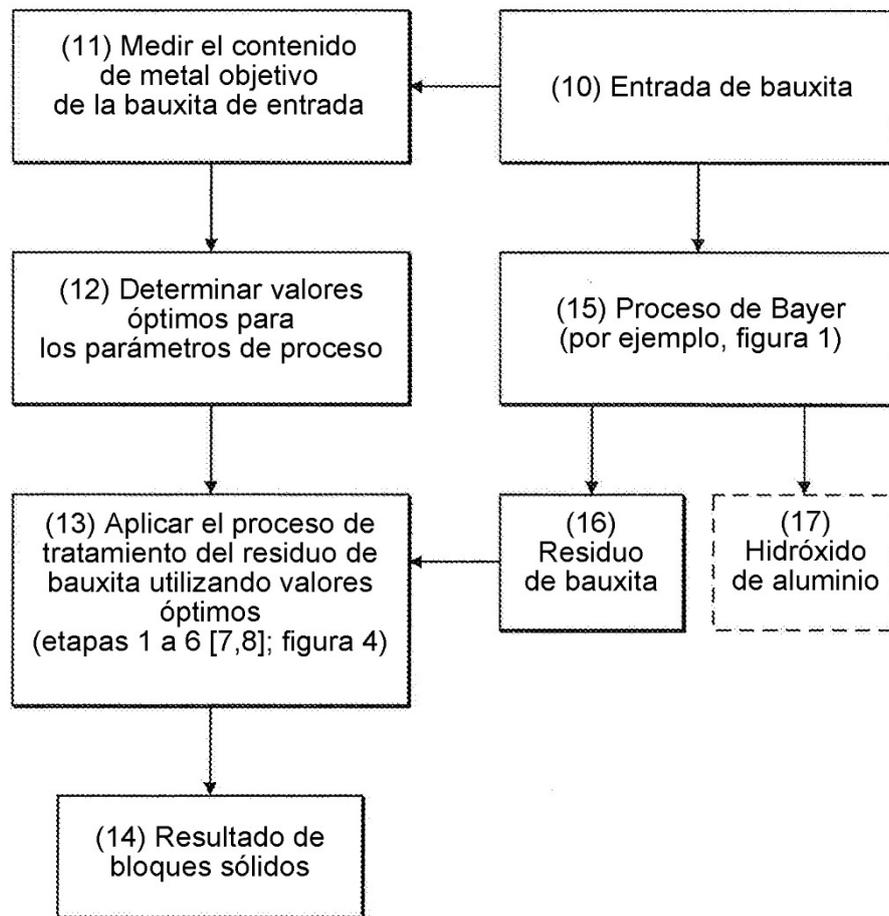


FIG. 5

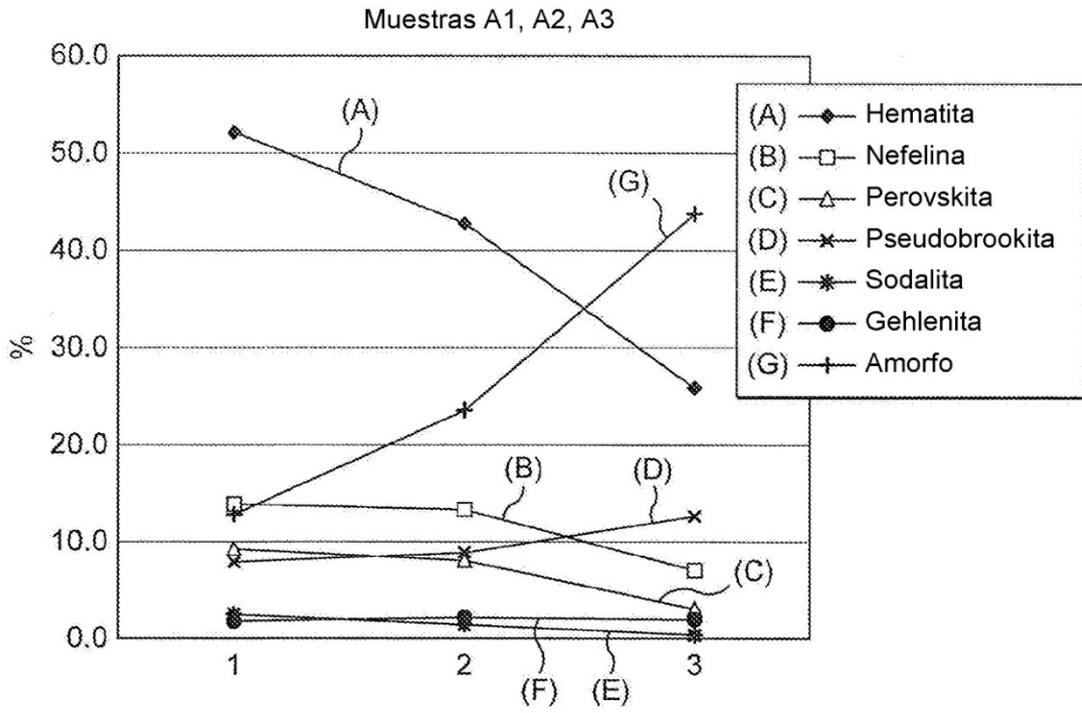


FIG. 6

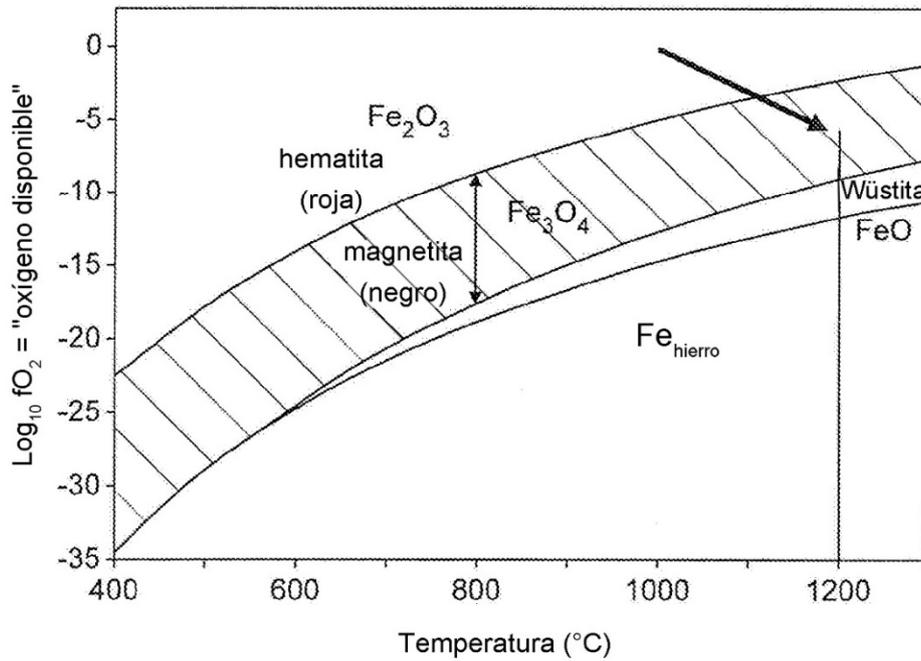


FIG. 7

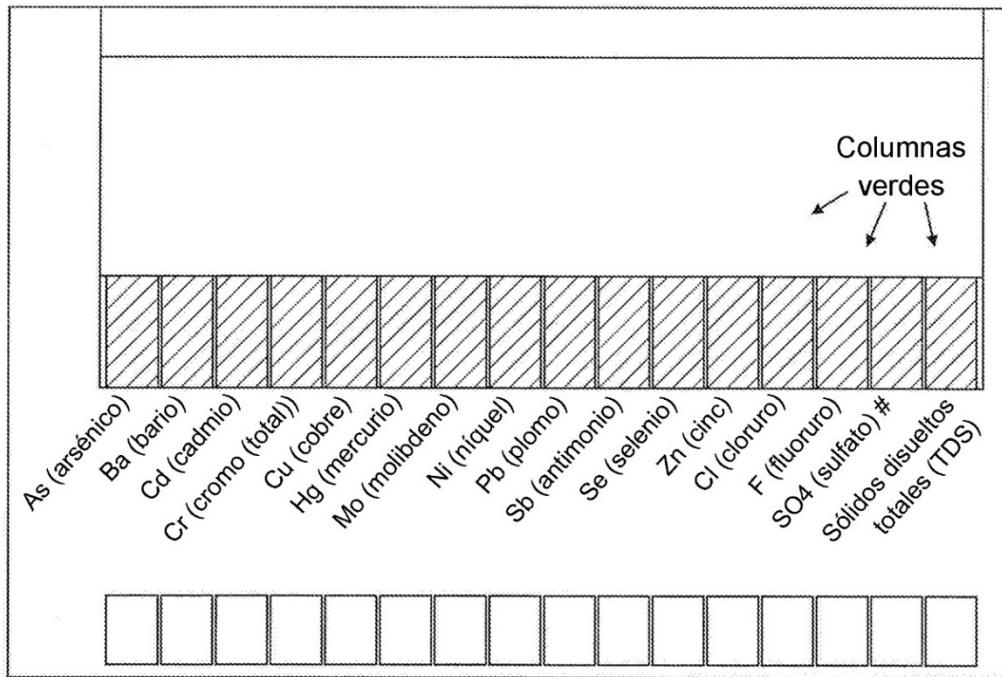


FIG. 8A

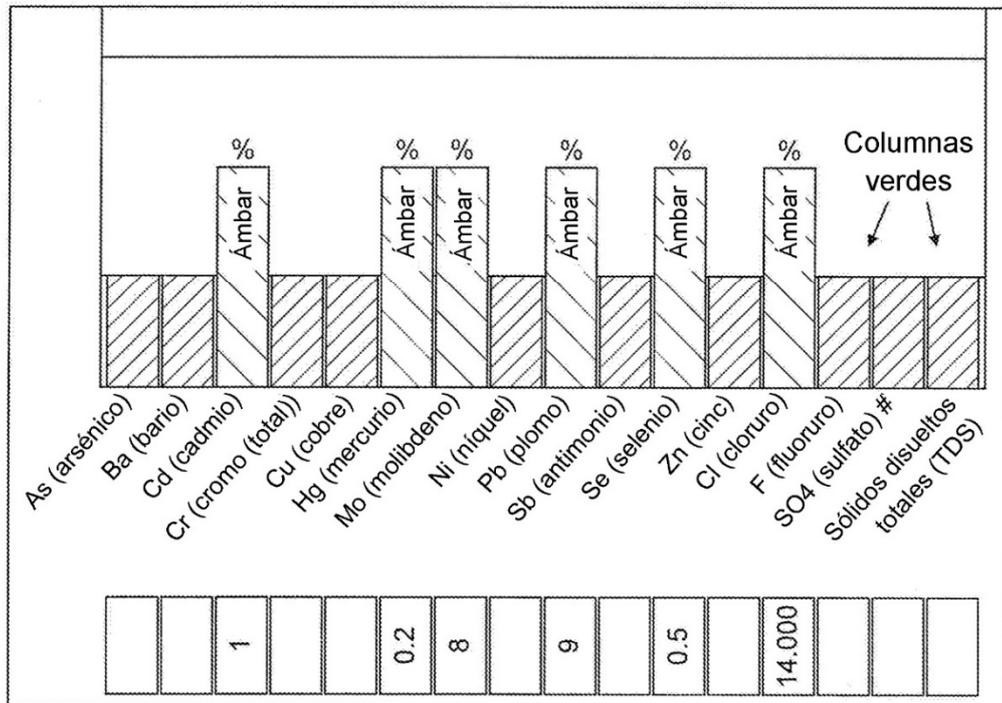


FIG. 8B

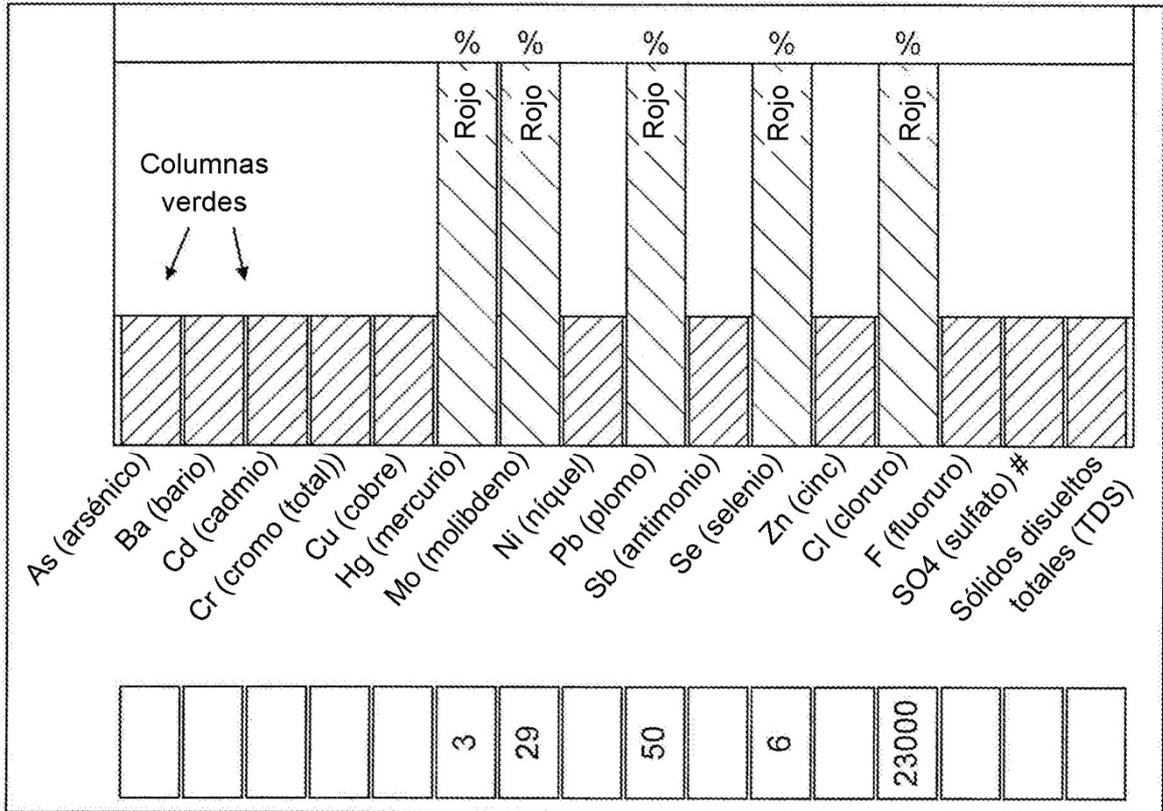


FIG. 8C

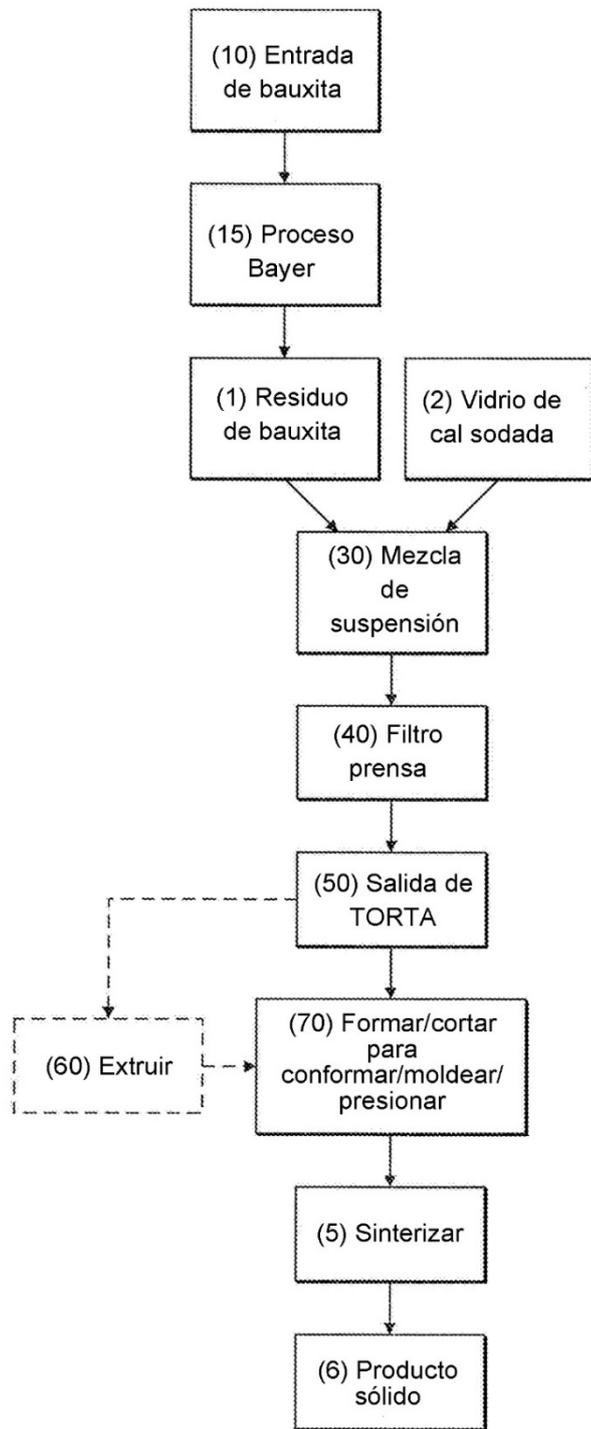


FIG. 9

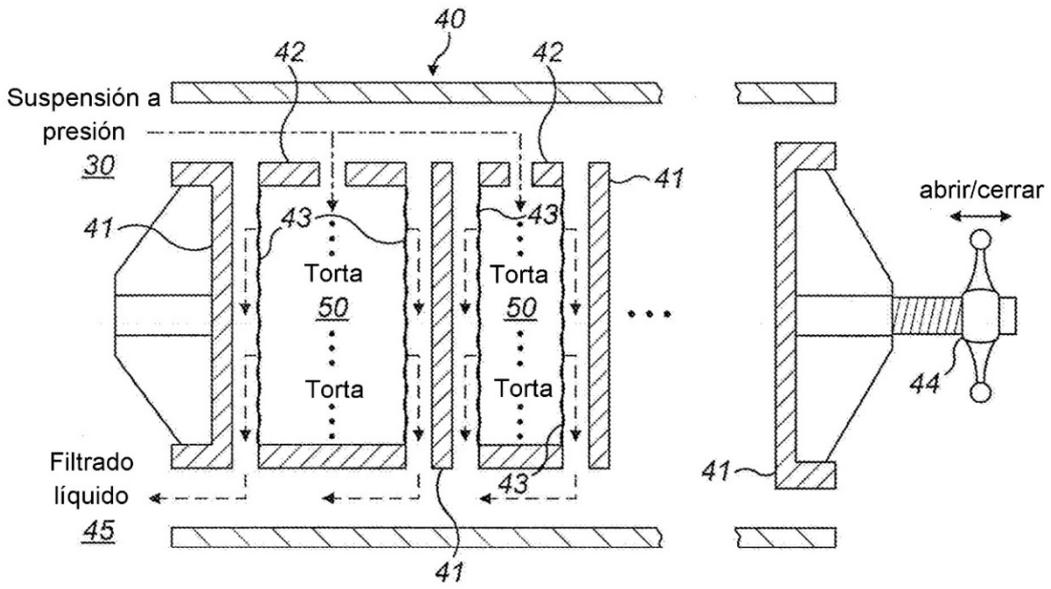


FIG. 10

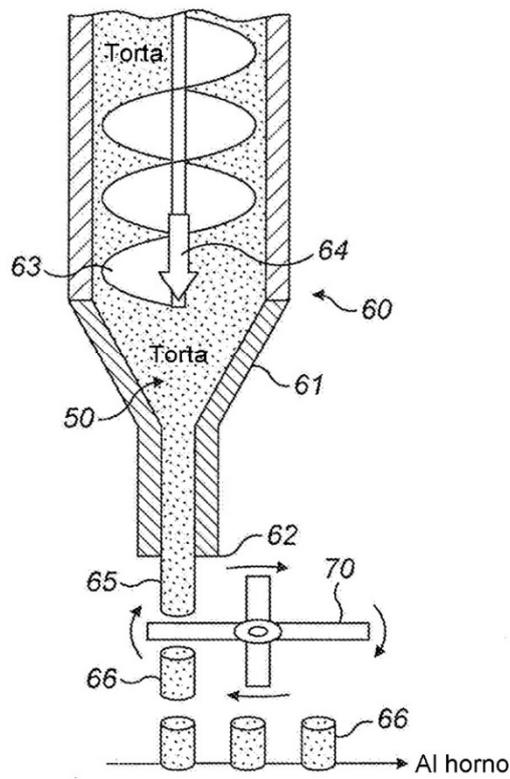


FIG. 11A

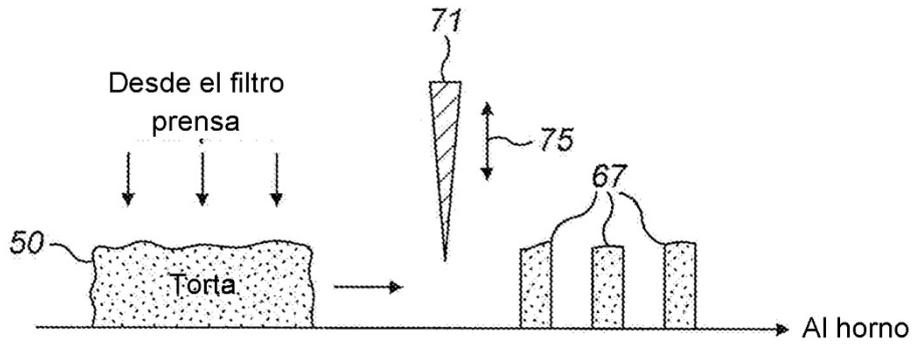


FIG. 11B

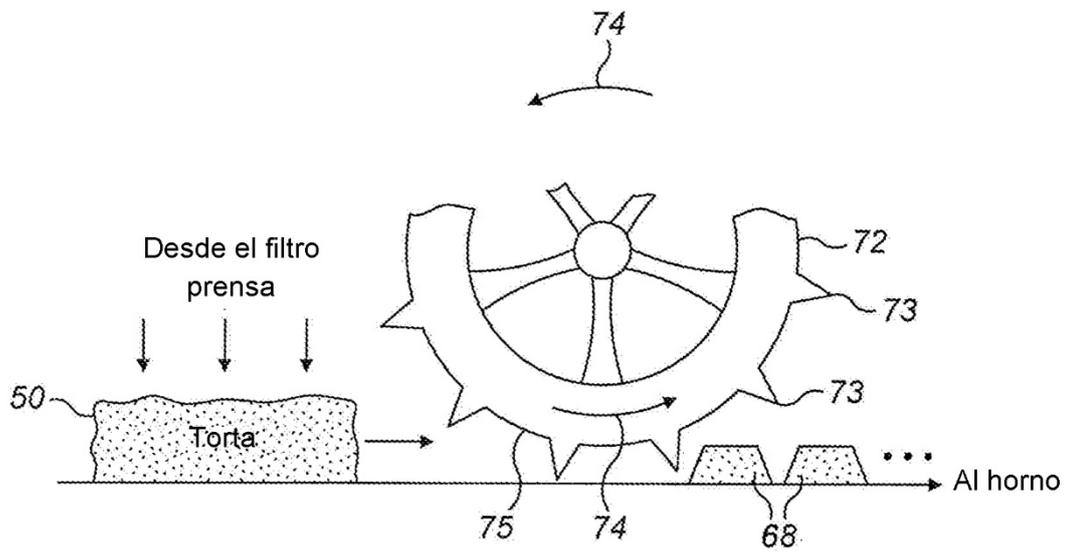


FIG. 11C