

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 501**

51 Int. Cl.:

**B03B 5/44** (2006.01)

**B03B 9/06** (2006.01)

**B09B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2004 PCT/FR2004/003150**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.07.2005 WO05065830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2004 E 04805658 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 1708819**

54 Título: **Separación selectiva de materiales poliméricos fragmentados usados, por medio de una suspensión acuosa densa dinámicamente estabilizada**

30 Prioridad:

**10.12.2003 FR 0314472**

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

**28.09.2017**

73 Titular/es:

**GALLOO PLASTICS (S.A.) (100.0%)  
Port Fluvial, 1 ère Avenue  
59250 Halluin, FR**

72 Inventor/es:

**DE FERAUDY, HUGUES y  
SEINERA, HENRI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 634 501 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

Separación selectiva de materiales poliméricos fragmentados usados, por medio de una suspensión acuosa densa dinámicamente estabilizada

5

**Campo de la invención**

La invención se refiere a un método de separación selectiva de materiales orgánicos de síntesis en mezcla, tales como polímeros y/o copolímeros que pueden ser con o sin carga, ignífugos o no, con o sin adyuvantes, que son residuos a reciclar para aprovecharlos, pudiendo ser obtenidos estos materiales orgánicos de síntesis de la destrucción por trituración de automóviles y de bienes de consumo duraderos que han llegado al final de su periodo de duración, actuando dicho método de separación selectiva por separación de estos materiales con un umbral de densidad elegido en un medio denso formado por suspensiones líquidas de separación fluidas formadas por partículas pulverulentas dispersas en una fase acuosa, siendo estas suspensiones estabilizadas dinámicamente en el valor de umbral de densidad elegido para provocar la separación selectiva de una fracción determinada de la mezcla de los materiales usados a separar.

10

15

20

25

Los materiales orgánicos de síntesis usados a los que se hace referencia proceden generalmente de residuos de trituración de automóviles y de bienes de consumo duraderos, que han llegado al final de su periodo de duración, en los que una multiplicidad de tipos de materiales orgánicos de síntesis, que son los polímeros y/o copolímeros con o sin carga, ignífugos o no, con o sin adyuvantes, se deben considerarse como aprovechables y en los que una multiplicidad de otros materiales se consideran como contaminantes nocivos tales como metales, minerales y otros contaminantes diversos que se deben eliminar previamente. Otros residuos, tales como residuos industriales mezclados que contienen materiales orgánicos de síntesis y residuos de embalaje tales como polímeros y/o copolímeros procedentes de recogidas municipales y que también contienen materiales poliméricos mezclados, también se deben considerar como potencialmente aprovechables.

30

35

En las industrias de reciclaje de materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización se practican diversos métodos de separación de los componentes de los flujos, más o menos contaminantes y más o menos contaminados, más o menos concentrados en materiales orgánicos de síntesis aprovechables que hay que separar de los contaminantes, concentrar y clasificar por flujos homogéneos de tipos de materiales orgánicos de síntesis presentes, tales como por ejemplo polietileno, polipropileno, poliestireno, (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno, (ABS), poliamidas (PA), cloruro de polivinilo (PVC), poliésteres, poliuretano, policarbonato, copolímeros acrílicos o metacrílicos u otros, pudiendo ser todos los polímeros con o sin carga, con adyuvantes, ignífugos o no.

En la actualidad estos métodos conocidos permiten extraer y separar flujos a tratar, formados por mezclas de materiales orgánicos de síntesis para su reutilización y por materiales contaminantes a eliminar, comprendiendo estos flujos:

40

- ✓ una fase de materiales orgánicos de síntesis de densidad inferior a 1,
- ✓ una fase de materiales orgánicos de síntesis de densidad superior o igual a 1,
- ✓ una fase de materiales orgánicos de síntesis, formada por ejemplo por espumas de polietileno, poliuretano, residuos de películas, hilos u otros,
- ✓ una fase de materiales contaminantes a eliminar cuyos componentes no se pueden reutilizar en tales métodos de separación y de reutilización, por ejemplo arena, restos de vidrio, restos de madera, restos de metales u otros.

45

Uno de estos métodos de separación de materiales poliméricos de todo tipo procedentes de la trituración de vehículos automóviles y/o de otros objetos que han llegado al final de su periodo de duración (descrito en la patente europea EP 0918606 B) consiste, después de una etapa de trituración que asegura la fragmentación de los materiales orgánicos de síntesis, preferentemente en realizar una separación mecánica por factor de forma, seguida de una primera etapa de separación por densidad que provoca la separación de todos los materiales orgánicos de síntesis para su reutilización en dos flujos:

50

- ✓ uno de densidad inferior a 1, que comprende en particular y por ejemplo poliolefinas sin carga, tales como polietilenos ( $d = 0,92$  a  $0,95$ ), polipropilenos ( $d$  aproximadamente  $0,9$ ), copolímeros de etileno y acetato de vinilo, copolímeros de caucho de etileno-propileno (E.P.R.), copolímeros de monómero de etileno-propileno-dieno (E.P.D.M.), espumas de polietileno (PE), de polipropileno (PP), de poliuretano (PU) u otras,

55

- ✓ el otro, de densidad superior o igual a 1, que comprende en particular y por ejemplo:

60

- poliestireno: PS sin carga ( $d$  aproximadamente  $1,05$ )
- copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno: ABS sin carga ( $d$  aproximadamente  $1,07$ )
- cloruros de polivinilo: PVC rígido sin carga ( $d$  aproximadamente  $1,30$  a  $1,40$ ) y con carga ( $d$  aproximadamente  $1,40$  a  $1,55$ ), plastificados tales como plastisol y espumas de PVC
- policarbonatos: PC sin carga, de densidad  $d = 1,20$  a  $1,24$ , PC cargados con un 20 % de fibras de vidrio de

65

- densidad  $d = 1,3$  o incluso PC cargado con un 30 % de fibras de vidrio de densidad  $d = 1,44$
- cauchos termoplásticos, excepto los cauchos alveolares termoendurecibles
  - poliuretanos: PU con carga ( $d = 1,21$  aproximadamente)
  - polipropilenos con carga Talco (PP Talco con carga entre un 5 % y un 40 % en talco)
  - 5 - polietilenos con carga: (PE con carga entre un 2 % y un 40 % de cargas)
  - poliésteres insaturados ( $d$  que varía de aproximadamente 1,10 a 1,13)
  - poliésteres saturados ( $d \geq 1,20$ ), con o sin carga (a menudo con cargas de fibras de vidrio)
  - poliamidas: PA<sub>6</sub> ( $d = 1,13$ ), PA<sub>6,6</sub> ( $d = 1,14$ ), PA<sub>6,10</sub> ( $d = 1,08$ ), PA<sub>11</sub> ( $d = 1,04$ ), PA<sub>12</sub> ( $d = 1,02$ ), con carga o sin carga
  - 10 - polimetacrilatos de metilo: PMMA ( $d = 1,18$ )
  - otros.

Estos dos flujos se tratan posteriormente para extraer de ellos cada componente, separarlos de acuerdo con flujos homogéneos y tratarlos para hacer con los mismos granulados formulados, directamente utilizables de acuerdo con los métodos de transformación de plásticos.

Si el flujo de la mezcla de materiales orgánicos de síntesis que se pueden reutilizar de densidad inferior a 1 se trata de manera eficaz mediante una sucesión de etapas de separación en medio acuoso, mediante baños de densidad adaptada permitiendo una fina selección de los diversos compuestos poliméricos presentes en dicho flujo, no se puede decir lo mismo del flujo de la mezcla de los materiales orgánicos de densidad superior o igual a 1, cuyos diversos materiales orgánicos de síntesis resultan difícilmente separables.

Para este segundo flujo, de hecho, que se compone de una mezcla de polímeros y/o copolímeros con o sin carga, cuyas densidades se extienden de 1 a aproximadamente 1,6, la separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis presentes en la mezcla se realiza por densidad en separadores hidráulicos cuyo medio líquido de separación está formado por agua, agentes tensoactivos y compuestos minerales tales como arcillas y en particular bentonita y opcionalmente compuestos solubles en agua tales como sales minerales, compuestos que se usan para aumentar la densidad de la fase líquida y llevarla a un valor de densidad que permita en principio una separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis en dos fases distintas, una el sobrenadante y la otra que se decanta por la parte inferior del separador, cada fase formando un nuevo flujo sometido a su vez a una nueva separación por densidad.

Sin embargo, con el uso se demuestra, en particular en instalaciones de separación por densidad, en funcionamiento en las plantas industriales de tratamiento de materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización, que los medios líquidos de separación no son suficientemente estables para permitir separaciones acentuadas por la densidad, es decir que proporcionan separaciones muy homogéneas en tipos de materiales clasificados, los flujos de la separación pudiendo ser mezclas de varios materiales cuyas densidades respectivas están muy próximas las unas de las otras.

De hecho se observó que en el seno de estos medios líquidos de separación por densidad se desarrollaban diversos fenómenos problemáticos; estos fenómenos problemáticos, que son inconvenientes reales, pueden ser:

- ✓ un cambio en la reología de dichos medios líquidos que se pone de manifiesto por una variación preocupante de su viscosidad hacia un estado más fluido o más pastoso,
- 45 ✓ una desviación o un cambio en la densidad aparente de los medios líquidos, densidad que no puede permanecer estable al nivel de umbral elegido inicialmente para una buena separación de los materiales orgánicos sintéticos usados para su reutilización, esta desviación (variación) causando un cambio en la composición de los flujos separados por un medio líquido denso,
- 50 ✓ una decantación en el tiempo de una parte de los compuestos minerales dispersos en el medio acuoso para crear la densidad elegida, en parte, responsable de la evolución de la densidad del medio líquido de separación,
- 55 ✓ una casi imposibilidad de poder separar finamente los materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización, con o sin carga, ya que la separación por densidad de los unos y de los otros materiales se debe hacer con respecto a una diferencia de densidad  $\Delta = |0,001|$ , es decir, en un intervalo de aproximadamente la densidad elegida " $d_s$ " de " $d_s \pm 0,005$ ".

Por lo tanto, existe un problema real e importante con respecto a la separación por densidad muy fina de los materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización dado que son polímeros y/o copolímeros con o sin carga, que son residuos usados a reciclar, obtenidos a partir de la destrucción por trituración de automóviles y bienes de consumo duraderos que han llegado al final de su periodo de duración, para obtener flujos homogéneos de materiales separados, sin que se produzca una desviación de la densidad y mezcla de materiales seleccionados.

**Estado de la técnica**

5 Separar lo mejor posible los unos de los otros de los materiales sólidos difícilmente separables, la densidad al menos igual a 1 y por lo general mucho mayor, en un medio líquido denso, ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación y de aplicaciones industriales.

El medio líquido denso del estado de la técnica, de densidad generalmente superior a 1, está formado por una fase acuosa en la que:

- 10 ✓ se pueden disolver sales minerales solubles para aumentar la densidad real de la fase acuosa hasta un valor de densidad deseada,
- ✓ se pueden dispersar arcillas pulverulentas para crear una suspensión de densidad aparente hasta obtener la densidad deseada,
- 15 ✓ los dos medios mencionados anteriormente se pueden combinar, que son las solubilizaciones de sales, aumentando la densidad de la fase acuosa y la dispersión de las arcillas en la fase acuosa con un aumento de la densidad, para aumentar, en la medida de lo posible, la estabilidad de la suspensión de las arcillas en la fase acuosa densificada.

20 En el caso, por ejemplo, el tratamiento de minerales, los métodos de densidad practicados consisten en separar los minerales de su ganga, después de una acción mecánica de trituración para la malla de liberación, en suspensión acuosa de arcilla pulverulenta dispersa, actuando la arcilla como agente densificante, a la concentración adecuada para permitir la separación de los componentes a separar en dos fases, una de sobrenadante y la otra la parte de decantación.

25 Sin embargo, a las concentraciones de arcilla usadas para preparar suspensiones densificadas de separación, la estabilidad de dichas suspensiones es totalmente relativa ya que las concentraciones de arcilla pueden variar con el tiempo, de acuerdo con el cambio de la composición de la ganga presente a eliminar cuya densidad no es estable y varía de acuerdo con la zona de extracción así como con la densidad del mineral a extraer.

30 En estos métodos, el umbral de densidad elegido para la separación es relativamente impreciso y de forma habitual no se puede esperar una sensibilidad de separación con el primer dígito después de la coma decimal, es decir, por ejemplo un medio de separación densificado cuya densidad aparente estará comprendida entre 1,4 y 1,5.

35 En el caso, por ejemplo, de los materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización que son materiales poliméricos fragmentados a separar entre ellos o a separar de sus contaminantes, se practican métodos de separación por medios líquidos densos, utilizando la solubilización de sales minerales en la fase acuosa o dispersión de arcillas pulverulentas en una cantidad adecuada para establecer la densidad umbral de reparto en presencia de agentes tensioactivos.

40 Algunos documentos han descrito tales medios densos líquidos de separación. Un primer documento (DE19964175) describe una tecnología que permite la separación de una mezcla heterogénea de materiales poliméricos fragmentados, de acuerdo con su densidad aparente, en una solución acuosa salina que constituye el medio líquido denso que tiene una densidad determinada previamente, siendo realizada la separación de acuerdo con un flujo laminar que necesita una optimización de las condiciones de caudales de la solución salina acuosa y de la mezcla de materiales poliméricos a separar.

45 El método mencionado de este modo parece ser más adecuado solo para un valor único de densidad, ya que parece difícil hacer cambiar la densidad del medio líquido denso de acuerdo con un amplio intervalo de valores, estando esta evolución relacionada con el hecho de que para lograr densidades relativamente elevadas, es necesario usar concentraciones cada vez más importantes en sales solubilizadas; este proceso, por lo tanto, se puede convertir en un coste de explotación inaceptable para separar materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización de valor añadido muy bajo, y esto especialmente porque la tecnología utilizada está sometida a una acción corrosiva evidente de la parte del medio líquido salino.

50 Otro documento (US 3.857.489) describe un método de separación de un flujo de materiales a separar en un medio acuoso denso preparado a partir de una suspensión de arcilla pulverulentas, dispersa en agua cuya estabilidad mejora gracias a la adición a la suspensión de un agente (tensioactivo) estabilizante de la arcilla de tipo hetero polisacáridos hidrosolubles. Sin embargo la estabilidad de la suspensión de separación no se adquiere de una manera suficiente, produciéndose un fenómeno de decantación de las partículas de arcilla, lo que provoca una variación importante del umbral de densidad elegido para la separación selectiva.

65 Otro documento (EP 0918 606 B1), tal como se ha mencionado anteriormente, describe un método de separación de materiales poliméricos fragmentados, a partir de la trituración de vehículos automóviles y/u otros objetos al final de su periodo de duración que usa, sobre un flujo formado por una mezcla de polímeros y/o copolímeros con o sin carga, cuyas densidades varían de 1 a 1,6, la separación en medio líquido denso que usa una suspensión formada por arcilla pulverulenta dispersa en agua, con el fin de obtener un medio de separación por densidad con un umbral

de densidad elegido. Pero, como ya se ha mencionado, una suspensión de separación de este tipo presenta inconvenientes poco superables como una variación de la reología, de la densidad en el tiempo, una decantación de la arcilla pulverulenta y una imposibilidad de fijar un umbral de densidad particularmente preciso que se traslada por ejemplo sobre la segunda cifra después de la coma y mantenerlo en su lugar. Otro documento (DE 4335570) describe un método de tratamiento de residuos de material plástico triturado en el que los residuos de material plástico triturados se separan por densidad por medio de un líquido vehículo en una etapa de separación por medio de un método de separación por vía húmeda - mecánica. El líquido vehículo se separa de los productos de separación y se reutiliza en la etapa de separación. Otro documento (US 6 335 376 B1) describe un método de separación de los polímeros presentes en una mezcla de diferentes polímeros, que no contiene ni metales, ni agentes contaminantes a eliminar tales como vidrio, espuma, madera u otros. El método reivindicado consiste en calentar la mezcla de estos diferentes polímeros después de una selección de tamaños, para provocar el burbujeo de al menos uno de los polímeros de dicha mezcla a separar y separarlo de dicha mezcla gracias a un cambio de la densidad aparente de dicho polímeros, provocada por el calentamiento.

Esta modificación de la densidad aparente provoca una diferenciación entre al menos uno de los polímeros de la mezcla calentada y los otros polímeros de la mezcla y una separación selectiva mediante etapas sucesivas de alteraciones de las densidades de cada polímero.

Por lo tanto, este método utiliza medios de separación particulares que usan un medio térmico que provoca el inicio de una desestructuración perjudicial de los materiales poliméricos a separar.

Otro documento, el artículo KUNSTSTOFFBERATER, KUNSTSTOFF VERLAG describe una instalación destinada de forma específica a la producción de láminas de PVC, de un modo tal que el flujo de entrada contiene de un 95 a un 100 % de PVC-H y PVC-P y de un 0 a un 5 % de impurezas, que comprende un triturador, un lavador, y separadores por densidad por ejemplo. Este método comprende dos etapas sucesivas de separaciones por densidad realizadas en hidrociclón a un caudal de 200 m<sup>3</sup>/h, mediante un medio líquido denso que es una suspensión acuosa de sulfato de bario que permite aumentar la densidad del agua y alcanzar densidades fijadas como umbral de separación ( $d = 1,2$  y  $d = 1,5$ ).

Sin embargo, esta instalación no conduce a la separación de PVC-H ( $d = 1,34$  a  $1,43$ ) y PVC-P ( $d = 1,20$  a  $1,35$ ) entre ellos ya que los dos umbrales de densidad de separación elegidos son de un modo tal que incluye los valores de las densidades de PVC-H y PVC-P. Por lo tanto, solo se produce la separación de la mezcla de PVC-H y PVC-P con impurezas. Además, esta instalación no permite una separación particularmente fina. Ya que durante la primera separación a la densidad  $d = 1,2$ , los productos de densidad inferior a 1,2, tales como poliolefinas y madera, que dan en el sobrenadante. Con respecto a los productos de densidad superior a 1,2 que se decantan, estos constituyen una mezcla formada por PVC-H y PVC-P e impurezas que se someten a la segunda separación por densidad a  $d = 1,5$ . En el transcurso de esta segunda etapa de separación, los productos de densidad superior a 1,5, tales como metales, vidrio y arena, sedimentan y la mezcla de PVC-H y PVC-P y posiblemente algunas impurezas de densidades comprendidas entre 1,2 y 1,5 quedan en el sobrenadante y se recuperan.

Por lo tanto, el estado de la técnica propone diversos métodos de separación de materiales a separar, tales como los resultantes de la trituración de vehículos y/o bienes de consumo duraderos al final de su periodo de duración tales como electrodomésticos, materiales electrónicos u otros que, después de la recuperación de los metales, son materiales orgánicos de síntesis, mediante la aplicación de medios líquidos densos, con todos los inconvenientes mencionados anteriormente.

Sin embargo el estado de la técnica no propone métodos para una separación particularmente fina de diversos tipos de componentes, de densidad al menos igual a 1 y por lo general muy superior a 1, formando una mezcla de materiales orgánicos de síntesis usados para su reutilización, que se presentan con un aspecto fragmentado.

### Objetos de la invención

El problema industrial que se plantea al final del examen del estado de la técnica y que todavía parece ser insoluble a través de este estado de la técnica es proporcionar un método y una instalación correspondientes para la separación fina por diferencia de densidad por medio de un medio líquido denso de mezclas complejas de materiales de síntesis orgánicos usados de todos los tipos, a separar de acuerdo con su tipo, cada uno de los cuales teniendo una densidad al menos igual a 1, con el fin de su reutilización por reciclado, siendo todos estos materiales polímeros y/o copolímeros termoplásticos o termoduros, con o sin carga, ignífugos o no, con o sin adyuvante.

A modo de ejemplos se pueden mencionar todos los termoplásticos tales como poliolefinas y copolímeros olefínicos, PVC y derivados, poliestireno y sus copolímeros, derivados de celulosa, poliamidas, polímeros acrílicos y otros..., así como plásticos termoendurecibles tales como poliésteres insaturados, poliuretanos reticulados, fenoplastos, aminoplastos, resinas epoxídicas y otros, y todos los polímeros especiales tales como policarbonato, poliimidias, poliuretanos lineales, poliésteres saturados, siliconas, polímeros fluorados u otros, elastómeros de síntesis y otros, pudiendo estos productos orgánicos ser utilizados solos o en mezcla, pero también se pueden modificar con cargas minerales, fibras de refuerzo, retardadores de llama, amortiguadores, colorantes, estabilizantes de luz o térmicos,

lubricantes, agentes antiestáticos, agentes de expansión y otros....

Por lo tanto se asignan numerosos objetos a la invención para que lo esencial, al menos los inconvenientes evidentes en el estado de la técnica, se elimine.

5 Un primer objeto de la invención es crear un método y su correspondiente instalación industrial que permita realizar una separación selectiva de materiales orgánicos de síntesis en mezcla, tales como polímeros y/o copolímeros con o sin carga, ignífugos o no, con o sin adyuvante, de diversos tipos, que son residuos usados a reciclar para su reutilización, y se obtienen a partir de la destrucción por trituración de automóviles y bienes de consumo duraderos al  
10 final de su periodo de duración, por densidad a un umbral de densidad elegido "ds" para provocar su separación, cuya separación por densidad se realiza en un medio líquido denso formado por suspensiones de separación estables formadas por partículas pulverulentas dispersas en una fase acuosa.

15 Otros objetos de la invención son crear un método y una instalación industrial que permitan realizar la separación selectiva de los materiales mencionados anteriormente, por densidad, gracias a los que:

- ✓ la reología de la suspensiones de separación permanece estable y no experimenta ninguna desviación que se manifieste mediante una fluidización o un espesamiento del medio líquido denso,
- 20 ✓ la densidad aparente "ds" establecida para cada suspensión de separación no experimenta ninguna desviación por efecto de desestabilización de la suspensión en el tiempo provocando la decantación de partículas pulverulentas inicialmente dispersas más o menos en gran cantidad,
- ✓ la casi totalidad al menos de las partículas pulverulentas participan activamente y de forma eficaz en la creación de la densidad aparente de la suspensiones de separación a razón de su homogeneidad dimensional, si que sea necesario eliminarlas a medida que las partículas sedimentan en el medio líquido denso, porque son  
25 demasiado grandes y por lo tanto demasiado pesadas,
- ✓ la separación selectiva y final de los diversos materiales orgánicos de síntesis constituyentes de una mezcla para clasificar cuya sensibilidad de clasificación de un material con respecto a otro puede alcanzar un diferencial de  $\Delta = |0,001|$  o incluso el valor de la densidad diana "ds" a  $\pm 0,0005$ .

### 30 Sumario de la invención

De acuerdo con los diversos objetos mencionados anteriormente, el método de separación selectiva por densidad de materiales orgánicos de síntesis usados y a reciclar para su reutilización, de densidad al menos igual a 1, obtenidos a partir de la trituración de bienes duraderos que han llegado al final de su periodo de duración, tales como vehículos  
35 automóviles, material electrodoméstico, material electrónico, permite la eliminación de los inconvenientes encontrados en el estado de la técnica y el aporte, de forma simultánea, de mejoras sustanciales con respecto a los medios descritos anteriormente.

De acuerdo con la invención, el método de separación selectiva de cada uno de los componentes de una mezcla de materiales orgánicos de síntesis que son los polímeros y/o copolímeros, en particular usados y a reutilizar mediante reciclado, de densidad al menos igual a 1, que se presentan en una forma fragmentada, que consiste en realizar su separación mediante la introducción de dicha mezcla en un medio líquido denso, que es una suspensión acuosa de partículas pulverulentas dispersas en cantidad adecuada en una fase acuosa, para crear un nivel de densidad "ds" elegido como umbral de separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis fragmentados a separar de  
45 forma selectiva por tipo, caracterizado por que dicha suspensión de separación se hace selectiva, estable e invariable en densidad a un nivel de precisión de  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad "ds" elegido para la separación selectiva:

- a) mediante la selección del tamaño de partículas pulverulentas cuya sección granulométrica es como máximo de 30  $\mu\text{m}$ , preferentemente como máximo de 20  $\mu\text{m}$ , y muy preferentemente como máximo de 5  $\mu\text{m}$ , estando estas partículas sólidas pulverulentas dimensionadas de ese modo dispersas y presentes en una fase acuosa en cantidad suficiente para alcanzar el umbral de densidad "ds" elegido, y
- b) mediante la preparación de al menos un medio dinámico de estabilización creando un caudal de circulación de dicha suspensión de separación, siendo dicho caudal de circulación como máximo de 40  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 55 Descripción detallada de la invención

El método de separación selectiva de mezcla de materiales orgánicos de síntesis usados se aplica a todos los materiales poliméricos y/o copoliméricos, mezclados y fragmentados, con o sin carga, que se buscan para su reutilización, ya sean de origen termoplástico y/o termoduro.

De acuerdo con el método de la invención, las partículas pulverulentas usadas en la formación de la suspensión acuosa de separación fina de los diversos tipos de materiales orgánicos de síntesis, en particular usados, para su reutilización, que se presentan en forma de una mezcla de materiales fragmentados, se eligen de un modo tal que:

65

- ✓ la reología permanece estable en el tiempo, es decir, exenta de variación significativa de su estado hacia un estado más fluido o más denso,
- ✓ la densidad aparente "ds" elegida como el umbral de separación fina y de extracción de un tipo de material orgánico de síntesis a extraer de la mezcla de materiales usados d que lo contienen alcanza y conserva este valor de densidad aparente "ds" con una precisión diana en el intervalo "ds ± 0,0005" proporcionando de ese modo una extrema sensibilidad de clasificación por densidad de un material a otro material.

Las partículas pulverulentas usadas de acuerdo con la invención pueden ser de origen natural o sintético.

- 10 Cuando las partículas pulverulentas son de origen natural, éstas se pueden elegir entre el grupo de los materiales minerales pulverulentos formado por las arcillas, susceptibles de formar una suspensión plástica estable por contacto con el agua, que pueden pertenecer a las familias formadas por el grupo de las caolinitas, tales como por ejemplo caolinita, dickita, haloisita, caolinitas desordenadas, serpentinas; el grupo de las micas, tales como por ejemplo moscovita, biotita y paragonita, pirofilita y talco, ilitas y glauconita; el grupo de las montmorillonitas, tales como por ejemplo beidellita, estevensita, saponita, y hectorita; el grupo de las cloritas; el grupo de las vermiculitas; el grupo de las arcillas interstratificadas cuya estructura unitaria es una combinación de los grupos precedentes; el grupo de las arcillas fibrosas, tales como por ejemplo atapulgita (palygorskita), sepiolita ; o incluso el grupo formado por carbonato de calcio (calcita), carbonato de magnesio, dolomita (carbonato doble de calcio y magnesio), sulfato de calcio dihidratado (yeso), sulfato de bario, talco, alúmina, sílice, dióxido de titanio, zirconia.

- 20 Cuando las partículas pulverulentas son de origen sintético, se pueden elegir entre el grupo que consiste en polvos de vidrio, carbonato de calcio precipitado, polvos metálicos.

- 25 Para crear las condiciones de una suspensión estable en la fase acuosa, dichas partículas pulverulentas usadas de acuerdo con la invención deben tener:

- ✓ una sección granulométrica como máximo de 30 µm y preferentemente como máximo de 20 µm y muy preferentemente como máximo de 5 µm.
- ✓ un diámetro medio como máximo de 5 µm y comprendido preferentemente en el intervalo que varía de 1 µm y 0,005 µm.

- 35 Para perfeccionar adicionalmente el umbral de separación al nivel de densidad "ds" elegido, es posible realizar la mezcla de varias secciones granulométricas de un solo compuesto pulverulento tal como carbonato de calcio, o de varios compuestos pulverulentos tales como carbonato de calcio y caolín.

- Además, para perfeccionar adicionalmente el umbral de separación al nivel de densidad "ds" elegido, es posible utilizar partículas pulverulentas cuyos tamaños de diámetro se seleccionan principalmente dentro de los límites recomendados en el contexto de la invención, por medio de una operación de clasificación selectiva previa a la realización de la separación.

- 40 Cuando las características de tamaño de las partículas pulverulentas superan los valores límites mencionados anteriormente, es decir, cuando las partículas pulverulentas tienen una sección granulométrica superior a 30 µm, parece evidente que las suspensiones de separación densas obtenidas por su dispersión en la fase acuosa conducen a fenómenos de sedimentación, la inestabilidad de las características y de desviación del umbral "ds" diana, para asegurar la separación fina deseada de los materiales orgánicos de síntesis usados.

- Además, la presencia de las partículas pulverulentas más finas, es decir, de sección granulométrica inferior a 5 µm, en suspensión en la fase acuosa, son absolutamente indispensables para el objeto de la invención ya que equilibran y estabilizan las partículas de tamaño más elevado como máximo de 30 µm presentes en dicha suspensión.

- 50 Por lo tanto, el objeto de la invención dispone de partículas pulverulentas en suspensión en la fase acuosa que presentan una distribución de sección granulométrica completa, es decir una sección granulométrica que varía de 0 a 30 µm, lo que permite que las partículas más finas de sección granulométrica de 0 a 5 µm, se coloquen en los espacios vacíos dejados entre las partículas más grandes de sección granulométrica de 5 a 30 µm y reforzar de ese modo la estabilidad del equilibrio de dicha suspensión, y esto, en combinación con los otros medios que participan en el objeto de la invención.

- 60 La cantidad en peso de las partículas pulverulentas dispersas en la fase acuosa depende del umbral de densidad "ds" elegido para realizar la separación fina de un tipo de materiales poliméricos usado de densidad generalmente superior a 1, a partir de la mezcla de materiales usados que lo contienen.

- 65 Para separar, por ejemplo, poliestireno (PS) sin carga cuya densidad es de 1,05, de un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) sin carga de densidad 1,07, la cantidad de partículas pulverulentas (CaCO<sub>3</sub> triturado) es de 99 g por litro de fase acuosa para crear un medio de densidad de separación fina de estos dos materiales, que tiene una densidad "ds" exactamente igual a 1,06.

## ES 2 634 501 T3

De acuerdo con el método de la invención, la fase acuosa se elige entre las aguas cuya conductividad es preferentemente como máximo de 50 ms, se elige más preferentemente entre las aguas que tienen una conductividad comprendida entre 0,2 ms y 40 ms, entendiéndose que la unidad de medición en materia de conductividad es el SIEMENS y que se pone de manifiesto que las mediciones de las aguas usadas están en la escala de  $10^{-3}$  Siemens, es decir, el milisiemens representado por ms.

El medio acuoso usado se puede elegir entre el grupo formado por aguas tan diversas como las aguas de fuente, aguas alimentarias, aguas industriales tratadas o no, que circulan en circuito cerrado o no, agua de mar, sabiendo que la estabilidad de la suspensión se adquiere a nivel de la densidad umbral « ds » elegida para realizar una separación fina cuando se cumplen los dos criterios que son el tamaño de las partículas pulverulentas dispersas en la fase acuosa y el uso de un medio dinámico de estabilización de la suspensión.

De acuerdo con la invención, la estabilización dinámica de las características reológicas y de invariabilidad de la densidad « ds » umbral elegida al nivel de precisión de "ds  $\pm$  0,0005" de las suspensiones de separación:

- formadas por partículas pulverulentas de tamaño seleccionados, es decir, de sección granulométrica como máximo de 30  $\mu$ m, preferentemente como máximo de 20  $\mu$ m, y muy preferentemente como máximo de 5  $\mu$ m,

- estas partículas sólidas pulverulentas con tamaños selectivamente dimensionados de ese modo que están dispersas y presentes en la fase acuosa en cantidad suficiente para alcanzar el umbral de densidad "ds" elegido, se obtiene mediante un medio dinámico de estabilización para hacer que dichas suspensiones de separación tengan una densidad estable e invariable a un nivel de densidad "ds" elegido como umbral de separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis fragmentados a separar de forma selectiva por tipo.

Este medio dinámico de estabilización se elige entre el grupo que consiste en una agitación por medio de un agitador móvil, mediante una recirculación interna de la suspensión por medio del agitador móvil, mediante una recirculación externa de la suspensión por medio de una bomba mediante extracción de la suspensión por la parte inferior del tanque en el que se encuentra y mediante reinyección en la parte superior de dicho tanque, o mediante la combinación de los medios que permitan asociar agitación por medio de un agitador móvil y recirculación interna y/o externa de la suspensión.

La recirculación externa de la suspensión por medio de una bomba que es de homogenización, y/o la recirculación interna por medio de un agitador móvil de la suspensión estabilizada en su seno, es tal que no provoca fenómenos visibles de agitación, teniendo la suspensión estable de partículas pulverulentas dispersas en la fase acuosa un aspecto aparente estático para no alterar la separación por densidad de los flujos flotantes y decantando materiales poliméricos fragmentados en el transcurso de la separación.

Las condiciones de la estabilización dinámica de la suspensión de separación, de acuerdo con la invención, son tales que el caudal de circulación de la suspensión desplazado por el uno y/u el otro medio para estabilizar la suspensión puede variar en función de la cantidad de partículas pulverulentas dispersas en la fase acuosa. Éste caudal es como máximo de 40 m<sup>3</sup>/h, y por lo general está comprendido entre 10 y 30 m<sup>3</sup>/h, y comprendido preferentemente entre 5 y 15 m<sup>3</sup>/h.

De hecho, el control y el control del caudal a un valor bajo como máximo de 40 m<sup>3</sup>/h es indispensable, ya que por encima de un límite de este tipo, la suspensión densa no puede desempeñar más su papel de separador, y dicha suspensión se convierte en un elemento de arrastre mecánico de los fragmentos de polímeros a separar.

Por lo tanto, el control y el control del caudal a un valor bajo como máximo de 40 m<sup>3</sup>/h es necesario para mantener el umbral de densidad "ds" en el valor elegido y a un nivel de precisión de  $\pm$  0,0005.

Es importante indicar que la recirculación de la suspensión se puede practicar de manera continua o de manera discontinua, es decir, de manera secuencial: por ejemplo, se suceden ciclos de circulación de 20 s y ciclos de parada de 20 s.

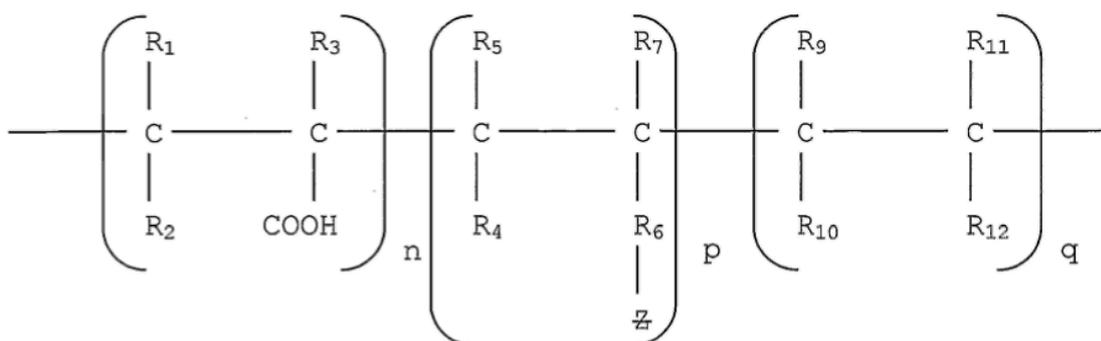
El caudal de circulación de la suspensión de separación está regulado sobre una tasa de cambio horario de dicha suspensión que varía generalmente de 0,5 a 4 y preferentemente de 0,5 a 2.

El experto la materia también es capaz de poder definir el caudal necesario para homogeneizar y mantener en este estado homogéneo la suspensión acuosa de partículas pulverulentas con el fin de que esta suspensión sea estable al nivel de densidad « ds » elegido como umbral de separación para criterios de materiales orgánicos de síntesis fragmentados, a separar de forma selectiva por tipo. Por ejemplo, cuando el porcentaje de peso de materia seca de partículas pulverulentas de una suspensión acuosa de la invención está comprendido entre un 7,60 % y un 26,56 %, el caudal de la bomba de homogenización al inicio de la agitación mecánica puede ser del orden de 2 m<sup>3</sup>/h.

Opcionalmente y de acuerdo con el método de la invención, un agente hidrosoluble auxiliar por medio de estabilización dinámica de las características reológicas y de invariabilidad de la densidad aparente "ds" a un nivel

de precisión de  $\pm 0,0005$  con respecto a dicha densidad "ds" de la suspensión de partículas sólidas pulverulentas, y de refuerzo de estas características, se puede usar en dichas suspensiones de partículas pulverulentas dispersas inicialmente estabilizadas mediante un medio dinámico de estabilización.

- 5 Este agente hidrosoluble se puede elegir entre el grupo formado por agentes hidrosolubles de estabilización conocidos tales como por ejemplo fosfatos y polifosfatos, ésteres alquifosfatos, alquifosfonato, alquilsulfato, alquilsulfonato que provocan una desfloculación de las arcillas polaridades y que permiten el uso de una suspensión de gran densidad y de baja viscosidad, lignina, lignosulfonatos en forma de sales de calcio, sodio, hierro, cromo, hierro y cromo, copolímeros de anhídrido maleico y de ácido estireno sulfónico, copolímeros de metacrilamida y ácido (metil) acrílico sustituidos, neutralizados, esterificados o no, copolímeros, ácido metilacrilamido-alquilo sulfónico y (metil)acrilamida, polímeros hidrosolubles de ácido acrílico usado en forma de ácido u, opcionalmente, neutralizado total o parcialmente por agentes alcalinos y/o alcalinotérreos, por aminas y/o salificados por iones monovalentes y/o polivalentes, y/o esterificados o incluso entre copolímeros acrílicos, hidrosolubles que disponen de un motivo fosfatado, fosfonado, sulfatado, sulfonado, copolímeros acrílicos hidrosolubles, de los cuales solamente se conocen algunos, que responden a la fórmula general:



en la que:

- 20
- ✓  $Z$  es un motivo de tipo fosfato, fosfonato, sulfato, sulfonato, que tiene al menos un grupo funcional ácido libre, cualquier otro grupo funcional ácido pudiendo estar ocupado por un catión, un grupo amonio, una amina, un alquilo en  $C_1$  a  $C_3$ , un arilo en  $C_3$  a  $C_6$  sustituido o no, un alquilarilo, un éster en  $C_1$  a  $C_{12}$  de preferencia en  $C_1$  a  $C_3$ , o una amida sustituida.
  - ✓  $n$  toma un valor comprendido entre 0 y 95,
  - ✓  $p$  toma un valor comprendido entre 95 y 5,
  - ✓  $q$  toma un valor comprendido entre 0 y 95,
  - ✓ con la suma de  $n + p + q$  siendo igual a 100, sabiendo que  $n$  y  $q$  pueden ser nulos por separado,
  - ✓  $R_1$  y  $R_2$  pueden ser de forma simultánea hidrógeno o incluso mientras que uno es hidrógeno, el otro puede ser un grupo funcional carboxílico esterificado o no con un alcohol en  $C_1$  a  $C_{12}$  y de preferencia en  $C_1$  a  $C_4$ ,
  - ✓  $R_3$  puede ser hidrógeno o un radical alquilo en  $C_1$  a  $C_{12}$  y de preferencia en  $C_1$  a  $C_4$ ,
  - ✓  $R_4$  y  $R_5$  pueden ser, de forma simultánea o no, hidrógeno o un radical alquilo en  $C_1$  a  $C_{12}$ , de preferencia en  $C_1$  a  $C_4$ , un arilo sustituido o no, un grupo funcional carboxílico esterificado o no con un alcohol en  $C_1$  a  $C_{12}$  y preferentemente en  $C_1$  a  $C_4$ ,
  - ✓  $R_6$  es un radical, que establece el enlace entre el motivo  $Z$  y la cadena polimérica, pudiendo ser este radical  $R_6$  un alquileno de fórmula  $(-CH_2-)_r$  en la que  $r$  puede tomar los valores del intervalo de 1 a 12, un óxido o polióxido de alquileno d nulos por separado e fórmula  $(-R_8-O-)_s$  en la que  $R_8$  es un alquileno en  $C_1$  a  $C_4$  y  $s$  puede tomar los valores de 1 a 30, o incluso una combinación de las dos fórmulas  $(-CH_2-)_r$  y  $(-R_8-O-)_s$ ,
  - ✓  $R_7$  puede ser hidrógeno o un radical alquilo en  $C_1$  a  $C_{12}$  y preferentemente en  $C_1$  a  $C_4$ ,
  - ✓  $R_9$  y  $R_{10}$  pueden ser de forma simultánea hidrógeno, o incluso mientras que uno es hidrógeno, el otro es un grupo carboxílico, un éster en  $C_1$  a  $C_{12}$ , preferentemente en  $C_1$  a  $C_3$ , un alquilo en  $C_1$  a  $C_{12}$  preferentemente en  $C_1$  a  $C_3$ , un arilo en  $C_5$  o  $C_6$  o un alquilarilo,
  - ✓  $R_{11}$  puede ser hidrógeno, un grupo carboxílico, un alquilo en  $C_1$  a  $C_3$  o un halógeno,
  - ✓  $R_{12}$  puede ser un éster en  $C_1$  a  $C_{12}$ , de preferencia en  $C_1$  a  $C_5$ , una amida sustituida o no, un alquilo en  $C_1$  a  $C_{12}$ , de preferencia en  $C_1$  a  $C_3$ , un arilo en  $C_5$  o  $C_6$ , un alquilarilo, un halógeno, un grupo carboxílico o incluso un grupo alquilo o arilo, fosfatado, fosforado, sulfatado, sulfonado.

La cantidad en peso del agente de estabilización hidrosoluble se expresa en % en peso seco/seco de dicho agente con respecto a la cantidad en peso de partículas pulverulentas puestas en suspensión. Esta cantidad en peso de dicho agente está comprendida entre un entre 0,02 % y un 5 %, y preferentemente entre un 0,1 % y un 2 % en seco/seco con respecto a la cantidad en peso de las partículas pulverulentas.

El agente de estabilización hidrosoluble es un copolímero cuya masa molecular por lo general está comprendida entre 5000 y 100 000.

5 El agente de estabilización hidrosoluble se presenta con el aspecto de una solución acuosa del copolímero que puede ser o no neutralizado, parcial o totalmente, por medio de un agente de neutralización elegido, por ejemplo, entre el grupo constituido, por ejemplo, por hidróxidos de sodio, potasio, amonio, calcio, magnesio, cinc, aluminio y aminas primarias, secundarias y terciarias, alifáticas y/o cíclicas, tales como mono, di, tri etanolaminas, mono y dietilaminas, ciclohexilamina, metilciclohexilamina.

10 Por lo tanto, la estabilidad de la suspensión de separación se adquiere a nivel de la densidad umbral "ds" elegida para realizar una separación fina cuando se cumplen los tres criterios de tamaño de las partículas (a), de la fase acuosa de conductividad como máximo igual a 15 ms (b), y del medio de estabilización dinámica (c).

15 De acuerdo con la invención, la preparación de las suspensiones estables de partículas pulverulentas dispersas en cantidad adecuada en una fase acuosa para crear un nivel de densidad "ds" preciso elegido como umbral de separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis usados fragmentados a separar de forma selectiva, gracias a la precisión de la densidad del medio de separación, se realiza con agitación mediante la introducción controlada de las partículas pulverulentas en cantidad determinada para alcanzar el umbral de densidad deseado.

20 Las suspensiones estables de partículas pulverulentas de acuerdo con la invención,

- permiten la separación fina y selectiva de diversos materiales orgánicos de síntesis constitutivos de una mezcla a separar mediante clasificación,
- cuya sensibilidad a la separación mediante clasificación del material con respecto a otro puede alcanzar un diferencial  $\Delta = |0,001|$
- permiten separar con eficacia materiales poliméricos en particular usados para separar cuyas densidades se encuentran dispersas en un intervalo que varía de 1,000 a 1,600.

30 Sin embargo, en el caso de materiales poliméricos en particular usados de densidad rigurosamente idéntica pero de naturaleza química diferente, se usarán otros medios de separación que funcionan con respecto a otras características de dichos materiales o de otros comportamientos fisicoquímicos para finalizar dicha separación selectiva.

35 De acuerdo con la invención, el método se realiza en una instalación industrial que comprende al menos un separador hidráulico equipado con al menos un medio de de estabilización dinámica.

Por separador hidráulico, se hace referencia a definir separadores cuya fase acuosa es aparentemente estática o es un flujo de velocidad muy baja, que puede ser laminar.

40 Junto en el caso en el que la instalación industrial comprende un umbral de separador hidráulico, es posible hacer variar la densidad "ds" elegida:

- en el sentido creciente, por adición controlada de las partículas pulverulentas definidas y seleccionadas en la suspensión presente en el separador hidráulico, hasta alcanzar la nueva densidad "ds" umbral elegida
- en el sentido decreciente por adición de agua hasta alcanzar la nueva densidad "ds" umbral elegida.

45 La variación de la densidad de la suspensión estable de separación, en un sentido creciente o decreciente, se realiza bajo una agitación por medio de un agitador móvil y/o una recirculación interna del medio acuoso y/o de una recirculación del medio denso mediante extracción por la parte inferior del separador hidráulico y la inyección por la parte superior de dicho separador del medio acuoso denso, en el transcurso de la corrección y después de la corrección.

50 En el caso de que la instalación industrial comprende varios separadores hidráulicos, los diversos separadores se colocan los unos al lado de los otros, de acuerdo con un sistema en cascada que funciona con suspensiones estables cada una con un umbral de densidad preciso "ds" preciso, en un orden creciente o decreciente de las densidades.

55 En la realización del método de acuerdo con la invención, la densidad umbral "ds" de la suspensión acuosa de separación fina se controla de forma continua por medios de medición apropiados y se somete a corrección cuando se percibe una desviación.

60 Para ello, cada separador hidráulico está controlado con respecto a la densidad del medio denso que contiene por medio de dos electroválvulas que se abren cada una sobre dos circuitos conectados a dos tanques. Uno de los tanques contiene una suspensión « madre » concentrada a aproximadamente un 60 % en partículas pulverulentas, mantenida en agitación, y/o estabilizara con un agente de estabilización hidrosoluble, que permite introducir una cantidad determinada de la suspensión madre que corrige al alza cualquier desviación hacia una disminución de la densidad del medio denso de separación fina.

El otro tanque contiene agua que permite introducir una cantidad determinada que corrige hacia la baja cualquier desviación hacia un aumento de la densidad del medio denso de separación fina.

5 La medición de la densidad del medio denso de cada separador hidráulico se realiza en modo continuo con aparatos de medición adaptados que producen la apertura de la una o la otra de las electroválvulas después del cierre de las mismas cuando se alcanza el nivel de densidad umbral "ds".

10 La realización del método y la recuperación de los flujos separados se realizan a la vez que se realiza una estabilización dinámica de cada suspensión de separación selectiva en cada separador hidráulico mediante el uno y/o el otro de los medios de estabilización que son la agitación por medio de un agitador móvil, mediante una recirculación interna de la suspensión por medio de un agitador móvil, mediante una recirculación externa de la suspensión mediante extracción de dicha suspensión por la parte inferior de dicho separador y reinyección en la parte superior.

15 Los separadores hidráulicos tienen capacidades de separación del orden de 1 a 10 toneladas a la hora funcionando en modo continuo. Sin embargo pueden funcionar por campaña, permitiendo entonces cambiar los valores de las densidades de corte y no tener una necesidad obligatoria que una cascada de más de 3 o 4 separadores hidráulicos. En este caso con el medio denso se prepara a medida para cada separador con respecto a la campaña de separación a realizar.

20 **Ejemplo 1:** (de acuerdo con la figura 1)

25 En una instalación de trituración industrial de materiales electrodomésticos al final de su periodo de duración y después de la separación de la mayor parte de los diversos materiales a recuperar, un flujo de 21,88 toneladas de materiales reutilizables obtenidos a partir de esta separación formados por una mezcla de polímeros de síntesis usados para su reutilización y de materiales contaminantes a eliminar se somete a una fase de concentración previa con el fin de seleccionar en esta mezcla materiales poliméricos usados para su reutilización los materiales poliméricos usados para su reutilización que pertenecen al intervalo de densidad que varía de 1,000 a 1,400 a tratar de acuerdo con la invención, estando incluido el límite inferior, estando excluido el límite superior.

30 La composición del flujo de materiales que entran en la fase de concentración previa se proporciona en la tabla I que sigue a continuación.

Tabla I:

Materiales	Composición y granulometría	Contenido en % en peso
<b>Polímeros</b>	PE, PP, PS, ABS, PP Talco, PVC,... en forma fragmentada	73 % en peso
<b>Caucho y/o elastómeros</b>	Todo tipo de uniones y/o revestimientos aislantes de cables eléctricos	19 % en peso
<b>Metales</b>	Fragmentos de metales férricos pero sobre todo no férricos: cobre, aluminio...	8 % en peso

35 La concentración previa se realiza sobre el flujo mencionado anteriormente, y consiste en tratar la mezcla de los materiales obtenidos por trituración que se presentan en una forma fragmentada, para eliminar al menos una parte de los materiales que contaminan los materiales reutilizables. Dicha mezcla a tratar comprende:

40 ✓ Una fracción de materiales reutilizables, que son materiales poliméricos de síntesis no expandidos, de naturaleza y/o composiciones y/o factores de forma múltiples, que se presentan bajo el aspecto de fragmentos que varían de un estado rígido a un estado flexible,  
 45 ✓ Fracciones de materiales contaminantes formados por materiales metálicos y/o materiales orgánicos distintos a los materiales poliméricos no expandidos y/o materiales poliméricos de síntesis en un estado expandido, comprende las siguientes etapas de tratamiento:

a) Una primera etapa de separación mecánica en (A) por cribado y/o factor de forma para extraer al menos en parte de la mezcla de los materiales fragmentados, la fracción de los materiales contaminantes. Las mallas de cribado eran de 0-4 mm y se retiraron 0,02 toneladas de materiales contaminantes que representan un 0,09 % en peso del flujo entrante.

50 b) Una etapa de separación aerúlica, por flujo gaseoso, que comprende una entrada de la mezcla de materiales que provienen de la etapa a) y tres salidas para la extracción de fracciones de materiales separados cuya primera fracción (b<sub>1</sub>) consiste en una fracción de materiales poliméricos de síntesis ultra ligeros y/o expandidos, la segunda fracción (b<sub>2</sub>) consiste en una fracción de materiales pesados presentes en  
 55 la mezcla y la tercera fracción (b<sub>3</sub>) consiste en una fracción de materiales poliméricos de síntesis para su

reutilización que se presentan en una forma fragmentada que varía de un estado rígido a un estado flexible. Para ello, el flujo de materiales que provienen de la etapa a), eliminado para al menos parte de la fracción de los materiales contaminantes, se sometió a una separación mediante clasificación aeráulica en dos separadores (B) y (C) acoplados.

5 En el primer separador aeráulico (B), la fracción ( $b_1$ ) que representa 0,48 toneladas de materiales denominados ligeros se trató mediante aspiración y las fracciones  $b_2$  y  $b_3$  extraídas por la parte inferior del separador aeráulico (B) y que representa 21,38 toneladas de materiales denominados pesados se recogieron para su tratamiento en el separador aeráulico (C). La fracción ( $b_1$ ) representa un 2,19 % en peso de materiales ligeros eliminados.

10 La mezcla de las fracciones ( $b_2$ ) + ( $b_3$ ) representa un 97,71 % en peso de materiales pesados. La mezcla de las fracciones ( $b_2$ ) y ( $b_3$ ) que representa 21,38 toneladas se introdujo en el segundo separador de clasificación aeráulica (C). La fracción ( $b_2$ ) formada por materiales contaminantes tales como metales, que representa una masa de 5,2 toneladas, se extrae por la parte inferior del separador aeráulico (C).

15 La fracción ( $b_3$ ), también extraída del separador (C), formada por materiales poliméricos reutilizables representa una masa de 16,18 toneladas, es decir un 73,95 % en peso con respecto a la masa del flujo introducido a concentrar previamente.

20 c) Una etapa de trituración de la fracción ( $b_3$ ) de los materiales poliméricos para su reutilización que provienen de la etapa b), en la malla de liberación de los materiales contaminantes incluidos, que se adhieren o ensamblados a los fragmentos de la fracción de los materiales poliméricos para su reutilización. Esta etapa de trituración se realiza en la zona (E), practicándose la trituración sobre una rejilla de 25 mm.

25 d) Una segunda etapa de separación aeráulica por flujo gaseoso en la zona (G/H) de la fracción de materiales poliméricos de síntesis para su reutilización que provienen de la etapa c) de trituración para eliminar al menos en parte la fracción de los materiales contaminantes liberados durante la trituración y para extraer la fracción de los materiales reutilizables que constituyen la mezcla deseada, concentrada previamente en materiales reutilizables, que incluso contiene contaminantes. Esta zona de separación aeráulica, que comprende no solamente una separación por flujo gaseoso sino también un medio de cribado está formada por un dispositivo de separación modular comercializado por la compañía WESTRUP por ejemplo.

30 A partir de esta zona (G/H) de separación aeráulica y de cribado:

35 ✓ Una fracción ( $d_3$ ) que representa 15,8 toneladas de materiales poliméricos de síntesis reutilizables, esencialmente materiales termoplásticos y una cierta cantidad de material termoendurecibles, se extrajo en forma de escamas, de plaquetas y otros elementos triturados que representa un 72,2 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

✓ Una fracción ( $d_2$ ) que representa 0,06 toneladas de materiales contaminantes pesados formada por metales y por trozos de cables eléctricos se eliminó por cribado, que representa un 0,27 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

40 ✓ Una fracción ( $d_1$ ) que representa 0,32 toneladas de materiales también reutilizables se separó por aspiración comprendiendo espumas residuales de polímeros, cauchos finos, los materiales poliméricos termoplásticos y termoendurecibles, en forma de polvo de escamas, de plaquetas, que representa un 1,46 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa.

45 La fracción  $d_3$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que se obtienen en la etapa d) pero con densidades sumamente variables comprendidas en un intervalo de 0,900 a 1,400 se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (J), con un umbral de densidad  $d_s \geq 1,2$  para realizar una primera selección por densidad.

50 Esta separación se realiza por flotación en el umbral de densidad elegido 1,2 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $d_s = 1,2$  por medio de una recirculación de la suspensión, extraída de la parte inferior del separador y reinyectada cerca de la superficie a razón de un caudal de recirculación de  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ .

55 El medio denso de separación comprende:

✓ una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,9 ms y un pH de 7,42  
 ✓ carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de  $1 \mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de  $5 \mu\text{m}$  (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA), a razón de 362 g/litro

60 ✓ la estabilización de la suspensión de separación se adquiere mediante una recirculación de la suspensión de carbonato de calcio a razón de  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ , siendo la capacidad útil del separador hidráulico de  $5 \text{ m}^3$ .

Esta separación en el umbral de densidad  $d_s = 1,2$  conduce a la obtención de dos fracciones:

65 ✓ una primera fracción  $e_1$  de densidad inferior a 1,2, que representa 14,52 toneladas de materiales reutilizables

(66,36 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno de alto impacto y/o cristalino ignífugo o no (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) ignífugo o no, polipropileno cargado con un 5 % a un 40 % en peso de talco, y otros materiales poliméricos y

- 5        ✓ otra fracción  $e_2$  de densidad superior o igual a 1,2, que representa 1,28 toneladas de materiales reutilizables (5,85 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende cloruro de polivinilo, poliéster insaturado cargado, poliuretanos con carga u otros.

10        La fracción  $e_1$ , mezcla de polímeros usados para su reutilización que se obtiene en la etapa (J), se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (L), en el umbral de densidad  $ds = 1,000$ , para extraer un flujo de sobrenadante ( $f_1$ ) que es una mezcla de (PE) y (PP) y un flujo de corriente ( $f_2$ ) que comprende los otros polímeros usados para su reutilización.

15        El flujo de sobrenadante ( $f_1$ ), que representa 3,398 T [23,40 % en peso de la fracción ( $e_1$ )], se somete a un tratamiento de separación por densidad en un medio hidro-alcohólico (agua e isopropanol) en el umbral de densidad preciso  $ds = 0,930$  que permite recuperar:

- la totalidad del polipropileno presente (2,140 T) que está en el sobrenadante, que representa un 14,74 % en peso de la fracción  $e_1$
- la totalidad del polietileno presente (1,257 T) que fluye, que representa un 8,66 % en peso de la fracción  $e_1$ ,

20        siendo estos dos materiales poliméricos usados, finamente divididos, directamente reutilizables en forma de gránulos obtenidos por su expansión.

25        El flujo de corriente ( $f_2$ ) que representa 11,122 T [76,60 % en peso de la fracción ( $e_1$ )], formado por una mezcla de poliestireno cristalino y/o de alto impacto ignífugo o no, sin carga, de un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno sin carga pero para ciertas fracciones ignífugo y de polipropileno con carga de talco de un 5 % a un 40 % constituye la fracción de los materiales poliméricos usados, cuyas densidades están comprendidas en el intervalo 1,000 a 1,199, límites incluidos, y que se van a separar de acuerdo con la invención.

30        La fracción  $f_2$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que salen del separador (L) se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (N), con un umbral de densidad " $ds$ " = 1,100.

35        Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,100 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $CaCO_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $ds = 1,100$  por medio de una recirculación de la suspensión por bombeo a razón de 15  $m^3/h$ .

El medio denso de separación comprende:

- 40        ✓ una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,9 ms y un pH de 7,42  
 ✓ carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu m$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu m$  (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA), a razón de 187,7 g/litro

45        y se estabiliza mediante la recirculación de la suspensión mediante su extracción por la parte inferior del separador y su reinyección hidráulica cerca de la superficie y esto, a razón de un caudal de recirculación de 15  $m^3/h$ .

Esta separación en el umbral de densidad  $ds = 1,100$  conduce a la obtención de dos fracciones:

50        ✓ una primera fracción  $g_1$  de densidad inferior a 1,100, que representa 10,742 toneladas de materiales reutilizables (49,19 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular poliestireno (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polipropileno con carga de talco, y otros materiales poliméricos y

55        ✓ otra fracción  $g_2$  de densidad superior o igual a 1,100, que representa 0,38 toneladas de materiales reutilizables (1,74 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende policarbonato (PC), polipropileno (PP) con carga de talco (de un 30 a un 40 % de talco), cloruro de polivinilo (PVC), polimetilmetacrilato (PMMA), poliuretanos (PU) con carga, u otros.

El flujo  $g_1$  en realidad está formado:

- 60        - por una mezcla de poliestirenos cristalinos o de alto impacto, tratados o no para hacerlos ignífugos y/o con adyuvantes mediante diversos agentes conocidos. Es por esto por lo que el intervalo de las densidades de estos diversos poliestirenos está comprendido entre 1,000 y 1,080.  
 - por una mezcla de copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno, cuya densidad real se determina por las cantidades relativas de los tres monómeros usados, mediante adiciones de adyuvantes opcionales y con los tratamientos retardantes de la llama que explican el intervalo de las densidades de estos diversos ABS que está  
 65        comprendido entre 1,000 y también 1,080.

- por una mezcla de polipropileno con carga de talco cuyo contenido en % en peso de talco puede variar de un 5 % a un 20 %. Es por esto por lo que el intervalo de densidad polipropileno con carga de talco también está comprendido entre 1,000 y 1,080.
- 5 Este flujo  $g_1$ , por lo tanto, se somete a una separación en la zona (P) por clase densidad creciente a través del medio denso de separación que está formado:
- por una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,7 ms y un pH de 7,53,
- 10
- por carbonato de calcio pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1  $\mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu\text{m}$  (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA) cuyas cantidades en masa para cada densidad se expresan en la tabla II que sigue a continuación,
  - por medio dinámico de estabilización por recirculación de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 15  $\text{m}^3/\text{h}$ .
- 15 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla II, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

20 **Tabla II: Tratamiento del flujo  $g_1$**

Densidad $d_s$ establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> en g/l pulverulento para crear $d_s$	Límites de cada clase de densidad	Medio de estabilización: caudal en $\text{m}^3/\text{h}$	% en peso en cada clase		
				De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,020	32,30	[1,000 a 1,020[	15	1,10 %	0,30 %	5,15 %
1,042	68,75	[1,020 a 1,042[	15	22,00 %	0,10 %	16,40 %
1,050	82,20	[1,042 a 1,050[	15	36,20 %	1,30 %	18,50 %
1,053	87,30	[1,050 a 1,053[	15	10,20 %	3,10 %	7,95 %
1,055	90,70	[1,053 a 1,055[	15	8,10 %	5,40 %	2,90 %
1,058	95,80	[1,055 a 1,058[	15	3,50 %	6,50 %	5,50 %
1,060	99,20	[1,058 a 1,060[	15	9,30 %	14,60 %	7,60 %
1,065	107,80	[1,060 a 1,065[	15	6,10 %	17,30 %	9,10 %
1,070	116,50	[1,065 a 1,070[	15	2,50 %	25,60 %	9,00 %
1,080	134,00	[1,070 a 1,080[	15	1,00 %	24,60 %	17,50 %
1,090	151,70	[1,080 a 1,090[	15	0 %	1,10 %	0,30 %
1,100	169,50	[1,090 a 1,100[	15	0 %	0,10 %	0,10 %
<b>TOTAL</b>				100,00 %	100,00 %	100,00 %

Las cantidades de CaCO<sub>3</sub> usadas en cada clase de densidad se determinan mediante la medición de la densidad y pueden variar de acuerdo con la pureza del CaCO<sub>3</sub> usado.

- 25 Tal como se muestra en la tabla II,
- el PS está presente de forma mayoritaria en el intervalo de densidad [1,020-1,055], constituyendo un primer grupo relativo al PS cristalino, pero un segundo grupo de densidad se pone de manifiesto en el intervalo [1,055-1,070] que es relativo al PS de alto impacto, sin omitir que ciertos PS presentes son aparentemente ignífugos.
- 30 Estas diversas clases de densidad están estadísticamente justificadas por la presencia de varias familias de PS en este polímero usado para su reutilización.
- el ABS también está distribuido en varias clases de densidad, pero su presencia está mayoritariamente en el intervalo de densidad [1,058-1,080]. En el caso del ABS, también aparece una gran distribución de las densidades debido a la presencia de varios tipos de ABS cuyas composiciones pueden variar por las cantidades relativas de sus monómeros y también por la presencia de agentes de ignifugación.
- 35
- El PP con carga de talco también está distribuido en varias clases mediante variaciones importantes de densidad debido a la presencia de la carga de talco que puede variar de un 5 % en peso a un 20 % en peso.

Para realizar la separación eficaz del PS, del ABS y del PP con carga de talco presentes en una misma clase de densidad, la mezcla de los materiales poliméricos usados para su reutilización extraída de cada clase de densidad de la tabla II, se somete a una nueva separación por densidad creciente o decreciente en la zona de separación (R) a través de un medio denso de separación formado por:

- 5
- Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,8 ms y un pH de 8,1,
  - Carbonato de calcio pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1 µm y cuya sección granulométrica es de 5 µm (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA) y cuyas cantidades en masa se expresan en la tabla III que sigue a continuación,
- 10
- Medio dinámico de estabilización por recirculación de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 15 m<sup>3</sup>/h.

A modo de ejemplo, solamente dos clases de separación por densidad, obtenidas a partir de la tabla II, se seleccionan y se tratan de acuerdo con la invención, para ilustrar la capacidad del método de separación selectiva para establecer suspensiones de separación con una densidad estable e invariable, cuando el nivel de densidad "ds" elegido se crea como umbral de separación de los diversos materiales poliméricos usados a separar, pudiendo alcanzar el nivel de precisión de la densidad en valor absoluto [0,001], es decir, pudiendo alcanzar alrededor del valor "ds" elegido una precisión con respecto a este valor "ds" de ± 0,0005.

- 15
- 20 Sin embargo se recuerda que los polímeros usados de naturaleza química diferente pero de densidad exactamente idéntica no se pueden separar con el método de la invención y necesitan otros medios de separación basados en otros criterios.

Las dos clases de densidad obtenidas a partir de la tabla II, y tratadas de acuerdo con el método de la invención son las siguientes:

[1,042 a 1,050[  
y [1,065 a 1,070[

- 30 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla III, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

- 35 Esta separación muy selectiva proporcionó, para cada clase, los resultados anotados clase por clase en la Tabla III que sigue a continuación:

Tabla III: Tratamiento de dos clases de densidad, obtenidas a partir del flujo g1.

Densidad ds establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> en g/l pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	% en peso en cada clase		
			De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,043	70,40	[1,042-1,043[	0	0	0,32
1,044	72,80	[1,043-1,044[	0	0	0,35
1,045	74,50	[1,044-1,045[	0	0	0,52
1,046	76,20	[1,045-1,046[	0	0	0,49
1,047	77,20	[1,046-1,047[	0	0	0,32
1,048	78,80	[1,047-1,048[	0	0	0,55
1,049	80,50	[1,048-1,049[	6,5	0	4
1,050	82,20	[1,049-1,050[	15,5	0,1	9,85
1,066	109,60	[1,065-1,066[	0,92	0,08	6,67
1,067	111,30	[1,066-1,067[	0,75	0,28	0,85
1,068	113,00	[1,067-1,068[	1,05	0,78	0,69
1,069	114,70	[1,068-1,069[	2,14	5,8	0,52
1,070	116,50	[1,069-1,070[	1,24	10,36	0,37

- 40 - Como se indica en la Tabla III, el método de acuerdo con la invención asegura un excelente control en la

separación selectiva por densidad de los materiales poliméricos presentes, con la sensibilidad de la densidad de separación alcanzando  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad elegido « ds ».

- 5 - Sin embargo, en la mezcla industrial inicial tratada en este ejemplo, están presentes materiales poliméricos de la misma densidad pero de composición diferente de un modo tal que se deben usar otros medios de separación para separar en cada fracción, polímeros de densidad idéntica, cada tipo de polímero presente.

10 La otra fracción  $g_2$  de densidad superior a 1,100 que representa 0,38 toneladas de materiales reutilizables que comprenden una mezcla de policarbonato (PC), polipropileno (PP) con carga de talco, cloruro de polivinilo (PVC), polimetil metacrilato (PMMA), poliuretanos (PU) con carga, se trata, de acuerdo con el mismo principio que la fracción  $g_1$ , en las zonas de separación (Q) y (S), no descritas.

**Ejemplo 2:** (de acuerdo con la figura 2)

15 En una instalación de trituración industrial de vehículos automóviles al final de su periodo de duración y después de la separación de la mayor parte de los diversos materiales a recuperar, un flujo de 26,820 toneladas de materiales reutilizables obtenidos a partir de esta separación, formado por una mezcla de polímeros de síntesis usados para su reutilización y de materiales contaminantes a eliminar se somete a una fase de concentración previa como se ha descrito en el ejemplo 1 con el fin de seleccionar en esta mezcla materiales poliméricos usados de los materiales  
20 poliméricos usados para su reutilización que pertenecen al intervalo de densidad que varía de 1,000 a 1,600 a tratar de acuerdo con la invención, estando incluido el límite inferior, estando excluido el límite superior, con el fin de permitir la recuperación del cloruro de polivinilo (PVC).

25 La composición del flujo de materiales que entran en la fase de concentración previa se proporciona en la tabla IV que sigue a continuación.

Tabla IV:

Materiales	Composición y granulometría	Contenido en % en peso
Polímeros	PE, PP, PS, ABS, PP Talco, PVC,... en forma fragmentada	43 % en peso
Caucho y/o elastómeros	Todo tipo de uniones y/o revestimientos aislantes de cables eléctricos, neumáticos, ...	48 % en peso
Metales	Fragmentos de metales féreos pero sobre todo no féreos: cobre, aluminio...	9 % en peso

30 La concentración previa se realiza sobre el flujo mencionado anteriormente, y consiste en tratar la mezcla de los materiales obtenidos por trituración que se presentan en una forma fragmentada, para eliminar al menos una parte de los materiales que contaminan los materiales reutilizables. Dicha mezcla a tratar comprende:

35  Una fracción de materiales reutilizables, que son materiales poliméricos de síntesis no expandidos, de naturaleza y/o composiciones y/o factores de forma múltiples, que se presentan bajo el aspecto de fragmentos que varían de un estado rígido a un estado flexible,

40  Fracciones de materiales contaminantes formados por materiales metálicos y/o materiales orgánicos distintos a los materiales poliméricos no expandidos y/o materiales poliméricos de síntesis en un estado expandido, comprende las etapas de tratamiento tal como se han descrito en el ejemplo 1:

a) Una primera etapa de separación mecánica en (A) por cribado y/o factor de forma para extraer al menos en parte de la mezcla de los materiales fragmentados, la fracción de los materiales contaminantes. Las mallas de cribado eran de 0-4 mm y se retiraron 0,228 toneladas de materiales contaminantes que representan un 0,85 % en peso del flujo entrante.

45 b) Una etapa de separación aeráulica, por flujo gaseoso, de la mezcla de materiales que provienen de la etapa a) en dos separadores aeráulicos (B) y (C) acoplados. En el primer separador aeráulico (B), la fracción ( $b_1$ ) que representa 0,483 toneladas de materiales denominados ligeros se trató mediante aspiración y las fracciones  $b_2$  y  $b_3$  extraídas por la parte inferior del separador aeráulico (B) y que representa 26,109 toneladas de materiales denominados pesados se recogieron para su tratamiento en el separador aeráulico (C). La fracción ( $b_1$ ) representa un 1,80 % en peso de materiales ligeros eliminados.

50 La mezcla de las fracciones ( $b_2$ )+( $b_3$ ) representa un 97,35 % en peso de materiales pesados. La mezcla de las fracciones ( $b_2$ ) y ( $b_3$ ) que representa 26,109 toneladas se introdujo en el segundo separador de clasificación aeráulica (C). La fracción ( $b_2$ ) formada por materiales contaminantes tales como metales, que representa una masa de 14,550 toneladas, se extrae por la parte inferior del separador  
55 aeráulico (C), es decir un 54,25 % de la masa entrante.

La fracción ( $b_3$ ), también extraída del separador (C), formada por materiales poliméricos reutilizables representa una masa de 11,559 toneladas, es decir un 43,10 % en peso con respecto a la masa del flujo introducido a concentrar previamente.

5 c) Una etapa de trituración en la zona (E) sobre rejilla de 25 mm de la fracción ( $b_3$ ) de los materiales poliméricos para su reutilización que provienen de la etapa b), en la malla de liberación de los materiales contaminantes incluidos, que se adhieren o ensamblados a los fragmentos de la fracción de los materiales poliméricos para su reutilización.

10 d) Una segunda etapa de separación aerúlica por flujo gaseoso en la zona (G/H) de la fracción de materiales poliméricos de síntesis para su reutilización que provienen de la etapa c) de trituración. Esta zona de separación aerúlica comprende no solamente una separación por flujo gaseoso sino también un medio de cribado (por ejemplo dispositivo de separación modular de la compañía WESTRUP).

15 A partir de esta zona de separación aerúlica y de cribado (H):

✓ Una fracción ( $d_1$ ) que representa 5,900 toneladas de materiales también reutilizables se separó por aspiración comprendiendo espumas residuales de polímeros, cauchos finos, los materiales poliméricos termoplásticos y termoendurecibles, en forma de polvo de escamas, de plaquetas, que representa un 22,00 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

20 ✓ Una fracción ( $d_2$ ) que representa 0,122 toneladas de materiales contaminantes pesados formada por metales y trozos de cables eléctricos, y otros, se eliminó por cribado, que representa un 0,46 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

25 ✓ Una fracción ( $d_3$ ) que representa 5,537 toneladas de materiales poliméricos de síntesis reutilizables, esencialmente materiales termoplásticos y una cierta cantidad de material termoendurecibles, se extrajo en forma de escamas, de plaquetas y otros elementos triturados que representa un 20,65 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa.

30 La fracción  $d_3$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que se obtienen en la etapa d) pero con densidades sumamente variables comprendidas en un intervalo de 0,900 a 1,600 se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (J), con un umbral de densidad  $d_s \geq 1,500$  para realizar una primera selección por densidad.

35 Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,500 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $d_s = 1,5$  mediante una recirculación de dicha suspensión acuosa a razón de  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ , siendo la capacidad útil del separador hidráulico de  $5 \text{ m}^3$ .

40 El medio denso de separación está formado por:

✓ Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,0 ms y un pH de 7,50,

✓ Carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de  $1 \mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de  $5 \mu\text{m}$  (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA), a razón de 1132 g/litro.

45 Esta separación en el umbral de densidad  $d_s = 1,5$  conduce a la obtención de dos fracciones:

50 ✓ una primera fracción  $e_1$  de densidad inferior a 1,5, que representa 4,983 toneladas de materiales reutilizables (18,58 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno de alto impacto y/o cristalino ignífugo o no (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) sin carga ignífugo o no, polipropileno cargado con un 5 % a un 40 % en peso de talco, cloruros de polivinilos (PVC) sin cargas y otros

55 ✓ otra fracción  $e_2$  de densidad superior o igual a 1,5, que representa 0,554 toneladas de materiales reutilizables (2,06 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende cloruro de polivinilo con carga, poliuretanos con carga u otros.

60 La fracción  $e_1$ , mezcla de polímeros usados para su reutilización que se obtiene en la etapa (J), se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (L), en el umbral de densidad  $d_s = 1,000$ , para extraer un flujo de sobrenadante ( $f_1$ ) que es una mezcla de (PE) y (PP) y un flujo de corriente ( $f_2$ ) que comprende los otros polímeros usados para su reutilización.

65 El flujo de sobrenadante ( $f_1$ ) que representa 2,199 T es decir un 8,2 % en peso de la fracción ( $e_1$ ) se somete a un tratamiento de separación por densidad en un medio hidro-alcohólico (agua e isopropanol):

- en el umbral de densidad preciso  $d_s = 0,930$  que permite recuperar:

- la totalidad del polipropileno presente que está en el sobrenadante que representa un 28,68 % en peso de la

fracción  $e_1$  (1,429 T),

- la totalidad del polietileno presente que fluye que representa un 15,45 % en peso de la fracción  $e_1$  (0,770 T), siendo los dos materiales poliméricos usados finamente recuperados directamente reutilizables en forma de gránulos por su extrusión.

5 El flujo de corriente ( $f_2$ ) que representa 2,784 T es decir un 55,87 % en peso de la fracción ( $e_1$ ), formado por una mezcla de poliestireno en cristalino y/o de alto impacto ignífugo o no, sin carga, de un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno sin carga pero para ciertas fracciones ignífugo, cloruros de polivinilo sin cargas, y polipropileno con carga de talco de un 5 % a un 40 % constituye la fracción de los materiales poliméricos usados, cuyas densidades están comprendidas en el intervalo 1,000 a 1,500, límites incluidos, y que se van a separar de acuerdo con la invención.

15 La fracción  $f_2$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que salen del separador (L) se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (N), con un umbral de densidad " $ds$ " = 1,100, para separar y recoger una parte de PS, ABS y PP con carga de talco.

20 Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,100 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $ds = 1,100$  mediante la recirculación de dicha suspensión de acuerdo con un caudal de 15  $\text{m}^3/\text{h}$  (capacidad útil del separador hidráulico: 5  $\text{m}^3$ ).

El medio denso de separación está formado por:

- ✓ Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6 ms y un pH de 7,5
- ✓ Carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu\text{m}$  (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA), a razón de 169,5 g/litro.

Esta separación en el umbral de densidad  $ds = 1,100$  conduce a la obtención de dos fracciones:

- 30 ✓ una primera fracción  $g_1$  de densidad inferior a 1,100, que representa 1,824 toneladas de materiales reutilizables (6,99 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular poliestireno (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polipropileno con carga de talco, y otros materiales poliméricos que se trata de acuerdo con el tratamiento practicado en el ejemplo 1, para esta fracción en las series de separación (P) y (R)
- 35 y
- ✓ otra fracción  $g_2$  de densidad superior o igual a 1,100, que representa 0,960 toneladas de materiales reutilizables (3,58 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno con carga de talco (carga superior a un 20 % en peso), poliestireno y un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) con carga y/o ignífugos, poliuretano (PU) cargado, polietileno (PE) cargado, y otros que se trata con el fin de reutilizar cada uno de los polímeros y más particularmente el PVC.

45 El flujo  $g_2$  en realidad está formado esencialmente por PVC. Este flujo  $g_2$  por lo tanto se introduce en la serie de separadores (Q) por clases de densidad creadas en el intervalo [1,100 a 1,500[, en los que se somete a una separación por clase densidad creciente a través del medio denso de separación que está formado:

- por una fase acuosa que tiene una conductividad de 6 ms y un pH de 7,5,
- por carbonato de calcio pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1  $\mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu\text{m}$  (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA) cuyas cantidades en masa para cada densidad se expresan en la tabla V que sigue a continuación.

50 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla V, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

55

Tabla V.

Densidad ds establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> en gl pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	% en peso en cada clase	Reparto de los polimeros en cada clase						
				PS	ABS	PP con carga de talco	PP	PE	Otros	PVC
1,000	0,00	< 1,000	44,13 %	0	0	0	29,13	15,00	0	0
1,100	169,5	[1,000-1,100[	36,59 %	20,49	9,88	6,22	0	0	0	0
1,350	700,0	[1,100-1,350[	10,10 %	0,66	2,12	3,86	0	0	3,06	0,40
1,400	834,5	[1,350-1,400[	1,10 %	0	0	0	0	0	0,95	0,15
1,450	977,0	[1,400-1,450[	1,30 %	0	0	0	0	0	0,78	0,52
		> 1,450	6,78 %	0	0	0	0	0	4,41	2,37
TOTAL			100,00 %	21,15	12,00	10,08	29,13	15,00	9,20	3,44

- Como se indica en la Tabla V, el método de la invención asegura un excelente control en la separación selectiva por densidad de los materiales poliméricos presentes, con la sensibilidad de la densidad de separación alcanzando  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad elegido « ds ».

5 - Sin embargo, en la mezcla industrial inicial tratada en este ejemplo, están presentes materiales poliméricos de la misma densidad pero de composición diferente de un modo tal que se deben usar otros medios de separación en particular en la serie de separadores (S) para separar cada fracción, de polímeros de densidad idéntica, cada tipo de polímero presente.

10 **Ejemplo 3:**

Para confirmar la capacidad del método de acuerdo con la invención de separación selectiva en medio líquido denso de los componentes de la mezcla de materiales orgánicos, de síntesis que son polímeros de tipos diferentes, pero para algunos con una densidad muy cercanas entre sí, se prepara una mezcla sintética con la siguiente composición en peso, resumida en la tabla VI:

Tabla VI:

Polímero	Densidad medida	Mezclas sintéticas	
		Kilos introducidos	% en peso
Copolímero de etileno-propileno	0,900	450	45
Poliestireno	1,050	200	20
Copolímero de estireno-propileno cargado con un 20 % de talco	1,060	150	15
Copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno	1,070	100	10
Poliamida 6	1,13	40	4
Cloruro de polivinilo	1,38	60	6
<b>Total</b>		1000	100 %

20 Esta mezcla se somete a un tratamiento de separación por densidad en un medio líquido denso formada por una suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de densidad ds elegido por un medio de estabilización dinámica.

El medio denso de separación está formado por:

- Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6 ms y un pH de 7,5
- 25 • Carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu\text{m}$  (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA), de acuerdo con las cantidades en g/l necesarias para crear valores de densidad « ds » crecientes del medio denso, desde el valor inicial ds = 1,000 hasta el valor ds = 1,200 para asegurar la separación selectiva.
- 30 • La estabilización de la suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulento disperso en la fase acuosa, al valor de densidad « ds » elegida se obtiene mediante una recirculación, con agitación suave por medio de un agitador móvil, de 15  $\text{m}^3/\text{h}$  de dicha suspensión.

La separación selectiva se realiza, por lo tanto, a través de umbrales de densidad « ds » crecientes que aseguran la obtención para cada umbral de densidad « ds », de dos fracciones poliméricas, una de sobrenadante de densidad inferior a « ds », y la otra de sedimentación de densidad superior a « ds ». Todas las informaciones relativas a estas separaciones selectivas se reúnen en la Tabla VII que sigue a continuación:

Tabla VII:

Densidad ds establecida como umbral de separación	$\text{CaCO}_3$ pulverulento en g/l para crear ds	Tipos y cantidades de polímeros separados de forma selectiva	% de polímeros recuperados con respecto a la mezcla sintética inicial
1,000	0,00	447,7 kg de copolímero (E/P)	99,5
1,055	90,70	198,2 kg de PS	99,1
1,065	107,80	148,8 kg de copolímero (E/P) a un 20 % de talco	99,2
1,075	125,20	99,0 kg de ABS	99,0

Densidad ds establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> pulverulento en g/l para crear ds	Tipos y cantidades de polímeros separados de forma selectiva	% de polímeros recuperados con respecto a la mezcla sintética inicial
1,200	361,60	38,8 kg de PA 6	97,0
> 1200		59,0 kg de PVC rígido	98,3

Como es posible observar, la separación selectiva de los diversos polímeros presentes en la mezcla sintética inicial por clase de densidad creciente de una suspensión acuosa de CaCO<sub>3</sub> es precisa y eficaz, ya que cada polímero presente en la mezcla inicial se extrae de forma selectiva para cada umbral de densidad « ds » elegido para ello, sin que haya arrastre de uno u otro polímero en estas clases próximas, cada clase de separación selectiva habiendo funcionado con una excelente previsión y que contiene solo al polímero seleccionado.

Con respecto a la masa total de la mezcla sintética inicial (1000 kg), la pérdida de polímeros en el transcurso de la separación selectiva de acuerdo con el método de la invención es de 8,5 kg, es decir, de un 0,99 % en peso.

**Ejemplo 4:** (de acuerdo con la figura 1)

En la misma instalación que en la del ejemplo 1, de trituración industrial de materiales electrodomésticos al final de su periodo de duración y después de la separación de la mayor parte de los diversos materiales a recuperar, un flujo de 22,4 toneladas de materiales reutilizables formado por una mezcla de polímeros de síntesis usados para su reutilización y materiales contaminantes, se sometió a una fase de concentración previa con el fin de extraer de esta mezcla, los materiales poliméricos usados reutilizables que pertenecen al intervalo de densidad que varía de 1,000 a 1,200 a tratar de acuerdo con la invención.

La composición del flujo de materiales que entran en la fase de concentración previa se proporciona en la tabla VIII que sigue a continuación.

Tabla VIII:

Materiales	Composición triturada en la rejilla de 25 mm	Contenido en % en peso
Polímeros	PE, PP, PS, ABS, PP Talco, PVC, ... en forma fragmentada	65 % en peso
Caucho y/o elastómeros	Todo tipo de uniones y/o revestimientos aislantes de cables eléctricos	29 % en peso
Metales	Fragmentos de metales férricos pero sobre todo no férricos: cobre, aluminio...	6 % en peso

La concentración previa se realiza de acuerdo con el ejemplo 1 a partir de la mezcla mencionada anteriormente que comprende:

✓ Una fracción de materiales reutilizables, que son materiales poliméricos de síntesis no expandidos, de naturaleza y/o composiciones y/o factores de forma múltiples, que se presentan bajo el aspecto de fragmentos que varían de un estado rígido a un estado flexible,

✓ Fracciones de materiales contaminantes formados por materiales metálicos y/o materiales orgánicos distintos a los materiales poliméricos no expandidos y/o materiales poliméricos de síntesis en un estado expandido, comprende las etapas de tratamiento a) a d) del ejemplo 1.

a) En la primera etapa de separación mecánica en (A) por cribado y/o factor de forma, se retiraron 0,04 toneladas de materiales contaminantes que representan un 0,18 % en peso del flujo entrante.

b) En la etapa b), el flujo de materiales que provienen de la etapa a), eliminado para al menos parte de la fracción de los materiales contaminantes, se sometió a una separación mediante clasificación aeraúlica en dos separadores (B) y (C) acoplados.

En el primer separador aeraúlico (B), la fracción (b<sub>1</sub>) que representa 0,52 toneladas de materiales denominados ligeros se trató mediante aspiración y las fracciones b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub> extraídas por la parte inferior del separador aeraúlico (B) y que representa 21,84 toneladas de materiales denominados pesados se recogieron para su tratamiento en el separador aeraúlico (C).

La fracción (b<sub>1</sub>) representa un 2,32 % en peso de materiales ligeros eliminados con respecto al flujo entrante. La mezcla de las fracciones (b<sub>2</sub>) + (b<sub>3</sub>) representa un 97,5 % en peso de materiales pesados.

La mezcla de las fracciones (b<sub>2</sub>) y (b<sub>3</sub>) que representa 20,84 toneladas se introdujo en el segundo separador de clasificación aeraúlica (C). La fracción (b<sub>2</sub>) formada por materiales contaminantes tales como metales, que

## ES 2 634 501 T3

representa una masa de 2,82 toneladas, se extrae por la parte inferior del separador aeráulico (C).

La fracción ( $b_3$ ), también extraída del separador (C), formada por materiales poliméricos reutilizables representa una masa de 19,02 toneladas, es decir un 84,91 % en peso con respecto a la masa del flujo introducido a concentrar previamente.

5 c) La etapa de trituración de la fracción ( $b_3$ ) de los materiales poliméricos para su reutilización que provienen de la etapa b), en la malla de liberación de los materiales contaminantes incluidos, se realiza en la zona (E), practicándose la trituración sobre una rejilla de 25 mm.

10 d) La segunda etapa de separación aeráulica por flujo gaseoso de la fracción de materiales poliméricos de síntesis para su reutilización que provienen de la etapa c) de trituración se realiza en la zona (H), para eliminar al menos en parte la fracción de los materiales contaminantes liberados durante la trituración y para extraer la fracción de los materiales reutilizables que constituyen la mezcla deseada, concentrada previamente en materiales reutilizables, que incluso contiene contaminantes.

15 Esta zona de separación aeráulica (H), comprende no solamente una separación por flujo gaseoso sino también un medio de cribado, y está formada por un dispositivo de separación modular tal como por ejemplo el comercializado por la compañía WESTRUP.

20 A partir de esta zona de separación (H):

✓ Una fracción ( $d_3$ ) que representa 18,36 toneladas de materiales poliméricos de síntesis reutilizables, se extrajo que representa un 82 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

25 ✓ Una fracción ( $d_2$ ) que representa 0,14 toneladas de materiales contaminantes pesados formada por metales y trozos de cables eléctricos se eliminó, que representa un 0,63 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,

30 ✓ Una fracción ( $d_1$ ) que representa 0,52 toneladas de materiales también reutilizables se separó por aspiración comprendiendo espumas residuales de polímeros, cauchos finos, los materiales poliméricos termoplásticos y termoendurecibles, que representa un 2,32 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa.

La fracción  $d_3$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que se obtienen en la etapa d) pero con densidades sumamente variables comprendidas en un intervalo de 0,900 a 1,400, se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (J), con un umbral de densidad  $d_s \geq 1,2$  para realizar una primera selección por densidad.

35 Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,2 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de caolín pulverulento disperso en la fase acuosa y estabilizado al valor  $d_s = 1,2$  mediante una recirculación de dicha suspensión acuosa a razón de 20 m<sup>3</sup>/h, siendo la capacidad útil del separador hidráulico de 5 m<sup>3</sup>.

El medio denso de separación está formado por:

✓ Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,9 ms y un pH de 7,26

45 ✓ Caolín cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu$ m y cuya sección granulométrica es de 30  $\mu$ m, a razón de 373, 29 g/l

✓ La estabilización de la suspensión de separación se adquiere mediante una recirculación de la suspensión de caolín a razón de 20 m<sup>3</sup>/h, siendo la capacidad útil del separador hidráulico de 5 m<sup>3</sup>.

50 Esta separación en el umbral de densidad  $d_s = 1,2$  conduce a la obtención de dos fracciones:

✓ una primera fracción  $e_1$  de densidad inferior a 1,2, que representa 17,20 toneladas de materiales reutilizables (76,78 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno de alto impacto y/o cristalino ignífugo o no (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) ignífugo o no, polipropileno cargado con un 5 % a un 40 % en peso de talco, y otros materiales poliméricos y

55 ✓ otra fracción  $e_2$  de densidad superior o igual a 1,2, que representa 1,16 toneladas de materiales reutilizables (5,18 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende cloruro de polivinilo, poliéster insaturado con carga, poliuretanos con carga u otros.

60 La fracción  $e_1$ , mezcla de polímeros usados para su reutilización que se obtiene en la etapa (J), se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (L), en el umbral de densidad  $d_s = 1,000$ , para extraer un flujo de sobrenadante ( $f_1$ ) que es una mezcla de (PE) y (PP) y un flujo de corriente ( $f_2$ ) que comprende los otros polímeros usados para su reutilización.

65 El flujo de sobrenadante ( $f_1$ ), que representa un 23,50 % en peso de la fracción ( $e_1$ ), se somete a un tratamiento de

## ES 2 634 501 T3

separación por densidad en un medio hidro-alcohólico (agua e isopropanol) en el umbral de densidad preciso  $d_s = 0,930$  que permite recuperar:

- 5 - la totalidad del polipropileno presente que está en el sobrenadante, que representa un 14,76 % en peso de la fracción  $e_1$  (2,54 T)
- la totalidad del polietileno presente que fluye, que representa un 8,74 % en peso de la fracción  $e_1$ , (1,50 T) siendo estos los materiales poliméricos usados, finamente divididos, directamente reutilizables en forma de gránulos obtenidos por su extrusión.

10 El flujo de corriente ( $f_2$ ) que representa un 76,50 % en peso de la fracción ( $e_1$ ), formado por una mezcla de poliestireno cristalino y/o de alto impacto ignífugo o no, sin carga, de un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno sin carga pero para ciertas fracciones ignífugo y de polipropileno con carga de talco de un 5 % a un 40 % constituye la fracción de los materiales poliméricos usados, cuyas densidades están comprendidas en el intervalo 1,000 a 1,199, límites incluidos, y que se van a separar de acuerdo con la invención.

15 La fracción  $f_2$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que salen del separador (L) se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (N), con un umbral de densidad " $d_s$ " = 1,100.

20 Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,100 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de caolín pulverulento disperso en la fase acuosa y estabilizado al valor  $d_s = 1,100$  mediante una recirculación de dicha suspensión acuosa a razón de 20 m<sup>3</sup>/h, siendo la capacidad útil del separador hidráulico de 5 m<sup>3</sup>.

El medio denso de separación está formado por:

- 25 ✓ Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,9 ms y un pH de 7,26
- ✓ Caolín cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu$ m y cuya sección granulométrica es de 30  $\mu$ m, a razón de 174,2 g/l

30 y se estabiliza mediante la recirculación de la suspensión mediante su extracción por la parte inferior del separador y su reinyección hidráulica cerca de la superficie y esto, a razón de un caudal de recirculación de 20 m<sup>3</sup>/h.

Esta separación en el umbral de densidad  $d_s = 1,100$  conduce a la obtención de dos fracciones:

- 35 ✓ una primera fracción  $g_1$  de densidad inferior a 1,100, que representa 11,45 toneladas de materiales reutilizables (51,12 % en peso del flujo entrante), que contiene en particular poliestireno (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polipropileno con carga de talco, y otros materiales poliméricos y
- 40 ✓ otra fracción  $g_2$  de densidad superior o igual a 1,100, que representa 1,75 toneladas de materiales reutilizables (7,81 % en peso del flujo entrante), que se presenta en forma de una mezcla que comprende polipropileno con carga de talco, poliestireno con carga y/o ignífugo, copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) con carga y/o ignífugos, u otros materiales poliméricos.

El flujo  $g_1$  en realidad está formado:

- 45 - por una mezcla de poliestirenos cristalinos o de alto impacto, tratados o no para hacerlos ignífugos y/o con adyuvantes mediante diversos agentes conocidos. Es por esto por lo que el intervalo de las densidades de estos diversos poliestirenos está comprendido entre 1,000 y 1,080.
- una mezcla de copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno, cuya densidad real se determina por las cantidades relativas de los tres monómeros usados, mediante adiciones de adyuvantes opcionales y con los tratamientos retardantes de la llama que explican el intervalo de las densidades de estos diversos (ABS) que está comprendida entre 1,000 y también 1,080.
- 50 - una mezcla de polipropileno con carga de talco cuyo contenido en % en peso de talco puede variar de un 5 % a un 20 %. Por lo tanto, el intervalo de densidad polipropileno con carga de talco también está comprendido entre 1,000 y 1,080.

55 Este flujo  $g_1$ , por lo tanto, se somete a una separación por clase de densidad creciente mediante un medio denso de separación formado por:

- 60 - una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,9 ms y un pH de 7,26,
- caolín pulverulento con un tamaño de diámetro medio de 1  $\mu$ m y cuya sección granulométrica es de 30  $\mu$ m cuyas cantidades en masa para cada densidad se expresan en la tabla II que sigue a continuación
- medio dinámico de estabilización por recirculación de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 20 m<sup>3</sup>/h.

65 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla IX, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la

precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

Tabla IX:

Densidad ds establecida como umbral de separación	Caolín en g/l pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	% en peso en cada clase		
			De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,020	33,08	[1,000 a 1,020[	1,25 %	0,60 %	6,40 %
1,042	70,09	[1,020 a 1,042[	22,30 %	0,00 %	16,50 %
1,050	83,87	[1,042 a 1,050[	35,55 %	1,60 %	17,15 %
1,053	89,08	[1,050 a 1,053[	10,08 %	3,25 %	8,05 %
1,055	92,56	[1,053 a 1,055[	8,25 %	5,65 %	3,10 %
1,058	97,80	[1,055 a 1,058[	3,95 %	6,35 %	5,25 %
1,060	101,3	[1,058 a 1,060[	9,05 %	14,40 %	7,60 %
1,065	110,10	[1,060 a 1,065[	5,62 %	17,10 %	10,35 %
1,070	118,95	[1,065 a 1,070[	2,75 %	25,80 %	9,30 %
1,080	136,94	[1,070 a 1,080[	1,20 %	24,25 %	15,90 %
1,090	154,97	[1,080 a 1,090[	0,00 %	1,00 %	0,40 %
1,100	173,33	[1,090 a 1,100[	0,00 %	0,00 %	0,00 %
TOTAL			100 %	100 %	100 %

5 Las cantidades de caolín usadas en cada clase de densidad se determinan mediante la medición p de la densidad y pueden variar de acuerdo con la pureza del caolín utilizado.

Tal como se muestra en la tabla IX,

- 10
- el PS está presente de forma mayoritaria en el intervalo de densidad [1,020-1,055], constituyendo un primer grupo relativo al PS cristalino, pero un segundo grupo de densidad se pone de manifiesto en el intervalo [1,055-1,070[ que es relativo al PS de alto impacto, sin omitir que ciertos PS presentes son aparentemente ignífugos. Estas diversas clases de densidad están estadísticamente justificadas por la presencia de varias familias de PS en este polímero usado para su reutilización.
  - 15 - el ABS también está distribuido en varias clases de densidad, pero su presencia está mayoritariamente en el intervalo de densidad [1,058-1,080]. En el caso del ABS, también aparece una gran distribución de las densidades debido a la presencia de varios tipos de ABS cuyas composiciones pueden variar por las cantidades relativas de sus monómeros y también por la presencia de agentes de ignifugación.
  - 20 - El PP con carga de talco también está distribuido en varias clases mediante variaciones importantes de densidad debido a la presencia de la carga de talco que puede variar de un 5 % en peso a un 20 % en peso.

25 Para realizar la separación eficaz del PS, del ABS y del PP con carga de talco presentes en una misma clase de densidad, la mezcla de los materiales poliméricos usados para su reutilización extraída de cada clase de densidad de la tabla II, se somete a una nueva separación por densidad creciente a decreciente a través de un medio denso de separación formado por:

- Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,9 ms y un pH de 7,26,
- 30 - Caolín pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1  $\mu$ m y cuya sección granulométrica es de 30  $\mu$ m y cuyas cantidades en masa se expresan en la tabla III que sigue a continuación
- medio dinámico de estabilización por recirculación de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 20 m<sup>3</sup>/h.

35 A modo de ejemplo, solamente dos clases de separación por densidad, obtenidas a partir de la tabla II, se seleccionan y se tratan de acuerdo con la invención, para ilustrar la capacidad del método de separación selectiva para el establecimiento de suspensiones de separación con una densidad estable e invariable, cuando el nivel de densidad "ds" elegido se crea como umbral de separación de los diversos materiales poliméricos usados a separar, pudiendo alcanzar el nivel de precisión de la densidad en valor absoluto [0,001], es decir, el valor "ds" elegido puede alcanzar aproximadamente una precisión con respecto a este valor "ds" de  $\pm 0,0005$ .

40

Sin embargo se recuerda que los polímeros usados de naturaleza química diferente pero de densidad exactamente idéntica no se pueden separar con el método de la invención y necesitan otros medios de separación basados en otros criterios.

- 5 Las dos clases de densidad obtenidas a partir de la tabla II, y tratadas de acuerdo con el método de la invención son las siguientes:

[1,042 a 1,050[  
y [1,065 a 1,070[

- 10 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla X, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

- 15 Esta separación muy selectiva proporcionó, para cada clase, los resultados anotados clase por clase en la Tabla X que sigue a continuación:

Tabla X:

Densidad ds establecida como umbral de separación	Caolín en g/l pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	% en peso en cada clase		
			De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,043	72,16	[1,042-1,043[	0	0	0,608
1,044	73,89	[1,043-1,044[	0	0	0,610
1,045	75,62	[1,044-1,045[	0	0	0,754
1,046	77,35	[1,045-1,046[	0	0	1,027
1,047	79,08	[1,046-1,047[	0	0	0,307
1,048	80,81	[1,047-1,048[	0	0	0,920
1,049	82,55	[1,048-1,049[	7,12	0	3,049
1,050	84,29	[1,049-1,050[	15,105	0	9,125
1,066	112,42	[1,065-1,066[	1,052	0,113	6,125
1,067	114,20	[1,066-1,067[	0,920	0,320	1,950
1,068	115,98	[1,067-1,068[	1,248	0,827	1,058
1,069	117,76	[1,068-1,069[	1,065	5,686	0,745
1,070	119,55	[1,069-1,070[	1,315	10,254	0,522

- 20 - Como se indica en la Tabla X, el método de acuerdo con la invención asegura un excelente control en la separación selectiva por densidad de los materiales poliméricos presentes, con la sensibilidad de la densidad de separación alcanzando  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad elegido « ds ».

- 25 Sin embargo, en la mezcla industrial inicial tratada en este ejemplo, están presentes materiales poliméricos de la misma densidad pero de composición diferente de un modo tal que se deben usar otros medios de separación para separar en cada fracción, polímeros de densidad idéntica, cada tipo de polímero presente.

**Ejemplo 5:** (de acuerdo con la figura 1)

- 30 De acuerdo con el ejemplo 1, un flujo de 21,88 toneladas de materiales reutilizables obtenidos de la separación de la mayor de los diversos materiales a recuperar, formado por una mezcla de polímeros de síntesis usados para su reutilización y de materiales contaminantes a eliminar se somete a una fase de concentración previa con el fin de seleccionar en esta mezcla materiales poliméricos usados para su reutilización.

- 35 La composición del flujo de materiales que entran en la fase de concentración previa está de acuerdo con los datos de la tabla I del ejemplo 1 y se reproduce a continuación.

Tabla XI:

<b>Materiales</b>	<b>Composición y granulometría</b>	<b>Contenido en % en peso</b>
<b>Polímeros</b>	PE, PP, PS, ABS, PP Talco, PVC,... en forma fragmentada	73 % en peso
<b>Caucho y/o elastómeros</b>	Todo tipo de uniones y/o revestimientos aislantes de cables eléctricos	19 % en peso
<b>Metales</b>	Fragmentos de metales féreos pero sobre todo no féreos: cobre, aluminio...	8 % en peso

La mezcla a tratar, así como las etapas del tratamiento de a) a d), son idénticas a las del ejemplo 1:

5 De la zona (G/H) de separación aerúlica y de cribado de acuerdo con la etapa d) de acuerdo con el ejemplo 1:

- ✓ Una fracción ( $d_3$ ) que representa 15,8 toneladas de materiales poliméricos de síntesis reutilizables, esencialmente materiales termoplásticos y una cierta cantidad de material termoendurecibles, se extrajo en forma de escamas, de plaquetas y otros elementos triturados que representa un 72,2 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,
- ✓ Una fracción ( $d_2$ ) que representa 0,06 toneladas de materiales contaminantes pesados formada por metales y por trozos de cables eléctricos se eliminó por cribado, que representa un 0,27 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa,
- ✓ Una fracción ( $d_1$ ) que representa 0,32 toneladas de materiales también reutilizables se separó por aspiración comprendiendo espumas residuales de polímeros, cauchos finos, los materiales poliméricos termoplásticos y termoendurecibles, en forma de polvo de escamas, de plaquetas, que representa un 1,46 % en peso de la masa total del flujo entrante en la concentración previa.

20 La fracción  $d_3$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que se obtienen en la etapa d) pero con densidades sumamente variables comprendidas en un intervalo de 0,900 a 1,400 se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (J), con un umbral de densidad  $d_s \geq 1,2$  para realizar una primera selección por densidad.

25 Esta separación se realiza por flotación en el umbral de densidad elegido 1,2 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $\text{CaCO}_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $d_s = 1,2$  por medio de una recirculación secuencial de la suspensión, es decir, mediante alternancia de ciclos de circulación de 20 s y de ciclos de parada de 20 s, extraída de la parte inferior del separador y reinyectada cerca de la superficie a razón de un caudal de recirculación de 2  $\text{m}^3/\text{h}$ .

30 El medio denso de separación comprende:

- ✓ una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,9 ms y un pH de 7,42
- ✓ carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de 1  $\mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de 5  $\mu\text{m}$  (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA), a razón de 362 g/l
- ✓ la estabilización de la suspensión de separación se adquiere mediante una recirculación secuencial de la suspensión de carbonato de calcio a razón de 2  $\text{m}^3/\text{h}$ , siendo la capacidad útil del separador hidráulico de 5  $\text{m}^3$ .

Esta separación en el umbral de densidad  $d_s = 1,2$  conduce a la obtención de dos fracciones (véase la tabla XII):

Tabla XII:

<b>Fracción</b>	<b>Densidad</b>	<b>Masa</b>	<b>Composición</b>
<b>e<sub>1</sub></b>	< 1,2	14,56 toneladas de materiales reutilizables, 66,54 % en peso del flujo entrante	PE, PP, PS, ABS ignífugo o no, PP con carga de un 5 a un 40 % en peso de talco ...
<b>e<sub>2</sub></b>	> o = 1,2	1,24 toneladas de materiales reutilizables, 5,67 % en peso del flujo entrante	cloruro de polivinilo, poliéster insaturado cargado, poliuretanos con carga u otros.

40 La fracción  $e_1$ , mezcla de polímeros usados para su reutilización que se obtiene en la etapa (J), se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (L), en el umbral de densidad  $d_s = 1,000$ , para extraer un flujo sobrenadante ( $f_1$ ) que es una mezcla de (PE) y (PP) y un flujo de corriente ( $f_2$ ) que comprende los otros polímeros usados para su reutilización.

45

El flujo de sobrenadante ( $f_1$ ), que representa 3,407 T (23,40 % en peso de la fracción ( $e_1$ )), se somete a un tratamiento de separación por densidad en un medio hidro-alcohólico (agua e isopropanol) en el umbral de densidad preciso  $ds = 0,930$  que permite recuperar:

- 5 - la totalidad del polipropileno presente (2,146 T) que está en el sobrenadante, que representa un 14,74 % en peso de la fracción  $e_1$
  - la totalidad del polietileno presente (1,261 T) que fluye, que representa un 8,66 % en peso de la fracción  $e_1$ ,
- 10 siendo estos dos materiales poliméricos usados, finamente divididos, directamente reutilizables en forma de gránulos obtenidos por su expansión.

15 El flujo de corriente ( $f_2$ ) que representa 11,153 T [76,60 % en peso de la fracción ( $e_1$ )], formado por una mezcla de poliestireno cristalino y/o de alto impacto ignífugo o no, sin carga, de un copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno sin carga pero para ciertas fracciones ignífugo y de polipropileno con carga de un 5 % a un 40 % de talco constituye la fracción de los materiales poliméricos usados, cuyas densidades están comprendidas en el intervalo 1,000 a 1,199, límites incluidos, y que se van a separar de acuerdo con la invención.

20 La fracción  $f_2$ , mezcla de polímeros de síntesis usados reutilizables que salen del separador (L) se somete a un tratamiento de separación por densidad en medio acuoso, en la zona (N), con un umbral de densidad " $ds$ " = 1,100.

25 Esta separación se realiza por densidad en el umbral de densidad elegido 1,100 en un medio denso formado por una suspensión acuosa de  $CaCO_3$  pulverulenta dispersa en la fase acuosa y estabilizada al valor de  $ds = 1,100$  por medio de una recirculación secuencial de la suspensión, es decir, por alternancia de ciclos de circulación de 20 s y ciclos de parada de 20 s de la suspensión, a razón de  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

El medio denso de separación comprende:

- 30 ✓ una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,9 ms y un pH de 7,42
- ✓ carbonato de calcio pulverulento cuyo tamaño de diámetro medio es de  $1 \mu\text{m}$  y cuya sección granulométrica es de  $5 \mu\text{m}$  (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA), a razón de 187,7 g/l

35 y se estabiliza mediante la recirculación secuencial de la suspensión mediante su extracción de la parte inferior del separador y su reinyección hidráulica cerca de la superficie y esto, a razón de un caudal de recirculación de  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Esta separación en el umbral de densidad  $ds = 1,100$  conduce a la obtención de dos fracciones (véase la tabla XIII):

Tabla XIII:

Fracción	Densidad	Masa	Composición
$g_1$	$< 1,1$	10,762 toneladas de materiales reutilizables, 49,19 % en peso del flujo entrante	PS, ABS, PP con carga de talco y otros materiales poliméricos.
$g_2$	$> 0 = 1,1$	0,381 toneladas de materiales reutilizables, 1,74 % en peso del flujo entrante	PC, PP con carga de un 30 a un 40 % de talco, PVC, PMMA, PU con carga u otros..

40 El flujo  $g_1$  en realidad está formado:

- por una mezcla de poliestirenos cristalinos o de alto impacto, tratados o no para hacerlos ignífugos y/o con adyuvantes mediante diversos agentes conocidos. Es por esto por lo que el intervalo de las densidades de estos diversos poliestirenos está comprendido entre 1,000 y 1,080.
- 45 - por una mezcla de copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno, cuya densidad real se determina por las cantidades relativas de los tres monómeros usados, mediante adiciones de adyuvantes opcionales y con los tratamientos retardantes de la llama que explican el intervalo de las densidades de estos diversos ABS que está comprendido entre 1,000 y también 1,080.
- 50 - por una mezcla de polipropileno con carga de talco cuyo contenido en % en peso de talco puede variar de un 5 % a un 20 %. Es por esto por lo que el intervalo de densidad polipropileno con carga de talco también está comprendido entre 1,000 y 1,080.

55 Este flujo  $g_1$ , por lo tanto, se somete a una separación en la zona (P) por clase densidad creciente a través del medio denso de separación que está formado por:

## ES 2 634 501 T3

- una fase acuosa que tiene una conductividad de 5,7 ms y un pH de 7,53,
  - carbonato de calcio pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1 µm y cuya sección granulométrica es de 5 µm (OMYALITE 90 comercializado por la compañía OMYA) cuyas cantidades en masa para cada densidad se expresan en la tabla II que sigue a continuación,
- 5 - medio dinámico de estabilización mediante recirculación secuencial de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 2 m<sup>3</sup>/h.

10 Para ello y en cada clase de densidad conocida representada en la tabla XIV, la fase de sobrenadante se recupera y se analiza, y la fase de sedimentación se recoge y a continuación se somete a una densidad superior a la precedente proporcionando para cada clase una fase de sobrenadante analizada y una fase de sedimentación sometida a su vez a una densidad superior.

Tabla XIV: Tratamiento del flujo g1

Densidad ds establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> en g/l pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	Medio de estabilización: caudal en m <sup>3</sup> /h	% en peso en cada clase		
				De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,02	32,30	[1,000 a 1,020[	2	1,10 %	0,30 %	5,15 %
1,042	68,75	[1,020 a 1,042[	2	22,01 %	0,10 %	16,39 %
1,05	82,2	[1,042 a 1,050[	2	36,19 %	1,31 %	18,50 %
1,053	87,3	[1,050 a 1,053[	2	10,21 %	3,10 %	7,94 %
1,055	90,7	[1,053 a 1,055[	2	8,10 %	5,40 %	2,90 %
1,058	95,8	[1,055 a 1,058[	2	3,50 %	6,50 %	5,50 %
1,06	99,2	[1,058 a 1,060[	2	9,29 %	14,59 %	7,62 %
1,065	107,8	[1,060 a 1,065	2	6,10 %	17,30 %	9,10 %
1,07	116,50	[1,065 a 1,070[	2	2,50 %	25,60 %	9,00 %
1,08	134,00	[1,070 a 1,080[	2	1,00 %	24,60 %	17,50 %
1,09	151,70	[1,080 a 1,090[	2	0 %	1,10 %	0,30 %
1,1	169,50	[1,090 a 1,100[	2	0 %	0,10 %	0,10 %
TOTAL				100,00 %	100,00 %	100,00 %

15 Tal como se muestra en la tabla XIV,

- el PS está presente de forma mayoritaria en el intervalo de densidad [1,020-1,055[, constituyendo un primer grupo relativo al PS cristalino, pero un segundo grupo de densidad se pone de manifiesto en el intervalo [1,055-1,070[ que es relativo al PS de alto impacto, sin omitir que ciertos PS presentes son aparentemente ignífugos.
- 20 Estas diversas clases de densidad están estadísticamente justificadas por la presencia de varias familias de PS en este polímero usado para su reutilización.
- el ABS también está distribuido en varias clases de densidad, pero su presencia está mayoritariamente en el intervalo de densidad [1,058-1,080[. En el caso del ABS, también aparece una gran distribución de las densidades debido a la presencia de varios tipos de ABS cuyas composiciones pueden variar por las cantidades relativas de sus monómeros y también por la presencia de agentes de ignifugación.
- 25
- El PP con carga de talco también está distribuido en varias clases mediante variaciones importantes de densidad debido a la presencia de la carga de talco que puede variar de un 5 % en peso a un 20 % en peso.
- 30

35 Para realizar la separación eficaz del PS, del ABS y del PP con carga de talco presentes en una misma clase de densidad, la mezcla de los materiales poliméricos usados para su reutilización extraída de cada clase de densidad de la tabla XIV, se somete a una nueva separación por densidad creciente o decreciente en la zona de separación (R) a través de un medio denso de separación formado por:

- Una fase acuosa que tiene una conductividad de 6,8 ms y un pH de 8,1,
- Carbonato de calcio pulverulento de tamaño de diámetro medio de 1 µm y cuya sección granulométrica es de 5 µm (OMYALITE 90® comercializado por la compañía OMYA) y cuyas cantidades en masa se expresan en la tabla III que sigue a continuación,

- Medio dinámico de estabilización mediante recirculación secuencial de un volumen de suspensión, a razón de un caudal de 2 m<sup>3</sup>/h.

5 A modo de ejemplo, solamente dos clases de separación por densidad, obtenidas a partir de la tabla II, se seleccionan y se tratan de acuerdo con la invención, para ilustrar la capacidad del método de separación selectiva para establecer suspensiones de separación con una densidad estable e invariable, cuando el nivel de densidad "ds" elegido se crea como umbral de separación de los diversos materiales poliméricos usados a separar, pudiendo alcanzar el nivel de precisión de la densidad en valor absoluto [0,001], es decir, pudiendo alcanzar alrededor del valor "ds" elegido una precisión con respecto a este valor "ds" de ± 0,0005.

10 Las dos clases de densidad obtenidas a partir de la tabla XIV, y tratadas de acuerdo con el método de la invención son las siguientes:

- 15 [1,042 a 1,050]  
y [1,065 a 1,070]

Esta separación muy selectiva proporcionó, para cada clase, los resultados anotados clase por clase en la Tabla que sigue a continuación XV que sigue a continuación:

20 **Tabla XV: Tratamiento de dos clases de densidad, obtenidas a partir del flujo g1.**

Densidad ds establecida como umbral de separación	CaCO <sub>3</sub> en g/l pulverulento para crear ds	Límites de cada clase de densidad	% en peso en cada clase		
			De PS	de ABS	de PP con carga de talco
1,043	70,4	[1,042-1,043[	0	0	0,32
1,044	72,8	[1,043-1,044[	0	0	0,35
1,045	74,5	[1,044-1,045[	0	0	0,52
1,046	76,2	[1,045-1,046[	0	0	0,49
1,047	77,2	[1,046-1,047[	0	0	0,32
1,048	78,8	[1,047-1,048[	0	0	0,55
1,049	80,5	[1,048-1,049[	6,45	0	4,05
1,05	82,2	[1,049-1,050[	15,55	0,1	9,8
1,066	109,6	[1,065-1,066[	0,92	0,08	6,67
1,067	111,3	[1,066-1,067[	0,75	0,28	0,85
1,068	113	[1,067-1,068[	1,04	0,79	0,69
1,069	114,7	[1,068-1,069[	2,16	5,79	0,51
1,07	116,5	[1,069-1,070[	1,23	10,36	0,38

- Como se indica en la Tabla XV, el método de acuerdo con la invención asegura un excelente control en la separación selectiva por densidad de los materiales poliméricos presentes, con la sensibilidad de la densidad de separación alcanzando ± 0,0005 con respecto al umbral de densidad elegido « ds ».

25 Sin embargo, en la mezcla industrial inicial tratada en este ejemplo, están presentes materiales poliméricos de la misma densidad pero de composición diferente de un modo tal que se deben usar otros medios de separación para separar en cada fracción, polímeros de densidad idéntica, cada tipo de polímero presente.

30 La otra fracción g<sub>2</sub> de densidad superior a 1,100 que representa 0,381 toneladas de materiales reutilizables que comprenden una mezcla de policarbonato (PC), polipropileno (PP) con carga de talco, cloruro de polivinilo (PVC), polimetil metacrilato (PMMA), poliuretanos (PU) con carga, se trata, de acuerdo con el mismo principio que la fracción g<sub>1</sub>, en las zonas de separación (Q) y (S), no descritas.

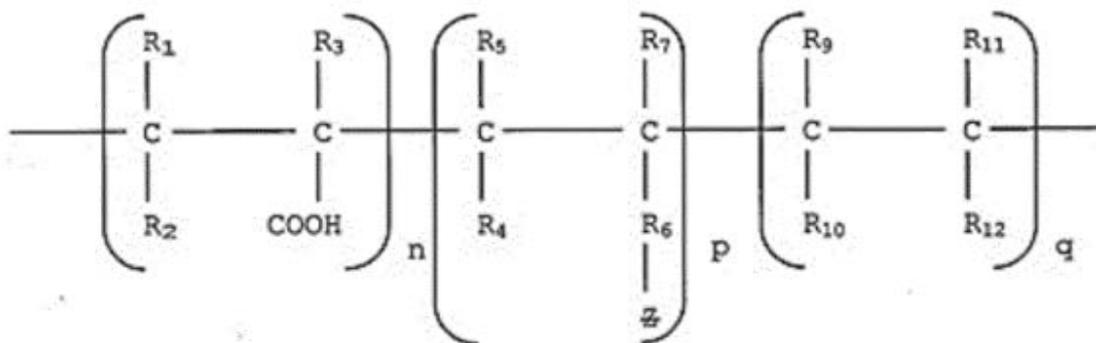
## REIVINDICACIONES

1. Método de separación selectiva de cada uno de los componentes de una mezcla de materiales orgánicos de síntesis que son los polímeros y/o copolímeros, en particular usados y a reutilizar mediante reciclado, de densidad al menos igual a 1, que se presentan en una forma fragmentada, que consiste en realizar su separación mediante la introducción de dicha mezcla en un medio líquido denso, que es una suspensión acuosa de partículas pulverulentas dispersas en cantidad adecuada en una fase acuosa, para crear un nivel de densidad "ds" elegido como umbral de separación de los diversos materiales orgánicos de síntesis fragmentados a separar de forma selectiva por tipo, caracterizado por que, dicha suspensión de separación se hace selectiva, estable e invariable en densidad a un nivel de precisión de  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad "ds" elegido para la separación selectiva:
- a) mediante la selección del tamaño de partículas pulverulentas cuya sección granulométrica es como máximo de 30  $\mu\text{m}$ , estando estas partículas sólidas pulverulentas dimensionadas de ese modo dispersas y presentes en una fase acuosa en cantidad suficiente para alcanzar el umbral de densidad "ds" elegido, y
- b) mediante la preparación de al menos un medio dinámico de estabilización con el fin de desplazar la suspensión de separación siguiendo un caudal de circulación de al menos 5  $\text{m}^3/\text{h}$  y como máximo de 40  $\text{m}^3/\text{h}$ .
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, dicha suspensión de separación se hace selectiva, estable e invariable en densidad a un nivel de precisión de  $\pm 0,0005$  con respecto al umbral de densidad "ds" elegido para la separación selectiva, mediante la selección del tamaño de partículas sólidas pulverulentas cuya sección granulométrica es preferentemente como máximo de 20  $\mu\text{m}$ , y muy preferentemente como máximo de 5  $\mu\text{m}$ , estando estas partículas pulverulentas dimensionadas de ese modo dispersas y presentes en una fase acuosa en cantidad suficiente para alcanzar el umbral de densidad "ds" elegido."
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que**, las partículas pulverulentas son de origen natural y se eligen entre el grupo de los materiales minerales pulverulentos formado por las arcillas que pertenecen a las familias formadas por el grupo de las caolinitas, que comprenden caolinita, dickita, haloisita, caolinitas desordenadas, serpentinas, el grupo de las micas, en particular moscovita, biotita y paragonita, pirofilita y talco, ilitas y glauconita, por el grupo de las montmorillonitas, en particular beidellita, estevensita, saponita, y hectorita; por el grupo de las cloritas; por el grupo de las vermiculitas; por el grupo de las arcillas interestratificadas cuya estructura unitaria es una combinación de los grupos precedentes; por el grupo de las arcillas fibrosas, en particular atapulgita (palygorskita), sepiolita; por el grupo que consiste en carbonato de calcio (calcita), carbonato de magnesio, dolomita (carbonato doble de calcio y magnesio), sulfato de calcio dihidratado (yeso), sulfato de bario, talco, alúmina, sílice, dióxido de titanio, zirconia.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que**, las partículas pulverulentas son de origen sintético y se eligen entre el grupo que consiste en polvos de vidrio, carbonato de calcio precipitado, polvos metálicos.
5. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que**, las partículas pulverulentas tienen un diámetro medio como máximo de 5  $\mu\text{m}$  y comprendido preferentemente entre 1  $\mu\text{m}$  y 0,005  $\mu\text{m}$ .
6. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que**, el medio dinámico de estabilización se elige entre el grupo que consiste en una agitación por medio de un agitador móvil, mediante una recirculación interna de la suspensión por medio del agitador móvil, mediante una recirculación externa de la suspensión por medio de una bomba mediante extracción de la suspensión por la parte inferior del tanque en el que se encuentra y mediante reinyección en la parte superior de dicho tanque, o mediante la combinación de los medios que permitan asociar agitación por medio de un agitador móvil y recirculación interna y/o externa de la suspensión.
7. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que**, el medio dinámico de estabilización es una recirculación continua o discontinua de la suspensión.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el caudal de circulación de la suspensión de separación está comprendido entre 5 y 30  $\text{m}^3/\text{h}$  y comprendido preferentemente entre 5 y 15  $\text{m}^3/\text{h}$ .
9. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que**, el caudal de circulación de la suspensión de separación está ajustado con respecto a una tasa de cambio horario de dicha suspensión comprendida entre 0,5 y 4 y preferentemente comprendida entre 0,5 y 2.
10. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que**, la fase acuosa tiene una conductividad como máximo de 50 ms y comprendida preferentemente entre 0,2 ms y 40 ms.
11. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que**, en dicha suspensión se introduce un agente hidrosoluble que facilita la estabilización de las características reológicas y de invariabilidad de la densidad aparente « ds » de la suspensión de partículas sólidas pulverulentas.

12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que**, el agente hidrosoluble que facilita la estabilización de las características reológicas y de invariabilidad de la densidad aparente "ds" de la suspensión de partículas sólidas pulverulentas, se elige entre el grupo que consiste en fosfatos y polifosfatos, ésteres alquilfosfatos, alquilfosfonato, alquilsulfato, alquilsulfonato, lignina, lignosulfonatos en forma de sales de calcio, sodio, hierro, cromo, hierro y cromo, copolímeros de anhídrido maleico y de ácido estireno sulfónico, copolímeros de metacrilamida y ácido (metil) acrílico sustituidos, neutralizados, esterificados o no, copolímeros, de ácido metilacrilamido-alquil sulfónico y de (metil) acrilamida, polímeros hidrosolubles de ácido acrílico usado en forma de ácido u, opcionalmente, neutralizado total o parcialmente por agentes alcalinos y/o alcalinotérreos, por aminas y/o salificados por iones monovalentes y/o polivalentes, y/o esterificados o incluso entre copolímeros acrílicos, hidrosolubles que disponen de grupos funcionales fosfatados, fosfonados, sulfatados, sulfonados.

13. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12, **caracterizado por que**, el agente de estabilización hidrosoluble se elige preferentemente entre copolímeros acrílicos hidrosolubles, que responden a la fórmula general:

15



- ✓ Z es un motivo de tipo fosfato, fosfonato, sulfato, sulfonato, que tiene al menos un grupo funcional ácido libre,
- ✓ n toma un valor comprendido entre 0 y 95,
- ✓ p toma un valor comprendido entre 95 y 5,
- ✓ q toma un valor comprendido entre 0 y 95,
- ✓ con la suma de n + p + q siendo igual a 100,
- ✓ R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> pueden ser de forma simultánea hidrógeno o mientras que uno es hidrógeno, el otro es un grupo funcional carboxílico esterificado o no con un alcohol en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>,
- ✓ R<sub>3</sub> es hidrógeno o un radical alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>,
- ✓ R<sub>4</sub> y R<sub>5</sub> son, de forma simultánea o no, hidrógeno o un radical alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>, un arilo sustituido o no, un grupo funcional carboxílico esterificado o no con un alcohol en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>,
- ✓ R<sub>6</sub> es un radical, que establece el enlace entre el motivo Z y la cadena polimérica, pudiendo ser este radical R<sub>6</sub> un alquileno de fórmula (-CH<sub>2</sub>)<sub>r</sub> en la que r puede tomar los valores del intervalo de 1 a 12, un óxido o polióxido de alquileno de fórmula (R<sub>8</sub>-O)<sub>s</sub> en la que R<sub>8</sub> es un alquileno en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub> y s puede tomar los valores de 1 a 30, o incluso una combinación de las dos fórmulas (CH<sub>2</sub>)<sub>r</sub> y (R<sub>8</sub>-O)<sub>s</sub>,
- ✓ R<sub>7</sub> es hidrógeno o un radical alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>,
- ✓ R<sub>9</sub> y R<sub>10</sub> son de forma simultánea hidrógeno, o mientras que uno es hidrógeno, el otro es un grupo carboxílico, un éster en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>, un alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>, un arilo en C<sub>5</sub> o C<sub>6</sub> o un alquilarilo,
- ✓ R<sub>11</sub> es hidrógeno, un grupo carboxílico, un alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub> o un halógeno,
- ✓ R<sub>12</sub> es un éster en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>, una amida sustituida o no, un alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub>, un arilo en C<sub>5</sub> o C<sub>6</sub>, un alquilarilo, un halógeno, un grupo carboxílico o incluso un grupo alquilo o arilo, fosfatado, fosforado, sulfatado, sulfonado.

14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en el motivo Z, los grupos funcionales ácidos no libres están ocupados por un catión, un grupo amonio, una amina, un alquilo en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub>, un arilo en C<sub>3</sub> a C<sub>6</sub> sustituido o no, un alquilarilo, un éster en C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub>, o una amida sustituida.

15. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en la suma n + p + q, n = 0, cuando q > 0 y q = 0 cuando n > 0.

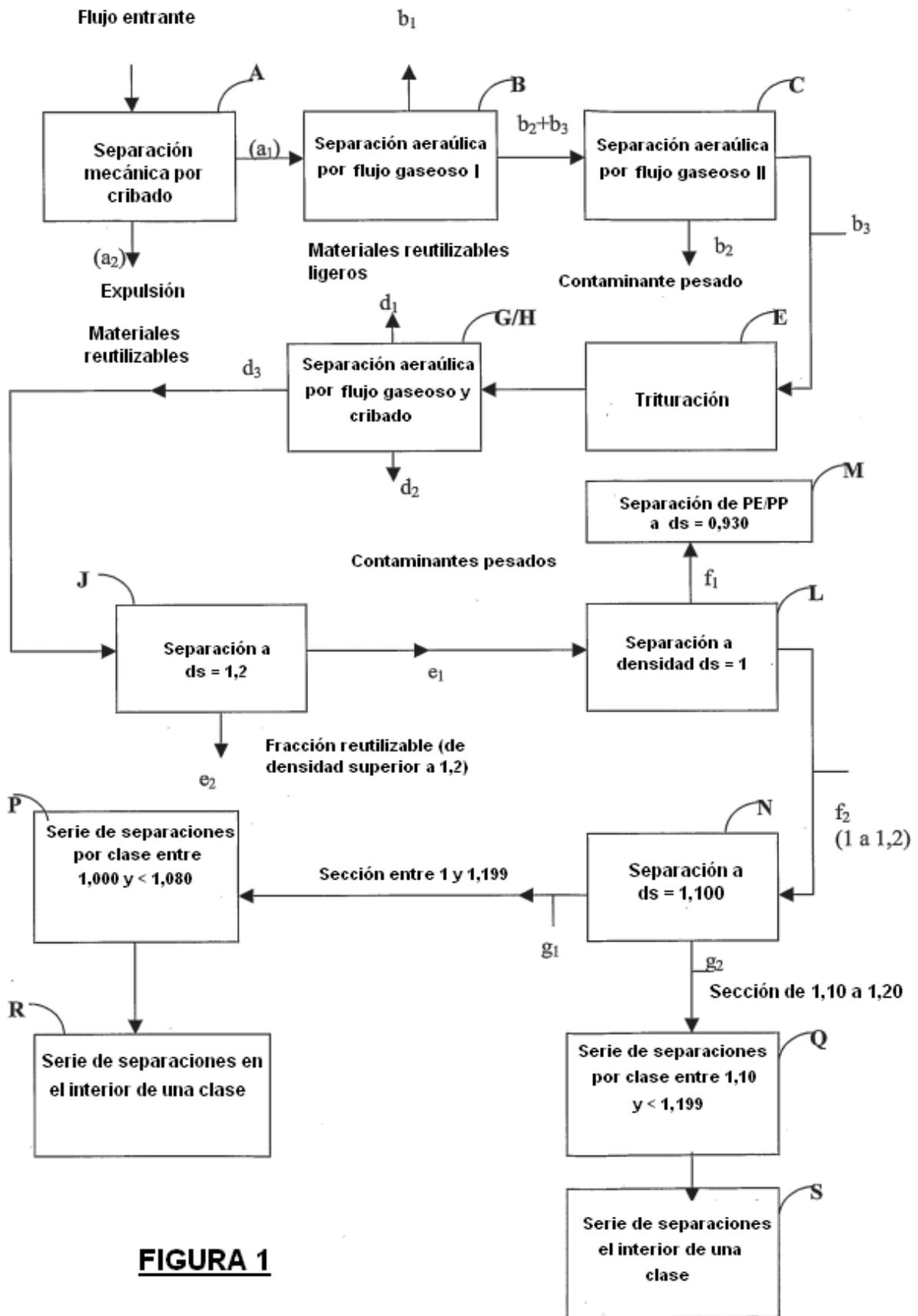
16. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en los motivos R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>, el alcohol que esterifica el grupo funcional carboxílico está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>.

17. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en el motivo R<sub>3</sub>, el radical alquilo está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>.

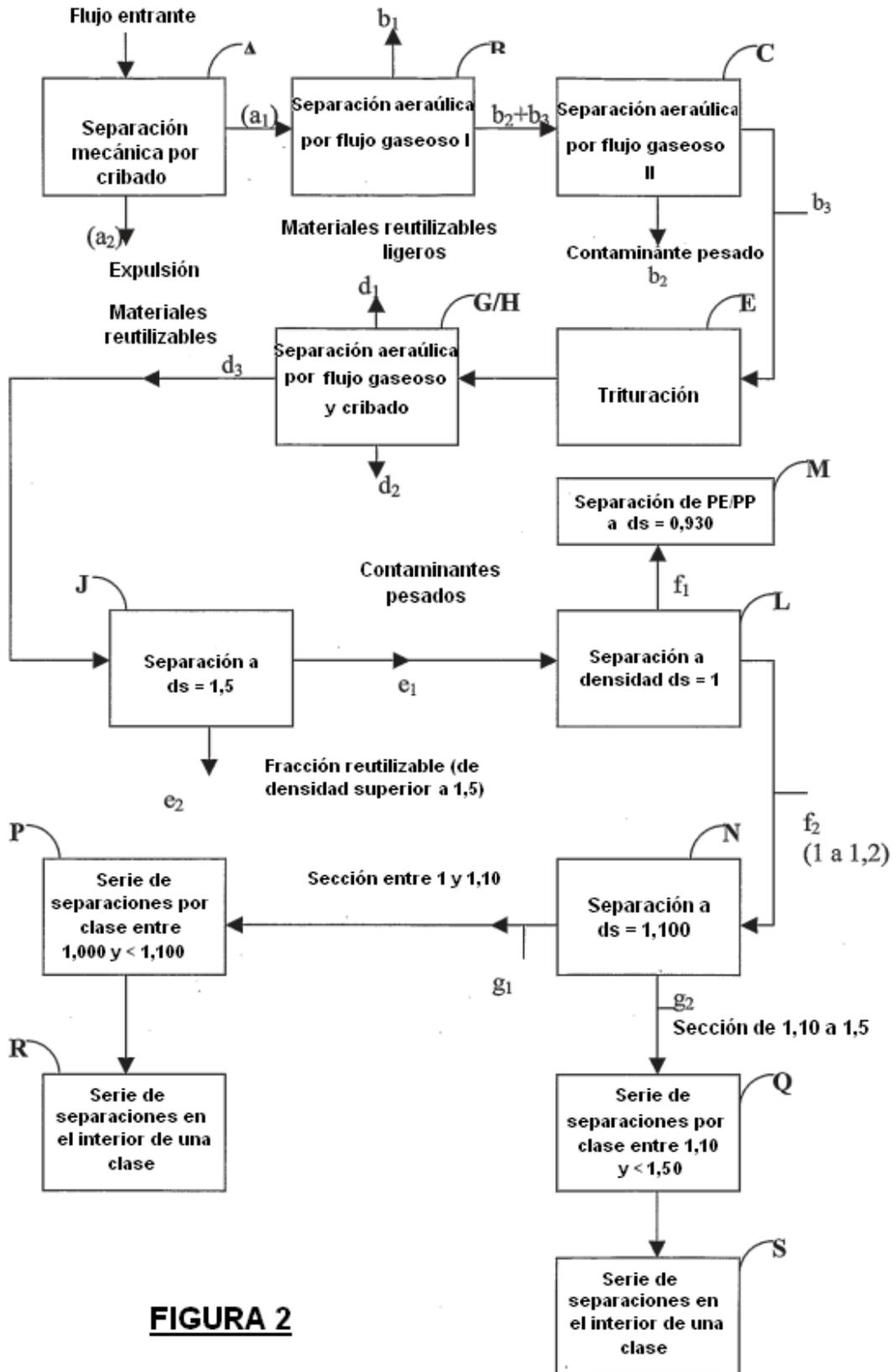
18. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en los motivos R<sub>4</sub> y R<sub>5</sub>, el radical alquilo está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>.
- 5 19. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en los motivos R<sub>4</sub> y R<sub>5</sub>, el alcohol que esterifica el grupo funcional carboxílico está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>.
20. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en el motivo R<sub>7</sub>, el radical alquilo está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>.
- 10 21. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en los motivos R<sub>9</sub> y R<sub>10</sub>, el éster está preferentemente en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub>.
22. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en los motivos R<sub>9</sub> y R<sub>10</sub>, el alquilo está preferentemente en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub>.
- 15 23. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en el motivo R<sub>12</sub>, el éster está preferentemente en C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub>.
24. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, en el motivo R<sub>12</sub>, el alquilo está de preferencia en C<sub>1</sub> a C<sub>3</sub>.
- 20 25. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, la masa molecular de los copolímeros acrílicos hidrosolubles que forman el agente de estabilización, está comprendida entre 5000 y 100 000.
- 25 26. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**, los copolímeros acrílicos hidrosolubles que forman el agente de estabilización están al menos parcialmente neutralizados, por medio de un agente de neutralización elegido entre el grupo que consiste en hidróxidos de sodio, potasio, amonio, calcio, magnesio y aminas primarias, secundarias y terciarias, alifáticas y/o cíclicas, en particular mono, di, tri etanolaminas, mono y dietilaminas, ciclohexilamina, metilciclohexilamina.
- 30 27. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado por que**, la cantidad en peso del agente de estabilización hidrosoluble expresada en % en peso seco/seco de dicho agente con respecto a la cantidad en peso de partículas pulverulentas puestas en suspensión, está comprendido entre un 0,02 % y un 5 %, y preferentemente entre un 0,1 % y un 2 %.
- 35 28. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 27, **caracterizado por que**, dicho método se realiza en al menos un separador hidráulico equipado con al menos un medio dinámico de estabilización.
- 40 29. Método de acuerdo con la reivindicación 28, **caracterizado por que**, cuando dicho método se realiza en un solo separador hidráulico, la densidad « ds » elegida evoluciona:
- en el sentido creciente, por adición controlada de las partículas pulverulentas definidas y seleccionadas en la suspensión presente en dicho separador hidráulico, hasta alcanzar la nueva densidad « ds » umbral elegida,
  - en el sentido decreciente por adición de agua hasta alcanzar la nueva densidad « ds » umbral elegida.
- 45 30. Método de acuerdo con la reivindicación 29, **caracterizado por que**, la evolución de la densidad de la suspensión estable de separación, en un sentido creciente o decreciente, se realiza bajo una agitación por medio de un agitador móvil y/o una recirculación interna y/o una recirculación mediante extracción por la parte inferior del separador hidráulico y la inyección en la parte superior de dicho separador del medio acuoso denso que se está corrigiendo.
- 50 31. Método de acuerdo con la reivindicación 28, **caracterizado por que**, en el caso en el que dicho método se realiza se realiza en varios separadores hidráulicos, los diversos separadores se colocan los unos al lado de los otros, de acuerdo con un sistema en cascada que funciona con suspensiones estables cada una con un umbral de densidad « ds » preciso, en un orden creciente o decreciente de las densidades.
- 55 32. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 31, **caracterizado por que**, la densidad umbral « ds » de la suspensión acuosa de separación fina está controlada de forma continua mediante medios apropiados de medición y sometida a corrección desde el momento en que se percibe una desviación.
- 60 33. Método de acuerdo con la reivindicación 32, **caracterizado por que**, cada separador hidráulico está controlado con respecto a la densidad del medio denso que contiene por medio de dos electroválvulas que se abren cada una sobre dos circuitos conectados a dos tanques, con uno de los tanques conteniendo una suspensión « madre » concentrada a aproximadamente un 60 % en peso de partículas pulverulentas, estabilizada con un agente de estabilización hidrosoluble, que permite introducir una cantidad determinada de la suspensión madre que corrige al alza cualquier desviación hacia una disminución de la densidad del medio denso de separación fina, conteniendo el
- 65

otro tanque agua que permite introducir una cantidad determinada de agua que corrige a la baja cualquier desviación hacia un aumento de la densidad del medio denso de separación fina.

- 5 34. Método de acuerdo con la reivindicación 33 **caracterizado por que**, en cada separador hidráulico, la medición de la densidad del medio denso se realiza de modo continuo con aparatos de medición adaptados que producen la apertura de la una o la otra de las electroválvulas después del cierre de las mismas cuando se alcanza el nivel de densidad umbral « ds ».
- 10 35. Utilización del método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 34, para la separación selectiva de los materiales poliméricos en mezcla, en particular usados, obtenidos a partir de la destrucción de automóviles y/o bienes de consumo duraderos al final de su periodo de duración.



**FIGURA 1**



**FIGURA 2**