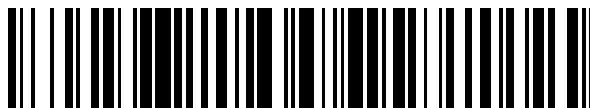




ESPAÑA



B09B 3/00 (2006.01)

B2

GARRIDO PASTOR, José Gabriel

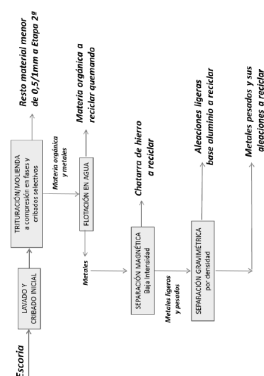


FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 662 880 B2

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE SUSTANCIAS VALIOSAS A
PARTIR DE ESCORIA

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere de manera general al campo del reciclaje de sustancias a partir de residuos sólidos urbanos. Más concretamente, se refiere a un procedimiento de recuperación de sustancias para su reciclaje a partir de escorias de incineración de residuos
10 sólidos urbanos, más específicamente a partir de escorias de incineración menores de 25/30 mm.

Antecedentes de la invención

- 15 En la actualidad se reconoce la necesidad de recuperar al máximo posible los metales contenidos en residuos de cualquier tipo por un lado con el fin de aumentar la seguridad en el suministro de materias primas, y por otro lado para disminuir la posible contaminación que puede originar su deposición en vertederos.

- 20 En la técnica se conocen ampliamente las instalaciones de valorización energética de RSU (residuos sólidos urbanos) que a su vez generan habitualmente dos tipos de residuos: cenizas procedentes de la depuración de la corriente gaseosa y escorias obtenidas directamente del
25 horno. Las cenizas se generan en una proporción de un 3-5% con respecto al peso del residuo original, mientras que las escorias constituyen un 20% del peso original.

- En la actualidad, estos "residuos" se depositan básicamente en vertederos, aunque se conocen algunos
30 métodos para extraer sustancias valiosas de los mismos con fines de reciclaje. Por ejemplo, los documentos CN105195313 y ES23633920 dan a conocer métodos de este tipo, sin embargo, no logran una recuperación óptima de dichas

sustancias valiosas y además suponen un gasto energético considerable debido a su necesidad de secar las escorias de partida antes de llevar a cabo los métodos de recuperación.

Por tanto, actualmente en la práctica las escorias de
 5 incineración de residuos sólidos urbanos menores de 25/30 mm habitualmente se depositan en un vertedero adecuado. Sin embargo, esta fracción todavía contiene metales, materia orgánica no incinerada, así como productos minerales valiosos que por un lado son contaminantes para
 10 el medio ambiente (especialmente porque contienen metales pesados) y por otro lado sería deseable recuperarlos para su reciclaje. En efecto, reciclar estas sustancias supondría una doble ventaja: disminuir su potencial contaminante para el medio ambiente y favorecer al mismo
 15 tiempo su reutilización, lo que permitiría disminuir su demanda como materia prima de origen primario.

Por tanto, existe la necesidad en la técnica de disponer de un procedimiento de recuperación de sustancias valiosas a partir de escoria de incineración de residuos
 20 sólidos urbanos que permita separar, recuperar y reciclar en la mayor medida posible metales, materia orgánica y sustancias minerales, convirtiendo de este modo residuos habitualmente depositados en vertederos en nuevas materias primas. Además, sería deseable que dicho procedimiento de
 25 recuperación pueda llevarse a cabo con el menor consumo energético posible.

Sumario de la invención

Para solucionar los problemas de la técnica anterior,
 30 la presente invención da a conocer un procedimiento de recuperación de sustancias valiosas a partir de escorias de incineración de residuos sólidos urbanos menores de 25/30 mm. El procedimiento comprende las etapas de:

- 5
- a) recuperar metales ligeros y sus aleaciones, material de hierro, metales pesados y sus aleaciones y materia orgánica no incinerada; y
 - b) recuperar minerales valiosos y metales férricos y pesados.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes dibujos que ilustran una
10 realización preferida de la presente invención, proporcionada a modo de ejemplo, y que no debe interpretarse como limitativa de la invención de ninguna manera:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de la etapa
15 a) según la realización preferida de la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de la etapa
b) según la realización preferida de la presente invención.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo de la etapa
c) según la realización preferida de la presente invención.
20

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Según una realización preferida de la presente invención, se da a conocer un procedimiento de recuperación de sustancias valiosas a partir de escorias de incineración
25 de residuos sólidos urbanos menores de 25/30 mm. El procedimiento según esta realización preferida comprende las etapas de:

- a) recuperar metales ligeros y sus aleaciones, material de hierro, metales pesados y sus
30 aleaciones y materia orgánica no incinerada;
- b) recuperar minerales valiosos y metales férricos y pesados; y opcionalmente

c) purificar y recircular el agua empleada en las diversas etapas y subetapas del procedimiento.

Según se utiliza en el presente documento, el término "purificar" se refiere a "mejorar la calidad" del agua de modo que pueda recircularse al procedimiento. No debe entenderse como una eliminación completa de todas las impurezas que puedan estar presentes en dicho agua de procedimiento.

Las escorias de incineración de residuos sólidos urbanos menores de 25/30 mm que se emplean como materia prima en el procedimiento según la presente invención se encuentran generalmente en estado húmedo. Según la realización preferida de la presente invención, el procedimiento se realiza íntegramente por vía húmeda, es decir, no es necesario secar las escorias recibidas antes de llevar a cabo el procedimiento de la presente invención. De este modo se reduce el gasto energético en comparación con otros procedimientos de recuperación de sustancias a partir de escorias que deben llevarse a cabo por vía seca, y por tanto se reduce el coste económico global del procedimiento.

A continuación se describirán de manera más detallada cada una de las etapas a), b) y c) haciendo referencia a las figuras 1, 2 y 3, respectivamente.

Tal como se observa en la figura 1, opcionalmente se somete en primer lugar la escoria recibida a un lavado y cribado inicial, por ejemplo, en un cilindro lavador y cribador a 25/30 mm.

A continuación, se somete la fracción de escoria de 25/30 mm a una subetapa a-1) de moler/triturar de manera selectiva mediante una única etapa, o mediante dos, tres o cuatro etapas sucesivas utilizando aparatos de trituración

o molienda de cilindros lisos o cilindros de presión, preferiblemente con cribados intermedios a tamaños adecuados para terminar obteniendo una fracción de tamaño mayor de aproximadamente 0,5/1 mm de intriturables y una
5 fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm. En una subetapa a-2), se envía la fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm a la etapa b), que se describirá a continuación en el presente documento.

En una subetapa a-3), se somete a flotación en agua la
10 fracción anterior de tamaño mayor de 0,5/1 mm de intriturables en un separador que permite flotar la mayor parte de la materia orgánica y separarla (por ejemplo, un tambor o cono de separación o clasificadores de tornillo, racletas, etc.). Dicha materia orgánica se escurre y se
15 recicla hacia la incineración previo oreo, secado, etc.

En la subetapa a-3) también se obtienen metales y aleaciones que se hunden y pasan a la siguiente subetapa a-4), en la cual se someten a separación magnética mediante un separador magnético de baja intensidad de rodillo,
20 cinta, etc., para obtener un material de hierro y otros metales y aleaciones ligeros y pesados. El material de hierro puede venderse para reciclar.

En la subetapa a-5), se someten los metales y aleaciones ligeros y pesados procedentes de la subetapa a-
25 4) a separación gravimétrica por densidad, utilizando por ejemplo un sistema de medios densos con una densidad próxima a 2,9/3 g/cm³, lo que permite obtener una fracción de metales y aleaciones ligeros y una fracción de metales y aleaciones pesados, pudiendo reciclarse ambas de dichas
30 fracciones.

Según una realización preferida, la fracción de metales y aleaciones ligeros obtenida en la subetapa a-5) comprende aluminio, magnesio, aleaciones a base de los

mismos y mezclas de los mismos, las cuales pueden venderse para su reciclaje.

Por otro lado, la fracción de metales y aleaciones pesados obtenida en la subetapa a-5) comprende
5 preferiblemente cobre, cinc, plomo, estaño, aleaciones a base de los mismos y mezclas de los mismos, y posiblemente cierta cantidad de acero inoxidable no magnético. Esta fracción también es valiosa y puede reciclarse adecuadamente.

10 Haciendo ahora referencia a la figura 2, se describirá más detalladamente una realización preferida de la etapa b) del procedimiento de la presente invención, que se lleva a cabo con la fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm obtenida en la subetapa a-1) descrita anteriormente.

15 Así, en la subetapa b-1), se somete a separación magnética la fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm procedente de la subetapa a-1) anterior en un sistema de concentración magnética de baja intensidad con aparatos de tipo cilindro, cinta, etc. De este modo, mediante fases de
20 desbaste, agotado o relavado (si es necesario con remolienda y relavado intermedios) se obtiene un concentrado de mineral valioso magnético, preferiblemente magnetita, que puede venderse o reciclarse como mineral de hierro, como material de alta capacidad calorífica para
25 sistemas de calefacción diferida, etc.

En esta subetapa b-1) también se obtiene una fracción no magnética que avanza hacia la siguiente subetapa b-2), en la cual se realiza una separación gravimétrica por densidad de la misma, por ejemplo en mesas de
30 concentración, espirales, etc., para obtener un concentrado denso y una fracción de material ligero.

La fracción de material ligero, que es la mayor parte del material tratado pero ya libre de la mayor parte de los

metales, especialmente de los pesados, se escurre y se puede depositar en un vertedero con un potencial contaminante sustancialmente inferior al de la escoria original.

5 Por su parte, el concentrado denso está preferiblemente compuesto por metales densos tales como cobre, plomo, estaño, etc., aleaciones de los mismos y mezclas de los mismos, así como algunos minerales pesados como restos de magnetita. Este concentrado denso se somete,
10 en una subetapa b-3), a una separación magnética en un separador magnético para obtener un producto magnético normalmente de baja calidad y una fracción no magnética enriquecida en metales pesados.

El producto magnético puede ir a vertedero o en su
15 caso reintroducirse en el incinerador para intentar reciclarlo. La fracción no magnética está altamente enriquecida en metales pesados y puede venderse para su reciclaje.

Por tanto, el procedimiento según la realización
20 preferida de la presente invención que comprende las etapas a) y b) anteriormente detalladas permite la recuperación de sustancias valiosas a partir de escoria de incineración (metales y aleaciones ligeros y pesados, material de hierro, minerales valiosos tales como magnetita, etc.) así
25 como el envío a vertedero de residuos con menor potencial contaminante para el medio ambiente. Por otro lado, el procedimiento según la realización preferida de la presente invención presenta una alta eficiencia energética ya que se realiza íntegramente por vía húmeda, sin precisar ningún
30 secado de las escorias de partida previo a la puesta en práctica del procedimiento de recuperación.

Además, según una realización más preferida de la presente invención, el procedimiento comprende la etapa

opcional c) (véase la figura 3) de purificar y recircular el agua empleada en las diversas etapas y subetapas del procedimiento. En concreto, en una etapa c-1), se recogen todas las aguas utilizadas en los lavados, cribados, 5 separaciones magnéticas o gravimétricas, etc. y se someten a un hidrociclizado y escurrido para obtener sólidos a depositar en vertedero y agua.

A continuación, en la subetapa c-2), se somete a decantación el agua procedente de la subetapa c-1) en un 10 decantador en el que, con el uso adecuado de floculantes si es necesario, se decanta el material sólido que va en suspensión para obtener agua y una suspensión espesa. El agua obtenida en esta etapa puede recircularse directamente al procedimiento de la presente invención.

15 Por su parte, la suspensión espesa se somete a un filtrado posterior que permite obtener una torta sólida que puede depositarse en vertedero, así como agua que se recircula hacia la subetapa c-2) de decantación.

Si el agua presenta un pH demasiado alto entre las 20 subetapas c-1) y c-2), puede reducirse mediante adición de CO₂ o bien directa o bien a partir de los humos de combustión de la incineradora. Debe tenerse en cuenta que una cierta alcalinidad resulta incluso beneficiosa para los equipos con respecto al control de la corrosión de los 25 equipos.

Ejemplo

Habiendo descrito de manera detallada una realización preferida de la presente invención, a continuación se 30 describirá un ejemplo de aplicación específico de la misma.

Hay que tener en cuenta que los datos, especialmente los porcentajes en peso de las fracciones finales obtenidas pueden variar notablemente con cada muestra ya que la

sustancia inicial, que son los residuos sólidos urbanos, muestran una gran variabilidad de composición con el lugar de origen, y también con el tiempo.

Como materia prima se empleó escoria procedente de la incineración de residuos sólidos urbanos que tenía una humedad del 23,51%. En la tabla 1 a continuación se muestra el resultado de un análisis químico realizado con una muestra de dicha escoria de partida, mientras que en la tabla 2 se muestran los resultados de un análisis granulométrico de la misma.

Tabla 1: Análisis químico de la escoria de partida

Elementos mayoritarios	%
SiO ₂	33,20
Al ₂ O ₃	6,71
Fe ₂ O ₃	10,80
CaO	21,70
TiO ₂	0,58
MnO	0,08
K ₂ O	0,96
MgO	1,66
P ₂ O ₅	0,68
Na ₂ O	4,12
SO ₃	1,75
Cl	0,69
PPC 900°C	11,00
Elementos traza	ppm
Cr	267
Co	25
Ni	79
Cu	3686

Zn	2965
As	<5
Cd	9
Sn	223
Sb	81
Pb	4236

Tabla 2: Análisis granulométrico de la escoria de partida

Tamaño, mm	Peso, %
>16	1,82
>8	6,06
>4	11,39
>2	17,48
>1	17,77
>0,5	12,73
>0,25	7,47
>0,125	4,85
>0,063	3,15
Fondo	17,28
SUMA	100

5 En primer lugar se sometió la escoria de partida a una trituración diferencial basada en el hecho de que utilizando máquinas que funcionan a compresión los metales presentes no se trituran o parten, sino que se laminan con lo que incluso aumenta su tamaño aparente. Por su parte,

10 los materiales pétreos sí se trituran y disminuyen de tamaño, con lo que un cribado posterior permitirá separar las partículas metálicas de forma mecánica. También se separarán aquellas sustancias de tipo orgánico que tampoco se parten por presión.

A continuación, partiendo de la fracción de mayor tamaño obtenida del cribado anterior, se realizó la separación entre sustancias metálicas y orgánicas por flotación en agua. De este modo, la mayor parte de la
 5 materia orgánica flota en el agua mientras que las sustancias metálicas se hunden. La materia orgánica separada de este modo puede reciclarse enviándola directamente al proceso de incineración.

Después se clasificaron las sustancias metálicas
 10 obtenidas en magnéticas y no magnéticas, y posteriormente se clasificaron a su vez las sustancias no magnéticas en pesadas y ligeras. Las sustancias magnéticas pueden reciclarse y venderse como chatarra de hierro. Las sustancias no magnéticas, separadas en ligeras (por ejemplo
 15 a base de aluminio) y pesadas, también pueden reciclarse y tener valor comercial.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, expresados en porcentaje con respecto al todo-uno seco:

- Sustancias intriturbables agrupadas:

20	Sustancias orgánicas.....	0,45%
	Sustancias magnéticas	0,61%
	Sustancias no magnéticas ligeras.....	0,72%
	Sustancias no magnéticas pesadas.....	0,34%

25 En la tabla 3 a continuación, se presenta el análisis de la fracción no magnética pesada como indicativo de los elementos que puede contener. Gracias al procedimiento aplicado según la presente invención, dichos elementos pesados se pueden recuperar (no se depositan en el
 30 vertedero) y por lo tanto se consigue disminuir la contaminación:

Tabla 3: Análisis químico de la fracción intriturable no magnética pesada

Elementos	%
Cu	66,35
Zn	21,83
As	0,005
Cd	0,039
Sn	0,69
Sb	0,06
Pb	10,64

Por otro lado, partiendo de la fracción de menor tamaño (menor de 1 mm) obtenida del cribado anterior, se
5 realizó una separación magnética mediante una máquina industrial de tambor magnético del tipo en contracorriente, que sacrifica algo la recuperación a cambio de obtener una mejor calidad de concentrado.

Una vez realizada la primera concentración, volvió a
10 tratarse el producto no magnético en la misma máquina para dar un segundo concentrado de barrido o apure, que en principio será de peor calidad. Para investigar las pérdidas en finos que rebosan de la máquina arrastrados por la corriente de agua, en la salida del rebose de la
15 separación de barrido, se colocó una trampa magnética formada por una barra de imanes permanentes de alta intensidad de tierras raras.

Tras realizar estas operaciones se obtuvieron los siguientes resultados, expresados en porcentaje con
20 respecto al todo-uno:

- Concentrado magnético principal o de desbaste:... 5,65%
- Concentrado de barrido:..... 0,22%

En los concentrados se recogieron algunos alambres magnéticos, que se separaron por cribado a 1 mm y escogido
25 manual y que tenían el aspecto de grapas más o menos rotas.

Las cantidades fueron mínimas, del orden del 0,005%.

A continuación en la tabla 4 se presentan los resultados de un estudio de granulometría realizado con los concentrados de desbaste y de barrido anteriores:

5

Tabla 4: Análisis granulométrico de concentrados de desbaste y de barrido

Tamaño, mm	Conc. de desbaste, % en peso	Conc. de barrido, % en peso
>1	0,33	0,57
>0,5	61,21	54,48
>0,25	24,55	26,47
>0,125	8,84	10,96
>0,063	3,17	4,65
<0,063	1,90	2,87
TOTAL	100	100

A continuación en la tabla 5 se presenta el resultado de un análisis químico realizado con estos concentrados.

10

Tabla 5: Análisis químico de los concentrados de desbaste y de barrido

Elementos, %	Conc. de desbaste	Expresado como elementos	Conc. de barrido	Expresado como elementos
SiO ₂	6,05	2,83	14,11	6,50
Al ₂ O ₃	1,34	0,71	2,87	1,52
Fe ₂ O ₃	86,42	60,45	69,27	48,45
CaO	5,42	3,87	9,59	6,85
TiO ₂	0,44	0,26	0,51	0,31
MnO	0,33	0,26	0,27	0,21
K ₂ O	<0,1	<0,08	0,40	0,33

MgO	0,33	0,20	1,02	0,62
P ₂ O ₅	0,28	0,12	0,55	0,24
Na ₂ O	0,66	0,49	1,56	1,16
SO ₃	0,55	0,22	0,55	0,22
PPC 900°C	-5,18		-1,17	
V	14			
Cr	620			
Co	310			
Ni	750			
Cu	1080			
Zn	1560			
Cd	<2			
Mo	23			
As	26			
Pb	320			
Sb	65			

El concentrado magnético de barrido sólo representa el 0,22% en peso con respecto al todo-uno y además su calidad es no buena ya que sólo alcanza el 48,45% en hierro
5 (expresado como Fe). Se podría recircular al inicio o llevar a vertedero.

El concentrado magnético primero o de desbaste, obtenido directamente de la muestra molida a <1 mm, tiene una mejor ley en hierro que es del 60,45% expresada como
10 metal (Fe).

Posteriormente, se procedió a dividir la muestra en dos fracciones granulométricas, una fracción mayor de 0,5 mm y una fracción menor de 0,5 mm, y se analizaron por separado para ver la influencia de la granulometría del
15 concentrado. La fracción menor de 0,5 mm mejoró en ley por lo que se decidió moler a menos de 0,5 mm y volver a

concentrar magnéticamente, es decir, hacer un relavado. Los resultados del análisis de este concentrado relavado se muestran en la tabla 6. Su recuperación en peso fue del 4,72%.

5

Tabla 6: Análisis químico del concentrado relavado previa molienda a <0,5 mm

Elementos, %	Conc. de relavado	Expresado como elementos
SiO ₂	5,11	2,39
Al ₂ O ₃	1,04	0,55
Fe ₂ O ₃	89,96	62,92
CaO	4,40	3,14
TiO ₂	0,39	0,23
MnO	0,317	0,25
K ₂ O	0,12	0,10
MgO	0,40	0,24
P ₂ O ₅	0,25	0,11
Na ₂ O	0,54	0,40
SO ₃	0,35	0,14
PPC 900°C	-4,03	
V	130	
Cr	637	
Co	268	
Ni	794	
Cu	962	
Zn	1373	
Cd	<1	
Mo	23	
As	26	
Pb	261	
Sb	65	

Tal como puede observarse en la tabla 6 anterior, se aprecia un incremento notable de la concentración de hierro en el concentrado de relavado molido a 0,5 mm que aumenta hasta el 62,92% en Fe metálico, muy próximo ya a valores
5 que se encuentran habitualmente en los productos comerciales.

Con objeto de mejorar este concentrado y reducir los posibles granos mixtos, es posible volver a relavar o volver a concentrar magnéticamente este concentrado previa
10 molienda a <0,25 mm, ya que es en las fracciones más gruesas en las que aumenta el contenido de mixtos.

Todos los granos de granulometría comprendida entre 1mm y <0,5mm se pueden concentrar posteriormente en una mesa de sacudidas para obtener un concentrado denso. Este
15 concentrado denso se puede separar posteriormente magnéticamente, y la parte densa no magnética, que supone un 2,46% sobre el peso inicial, tiene una ley de 5%Cu, 2,4%Zn, 0,4%Sn y 1,5% Pb. Estos metales se pueden recuperar de esta fracción por métodos físicos o hidrometalúrgicos.

20 Según lo descrito anteriormente, el procedimiento de recuperación de sustancias valiosas a partir de escoria de incineración de residuos sólidos urbanos de la presente invención permite separar, recuperar y reciclar en gran medida metales, incluso de tamaño inferior a 1 mm, materia
25 orgánica y sustancias minerales, convirtiendo en nuevas materias primas residuos habitualmente depositados en vertederos y al mismo tiempo reduciendo considerablemente la carga de las sustancias contaminantes en comparación con la técnica anterior. El presente procedimiento también
30 permite recuperar la magnetita, que hasta ahora no se podía llevar a cabo de forma tan eficiente por tener un tamaño de

liberación muy bajo generalmente del orden de 1 mm o inferior. Además, se trata de un procedimiento que puede llevarse a cabo con menor consumo energético en comparación con los procedimientos existentes.

- 5 Aunque se ha proporcionado una descripción detallada de realizaciones preferidas del presente procedimiento de recuperación, el experto en la técnica entenderá que pueden aplicarse modificaciones y variaciones a las mismas sin por ello apartarse del alcance de protección de la presente
- 10 invención, definido exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de recuperación de sustancias valiosas a partir de escorias de incineración de residuos sólidos urbanos menores de 25/30 mm, que comprende las etapas de:
- 5 a) recuperar metales ligeros y sus aleaciones, material de hierro, metales pesados y sus aleaciones y materia orgánica no incinerada; y
- 10 b) recuperar minerales valiosos y metales férricos y pesados;
- comprendiendo la etapa a) las subetapas de:
- 15 a-1) moler/triturar de manera selectiva la escoria y separar mediante cribado obteniendo una fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm y una fracción de tamaño mayor de 0,5/1 mm;
- a-2) enviar la fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm a la etapa b);
- 20 a-3) someter a flotación en agua la fracción de tamaño mayor de 0,5/1 mm para obtener materia orgánica que flota y metales y aleaciones que se hunden;
- a-4) someter a separación magnética de baja densidad los metales hundidos para obtener material de hierro para reciclar y otros metales y aleaciones ligeros y pesados; y
- 25 a-5) someter a separación gravimétrica por densidad los metales y aleaciones ligeros y pesados procedentes de la subetapa a-4) para obtener una fracción de metales y aleaciones ligeros y una fracción de metales y aleaciones pesados, pudiendo reciclarse ambas de
- 30 dichas fracciones.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se realiza por vía húmeda.

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los minerales valiosos recuperados en la etapa b) consisten en magnetita.
- 5 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las sustancias recuperadas en la etapa a) presentan un tamaño mayor de 0,5/1 mm.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las sustancias recuperadas en la etapa b) presentan un tamaño menor de 0,5/1 mm.
- 10 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la subetapa a-1) se repite de 2 a 4 veces realizando cribados intermedios entre cada repetición.
- 15 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además secar y reciclar la materia orgánica obtenida en la subetapa a-3) hacia la incineración.
- 20 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fracción de metales y aleaciones ligeros obtenida en la subetapa a-5) se selecciona del grupo constituido por aluminio, magnesio, aleaciones a base de los mismos y mezclas de los mismos.
- 25 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fracción de metales y aleaciones pesados obtenida en la subetapa a-5) se selecciona del grupo constituido por cobre, cinc, plomo, estaño, aleaciones a base de los mismos y mezclas de los mismos.
- 30 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones

anteriores, caracterizado por que la etapa b) comprende las subetapas de:

b-1) realizar una separación magnética de una fracción de tamaño menor de 0,5/1 mm procedente de la etapa a) para obtener un concentrado de mineral valioso magnético y una fracción no magnética;

b-2) someter a separación gravimétrica por densidad la fracción no magnética procedente de la subetapa b-1) para obtener un concentrado denso y una fracción de material ligero a depositar en vertedero; y

b-3) someter a separación magnética de baja intensidad el concentrado denso procedente de la subetapa b-2) para obtener un producto magnético y una fracción no magnética enriquecida en metales pesados a reciclar.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el mineral valioso magnético obtenido en la subetapa b-1) comprende magnetita.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado por que la subetapa b-1) comprende remolienda y relavado intermedios.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que el concentrado denso de la subetapa b-2) se selecciona del grupo constituido por cobre, plomo, estaño, aleaciones de los mismos y mezclas de los mismos.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además la etapa de:

c) purificar y recircular el agua empleada en las diversas etapas y subetapas del procedimiento.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que la etapa c) comprende las

subetapas de:

c-1) someter el agua a hidrociclonado y escurrido para obtener sólidos a depositar en vertedero y agua;

5 c-2) someter a decantación el agua procedente de la subetapa c-1) para obtener agua para recircular en el procedimiento y una suspensión espesa; y

10 c-3) filtrar la suspensión espesa procedente de la subetapa c-2) para obtener una torta sólida a depositar en vertedero y agua a recircular hacia la subetapa c-2) de decantación.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por que la subetapa c-2) comprende usar floculantes.

15 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, caracterizado por que comprende además reducir el pH del agua procedente de la subetapa c-1) antes de su decantación en la subetapa c-2).

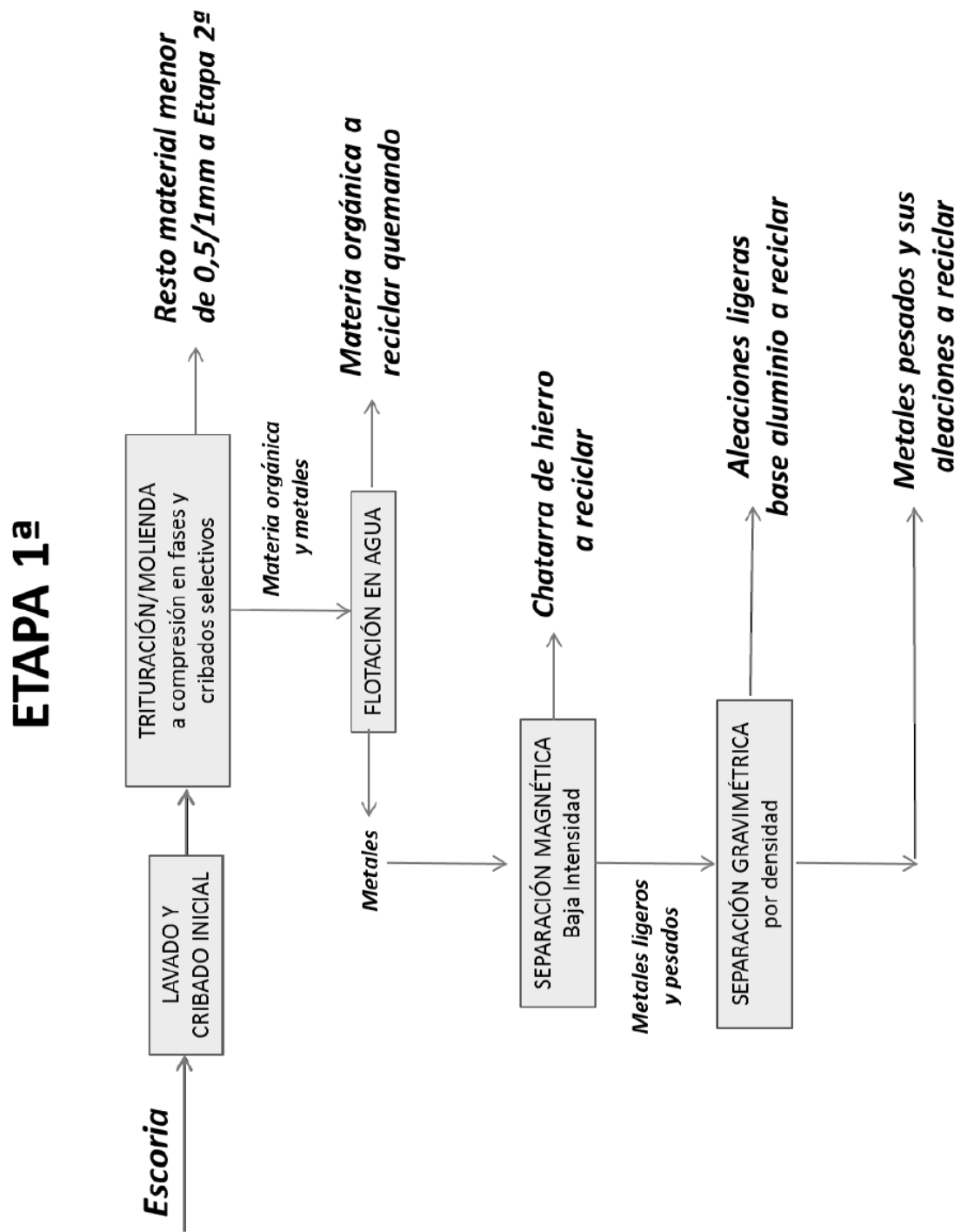


FIG. 1

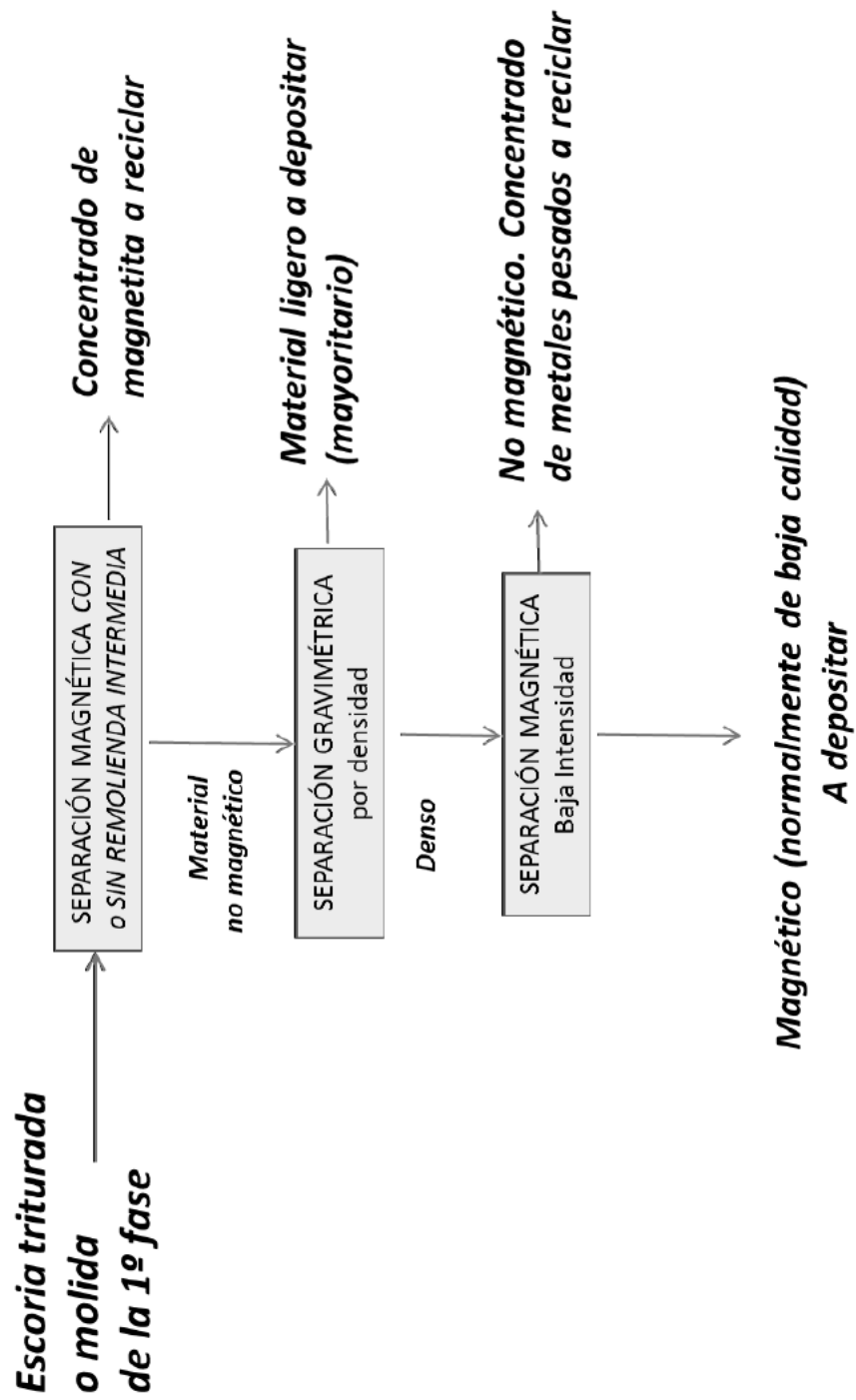


FIG. 2

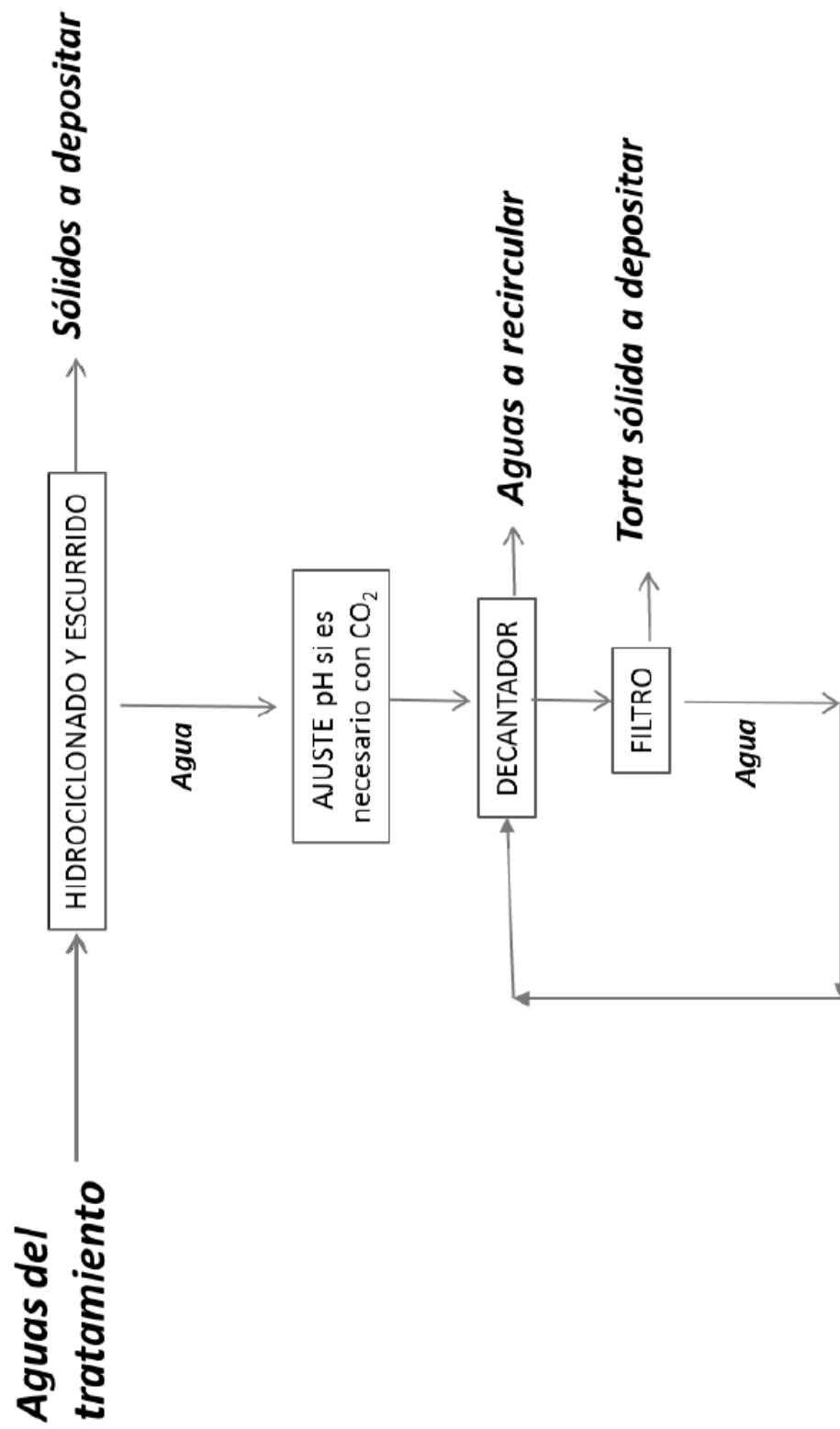


FIG. 3