

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 243**

51 Int. Cl.:

B07B 15/00	(2006.01) B07B 4/02	(2006.01)
B03B 9/06	(2006.01) B07B 11/06	(2006.01)
B09B 3/00	(2012.01)	
B29B 17/02	(2006.01)	
B03C 1/247	(2006.01)	
B03C 1/30	(2006.01)	
B03C 1/18	(2006.01)	
B07B 9/00	(2006.01)	
B07B 11/04	(2006.01)	
B07B 9/02	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.10.2011 PCT/US2011/055004**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2012 WO12071113**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011 E 11843499 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2022 EP 2643101**

54 Título: **Separación mecanizada de desecho sólidos mezclados y recuperación de productos reciclables**

30 Prioridad:

30.08.2011 US 201113221637
24.11.2010 US 417216 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.11.2022

73 Titular/es:

ORGANIC ENERGY CORPORATION (100.0%)
6200 Center Street, Suite 310
Clayton, CA 94517, US

72 Inventor/es:

GISTSCHEL, GEORGE

74 Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

ES 2 928 243 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

5 Separación mecanizada de desecho sólidos mezclados y recuperación de productos reciclables

Referencia cruzada a las solicitudes relacionadas

10 Esta solicitud de reivindicaciones de prioridad para Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 13/221,637, presentada el 30 de agosto de 2011, publicado como US-A1-2012/0048974, titulado MECHANIZED SEPARATION OF MIXED SOLID WASTE AND RECOVERY OF RECYCLABLE PRODUCTS, que reivindica el beneficio de Estados Unidos Solicitud provisional 61/417,216 presentada el 24 de noviembre de 2010, titulado "MECHANIZED SEPARATION OF MIXED SOLID WASTE AND RECOVERY OF RECYCLABLE PRODUCTS"

15 Antecedentes de la invención

1. El campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para recuperar materiales reciclables de flujos de desechos sólidos tales como, entre otros, desechos sólidos municipales.

20 2. La Tecnología Relacionada

25 Los consumidores comerciales, industriales y residenciales generan grandes cantidades de productos desechables y de desecho (es decir, desechos sólidos urbanos) que deben manejarse y eliminarse de manera ambientalmente satisfactoria. Tradicionalmente, los desechos sólidos urbanos (en adelante, "MSW") se eliminan mediante vertido o incineración. Sin embargo, estos métodos de eliminación de productos de desecho contaminan el suelo, el agua y el aire. Las restricciones ambientales, así como también las demandas de uso de suelo para vivienda, reducen el número de sitios disponibles para rellenos sanitarios.

30 En respuesta, los gobiernos y el público exigen que, siempre que sea posible, se empleen sistemas de reciclaje para conservar los recursos materiales y reducir los problemas de contaminación. Se realizan esfuerzos para recuperar recursos valiosos tal como vidrio, plástico, papel, aluminio y metales ferrosos y no ferrosos de los materiales de desecho. Por ejemplo, en muchas ciudades se pide a los hogares que clasifiquen su basura en reciclables (por ejemplo, papel, envases de plástico, envases de metal y envases de vidrio) y no reciclables. Sin embargo, las tasas de incumplimiento y falta de cumplimiento son altas. Algunas personas no clasifican sus desechos en absoluto y otras los clasifican incorrectamente, lo que desvía los materiales recuperables al flujo de desechos o contamina el flujo reciclable con materiales de desecho. El incumplimiento y el incumplimiento reducen la eficiencia y aumentan los costos asociados con la operación de sistemas de reciclaje diseñados para procesar desecho preclasificados.

40 Algunos sistemas de reciclaje intentan evitar los problemas con los desechos preclasificados al intentar recuperar materiales reciclables de los desechos mixtos. Sin embargo, muchos de estos sistemas se cargan de la tendencia a ser muy intensivos en mano de obra para operar, al tiempo que ofrecen tasas de recuperación de materiales reciclables relativamente bajas.

45 El balance energético de muchos sistemas de reciclaje está por debajo de la media o, en algunos casos, es negativo. Algunos sistemas de reciclaje son tan ineficientes que los procesos de recuperación, transporte y reciclaje de los materiales reciclables consumen más energía de la que se podría ahorrar simplemente al tirar la basura a vertederos y al fabricar nuevos productos a partir de materias primas. En otros casos, se recupera tan poco de los materiales reciclables que los problemas con la eliminación del flujo de desechos esencialmente no se mitigan.

50 El documento US-A1-2009/0008298 describe un método para recuperar materiales reciclables de una corriente de desechos sólidos mixtos, que comprende fraccionar una corriente de desechos triturada por tamaño para producir una pluralidad de corrientes de desechos clasificadas individualmente de la pluralidad de corrientes de desechos y recuperar al menos dos materiales reciclables como materiales reciclables individuales.

55 Resumen

60 La presente descripción se refiere a métodos y sistemas para la extracción de materiales reciclables de alto valor a partir de una corriente de desecho sólidos mixtos. El método y los sistemas pueden usar separación por tamaño y densidad para producir flujos de desechos intermedios que pueden clasificarse adecuadamente para extraer grandes porcentajes de materiales reciclables valiosos. La separación por tamaño y densidad produce corrientes intermedias que se enriquecen en materiales reciclables particulares. Luego, los materiales reciclables pueden clasificarse eficientemente de los flujos intermedios individuales mediante el uso de equipos de clasificación mecanizados.

65 Además de la separación por tamaño y densidad, el flujo de material de desecho puede medirse en todo el sistema o en una porción del mismo para garantizar un régimen de flujo y/o una profundidad de carga aceptables en el equipo.

El flujo másico y la profundidad de carga adecuados facilitan la extracción eficiente de los materiales reciclables en el equipo de clasificación mecánica.

5 Los sistemas y métodos descritos en la presente descripción pueden manejar grandes volúmenes de materiales de
 10 desecho mixtos altamente variables. Los sistemas y métodos pueden extraer de manera eficiente materiales
 15 reciclables de desecho mixtos no clasificados (por ejemplo, MSW de contenedor negro), flujos reciclables clasificados
 en el hogar donde el incumplimiento es alto (por ejemplo, MSW de contenedor azul) y otros tipos de MSW, tal como
 flujo de desechos sólidos comerciales variables de establecimientos minoristas, fabricación ligera, almacenes, edificios
 de oficinas, etc., y flujos de desechos industriales. Los métodos y sistemas descritos en la presente descripción pueden
 recuperar porcentajes significativamente mayores de diferentes tipos de materiales reciclables de flujos de desechos
 variables en comparación con los sistemas conocidos. Esta capacidad se debe en gran parte al tamaño, la separación
 por tamaño, la separación por densidad y la separación dimensional, lo que crea flujos intermedios de desecho
 concentrado y homogéneo de los que pueden extraerse mecánicamente los materiales reciclables. A diferencia de las
 plantas de combustible derivadas de desechos tradicionales, los métodos y sistemas de la invención fraccionan y
 esparcen el material de desecho lo suficiente como para preparar los flujos intermedios para una clasificación eficiente
 en clasificadores mecánicos tales como clasificadores ópticos y clasificadores de corriente de Foucault, y
 clasificadores dimensionales tales como separadores balísticos y en pantallas de discos de ángulo.

20 La necesidad de extraer de manera eficiente múltiples tipos de materiales reciclables de flujos de desechos mixtos
 variables es una necesidad sentida desde hace mucho tiempo pero no satisfecha. La incapacidad de la industria para
 extraer porcentajes significativos de diferentes tipos de materiales reciclables de flujos de desechos mixtos variables
 resulta en campañas políticas bien conocidas en gran parte del mundo para enseñar a la población general que es su
 25 responsabilidad clasificar a mano los materiales reciclables en ese momento de generación y luego disposición.
 Debido al comportamiento humano natural, estos esfuerzos, aunque loables, no resultan en las tasas de reciclaje
 deseadas. La gran mayoría de los materiales de desecho reciclables continúan recuperándose y/o utilizándose
 deficientemente. Los métodos y sistemas descritos en la presente descripción satisfacen esta necesidad insatisfecha
 y sentida durante mucho tiempo mediante la recuperación eficiente de materiales reciclables mediante el uso de
 30 dispositivos mecánicos que se disponen y configuran para manejar de manera eficiente un variado flujo de desechos
 sólidos. Además, los programas tradicionales de reciclaje residencial en la acera y los programas comerciales de
 reciclaje requieren rutas y vehículos de recolección separados costosos y contaminantes. Además, una vez recogidos
 por vehículos separados, los materiales aún deben separarse y los reciclables recuperarse en las instalaciones de
 recuperación de materiales (MRF) tradicionales. Esto es altamente ineficiente y costoso.

35 La necesidad mencionada anteriormente se resuelve mediante el método de acuerdo con la reivindicación 1.

Estos y otros aspectos de las modalidades descritas en la presente descripción resultarán evidentes a partir de la
 siguiente descripción y las reivindicaciones anexas.

40 Breve descripción de los dibujos

Para esclarecer adicionalmente las ventajas y características de la presente invención, se proporcionará una
 descripción más particular de la invención como referencia a las modalidades específicas de la misma, que se ilustran
 en el dibujo anexo. Se aprecia que estos dibujos representan sólo modalidades de la invención y por lo tanto no deben
 45 considerarse limitantes de su alcance. La invención se describirá y explicará con especificidades y detalles adicionales
 con el uso de los dibujos acompañantes en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra métodos para recuperar materiales reciclables de un flujo de
 desechos sólidos mixtos;

50 La Figura 2 ilustra una vista en corte de un separador de tambor de aire adaptado para su uso en el sistema para
 separar desecho sólidos, de acuerdo con una modalidad de la presente invención; y

La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un sistema para separar desecho sólidos, de acuerdo con otra
 modalidad más de la presente invención.

55 Descripción detallada

I. Métodos para Extraer Materiales Reciclables de Flujos de Desechos Sólidos

La Figura 1 ilustra un ejemplo de método 100 para recuperar materiales reciclables de un flujo de desechos sólidos
 60 mixtos. En una modalidad, el método 100 incluye (i) en una primera etapa 102, proporcionar un flujo de desechos
 mixtos que incluye materiales reciclables tal como papel, plástico y metal (particularmente metal no ferroso); (ii) en
 una segunda etapa 104, triturar el flujo de desechos mixtos; (iii) en una tercera etapa 106 al fraccionar el flujo de
 desechos mixtos por tamaño para producir una pluralidad de flujo de desechos clasificados; (iv) en una cuarta etapa
 65 108, al fraccionar por densidad al menos una porción del flujo de desechos clasificados para producir una pluralidad
 de flujo de desechos intermedios enriquecidos individualmente en uno o más de los materiales reciclables; (v) en una
 quinta etapa 110, clasificar individualmente la pluralidad de flujos de desechos intermedios mediante el uso de uno o
 más aparatos de clasificación para producir productos reciclables tales como, entre otros, productos de papel

reciclado, productos de plástico reciclado y/o productos de metal reciclado. Opcionalmente, el método puede incluir la medición 112 y/o la distribución de los flujos de desechos dimensionados a lo largo de cualquiera o todas las porciones del proceso 100 para controlar el flujo másico y/o la profundidad de la carga.

5 En la presente descripción, se describen varias etapas de trituración y/o fraccionamiento por tamaño con respecto a métodos y sistemas para la separación de desechos sólidos. Típicamente, cada una de estas etapas tiene un límite de tamaño asociado. Los expertos en la técnica apreciarán que los materiales fraccionados presentan típicamente una distribución de partículas. La distribución a menudo incluirá un número insignificante de partículas por encima o más
10 abajo del límite. A menos que se especifique de cualquier otra manera, un número de corte superior (por ejemplo, 40,64 cm (16") o menos, 30,48 cm (12") o menos, 20,32 cm (8") o menos, el intervalo superior de 20,32 cm (8") a 5,08 cm sobre la fracción) generalmente significa que alrededor del 90 % de las partículas en la fracción (es decir, la distribución) tienen un tamaño menor que el número de corte, mientras que alrededor del 10 % de las partículas en la fracción serán más grandes que el tamaño de corte superior. A menos que se especifique de cualquier otra manera,
15 un número de corte más bajo (por ejemplo, el intervalo más bajo de una fracción superior de 20,32 cm (8") a 5,08 cm (2")) generalmente significa que aproximadamente el 90 % de las partículas en la fracción tienen un tamaño mayor que el número de corte, mientras que alrededor del 10 % de las partículas en la fracción son más pequeñas que el tamaño de corte inferior. En modalidades alternativas, el número de corte superior puede incluir el 95 % o el 99 % de las partículas en la fracción y/o el corte de la parte inferior puede incluir menos del 5 % o menos del 1 % de las
20 partículas en la fracción.

1. Suministro de Flujo de Desecho Sólidos

25 Los flujos de desechos utilizados en los métodos y sistemas descritos en la presente descripción incluyen una mezcla de diferentes tipos de materiales sólidos. El flujo de desechos incluye materiales reciclables que, la separación de otros tipos de materiales reciclables o desechos, pueden utilizarse y, por lo tanto, tienen valor. En una modalidad, los desecho sólidos mixtos pueden ser desecho sólidos urbanos ("MSW") (es decir, basura o desperdicios). Los MSW son un tipo de material de desecho que incluye predominantemente desechos domésticos con la adición, a veces, de desechos comerciales y/o industriales recolectados por un municipio o un contratista contratado por un municipio o
30 por negocios comerciales y/o industriales dentro de un área determinada. Los desechos sólidos comerciales son un tipo de desechos, tal como la basura, que generalmente se recolectan de negocios como edificios de oficinas o establecimientos comerciales. Los desechos sólidos industriales generalmente se encuentran en las industrias manufactureras pesadas. Los MSW y los desechos comerciales generalmente no incluyen desecho industriales peligrosos. Los desechos mixtos pueden ser desechos del "contenedor negro" en los que la fuente del desecho realiza poca o ninguna eliminación de material reciclable o, alternativamente, puede ser un desecho reciclado o del "contenedor azul" que incluye una mezcla de materiales de desecho reciclables (también denominados "desecho de flujo único"). Los desechos de flujo único pueden ser comerciales o residenciales y pueden tener un incumplimiento bajo o alto.

40 Los desecho mixtos contienen una serie de componentes que solo tienen valor como material reciclable cuando se separan de otros componentes. Estos materiales reciclables pueden incluir plásticos; materiales de fibra, incluidos papel y cartón; metales, incluidos los metales ferrosos y los metales no ferrosos tal como el latón y el aluminio; vidrio; textiles; goma; y madera. Preferentemente, el flujo de desechos incluye 1, 2, 3 o más materiales de alto valor que incluyen, entre otros, uno o más de papel, plástico y material no ferroso.

45 Si bien incluso pequeños porcentajes de estos materiales pueden ser valiosos, la separación de los materiales reciclables entre sí y de otros componentes en flujos de desechos sólidos mixtos es extremadamente desafiante. Esto es especialmente cierto cuando es necesario separar y recuperar dos, tres, cuatro o más tipos diferentes de materiales reciclables. Los desechos mixtos comerciales y residenciales pueden contener grandes cantidades de materiales de desecho no reciclables, tal como alimentos y desechos de cocina; desechos verdes, tal como recortes de jardín, plantas, vegetación, ramas y similares; y desechos inorgánicos, tal como concreto, tierra, rocas y restos.

50 Los métodos y sistemas descritos en la presente descripción incluyen proporcionar un flujo de desechos sólidos mixtos que incluye al menos un material reciclable, preferentemente al menos dos y con mayor preferencia al menos 3 tipos diferentes de materiales reciclables. En una modalidad, el flujo de desechos incluye al menos dos materiales seleccionados del grupo de papel, plástico y metal. Preferentemente, el flujo de desechos mixtos incluye papel, plásticos y metales.

55 La cantidad de materiales reciclables en el flujo, el porcentaje de material reciclable recuperado y el valor del material reciclado tienen un impacto significativo en la viabilidad económica de extraer los materiales reciclables a través de la clasificación mecanizada (los valores más grandes son los más conveniente).

60 En una modalidad, el flujo de desechos mixtos puede incluir al menos 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % de un metal reciclable o menos de 30 %, 20 %, 15 %, 10 % o 5 % (en peso) o un intervalo de cualquiera de los porcentajes en peso superior e inferior anteriores de material metálico reciclable.

65

El flujo de desechos mixtos puede incluir al menos 2,5 %, 5 %, 7,5 % o 10 % de un material plástico reciclable o menos de 60 %, 40 %, 20 % (por peso) o un intervalo de cualquiera de los anteriores arriba y abajo porcentajes en peso de material plástico reciclable.

5 El flujo de desechos mixtos puede incluir al menos 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % o 30 % de un material de papel mixto reciclable o menos de 80 %, 70 %, 60 %, 50 % o 40 % (en peso) o un intervalo de cualquiera de los porcentajes de peso superior e inferior anteriores de material de papel mixto.

10 El flujo de desechos mixtos puede incluir al menos 15 %, 25 %, 35 % de un material orgánico seco reciclable y menos de 80 %, 70 %, 60 %, 50 % o 40 % (en peso) o un intervalo de cualquiera de los anteriores porcentajes en peso superior e inferior de material orgánico seco. El flujo de desechos mixtos puede incluir desechos orgánicos húmedos, desechos orgánicos secos y/o desechos inorgánicos. En una modalidad, el porcentaje en peso de desecho orgánicos húmedos, desecho orgánicos secos y desecho inorgánicos en la flujo de desechos mixtos es cada uno (independientes entre sí) de al menos el 5 %, al menos el 10 %, al menos el 20 %, al menos el 50 %, o al menos el 75 % (la suma de los tres porcentajes en peso no supere el 100 %).

15 En una modalidad, el desecho urbano sólido mixto puede ser un desecho urbano sin procesar. Por ejemplo, el flujo de desechos sólidos puede provenir directamente de un proceso de recolección de basura urbano. Alternativamente, los desechos urbanos sólidos pueden preprocesarse parcialmente (por ejemplo, por los propietarios de viviendas) para eliminar una porción de los materiales reciclables y/o recuperables. Por ejemplo, los desechos urbanos sólidos pueden derivarse de un flujo integral de desechos residenciales o comerciales que contiene los materiales remanentes que excluyen los materiales separados en la fuente recolectados a través de programas de reciclaje en los que una porción de ciertos materiales reciclables (por ejemplo, papel mixto, periódico, cartón, plásticos, recipientes de metal ferroso y no ferroso y/o de vidrio) se retiran (es decir, los MSW pueden ser un desecho post-reciclado).

20 En cualquier caso (es decir, métodos mediante el uso de MSW sin procesar o MSW separados en origen), los desecho mezclados pueden pre clasificarse manualmente para recuperar y eliminar elementos que son difíciles de triturar o moler, obviamente peligrosos y/o que son particularmente grandes (es decir, fácilmente separados) y tienen un alto valor de recuperación. La preclasificación puede realizarse mediante la carga de desecho en el sistema o puede realizarse por personal en una línea de preclasificación dedicada. Por ejemplo, los desechos pueden medirse en un transportador de preclasificación donde el trabajo manual identifica los artículos que se clasificarán previamente. Típicamente, los artículos preclasificados incluirán artículos que podrían dañar o causar un desgaste excesivo en la trituradora o trituradora. Los ejemplos incluyen bloques de motores de automóviles, acero estructural, llantas de neumáticos, tanques de propano, bloques de hormigón, rocas grandes y similares. Los desecho peligrosos se eliminan preferentemente antes de la trituración para evitar la contaminación con otros materiales en los desecho mezclados. Los ejemplos de desechos obviamente peligrosos incluyen contenedores de solventes y productos químicos, latas de pintura, baterías y similares.

30 La clasificación previa también puede usarse para recuperar particularmente elementos especialmente grandes y valiosos que se recogen fácilmente del flujo de desechos mixto. Típicamente, los materiales reciclables recuperados en la preclasificación serán artículos que son varias veces más grandes que la profundidad de la carga del flujo del proceso, de manera que sean fácilmente visibles y se eliminen manualmente de manera eficiente. Por ejemplo, las cajas de cartón grandes (por ejemplo, contenedores corrugados), las piezas de metal estructural y los desechos electrónicos (por ejemplo, eWaste) pueden recuperarse en la preclasificación. El porcentaje de materiales en el flujo de desechos mixtos descrito anteriormente se refiere al porcentaje del flujo de desechos inmediatamente antes de que se someta a trituración y/o clasificación por tamaño (es decir, después de la preclasificación).

35 Como se mencionó, los métodos descritos en la presente descripción permiten clasificar mecánicamente los materiales reciclables de los desechos sólidos urbanos, incluso cuando los desechos incluyen grandes porcentajes de materiales no reciclables. En una modalidad, el flujo de desechos sólidos incluye al menos 20 %, 25 %, 35 %, 50 % o 75 % de uno o más materiales de bajo valor. Los materiales de bajo valor son materiales que dificultan la separación de los materiales de alto valor y que, por sí mismos, generalmente no son económicos de separar. En una modalidad, los materiales de bajo valor pueden seleccionarse del grupo que consiste en orgánicos húmedos, desecho verdes, desecho de alimentos, arena, finos de menos de 2,54 cm (1 pulgada), asfalto, hormigón, textiles y madera, caucho, película plástico, PVC, papel de aluminio, roca, productos de consumo usados, vidrio de bajo valor (vidrio demasiado lejos de un reciclador), materiales compuestos (por ejemplo, zapatillas de tenis), otros materiales que se encuentran típicamente en los desechos sólidos y combinaciones de estos. Los métodos descritos en la presente descripción superan la necesidad largamente sentida pero insatisfecha de recuperar económicamente (es decir, clasificar mecánicamente) todos o una porción de los materiales reciclables valiosos en estos flujos de desechos difíciles de manejar. Los materiales individuales de bajo valor pueden estar en el flujo de desechos sólidos en una concentración de al menos 5 %, 10 %, 15 %, 20 % o más.

40 Los expertos en la técnica reconocerán que la composición de los flujos de desechos sólidos varía sustancialmente en períodos cortos de tiempo. De toda la variabilidad que se encuentra en los MSW, existen tres características constantes en distintos grados o porcentajes; densidad, dimensión (2-D o 3-D) y contenido de humedad. Esta invención, en parte, utiliza una variedad de equipos que separan por tamaño, densidad y dimensión, y luego dirige el

material al equipo que separa o recupera por tipo de material (por ejemplo, tipo de resina para plástico, metal ferroso, metales no ferrosos, vidrio, papel, etc.). Para los fines de esta invención, el porcentaje de un tipo particular de material dentro del flujo de desechos puede calcularse de acuerdo con estándares aceptables de la industria, tal como las Directrices de eliminación de desechos de 2011 publicadas por el Departamento de Reciclaje y Recuperación de Recursos de California (también conocido como "CalRecycle" y anteriormente conocido como la Junta de Manejo Integrado de desecho de California), (disponible en www.calrecycle.ca.gov/wastechar/YourData.htm#Step1 y los enlaces asociados al mismo). Como mínimo, el muestreo de un flujo de desechos deberá incluir el análisis de muestras de al menos 200 libras y el muestreo en una pluralidad de días, semanas y/o meses diferentes.

2. Transformación en polvo

Opcionalmente, los desecho sólidos urbanos mezclados se transportan a un dispositivo triturador tal como una amoladora o trituradora (etapa 104). Puede llevarse a cabo trituración (por ejemplo, amoladora o trituración) para mejorar la eficiencia de la separación por tamaño y la separación por densidad. En un aspecto, el transportador en la etapa 104 puede incluir un sistema de dosificación tal como una rueda dosificadora u otro dispositivo de nivelación o esparcimiento de material configurado para controlar el flujo y la profundidad de la carga asociada de MSW de manera que se disipe una cantidad de material relativamente constante y distribución uniforme a lo largo de todo el ancho de la cinta transportadora, a una altura o profundidad de carga constantes, y alimentados a la amoladora o trituradora con el tiempo (y, opcionalmente, a una cinta transportadora de preclasificación).

Los desechos amolados o triturados tendrán un intervalo de tamaños de partículas. En una modalidad, el flujo de desechos triturados tiene un corte superior de 40,64 cm (16 pulgadas) o menos, 35,56 cm (14 pulgadas) o menos, 30,48 cm (12 pulgadas) o menos, 25,4 cm (10 pulgadas) o menos, o 20,32 cm (8 pulgadas) o menos, o un corte de la parte inferior de más de 2,54 cm (1 pulgada), 5,08 cm (2 pulgadas), 10,16 cm (4 pulgadas) o 15,24 cm (6 pulgadas), o puede tener una distribución con un corte superior y corte inferior de cualquiera de los cortes superior e inferior anteriores para los desecho triturados. En una modalidad, la relación entre el corte superior y el corte inferior puede ser inferior a 8, 6 o 4.

La distribución de tamaño de cualquier material fracturado en particular generalmente depende de sus propiedades materiales. Por ejemplo, algunos objetos, como paletas de envío o neumáticos, se amolarán o triturarán en partículas de tamaño relativamente grande. Por el contrario, los materiales frágiles como el vidrio, que tiende a romperse, y los desechos de alimentos, que tienden a triturarse fácilmente, serán bastante pequeños después de la trituración.

La amoladora o trituradora usada para triturar el flujo de desechos mixtos puede incluir uno o más ejes que incluyen varios cabezales de corte que pueden cortar y/o triturar los materiales de desecho entrantes a un tamaño seleccionado. Los materiales de desecho pueden molerse o triturarse mediante el giro de rotores montados con hojas de corte o cuchillas contra una carcasa de hoja rígida, luego caen a través de la amoladora o trituradora a la cesta de la pantalla (placa perforada circular o pantallas de diseño con aletas). Los materiales que tienen un tamaño de corte inferior al tamaño seleccionado, caen a través de una pantalla y pasan a la siguiente etapa del proceso. Los objetos que son demasiado grandes para pasar a través de la pantalla típicamente se recirculan repetidamente a través de la amoladora o trituradora hasta que se muelen a un tamaño que pueda pasar a través de la pantalla.

Varios amoladores o trituradores de desecho sólidos disponibles en el mercado se adaptan o pueden adaptarse para triturar el flujo inicial de desechos sólidos. Por ejemplo, Vecoplan, LLC de High Point, NC fabrica una serie de trituradoras de desechos sólidos que pueden incorporarse al sistema y usarse en los métodos descritos en la presente descripción.

Preferentemente, los desecho triturados del dispositivo triturador se muelen o trituran hasta un tamaño inferior a 45,72 cm (18 pulgadas), 40,64 cm (16 pulgadas), 30,48 cm (12 pulgadas), 25,4 cm (10 pulgadas) o 20,32 cm 8 pulgadas) y mayor de 5,08 cm (2 pulgadas), 10,16 cm (4 pulgadas), 15,24 cm (6 pulgadas), 20,32 cm (8 pulgadas), 25,4 cm (10 pulgadas), o un intervalo de cualquiera de los anteriores y tamaños de corte más bajos. La trituración de los MSW mezclados antes de la separación por tamaño y la separación por densidad aumentará la eficiencia de separación de los separadores por densidad.

3. Separación de tamaño

Los desechos triturados pueden transportarse a un separador de tamaño que fracciona los desechos mezclados por tamaño (etapa 108) para producir dos o más flujos de desechos de tamaño (por ejemplo, al menos una fracción superior y una fracción inferior).

El calibrado puede llevarse a cabo para producir flujos de desechos dimensionados con una distribución de tamaño de partícula deseada particular para facilitar la separación por densidad y producir flujos intermedios enriquecidos en materiales reciclables particulares. Los expertos en la técnica reconocerán que el flujo de desechos triturados puede analizarse para determinar los límites de tamaño en los que las fracciones del flujo separan diferentes tipos de materiales en diferentes flujos mientras concentran tipos similares de desechos en flujo algo concentradas. Además,

los flujos de desechos dimensionados pueden optimizarse para la separación por densidad mediante la creación de flujos de desechos dimensionados con una distribución estrecha de partículas.

5 En una modalidad, los flujos de desechos clasificados pueden tener una distribución de tamaño con una relación de partículas pequeñas a partículas grandes de menos de aproximadamente 10 (es decir, la relación entre el límite superior y el límite inferior tiene una relación menor que aproximadamente 10), con mayor preferencia, menos de aproximadamente 8, 6 o 4. Una fracción inferior de la separación de tamaño puede tener un límite de tamaño superior de menos de aproximadamente 15,24 cm (6 pulgadas), 12,7 cm (5 pulgadas), 10,16 cm (4 pulgadas), 7,62 cm (3 pulgadas) o 5,08 cm (dos pulgadas) y más de 1,27 cm (0,5 pulgadas), 2,54 cm (1 pulgada), 5,08 cm (2 pulgadas) o 7,62 cm (3 pulgadas), o un intervalo dentro de cualquiera de los valores superiores e inferiores anteriores para la parte superior de corte de tamaño. La fracción superior puede tener un tamaño de corte superior inferior a 40,64 cm (16 pulgadas), 30,48 cm (12 pulgadas), 25,4 cm (10 pulgadas), 20,32 cm (8 pulgadas) o 15,24 cm (seis pulgadas) y un tamaño de corte inferior mayor de 5,08 cm (2 pulgadas), 10,16 cm (4 pulgadas), 15,24 cm (6 pulgadas) o 20,32 cm (8 pulgadas) o un intervalo dentro de cualquiera de los límites superior e inferior anteriores.

Los ejemplos adecuados de un separador de tamaño que puede usarse en el presente método que incluye un separador de pantalla de disco con discos de caucho o acero, un separador de pantalla de dedo, un separador de pantalla de trommel, un separador de pantalla vibratorio, una pantalla de cascada, una pantalla oscilante, pantallas de discos de flores, y/u otros separadores de tamaño conocidos en la técnica.

Una pantalla de disco emplea una serie de ejes rodantes que tienen una serie de discos adjuntos con espacios entre los discos a través de los cuales pueden caer objetos. El balanceo de los ejes crea una acción similar a una onda que agita el material entrante a medida que se transporta hacia adelante. Esta agitación libera materiales más pequeños a través de las aberturas de la pantalla y se logra sin vibración ni cegamiento. El diseño de la criba del disco reduce en gran medida la posibilidad de atascos o agarrotamientos durante el funcionamiento. Cribas de trommel, vibratorias o de dedos, cribas de cascada, cribas oscilantes, cribas de discos de flores y/u otros separadores de tamaño conocidos en la técnica también logran el mismo tipo de objetivo de separación de tamaño, mientras que usan diseños de ingeniería algo diferentes. Los separadores de varios tamaños útiles en la invención están disponibles comercialmente a través de muchos fabricantes diferentes en todo el mundo. Por ejemplo, las cribas de discos, las cribas de trommel, las cribas vibratorias y las cribas de cascada están disponibles en Vecoplan, LLC de High Point, NC.

4. Separación de densidad para producir flujo intermedios

35 Uno o más de los flujos de desechos clasificados se separan por densidad para producir flujos de desechos intermedios que se enriquecen individualmente en uno o más materiales reciclables. Aunque no se requiere, la separación por densidad se realiza preferentemente en un aparato separado aguas abajo del separador por tamaño. La separación por densidad aguas abajo permite el uso de distintos separadores de densidad en fracciones de tamaño individual, lo que permite configurar los separadores de densidad individuales para materiales y flujos particulares. Las unidades separadoras de densidad pueden calibrarse para proporcionar separación entre materiales particulares en el flujo de desechos mixtos. La separación por densidad puede usarse para separar diferentes tipos de materiales, tales como orgánicos húmedos, orgánicos secos y materiales inorgánicos, de esta manera enriquece uno o más flujos intermedios particulares en uno o más tipos diferentes de materiales reciclables.

45 En los flujos mixtos de desechos urbanos, los desechos inorgánicos, los desechos orgánicos húmedos y los desechos orgánicos secos a menudo exhiben densidades dentro de intervalos particulares. Por ejemplo, los orgánicos secos tienden a tener una densidad superior a 16,02 kg/m³ (1,0 lbs/pie cúbico) y menos de aproximadamente 192,22 o 240,27 kg/m³ (12 o 15 libras/pie cúbico); los orgánicos húmedos tienden a tener una densidad superior a 128,15, 160,18 o 192,22 kg/m³ (8, 10 o 12 libras/pie cúbico) y menos de aproximadamente 961,11, 1281,48 o 1601,85 kg/m³ (60, 80 o 100 libras/pie cúbico); los materiales inorgánicos tienden a tener una densidad superior a 1281,48 o 1601,85 kg/m³ (80 o 100 libras/pie cúbico). Por lo tanto, al ajustar los separadores de densidad en consecuencia, las fracciones orgánicas húmedas, orgánicas secas e inorgánicas pueden separarse en función de la densidad. De manera similar, determinados tipos de materiales reciclables, tal como la madera y los textiles, a menudo estarán dentro de un cierto intervalo de densidad y pueden enriquecerse selectivamente en un flujo de desechos intermedio. Si bien las densidades anteriores son útiles para muchos flujos de desechos urbanos, los expertos en la técnica reconocerán que las enseñanzas proporcionadas en la presente descripción pueden usarse para analizar cualquier flujo de desechos sólidos mezclados con desechos y determinar los cortes de densidad que generarán flujos de desechos intermedios enriquecidos en materiales reciclables.

60 En algunas modalidades, puede usarse una serie de separadores de densidad para fraccionar aún más los flujos de desechos intermedios. En los separadores de densidad aguas abajo, el límite de densidad se selecciona para fraccionar las fracciones superior o inferior recibidos del separador de densidad aguas arriba. También puede llevarse a cabo una separación por tamaño adicional en flujo separados por densidad. La separación por tamaño y densidad se lleva a cabo hasta que el flujo intermedio esté lo suficientemente enriquecido y homogéneo en un material reciclable particular para permitir la extracción eficiente del material reciclable mediante el uso de equipos de clasificación mecanizados.

Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra un ejemplo de una unidad de separación por densidad que se adapta para separar desechos sólidos urbanos por densidad. La Figura 2 ilustra un separador de tambor de aire 200. El separador de tambor de aire 200 incluye un transportador de entrada 204, un soplador 206, un tambor giratorio 210, un transportador de salida 222, un transportador de fracciones pesadas 218 y un transportador de fracciones ligeras 226. Los desechos de densidad mixta 202 se alimentan en el transportador de entrada 204. A medida que se alimenta el material de desecho 202, cae por el extremo del transportador 202 donde los desechos 202 encuentran un flujo de aire en movimiento 208 del soplador 206.

La fracción pesada 216 se separa del material de desecho mixto 202 en virtud de que es demasiado pesada para levantarse por el flujo de aire 208. La fracción pesada cae así delante del tambor 210 y cae sobre el transportador de fracción pesada 218. Por el contrario, los desechos más livianos se levantan por el flujo de aire 208 y transportados sobre el tambor giratorio 210 y transportados por el flujo de aire 220 o por el transportador 222. La fracción ligera 224 cae del extremo del transportador 222 al transportador de fracción ligera 226. Estas máquinas son altamente ajustables para alterar el coeficiente de separación de densidad de peso, según se desee.

La densidad relativa de la fracción pesada 216 y las fracciones ligeras 224 puede ajustarse mediante el control del flujo de aire a través del separador de tambor de aire 200. La velocidad del flujo de aire y el volumen de aire que pasa a través del separador de tambor 200 pueden controlarse al aumentar o disminuir la velocidad del ventilador 206 o mediante la abertura o cierre de la válvula 212. En general, la abertura de la válvula 212 y/o el aumento de la velocidad del ventilador 206 transportarán objetos más pesados sobre el tambor 210 de manera que la fracción ligera tendrá una masa promedio superior. Igualmente, cerrar la válvula 212 o disminuir la velocidad del ventilador 206 hará que la fracción pesada 216 tenga una masa promedio más baja y la fracción liviana 224 tendrá una masa promedio más baja porque solo los objetos más livianos serán transportados sobre el tambor 210. Los separadores de densidad adecuados para usar en la presente invención incluyen, pero no se limitan a, separadores de aire disponibles de Westeria Fordertechnik GmbH, Ostbevern, Alemania. Si bien el ejemplo particular ilustrado en la Figura 2 puede preferirse en algunas modalidades, pueden usarse otros separadores, que incluye los separadores de densidad que no incluyen tambores (por ejemplo, separadores de gravedad/aire, separadores de aire, separadores de viento, cuchillas de aire, etc.).

Los separadores de densidad como los ilustrados en la Figura 2 funcionan mejor cuando la relación entre los objetos más grandes y los más pequeños que se introducen en el separador de densidad es relativamente estrecha. En consecuencia, es preferible que la relación entre los objetos más grandes y los más pequeños que se introducen en los separadores de densidad en los métodos y sistemas descritos en la presente descripción sea de 12 a 1, 10 a 1, 8 a 1, 6 a 1 o 4 a 1. Con la máxima preferencia, la relación de los objetos más grandes a los más pequeños que se alimentan a los separadores de densidad en los métodos y sistemas descritos en la presente descripción es de aproximadamente 6 a 1 (es decir, donde la relación del corte superior al corte de la parte inferior está en las relaciones anteriores). En una modalidad, los métodos y sistemas de la presente invención se diseñan para proporcionar materiales de desecho a los separadores de densidad con proporciones de tamaño de partículas dentro de estos intervalos aproximados.

5. Clasificación de materiales reciclables de flujos intermedios

Los métodos descritos en la presente descripción también incluyen la extracción de una pluralidad de materiales reciclables del flujo de desechos intermedio mediante el uso de uno o más aparatos de clasificación mecanizados. El aparato de clasificación mecanizado particular usado depende del material reciclable particular a extraer.

En una modalidad, el flujo de desechos intermedio puede enriquecerse en metal, incluido un metal ferroso y/o un metal no ferroso. Para extraer un metal no ferroso puede usarse un separador de corrientes parásitas. El separador de corrientes parásitas puede recuperar metales no ferrosos tales como aluminio, latón y cobre. Alternativamente, o además, los metales pueden incluir metal ferroso y uno o más dispositivos de separación magnética pueden colocarse aguas abajo del separador de densidad y configurarse para recolectar metal ferroso. Los ejemplos de separadores magnéticos incluyen imanes de tambor, imanes de correa cruzada, imanes de polea de cabeza y similares. Los clasificadores ópticos, clasificadores de acero inoxidable, clasificadores infrarrojos, máquinas clasificadoras de cámara, clasificadores de inducción, sistemas de detección de metales, clasificadores de rayos X y similares pueden usarse para separar diferentes tipos de metales entre sí, para producir un producto reciclable. Los productos de metal reciclable producidos en los métodos y sistemas descritos en este documento pueden seleccionarse del grupo que incluye productos reciclables no ferrosos tal como aluminio, latón y cobre y/u otros metales tal como hierro y/o acero inoxidable.

En una modalidad, el aparato de clasificación puede ser un clasificador dimensional tal como un aparato de clasificación 2D-3D. Los ejemplos de clasificadores 2D-3D incluyen separadores balísticos y/o pantallas configuradas para separar artículos bidimensionales de artículos tridimensionales. Puede usarse dos o más separadores balísticos y/o pantallas en serie o en paralelo. Los separadores dimensionales pueden usarse para recuperar uno o más materiales que se mezclan con otro material que tiene una densidad similar, pero que tiene propiedades dimensionales sustancialmente diferentes (aparte del tamaño). Por ejemplo, en una modalidad, el separador 2D-3D puede usarse para separar plásticos rígidos (que tienden a ser tridimensionales) de películas plásticas y/o papel, que generalmente

son bidimensionales. Los plásticos bidimensionales, incluidas las películas y los materiales rígidos, generalmente tienen un grosor inferior a 0,3175 cm (1/8 de pulgada). Así, los materiales bidimensionales se consideran bidimensionales porque su grosor es mucho menor que su largo y ancho (por ejemplo, 10 o 100 veces menos).
 5 Además o alternativamente, puede usarse un separador 2D-3D para separar la madera (que tiende a ser más tridimensional) de los textiles (que tiende a ser más bidimensional).

Otro aparato de clasificación mecanizado que puede usarse es un clasificador óptico. El clasificador óptico puede configurarse para separar películas plásticas del papel o separar diferentes tipos de plásticos entre sí. Por ejemplo,
 10 puede configurarse un clasificador óptico para recuperar HDPE y/o PETE de un flujo de desechos intermedio. También pueden configurarse uno o más clasificadores ópticos para recuperar plásticos # 1-7 y/o para eliminar y/o recuperar plásticos de PVC. Los clasificadores ópticos también pueden usarse para clasificar vidrio de una flujo intermedio enriquecido en pequeñas partículas inorgánicas. Existen muchos tipos de tecnologías de clasificación óptica, que incluyen, entre otras; Infrarrojo cercano (NIR), clasificadores de color de cámara, rayos X, etc.

Los clasificadores ópticos pueden escanear el flujo de desechos intermedio y determinar si el material que se analiza es un tipo particular de plástico, papel o vidrio. El clasificador óptico, al detectar un material en particular, utiliza aire dirigido a través de boquillas para expulsar el material específico/identificado para producir uno o más productos
 15 reciclados, tal como PETE reciclable, HDPE reciclable, película plástica reciclable, plástico reciclable # 3-7 y/o productos de papel reciclable.

Puede usarse cualquier clasificador óptico conocido en la técnica. Por ejemplo, en una modalidad, el clasificador óptico puede funcionar al escanear el flujo de desechos intermedio en caída libre mediante el uso de un sensor de cámara. El sensor de la cámara detecta el material y luego los chorros de aire pueden expulsar rápidamente el material mientras
 25 se encuentra en caída libre. También hay clasificadores ópticos que utilizan infrarrojo cercano, rayos X y otras tecnologías de escaneo para separar los materiales específicos de los flujos mixtos. Puede usarse cualquier número de clasificadores ópticos en serie o en paralelo. Los fabricantes de clasificadores ópticos incluyen TiTech Pellenc, MSS, NRT y otros.

El fraccionamiento mecánico y la clasificación de los sistemas y métodos descritos en la presente descripción son particularmente útiles para extraer materiales de desecho de alto valor tal como papel, plástico y metales no ferrosos. En los sistemas de la técnica anterior, estos artículos son particularmente difíciles (o prácticamente imposibles) de extraer y/o clasificar a partir de desecho sólidos mixtos. Los sistemas convencionales a menudo no pueden extraer una porción importante de papel, plástico y/o metales no ferrosos porque estos materiales no pueden extraerse
 35 mediante el uso de un imán. Se conoce bien el uso de imanes en los sistemas tradicionales de procesamiento de desecho mixtos. Los imanes son lo suficientemente económicos y pueden usarse en múltiples ubicaciones dentro de un sistema para que su uso sea económicamente viable incluso cuando el imán solo extrae un pequeño porcentaje del material ferroso. Sin embargo, recuperar incluso el metal ferroso de los desechos sólidos mixtos es extremadamente difícil e ineficiente debido a la multitud y variedad de materiales que se encuentran en los desechos
 40 sólidos mixtos. La condición típica de los desechos sólidos mixtos, a medida que se purgan de los vehículos de recolección y/o camiones de transferencia, es de manera que un simple dispositivo magnético probablemente obtendría un porcentaje muy pequeño, inferior al 20 %, del metal ferroso disponible contenido en los desecho sólidos mixtos. El flujo de desechos sólidos y cualquier metal recuperado de esa manera estarían altamente contaminados por otros materiales que se encuentran en los desechos sólidos mixtos que quedarían atrapados entre la superficie del imán y el objeto de metal ferroso que estaba adherido (por ejemplo, papel, plástico, etc.). Por el contrario, materiales tales como plásticos reciclables, papel y metales no ferrosos (por ejemplo, latón) a menudo no se extraen de los desecho mixtos porque el equipo de clasificación de estos materiales en particular no puede manejar los flujos de desechos configurados en estos sistemas. A pesar del hecho de que los metales no ferrosos y muchos plásticos reciclables clasificados típicamente tienen un valor de 5-15 veces mayor que los metales ferrosos, la industria normalmente solo utiliza medios mecánicos para extraer el metal ferroso. Además, la recuperación de estos materiales reciclables de mayor valor, tal como papel, plásticos y metales no ferrosos, se plaga de las mismas condiciones habituales de los desecho sólidos mixtos, en el sentido de que dichos materiales reciclables se mezclan tan completamente y se ocultan dentro de la gran variedad de otros artículos no reciclables que encontró el flujo de desechos mixtos (por ejemplo, orgánicos, materiales inertes, madera, textiles, finos, etc.). Adicionalmente, gran
 55 porción de los desecho sólidos mixtos, especialmente de las rutas de recolección domiciliaria y de viviendas multifamiliares, se depositan en bolsas plásticas y se desechan. La abertura manual de bolsas de basura que de alguna manera se recogerían de los desecho sólidos mixtos y la posterior clasificación y recuperación de cualquier material reciclable liberado tendría un costo prohibitivo en todos los países, excepto en los más subdesarrollados. Finalmente, los productos/materiales reciclables de mayor valor (por ejemplo, plástico PETE, plástico HDPE, plástico # 3-7, latas de aluminio, acero inoxidable, cobre, latón, metales no ferrosos mixtos) generalmente se encuentran compuestos por porcentajes muy pequeños de entre 0,1 % a 4 %, sobre una base de material individual, con relación al flujo general de desecho sólidos mixtos. Sin la mayoría o todos los componentes descritos en la presente descripción (por ejemplo, preparación, dosificación, homogeneización y clasificación), la extracción de estos materiales reciclables de alto valor de materiales con porcentajes disponibles tan bajos dentro del flujo de desechos mezclados es casi
 65 imposible de realizar con un método económicamente viable.

6. Medición para Controlar el Régimen de Flujo y la Profundidad de la Carga

Opcionalmente, los métodos también pueden incluir la medición de los flujos de desechos de tamaño y las flujo de desechos intermedias en todo el sistema para lograr un flujo másico y una profundidad de carga deseado. En una modalidad, el aparato triturador, el separador de tamaño, el separador de densidad y/o los clasificadores mecanizados se separan por uno o más transportadores que tienen controles de velocidad variable. El control de velocidad variable puede configurarse para optimizar el flujo másico a través del aparato de trituración, los separadores de tamaño, los separadores de densidad y/o los clasificadores mecanizados para optimizar la cantidad, la pureza y/o el valor de los materiales reciclables que se recuperan del sistema general mediante el aseguramiento de una presentación medida y uniformemente distribuida del material a los dispositivos individuales. Puede usarse uno o más sensores colocados aguas arriba, aguas abajo o dentro de uno o más de los componentes del sistema para monitorear la eficiencia de separación, la efectividad, la pureza de separación y/o la velocidad de recuperación de los materiales reciclables. Estos valores pueden usarse para optimizar o maximizar uno o más parámetros del sistema, tal como la cantidad recuperada, la pureza y/o el valor de los materiales reciclables recuperados. Los ejemplos de sensores que pueden usarse para controlar el régimen de flujo de desechos incluyen sensores de nivel tal como, entre otros, sensores ópticos y/o sensores ultrasónicos que miden la altura del material que se acumula en un transportador y/o aguas arriba de un dispositivo de medición y/o que miden el espacio abierto en una banda. Puede acelerarse o desacelerarse una banda, un dispositivo de medición u otro equipo mediante el uso de los datos del sensor para garantizar que se logre un régimen de flujo o la profundidad de carga deseada en una banda o en o a través de una pieza de equipo de procesamiento (por ejemplo, separadores de tamaños) y/o cualquier otra porción del sistema descrito en la presente descripción. Otros sensores incluyen interruptores mecánicos que se activan físicamente por el flujo de desechos que se acumula más allá de un nivel deseado (por ejemplo, la altura), que activa el interruptor mecánico para proporcionar una señal que luego puede usarse para regular el flujo o la profundidad de la carga. La velocidad de todos los equipos de medición, incluidos; pisos para caminar; transportadores; tambores dosificadores; amoladoras y trituradoras; separadores de tambor de aire; mamparas de todo tipo; alimentadores vibratorios; tolvas dosificadoras; niveladores de carga; y otros dispositivos de este tipo pueden controlarse y ajustarse a través de sistemas de control y otros dispositivos para dosificar adecuadamente el material a través de todas las porciones de la invención. En algunas modalidades, la dosificación puede ser crítica para obtener la alta recuperación y pureza deseadas de materiales reciclables a partir de desecho sólidos mixtos.

Los sistemas y métodos pueden incluir el uso de una pluralidad de sensores y la medición del flujo o carga de profundidad del material de desecho transportado a una pluralidad de aparatos de clasificación. Aunque no se requiere, es preferible que cada aparato de clasificación tenga un sensor asociado y que el sensor se use para controlar independientemente la medición de los dos o más aparatos de clasificación. Por ejemplo, puede colocarse un sensor de nivel o un sensor de flujo cerca de una entrada de cualquier combinación de clasificador tridimensional, clasificador óptico, separador de corrientes parásitas o similar.

7. Velocidad de Recuperación de Materiales Reciclables

La presente invención es particularmente ventajosa para recuperar la mayoría de uno o más tipos diferentes de materiales reciclables presentes en un flujo de desechos sólidos mixtos. Los métodos y sistemas son particularmente útiles cuando los materiales reciclables de alto valor están presentes en concentraciones muy bajas. Los sistemas y métodos permiten el procesamiento de flujos de desechos mixtos para, al hablar metafóricamente, "sacar la aguja del pajar." En una modalidad, el flujo de desechos mixtos puede incluir al menos un tipo de material recuperable en una concentración inferior al 15 %, inferior al 10 %, inferior al 5 % o incluso inferior al 1 %, donde el sistema o método se configura para recuperar al menos el 50 %, al menos el 70 %, al menos el 80 % o incluso al menos el 90 % del material recuperable particular.

Además, los métodos y sistemas como se describió en la presente descripción pueden recuperar al menos el 25 %, 50 %, 75 % o 90 % del metal reciclable en el flujo de desechos (por peso) como producto de metal reciclable con una pureza adecuada para la venta a un comerciante de metales reciclables.

El proceso puede recuperar al menos el 25 %, 50 %, 75 % o 90 % de los materiales plásticos reciclables en el flujo de desechos mixtos (por peso) para producir un producto plástico reciclable con la pureza adecuada para la venta a un comerciante de productos plásticos reciclables.

El proceso puede recuperar al menos el 25 %, 50 %, 75 % o 90 % de los productos de papel mixto reciclable en el flujo de desechos mixtos (en peso) para producir un producto de papel mixto reciclable que tenga una pureza adecuada para la venta a un comerciante de materiales reciclables de papel mixto.

El proceso puede recuperar al menos el 25 %, 50 %, 75 % o 90 % de los materiales orgánicos secos reciclables para producir uno o más (por ejemplo, 1, 2, 3, 4 o más) productos orgánicos secos reciclables. Los productos orgánicos secos pueden seleccionarse del grupo de papel mixto, plásticos tridimensionales, plásticos de película, textiles y madera.

La trituración, la separación por tamaño y/o la separación por densidad pueden usarse para producir flujos de reciclaje homogéneos que estén lo suficientemente libres de contaminación para reciclarse o usarse sin separación adicional

de otros tipos de componentes presentes en los desechos mixtos y/o que sean comercializables como un producto reciclable.

5 III. Sistemas de separación de desecho sólidos urbanos

La Figura 3 ilustra un sistema 300 que puede usarse para extraer materiales reciclables de un flujo de desechos mixtos. En la Figura 3, un desecho sólido mixto, tal como un desecho sólido urbano, se dosifica a un transportador de preclasificación 302. La dosificación puede llevarse a cabo mediante el uso de un tambor dosificador 304 y un transportador de alimentación 306 que recibe los desechos sólidos mixtos de un alimentador de búnker de piso móvil 308. Los desechos sólidos mixtos en el transportador 302 se transfieren a la trituradora 316. Los desechos mixtos en el transportador 302 pueden clasificarse manualmente. Por ejemplo, los trabajadores manuales pueden recoger grandes piezas de cartón que son fácilmente identificables y seleccionadas entre grandes volúmenes de desechos. También pueden recogerse manualmente otros materiales antes de la trituración, incluidos grandes trozos de madera tratada, desechos electrónicos (por ejemplo, eWaste) u otros elementos obviamente valiosos que pueden recogerse a mano de manera eficiente o extraer de cualquier otra manera convenientemente del transportador 302. El cartón recogido puede recogerse y almacenarse en el contenedor 310 o embalarse y enviarse a una fábrica de papel. Otros materiales reciclables tales como metales ferrosos y no ferrosos y/u otras fuentes de materiales reciclables pueden recolectarse y almacenarse en el contenedor 312 o en contenedores adicionales. Además, los desechos peligrosos pueden recolectarse y almacenarse en el contenedor 314 y subsecuentemente eliminarse de manera adecuada. Si bien no se requiere clasificación previa, la clasificación previa puede ser particularmente útil para evitar la contaminación por desechos peligrosos y el daño potencial a la trituradora por metales estructurales ferrosos pesados, concreto, piedras grandes y otros artículos.

25 El material del transportador 302 que no se recoge se envía a la amoladora o trituradora 316 que tritura o muele los desechos hasta obtener el corte superior deseado, como se describió anteriormente. El material triturado se mueve en un transportador 318 bajo un imán suspendido 320, que recoge el metal ferroso expuesto en el flujo de desechos y lo entrega al almacenamiento de metal ferroso 322. Debido a la profundidad de la carga, el imán 320 es preferentemente un imán de tambor suspendido aunque pueden usarse otros imanes solos o en combinación con un imán de tambor suspendido. Los imanes de tambor son ventajosos debido a la profundidad de la carga antes de la clasificación por tamaño y su capacidad para capturar metal ferroso en vuelo después de descargarlo del transportador 318, por lo que minimizan la mayor parte de la contaminación cruzada no metálica del metal ferroso extraído.

35 Los desechos triturados que pasan por debajo del imán 320 se envían a las cribas 324, que separan el flujo de desechos triturados por tamaño para producir una primera fracción superior y una primera fracción inferior. Las cribas 324 pueden incluir una pantalla o una pluralidad de cribas y tipos de cribas de tamaño similar y/o diferente para producir una o más fracciones inferiores y una o más fracciones superiores. La fracción superior puede enriquecerse en compuestos orgánicos secos y la fracción inferior puede enriquecerse en compuestos orgánicos húmedos.

40 La fracción inferior (es decir, los finos) de las cribas 324 se transporta en el transportador 326 a una segunda criba 328. La segunda criba 328 puede ser un trommel, criba de disco, criba oscilante, criba de cascada, criba vibratoria, criba de adherencia de rebote, criba de membrana flexible, etc. La segunda criba 328 es preferentemente una criba auto limpiante debido a la naturaleza pesada y húmeda del material de desecho que típicamente se procesa en la criba 328. La criba 328 puede eliminar una gran porción de arena muy fina del sistema sin obstruirlo. En una modalidad, 45 la segunda criba 328 puede tener un corte superior inferior a 2,54 cm (1 pulgada), 1,905 cm (3/4 de pulgada), 1,27 cm (1/2 pulgada) o 0,953 cm (3/8 de pulgada). La sub fracción (es decir, los finos) de la segunda criba 328 puede incluir materiales orgánicos húmedos y/o materiales inorgánicos pesados, que pueden procesarse mediante el uso de un separador de corrientes parásitas 330 para recuperar metales no ferrosos. El transportador 329 puede conmutarse para dirigir los finos desde la criba 328 al transportador 336 si la fracción inorgánica es dominante o al separador de corrientes parásitas 330 si la materia orgánica húmeda es dominante. Los compuestos orgánicos húmedos del separador de corrientes parásitas 330 pueden recolectarse y almacenarse en el contenedor 332 y los metales no ferrosos pueden recolectarse en el contenedor 333.

55 La fracción sobrante (es decir, gruesa) del criba fino 328 puede procesarse adicionalmente en el separador de densidad 334 para producir una fracción ligera que tiene un tamaño de partícula pequeño y una fracción inorgánica pesada. La fracción inorgánica pesada puede transportarse al transportador 336 y la fracción ligera puede cargarse opcionalmente en un separador de segunda densidad 338 para una separación adicional en una fracción orgánica seca ligera y una fracción orgánica húmeda pesada.

60 Con referencia ahora a la primera fracción sobrante (de la criba 324), la fracción sobrante se transporta en el transportador 340 al tercer separador de densidad 342. El separador de tercera densidad 342 puede configurarse para producir un flujo intermedio ligero y un flujo intermedio pesado. Por ejemplo, el separador de tercera densidad 342 puede configurarse para cortar en un intervalo de 3,629-6,804 kg (8-15 libras). El flujo intermedio ligero (es decir, 65 menos de 3,629-6,804 kg (8-15 libras)) puede enriquecerse en plásticos secos, papel, metales ferrosos ligeros (por ejemplo, latas y tapas de latas y otros elementos de metales ferrosos ligeros) y metales no ferrosos ligeros (por ejemplo, latas de aluminio y otros artículos no ferrosos ligeros), que se transfieren al transportador 344.

5 El flujo de desechos intermedios pesados del separador de tercera densidad 342 (es decir, más de 3,629-6,804 kg (8-15 libras)) puede enriquecerse en materiales inorgánicos pesados y orgánicos húmedos pesados, que se envían al separador de cuarta densidad 346 para una separación adicional. El separador de cuarta densidad 346 puede cortar en un intervalo de 27,22-54,44 kg (60-120 libras) para producir un flujo intermedio ligero, que se envía al separador de quinta densidad 364. El separador de cuarta densidad 346 también puede producir un flujo intermedio pesado (es decir, superior a 27,22-54,44 kg (60-120 lbs)) enriquecida en desechos inorgánicos pesados, que se envía al transportador 336. El flujo intermedio en el transportador 336 puede clasificarse mediante el uso de un tambor magnético suspendido para recoger el metal ferroso y el resto del flujo cargado en un alimentador vibratorio 350 que alimenta un separador de corrientes parásitas 352, que separa el metal no ferroso del residuo de desechos inorgánicos. Los metales no ferrosos pueden separarse aún más en infrarrojos u otro clasificador 381 para extraer cobre y/o latón de otros metales no ferrosos (es decir, para producir un producto no ferroso mixto almacenado en el contenedor 396 y un latón y/o producto de cobre almacenado en el contenedor 398). Los metales no ferrosos pueden embalarse y/o almacenarse a granel para su envío a las fábricas.

15 El resto del flujo de desechos que sale del separador de corrientes parásitas 352 se carga en el transportador 354 y se procesa más mediante el uso del clasificador de acero inoxidable 356 y el clasificador óptico de vidrio 358. El flujo intermedio puede clasificarse para extraer acero inoxidable mediante el uso del clasificador de acero inoxidable 356 y/o clasificar para extraer vidrio mediante el uso del clasificador óptico 358. La clasificación puede producir productos de acero inoxidable reciclables y productos de vidrio reciclables, que pueden almacenarse en los contenedores 362 y 360, respectivamente.

25 Con referencia nuevamente al separador de quinta densidad 364, el flujo ligero intermedio del separador 346 puede fraccionarse a una densidad de hasta 6,804 kg (15 lbs) para la madera y los textiles a 18,14 kg - 27,22 kg (40 lbs - 60 lbs) para los pesados orgánicos húmedos para producir una flujo de desechos intermedios ligeros enriquecidos en madera y textiles. La madera y los textiles pueden separarse en un clasificador 2D-3D, tal como un separador de criba de disco angular o balístico 366 para producir un producto de madera reciclable tridimensional y un producto textil reciclable bidimensional, que se pueden recolectar en los contenedores 368 y 320, respectivamente. El flujo pesado del separador 364 puede enriquecerse en materia orgánica húmeda pesada y puede enviarse al separador de corrientes parásitas 330 y/o unirse con los desechos de los separadores 328 y 338.

35 Con referencia nuevamente al transportador 344, el flujo de luz intermedio del separador de densidad 342 puede procesarse por el imán de suspensión 372 para producir un producto de metal ferroso reciclable recolectado en el contenedor 373. La porción de flujo intermedio que pasa por debajo del imán 372 y sobre el alimentador vibratorio 374 se carga en una serie de separadores corrientes parásitas 376 y 378, que procesan el flujo intermedio para recuperar metales no ferrosos. Los metales no ferrosos pueden recogerse en el transportador 377 y compactarse en pacas mediante el uso de la empacadora 379 y luego almacenarse para su envío.

40 Los orgánicos secos no recuperados en los separadores corrientes parásitas 376 y 378 proporcionan un flujo intermedio enriquecido en papel y plásticos. El flujo intermedio enriquecido en papel y plástico puede procesarse mediante el uso de un separador 2D-3D tal como el separador de criba balístico o de disco en ángulo 380. El separador de criba de disco angular o balístico 380 separa películas de plástico y/o papel (es decir, partículas 2D) de partículas tridimensionales tales como plásticos rígidos fracturados. El separador 2D-3D puede colocarse antes o después de los separadores corrientes parásitas 376 y 378.

45 Los materiales bidimensionales del separador de criba de disco angular o balístico 380 pueden entregarse al transportador 400 y el material tridimensional puede procesarse adicionalmente mediante el uso de clasificadores ópticos. El material tridimensional puede procesarse en un primer clasificador óptico 382 para producir un producto de plástico HDPE o un producto de plástico PETE o un producto de plástico #3-7 que se deposita en el transportador de control de calidad 383 y se deposita en el contenedor 384 o se empaca en la empacadora 385. El flujo intermedio luego puede procesarse en un segundo clasificador óptico 388 para producir un producto de plástico PETE o un producto de plástico HDPE o un producto de plástico #3-7 que se deposita en el transportador de control de calidad 389 y se deposita en el contenedor 386 o se empaca en la empacadora 387. Finalmente, el flujo de desechos intermedio puede procesarse en un tercer clasificador óptico 390 para producir un producto de plástico reciclable #1-7 o un producto de plástico HDPE o un producto de plástico PETE que se deposita en el transportador de control de calidad 391 y se deposita en el contenedor 392 o se empaca en una empacadora 397. El resto del flujo de desechos de los clasificadores ópticos 382, 388 y 390 puede ser un material residual no reciclable o un material reciclable clasificado incorrectamente (por ejemplo, PVC, piedras, espuma, fragmento de una lata de aluminio, etc.), que puede recolectarse en el transportador 393 y/o recolectados en el contenedor 395 o en el remolque de transferencia antes de desecharse en un vertedero o separarse en fracciones potencialmente reciclables de material inorgánico mixto y transformados en varios materiales de construcción que potencialmente pueden comercializarse o usarse en aplicaciones de construcción.

65 Con referencia ahora al material bidimensional recibido en el transportador 400 desde el separador 380 de criba de discos angulares o balísticos, el material bidimensional puede ser un flujo intermedio enriquecido en película plástica y papel mixto. Los materiales bidimensionales pueden cargarse en un contenedor de dosificación u otro tipo de dispositivo dosificador de almacenamiento y alimentación 402 y luego medirlas en una pluralidad (por ejemplo, 2-12)

clasificadores ópticos 404 que se configuran para separar películas plásticas del papel. Los clasificadores ópticos 404 producen un producto de película de plástico reciclable 406 y un producto de papel mixto reciclable 408, cualquiera de los cuales o ambos pueden empacarse y/o almacenarse para la venta o el envío.

5 Los orgánicos húmedos producidos en el sistema 300 (por ejemplo, los orgánicos húmedos en el contenedor 332) pueden procesarse más mediante el uso de uno o más digestores anaeróbicos para producir biogás que puede usarse como combustible y/o compost que puede usarse como enmienda del suelo o puede secarse para hacer un combustible orgánico para la combustión como sustituto del combustible de carbono. Una descripción de sistemas de
10 digestión microbiana adecuado que puede usarse para digerir el producto de desecho orgánico húmedo producido en el método actual que puede encontrarse en el documento Patente de Estados Unidos No. 7,615,155 titulado "Methods for removal of non-digestible matter from an upflow anaerobic digester," 7,452,467 titulado "Induced sludge bed anaerobic reactor", 7,290,669 titulado "Upflow bioreactor having a septum and an auger and drive assembly" y 6,911,149 titulado "Induced sludge bed anaerobic reactor", y en el documento Patente de Estados Unidos patente No. 2008/0169231 titulado "Upflow bioreactor with septum and pressure release mechanism".

15 Los orgánicos húmedos producidos en el sistema 300 (por ejemplo, orgánicos húmedos en el contenedor 332) pueden procesarse, compostarse, suministrarse o venderse a un procesador como una flujo de orgánicos húmedos mixtos altamente concentrados (por ejemplo, desechos de comida, desechos de jardín y desechos verdes).

20 Los productos de combustibles orgánicos secos pueden, por ejemplo, usarse solos o con otro combustible en lugar de carbón y otros combustibles en base a carbón en varios procesos industriales y de generación de energía. El combustible orgánico seco también puede usarse como combustible para producir gas de síntesis a través de una variedad de procesos de conversión térmica a alta temperatura (por ejemplo, gasificación, gasificación por arco de
25 plasma y pirolisis). El material orgánico seco también puede almacenarse en el sitio en un edificio de almacenamiento a granel con sistema automatizado de llenado y vaciado o silos de almacenamiento con dispositivos de descarga.

30 Los expertos en la técnica reconocerán que los productos reciclables producidos mediante el uso de los métodos descritos en la presente descripción se enriquecen altamente en un tipo particular de material reciclable, lo que hace que uno o más productos diferentes sean útiles como materia prima en un proceso de reciclaje. Sin embargo, los productos reciclables no suelen ser 100 % puros. Si bien la industria del reciclaje no puede usar desechos crudos sin procesar, la mayoría de los sistemas de reciclaje pueden funcionar correctamente con pequeñas cantidades de impurezas. Los sistemas y métodos de la invención se usan para producir productos reciclados que tienen una pureza adecuada para uso en la industria del reciclaje.

35 Si bien puede ser conveniente recuperar el valor de esencialmente todos los componentes de un flujo de desechos sólidos, la presente invención incluye modalidades en las que la totalidad o una porción de la fracción orgánica húmeda, la fracción orgánica seca o la fracción inorgánica no se separa completamente en un producto recuperado. Por ejemplo, en una modalidad, la totalidad o una porción de la fracción orgánica húmeda, la fracción orgánica seca o
40 la fracción inorgánica, ya sea que se mezclen, se separen adecuadamente o se separen de manera incorrecta, pueden simplemente depositarse en vertederos en dependencia de la pureza de la fracción particular y/o de las condiciones del mercado para reciclar la fracción particular (por ejemplo, la película puede depositarse en vertederos).

45 Si bien muchos de los métodos y sistemas descritos en la presente descripción incluyen la separación por densidad, los expertos en la técnica reconocerán que, en algunas modalidades, puede lograrse una separación suficiente sin separación por densidad, siempre que el flujo de desechos se triture y se separe por tamaño para producir flujo intermedios enriquecidos en al menos un material recuperable.

50 La presente invención puede llevarse a la práctica en otras formas específicas sin apartarse de sus características esenciales. Las modalidades descritas han de considerarse en todos los aspectos sólo como ilustrativas y no restrictivas. Por lo tanto, el alcance de la invención se indica por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para recuperar materiales reciclables del flujo de desechos sólidos mixtos, que comprende:
- proporcionar un flujo de desechos mixtos que comprenda al menos dos materiales reciclables seleccionados del grupo que consiste en papel, plástico y metales no ferrosos;
 fraccionar el flujo de desechos mixtos por tamaño para producir una pluralidad de flujo de desechos por tamaños;
 10 de flujos de desechos intermedios, que tiene un primer flujo de desechos intermedio enriquecido en un material plástico tridimensional y un material plástico bidimensional y/o papel, en donde el material plástico tridimensional incluye plásticos que tienen un grosor superior a aproximadamente 0,3175 cm (1/8 de pulgada) y el material plástico bidimensional incluye plásticos que tienen un grosor inferior a aproximadamente 0,3175 cm (1/8 de pulgada);
 15 clasificar individualmente la pluralidad de flujos de desechos intermedios mediante el uso de uno o más aparatos de clasificación para producir al menos dos materiales reciclables; y
 recuperar al menos uno de un producto de plástico tridimensional y un producto de plástico y/o papel bidimensional.
- 20 2. Un método como en la reivindicación 1, en donde el flujo de desechos mixtos incluye al menos un 20 % en peso o al menos un 35 % en peso de material seleccionado del grupo que consiste en materia orgánica húmeda, recortes de jardín, plantas, vegetación, ramas, desperdicios de comida, arena, finos de menos de 2,54 cm (1 pulgada), asfalto, hormigón, textiles y madera, caucho, película plástica, PVC, papel de aluminio, roca, vidrio y combinaciones de estos.
- 25 3. Un método como en la reivindicación 1, la clasificación incluye separar plástico tridimensional de plástico bidimensional mediante el uso de un aparato de clasificación 2D/3D para separar el plástico tridimensional del plástico bidimensional.
- 30 4. Un método como en la reivindicación 1, en donde el primer flujo de desechos intermedio incluye papel, que comprende además el método de separar plástico bidimensional del papel para obtener un producto de papel y un producto plástico bidimensional.
- 35 5. Un método como en la reivindicación 4, en donde el plástico bidimensional se separa del papel mediante el uso de uno o más clasificadores ópticos.
6. Un método como en la reivindicación 1, en donde un segundo flujo de desechos intermedios se enriquece en metales no ferrosos, la clasificación del segundo flujo de desechos intermedios incluye la separación de metales no ferrosos de otros materiales mediante el uso de un separador de corrientes parásitas y la recuperación de un producto no ferroso.
- 40 7. Un método como en la reivindicación 1, en donde el flujo de desechos mixtos incluye de 1,0 %-5 % en peso de metales seleccionados del grupo que consiste en metal ferroso, metal no ferroso, acero inoxidable y sus combinaciones.
- 45 8. Un método como en la reivindicación 1, en donde el flujo de desechos mixtos incluye entre un 15 %-60 % en peso de compuestos orgánicos secos seleccionados entre una mezcla de papel y plástico.
- 50 9. Un método como en la reivindicación 1, en donde el flujo de desechos mixtos es un desecho sólido urbano y el flujo de desechos mixtos se tritura antes de ser fraccionado por densidad, en donde la trituración produce un flujo de desechos triturados con un corte superior de menos de 40,64 cm (16 pulgadas).
- 55 10. Un método como en la reivindicación 1, en donde el flujo de desechos mixtos se fracciona por tamaño en al menos dos flujos de desechos de tamaño en donde al menos uno de los flujos de desechos de tamaño es una fracción superior al fraccionamiento de tamaño y tiene un d90 en un intervalo de 5,08 cm (2 pulgadas) a 30,48 cm (12 pulgadas).
- 60 11. Un método como en la reivindicación 1, en donde la clasificación individual de la pluralidad de flujos de desechos intermedios produce un producto de papel reciclable, un producto de plástico reciclable y un producto de metal reciclable, que incluye además el método de la recuperación del producto de papel reciclable, el producto de plástico reciclable, y el producto de metal reciclable.
- 65 12. Un método como en la reivindicación 11, la clasificación incluye separar plástico tridimensional de plástico bidimensional mediante el uso de un aparato de clasificación 2D/3D para separar el plástico tridimensional del plástico bidimensional.

- 5 13. Un método como en la reivindicación 12, en donde un segundo flujo de desechos intermedios se enriquece en metales no ferrosos, la clasificación del segundo flujo de desechos intermedios incluye la separación de metales no ferrosos de otros materiales mediante el uso de un separador de corrientes parásitas y la recuperación de un producto no ferroso.
- 10 14. Un método como en la reivindicación 11, en donde el flujo de desechos mixtos incluye 0,1 %-15 % en peso de metales seleccionados del grupo que consiste en metal ferroso, metal no ferroso, acero inoxidable y sus combinaciones.
15. Un método como en la reivindicación 11, en donde el flujo de desechos mixtos incluye entre un 5 %-60 % en peso de compuestos orgánicos secos seleccionados entre una mezcla de papel y plástico.

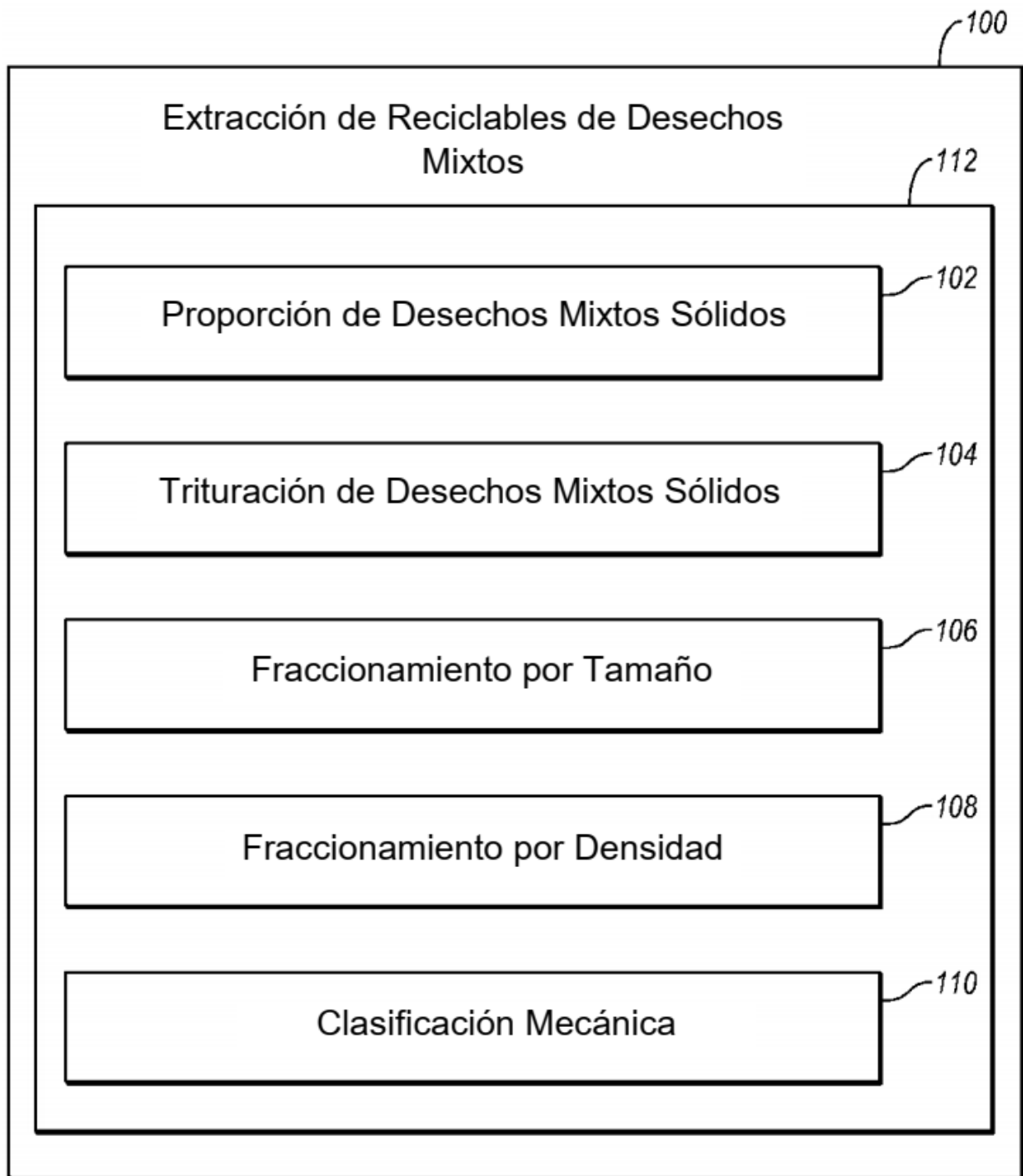


Figura 1

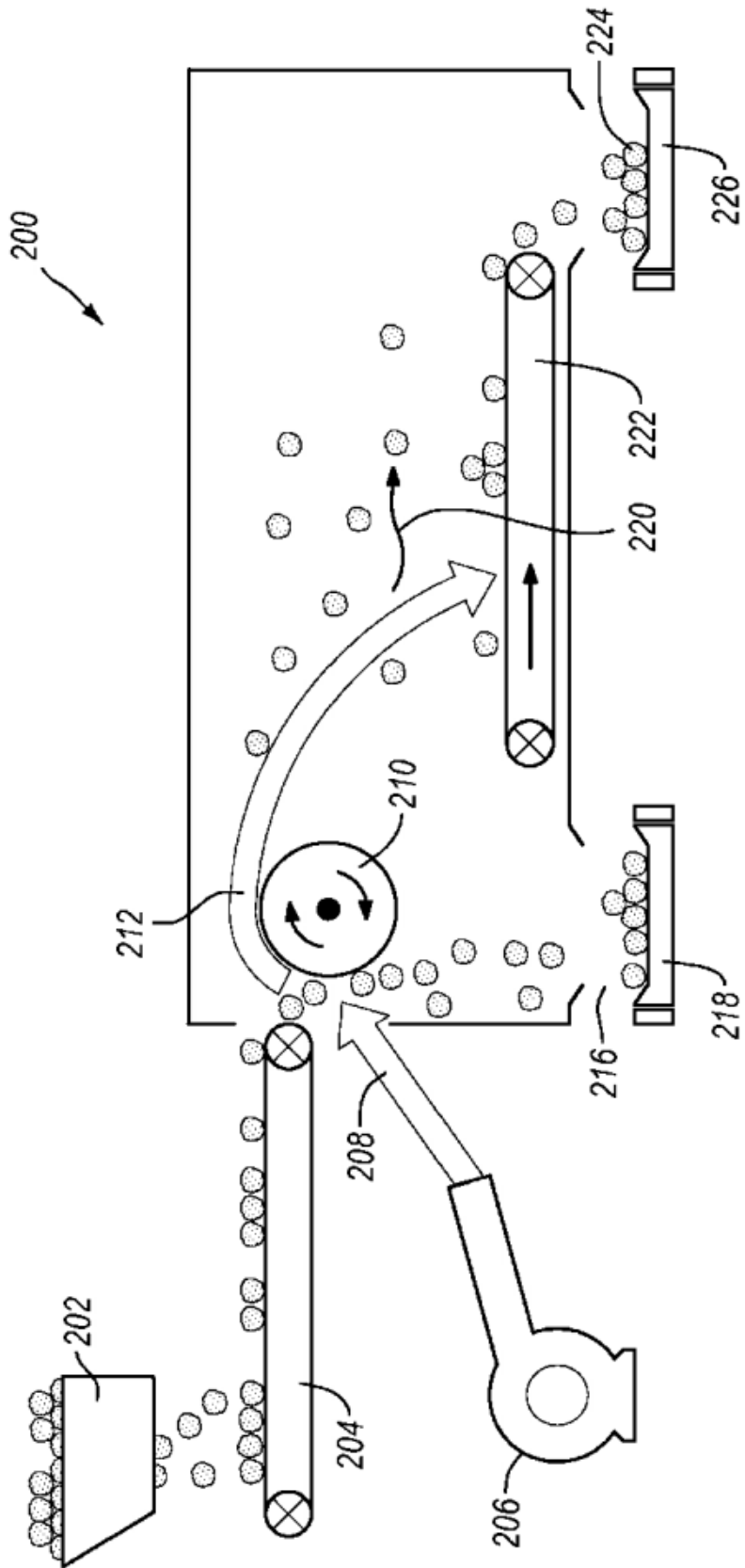


Figura 2

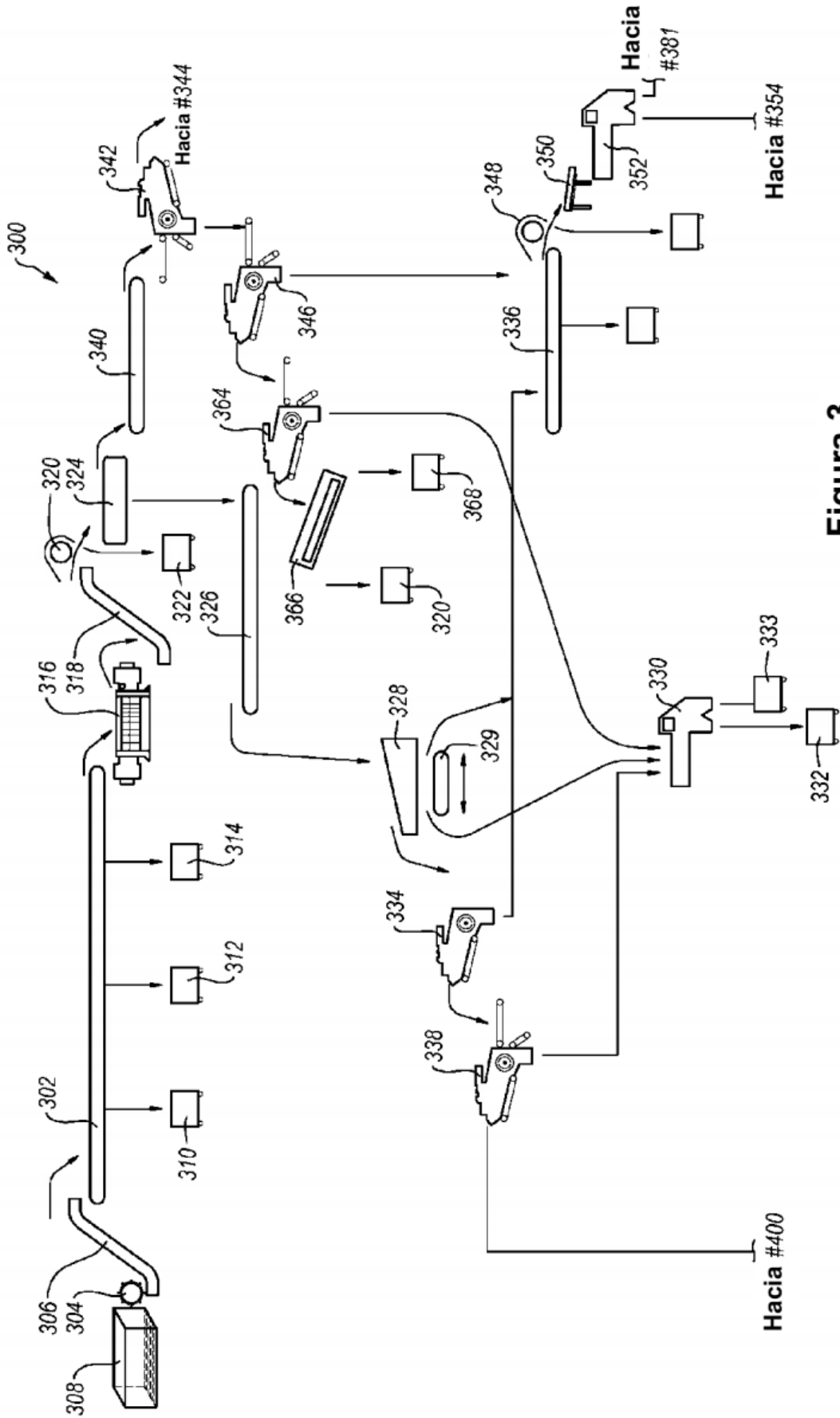


Figura 3

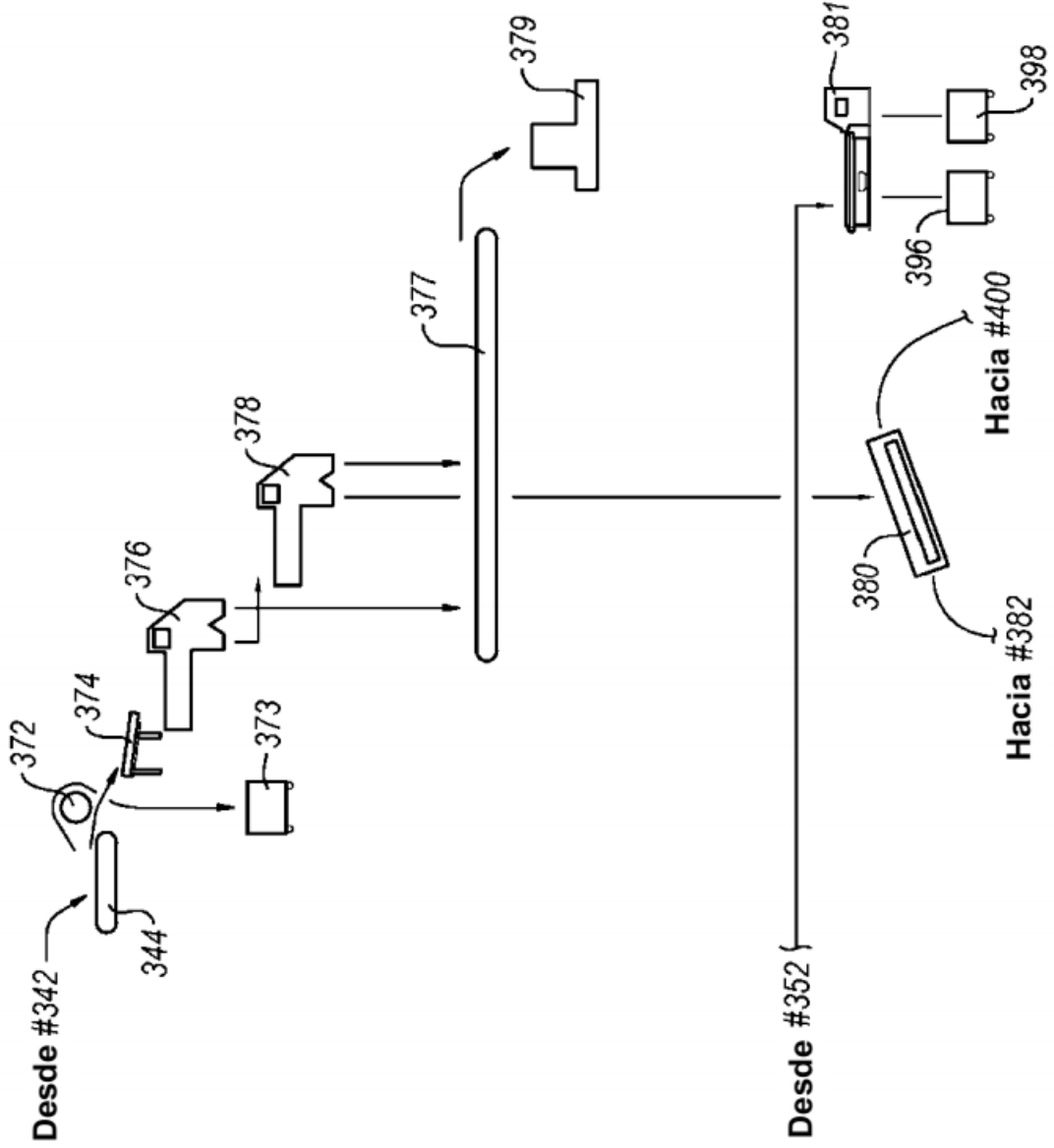


Figura 3
(Continuación)

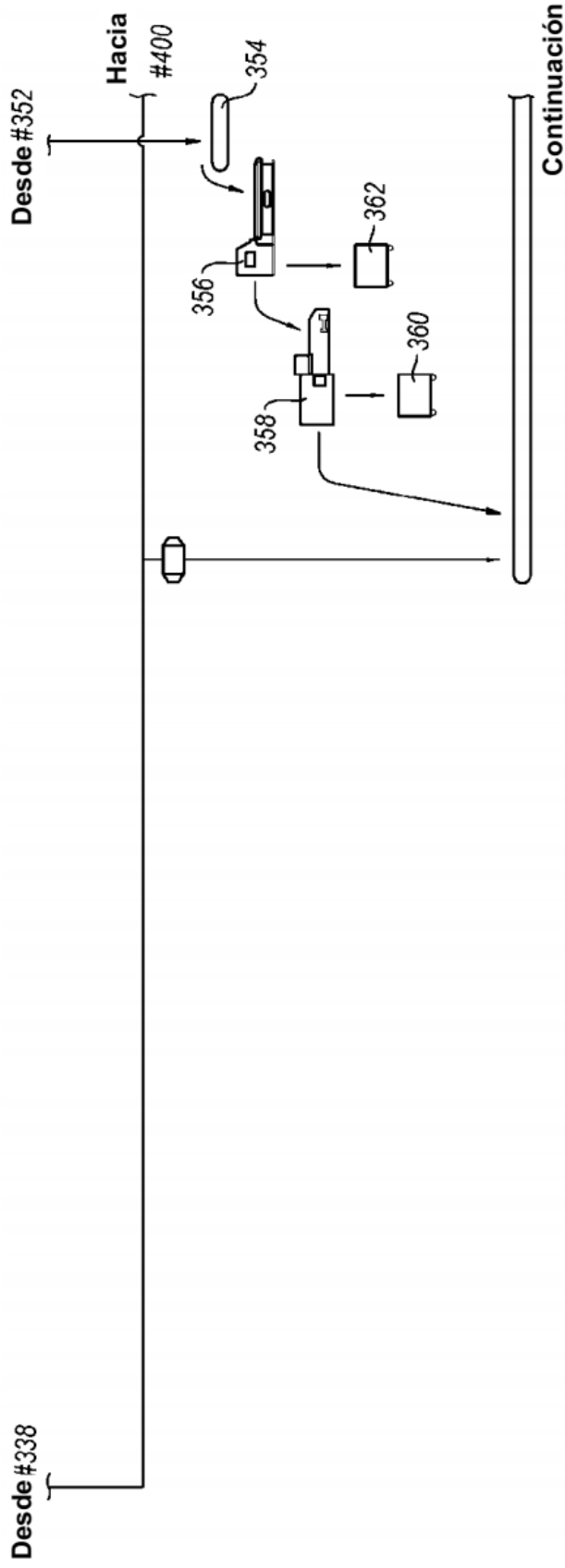


Figura 3
(Continuación)

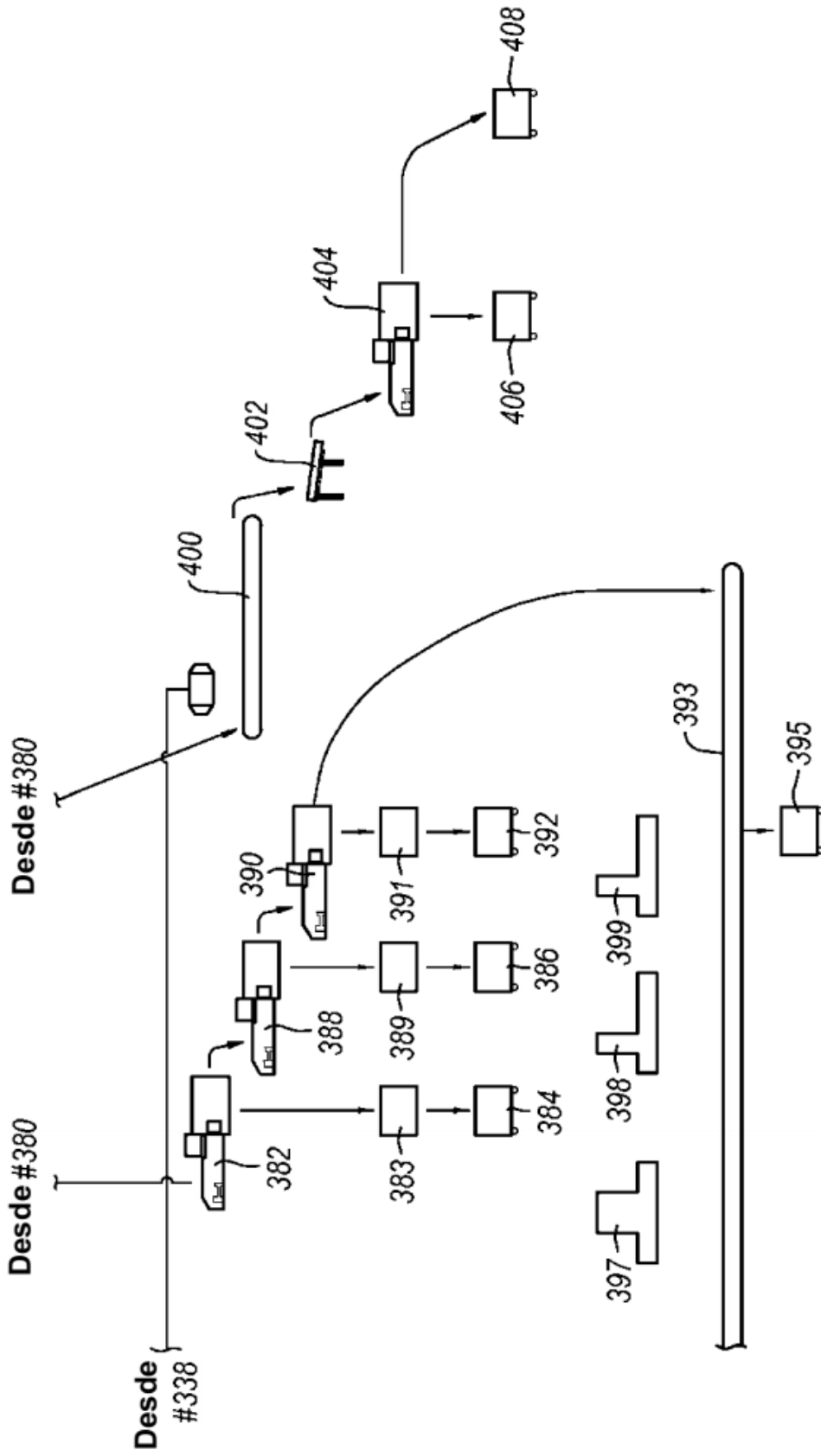


Figura 3
(Continuación)