

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 520**

51 Int. Cl.:
B09B 3/00 (2006.01)
B03B 9/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03009406 .4**
- 96 Fecha de presentación: **25.04.2003**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1386675**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.02.2004**

54 Título: **Planta y método para la estabilización de desechos fermentables**

30 Prioridad:
06.06.2002 IT BS20020055

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.06.2012

73 Titular/es:
ECODECO S.r.l.
Corso di Porta Vittoria 4
20122 Milano, IT

72 Inventor/es:
Calcaterra, Enrico;
Donati, Gianni y
Natta, Giuseppe

74 Agente/Representante:
Lazcano Gainza, Jesús

ES 2 383 520 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

Planta y método para la estabilización de desechos fermentables

5 **Campo de aplicación**

Esta invención se refiere a una planta y a un método para la estabilización de desechos fermentables, y especialmente a las fracciones orgánica y húmeda de los desechos sólidos.

10 En particular, esta invención se refiere a una planta y a un método del tipo que comprende fermentación aeróbica forzada de desechos en un entorno cerrado, seguida por el refinado del material seco y estabilizado.

Aspectos adicionales de la invención se refieren al sistema de control de planta y al producto obtenido por dicho método.

15 Algunas de las posibles aplicaciones de esta invención son la eliminación de desechos que contienen una fracción fermentable tal como residuos sólidos urbanos (RSU) obtenidos a partir del tratamiento de la fracción húmeda residual de RSU recogidos por separado y del secado y de la estabilización de biomásas.

20 **Técnica anterior**

Los desechos domésticos e industriales sólidos procedentes de la recogida no selectiva habitualmente se compactan y envían a vertederos públicos controlados con un fondo impermeable.

25 Habitualmente incluyen una fracción fácilmente fermentable que consiste en residuos orgánicos húmedos, una fracción inorgánica no combustible que consiste en vidrio, metales y residuos de demolición, y una fracción combustible que comprende material de embalaje y materiales hechos de plástico, madera, cartón y papel.

30 La creciente producción de desechos y la consecuente necesidad de espacio adicional para vertederos públicos controlados han llevado al desarrollo de métodos de eliminación alternativos al vertido controlado.

Una característica común a tales métodos alternativos es la recuperación y el reciclado de al menos una fracción de los desechos. Dicha fracción puede recuperarse y puede obtenerse energía a partir de la combustión de los desechos.

35 Los métodos conocidos de recuperación de energía implican la combustión de desechos troceados en cámaras de combustión de lecho fluido.

40 Algunos inconvenientes de dichos métodos conocidos son la considerable complejidad de la planta requerida para gestionar materiales tan diferentes, la necesidad de controlar y eliminar emisiones nocivas, la gran cantidad de ceniza derivada de la fracción inorgánica incombustible y la baja eficiencia térmica, parcialmente debida a la presencia de grandes masas de agua que deben evaporarse.

45 La energía neta obtenida por dichos procesos, definida como la diferencia entre la cantidad de energía obtenida y la cantidad de energía consumida para obtenerla, es bastante limitada.

Se conocen también métodos por los que la recuperación de energía se lleva a cabo con un combustible "no convencional" o RDF (combustible derivado de residuos, "*Refuse Derived Fuel*"), obtenido a partir de desechos al separar al menos parte de la fracción inorgánica y parte de la fracción altamente fermentable.

50 Un inconveniente de dichos métodos conocidos es la dificultad de separación, que generalmente produce fracciones contaminadas de poco valor o capacidad de uso. En particular, la fracción combustible contiene una proporción de material húmedo y fermentable, que lleva a una reducción en el poder calorífico neto y a la formación de sustancias hediondas con el desarrollo de bacterias y gérmenes patógenos.

55 Además, las biomásas que pueden utilizarse para generar energía pueden obtenerse ventajosamente de terreno agrícola "abandonado", que ya no se usa para el cultivo intensivo. Las biomásas también contienen una fracción húmeda, fermentable que, si se usa directamente, limita su poder calorífico inferior.

60 A continuación en el presente documento, el término "desechos" se utilizará para referirse a residuos sólidos urbanos (RSU) tales como los procedentes de la recogida no selectiva, desechos procedentes de la recogida separada, fracciones que contienen material fermentable separado de dichos desechos, biomásas procedentes de terrenos abandonados, y biomásas contenidas en basura o desechos procedentes de otros procesos agrícolas y/o industriales o de la purificación de efluente que contiene una fracción orgánica fermentable.

65 Para poder utilizarse eficazmente, los desechos deben cumplir varios requisitos mínimos; en particular se requieren

un contenido en agua por debajo del 20% y un poder calorífico inferior predefinido.

Los métodos conocidos para la preparación de desechos utilizan el calor generado por fermentación aeróbica de la fracción fermentable de los desechos para reducir la cantidad de agua presente.

5 El documento EP-A-706839, presentada por el mismo solicitante, describe un método para recuperar energía a partir de desechos sólidos al preparar combustible no convencional que incluye las etapas de triturar de manera gruesa los desechos, acumular los desechos sobre un lecho poroso en una cámara de fermentación, fermentar de manera forzada a una temperatura de hasta 65-70°C hasta el secado de los desechos, llevado a cabo al pasar aire aspirado a través de los desechos, eliminar los olores de la salida de aire con biofiltros, refinar por tamizado, retirar metales, y moler la fracción restante para producir un diámetro máximo final por debajo de un centímetro.

10 Los desechos se sitúan en la cámara de fermentación en capas, que pueden ser muy gruesas, y un caudal elevado de aire pasa a través de dichas capas. Tras un periodo de inducción, el oxígeno contenido en el aire provoca la fermentación aeróbica forzada, con producción de calor y dióxido de carbono.

15 El documento FR-2812570 se refiere a la fermentación anaeróbica de desechos domésticos e industriales para producir metano. El control de temperatura y humedad se realiza añadiendo agua a los desechos.

20 La patente italiana IT 1283805 da a conocer un método para recuperar energía a partir de desechos sólidos que incluye una etapa de triturado inicial para homogenizar los desechos y limitar la formación de bolsas locales de fermentación anaeróbica, y una etapa de fermentación forzada de los desechos hasta sequedad. El flujo de aire retira el agua, y la fermentación se detiene cuando el agua restante es insuficiente para soportarla. No se añade agua durante el proceso. Los desechos fermentados secos se muelen hasta un tamaño de 3 cm, y se retiran los áridos, metales, vidrio y material de demolición. El residuo obtenido se envía directamente a la combustión o se carga en contenedores para transporte por carretera.

25 La patente italiana IT 1297234 describe un método para refinar un combustible derivado de residuos (RDF) que comprende etapas de cribado para extraer áridos finos, extracción de metales con imanes y corrientes inducidas, molienda en un molino de martillo rápido, y prensado del material triturado en grandes contenedores, preferiblemente semitráilers, que tienen una base móvil y un husillo de extracción para transportarlo al punto de uso.

30 El material fermentado obtenido, que está listo para la combustión, no sólo debe estar seco, sino también estabilizado e higienizado.

35 Los desechos se definen como secos cuando el contenido en agua está por debajo del 20%. En estas condiciones la fermentación cesa, pero sólo está inhibida, y se reanuda rápidamente si el contenido en agua aumenta.

40 Los desechos fermentados se definen como estabilizados cuando la fracción fácilmente fermentable se ha consumido por entero. En presencia de humedad, incluyendo la humedad añadida, los desechos ya no se fermentan, y no se producen sustancias hediondas.

45 Se dice que los desechos fermentados están higienizados cuando los gérmenes patógenos se han destruido al someterse a una temperatura que supera los 60°C durante al menos 20 horas.

50 El principal inconveniente de los métodos descritos anteriormente es la compleja gestión de la planta, principalmente debido a la heterogeneidad de los desechos y a las variaciones naturales en su tipo y composición en el tiempo. La gestión de la planta que no tiene en cuenta dichas variaciones lleva a una disminución considerable de la producción o una fermentación incompleta, y los desechos formados sólo se secan, pero no se estabilizan ni higienizan, y todavía contienen una fracción fermentable, cuya fermentación se reanuda espontáneamente en el caso de humidificación deliberada o accidental, llevando a la emisión de sustancias hediondas.

55 La parte superior de la capa, a través de cual pasa todo el aire, se seca rápidamente, mientras que la parte inferior, a través de la que pasa continuamente aire húmedo, está completamente fermentada, pero permanece húmeda o sólo parcialmente secada. El alto nivel de humedad también provoca la fermentación parcial de los constituyentes que se pudren con menos facilidad, llevando a una pérdida de material combustible y una reducción consecuente en la recuperación de energía.

60 Un inconveniente adicional de dichos métodos conocidos es la variación en el tiempo de inducción, normalmente debido a la diferencia en temperatura y humedad de los desechos tal como se entregan y la entrada de aire entre la estación templada húmeda y la estación fría, normalmente seca.

65 Otro inconveniente se debe al hecho de que el material fermentable puede estar presente en concentraciones muy altas. Esto provoca una considerable producción de calor por unidad de volumen, que lleva a un excesivo aumento de temperatura.

Los inconvenientes a los que se ha hecho referencia anteriormente producen disminuciones significativas en la capacidad de producción y capacidad de alojar material de recogida, y fermentación extremadamente isotérmica.

Descripción de la invención

5 El objetivo principal de la invención es eliminar dichos inconvenientes al proporcionar una planta y un método optimizados para la producción de RDF seco estabilizado con un alto poder calorífico neto.

10 Un objetivo particular es proporcionar una planta y un método para la producción de RDF que tenga en cuenta las variaciones en la composición y reactividad de los desechos que van a estabilizarse.

Otro objetivo es proporcionar una planta y un método totalmente automatizados para la producción de RDF que sea simple y barato de ejecutar.

15 Un objetivo particular es proporcionar un método para la producción de RDF higienizado, con un recuento de bacterias bajo y sin gérmenes patógenos.

20 Un objetivo adicional es proporcionar un método para la producción de un combustible RDF estabilizado que sea prácticamente inodoro y no fermentable, incluso en presencia de humedad externa.

Estos y otros objetivos que se describirán más particularmente a continuación en el presente documento, se logran mediante una planta para la estabilización biológica de desechos que contienen fracciones putrescibles, especialmente desechos sólidos según la reivindicación 1, por fermentación forzada.

25 La planta comprende una cámara de fermentación sustancialmente cerrada con dimensiones predeterminadas, una superficie de soporte dividida en sectores que está instalada en dicha cámara para la deposición estratificada de desechos, y que contiene aberturas distribuidas uniformemente en dichos sectores para el paso de aire, medios para la trituración gruesa de los desechos, medios para la deposición de los desechos triturados sobre dicha superficie de soporte en cada sector y para la transferencia de desechos entre los diversos sectores y entre las diversas zonas de la planta, medios para aspirar aire desde arriba y transportar dicho aire a través de las aberturas en dicha superficie de soporte de modo que pasa a través de los desechos estratificados sobre dicha superficie y promueve su fermentación forzada, y medios para regular el flujo de aire aspirado en cada sector, estando dicha planta caracterizada porque incluye primeros medios de sensor para detectar la temperatura del aire aspirado aguas arriba y aguas abajo de los desechos estratificados en cada sector, segundos medios de sensor para detectar la humedad del aire aspirado aguas arriba y aguas abajo de los desechos estratificados en cada sector, terceros medios de sensor para detectar el caudal de aire aguas abajo de los desechos en cada sector, una unidad de control computarizado diseñada para procesar las señales procedentes de dichos primeros, segundos y terceros medios de sensor y dichos medios de regulación del flujo de aire en cada sector, estando equipada dicha unidad de control computarizado con un programa adecuado para activar dichos medios de regulación de flujo de aire automáticamente con el fin de controlar la temperatura de fermentación en cada sector en consecuencia, de modo que se acelere la fermentación de los desechos basándose en su composición, naturaleza y grado de fermentación.

Un aspecto adicional de la invención implica un método para construir la planta según la reivindicación 10.

45 Este método y esta planta producen un combustible RDF higienizado seco con una recuperación de energía neta suficiente para recuperar la inversión.

Breve descripción de los dibujos

50 Características y ventajas adicionales de la invención se aclararán mediante la descripción detallada más adelante de una planta y un método para la estabilización de desechos biológicos mediante fermentación forzada, proporcionándose dicha descripción a modo de ejemplo pero sin limitación, con la ayuda de los dibujos adjuntos en los que:

55 la figura 1 es un diagrama de la planta de estabilización de desechos que forma el objeto de esta invención;

la figura 2 es un diagrama de bloques del método aplicado a la planta mostrada en la figura 1;

60 la figura 3 es un diagrama de bloques funcional del control de proceso de la planta mostrada en la figura 1;

la figura 4 es una representación esquemática de una unidad de volumen de material en fermentación a la que se aplican balances de masa y energía;

65 la figura 5 es un diagrama funcional del sistema de control de fermentación;

la figura 6 muestra la variación en el contenido en humedad de los desechos en el tiempo.

Descripción detallada de un ejemplo de una realización preferida

5 Una planta diseñada para la fermentación y estabilización de desechos W está indicada de manera global como n.º 1 en las figuras anexas.

10 La planta 1 comprende una edificación 2 cerrada individual con un diseño sustancialmente rectangular, una zona 3 que constituye la cámara de fermentación en la que tiene lugar la fermentación forzada, una zona 4 de alimentación en la que se recogen los desechos W descargados desde el camión de la basura, un triturador 5 situado a un nivel más elevado que la superficie de soporte de desechos, y una zona 6 para recoger por gravedad los desechos triturados.

15 La planta incluye medios de manipulación constituidos por grúas 7, 7' corredizas aéreas que se desplazan sobre carriles 8, pueden moverse con toda libertad, y cubren toda la zona de la edificación 2, mandíbulas 9, 9' de dientes largos asociadas con las grúas corredizas aéreas, y una tolva 10 para cargar la cinta 11 transportadora que transporta los desechos estabilizados al sistema 12, que carga los semitráilers.

20 Los ventiladores 13, 13', 13'',... para aspirar el aire de fermentación están conectados a través de colectores 14 a biofiltros 15, que purifican el aire aspirado.

Según otra forma de realización, la cinta 11 alimenta una sección de refinado, no mostrada en la figura, diseñada según la técnica anterior, que podría construirse fácilmente por un experto en la técnica.

25 Dicha sección puede incluir una primera y posiblemente una segunda etapa de molienda, extracción de la fracción de metal con imanes y corrientes inducidas, y separación de la fracción de inerte no combustible por tamizado.

30 La zona 4 de alimentación, que tiene una capacidad total suficiente para contener al menos la cantidad máxima de desechos utilizados en un día de trabajo, consiste en uno o más sectores, cada uno delimitado por paredes de hormigón armado, y está dotada de escotillas de carga que se comunican con las aberturas exteriores y de aspiración en la base.

35 El espacio 6, que sirve para recoger por gravedad desechos triturados y almacenarlos temporalmente, tendrá preferiblemente una capacidad suficiente para todo un día de trabajo. Con este fin, se delimitará mediante paredes laterales hechas de hormigón armado y se conectará a ventiladores de succión. Los railes que permiten al triturador 5, colocado sobre un puente móvil, abastecer a todos los puntos de la zona 6 de almacenamiento temporal, pueden instalarse en las paredes laterales.

40 La zona 3 de fermentación preferiblemente ocupa más del 80% de la zona de toda la edificación 2. La superficie 16 de soporte de desechos contiene aberturas, no mostradas en los dibujos, para el paso del aire necesario para la fermentación. El espacio por debajo de dicha superficie de soporte está conectado a ventiladores 13 de succión a través de tuberías de plástico y/o acero inoxidable.

45 Las paredes de partición de la estructura pueden estar hechas de paneles de hormigón armado de soporte de carga que soportan el empuje provocado por los desechos colocados en ella. El techo, hecho de paneles prefabricados y colada de finalización compuesta, es plano, y tiene una capacidad suficiente para alojar ventiladores 13 de succión, el colector 14 y biofiltros 15 desodorizantes.

50 Los medios 5 de trituración gruesa podrían estar constituidos por una máquina de corte electrohidráulico, por ejemplo con un árbol doble y rotación lenta (aproximadamente 60 rpm), dotado de dos árboles contrarrotantes con cuchillas de corte. El principio de acción es rasgar y cortar. Este tipo de triturador combina la alta productividad de los molinos de martillo rápidos con el tamaño uniforme del material triturado producido por los molinos de cuchillas con varios árboles lentos; además, al contrario que los molinos de martillo, que a menudo están sometidos a explosión tras la introducción de material no adecuado tal como cilindros de gas combustible, la rotación lenta garantiza una alta seguridad en presencia de tales materiales.

55 Se obtienen así desechos con un tamaño por debajo de 500 mm, sin bolsas cerradas en las que podría activarse la fermentación anaeróbica y la producción de metano.

60 Los desechos se manipulan mediante grúas 7, 7' corredizas aéreas, que están equipadas con mandíbulas 8, 8' electrohidráulicas que pueden cubrir toda la zona de la edificación 2, incluyendo la zona 3 de fermentación, la zona 4 de alimentación y la zona 6 de recogida.

65 Para limitar el mantenimiento y mejorar el agarre de la mandíbula, las mordazas están formadas por dientes largos estrechos.

Según esta invención, la superficie 16 de soporte está constituida por un suelo elevado hecho de paneles de

hormigón armado prefabricados que contienen aberturas distribuidas uniformemente, no mostradas en los dibujos adjuntos, descansando dichos paneles en paredes 17, 17', 17'',... de cimentación continuas.

5 Las paredes 17, 17', 17'',... de cimentación son preferiblemente paralelas entre sí y están dispuestas transversalmente al eje longitudinal de la edificación 2. Por consiguiente pueden definir una pluralidad de células 18, 18', 18'',... de succión que son sustancialmente paralelas entre sí, y corresponden a sectores S, S', S'',... de la superficie 16 de soporte anterior.

10 Cada una de las células 18, 18', 18'',... de succión y el correspondiente sector S, S', S'',... de la superficie 16 de soporte pueden conectarse a través de tuberías que discurren a lo largo de las paredes de la edificación hasta un ventilador 13 de succión en el techo.

15 Según la invención, la fermentación de la capa de desechos encima de cada sector S de la superficie 16 de soporte, que a su vez corresponde a una célula 18 de succión, se activa de manera sustancialmente independiente de la fermentación de la capa de desechos adyacente a la misma.

Los sectores S, S', S'',... individuales en la zona 3 de fermentación preferiblemente no están delimitados por paredes u otras estructuras de cerramiento o separación.

20 Ventajosamente, los motores eléctricos de los ventiladores 13 se controlarán mediante inversores, no ilustrados en los dibujos, que pueden hacer variar el número de revoluciones hasta la velocidad más alta posible.

25 El flujo de aire succionado a través de la capa de desechos W y del suelo 16 perforado puede recogerse y mezclarse en un colector 14. Dicho colector mezcla los flujos procedentes de las células de succión, correspondientes a sectores de la superficie de soporte, con desechos W en diferentes etapas de fermentación, y equilibra las concentraciones de contaminantes y humedad de modo que la composición del aire alimentado a los biofiltros 15 es constante.

30 La gestión de los biofiltros se optimiza de este modo. La absorción, retirada y destrucción de sustancias orgánicas hediondas en el aire procedente de la fermentación es sustancialmente completa, y la planta 1 no libera emisiones tóxicas o desagradables al exterior.

35 Para impedir la dispersión sustancias hediondas, los suelos 19 y 20 de las zonas 4 de recepción de desechos y alimentación de planta y la zona 6 de almacenamiento intermedio de desechos triturados, que no están implicados en el proceso de fermentación, pueden construirse de la misma manera que la superficie 16 de soporte en la cámara 3, y pueden conectarse al colector y mezclador 14 de succión.

40 Puede instalarse una unidad 21 de control computarizado, que comprende al menos un ordenador 22 de proceso para el control y la gestión de la fermentación y al menos un ordenador 23 de proceso para el control y la gestión de la manipulación, para controlar y gestionar la planta.

45 También es posible instalar un sistema 24 de control de microprocesador asociado con el triturador 5, sistemas 25 de control de microprocesador asociados con cada grúa 7, 7' corrediza aérea, detectores 26 del estado abierto/cerrado de las escotillas de carga de desechos nuevos y las aberturas para trabajo de emergencia y mantenimiento, y detectores 27 del estado lleno/vacío de las tolvas de carga de triturador 5 y la cinta 11.

Dichos sistemas pueden conectarse a la unidad 21 de control computarizado a través de una red tal como la de tipo EthernetTM o un enlace de radiofrecuencia para la transmisión y la recepción de datos en tiempo real.

50 También podría instalarse un sistema 28 de control de microprocesador, asociado con cada placa de alimentación y control de ventiladores 13 de succión y conectado a la unidad 21 de control computarizado a través de la red de transmisión y recepción de datos en tiempo real.

55 En términos operativos, por motivos de seguridad y fiabilidad, puede haber cualquier número de ordenadores 22 y 23 de proceso, siempre que sean sustancialmente equivalentes entre sí y cada uno puede controlar por sí solo tanto la fermentación como la manipulación.

60 Los medios de comunicación y/o dispositivos de aviso acústico y/o dispositivos de aviso óptico no mostrados en las figuras anexas pueden conectarse a los ordenadores 22 y 23 de proceso para permitir que los operadores interactúen.

65 Sondas 29 de detección de temperatura, elementos 30 de sensor que detectan la humedad y manómetros 31 diferenciales para calcular la pérdida de carga hidrostática a través del lecho de desechos y del flujo de aire, todos conectados a través de una red a la unidad 21 de control y gestión computarizados, pueden estar previstos en el lado de distribución de cada ventilador 13, que está abastecido por y conectado a una célula 18 de succión.

ES 2 383 520 T3

- Según una realización de la planta según la invención, los elementos 32 de sensor diseñados para detectar la concentración de dióxido de carbono, y los elementos 33 de sensor diseñados para detectar la concentración de oxígeno, pueden estar previstos en el lado de distribución de cada ventilador 13 y conectarse a una unidad 21 de control computarizado.
- 5 Los elementos 34 y 35 de sensor, conectados al ordenador 22 de control y gestión y diseñados para detectar la temperatura y humedad respectivamente, pueden colocarse en la parte superior de la zona 3 no ocupada por los desechos.
- 10 El caudal también puede medirse de manera indirecta, registrando simplemente la absorción del motor eléctrico de cada ventilador 13 al mismo número de revoluciones.
- Los desechos se descargan en tanques 4 de salida, del que se toman mediante una grúa 7 corrediza aérea y se depositan en la tolva de triturador 5.
- 15 El objetivo de esta operación es reducir el tamaño de fragmentos que superan los 500 mm y provocar la rotura de las bolsas o contenedores, para eliminar todas las bolsas de fermentación anaeróbica. Los desechos triturados W se almacenan temporalmente en un tanque 6 de almacenamiento temporal, entonces se toman por la grúa 7 corrediza aérea y se depositan en la cámara 3 de fermentación según el criterio de deposición progresiva en bandas, de modo que los desechos acumulados están siempre en contacto con los del día anterior.
- 20 Ventajosamente, cada banda corresponde a un sector S de la superficie de soporte y a una célula 18 de succión correspondiente. El ordenador 22 de proceso almacena las coordenadas temporales (fecha y hora) y coordenadas espaciales de cada deposición, detectándose el último por la posición de la mandíbula con respecto a las paredes perimetrales y al larguero de la grúa 7 corrediza aérea.
- 25 Este método permite gestionar los desechos depositados de manera sencilla y eficiente, y al mismo tiempo indica muy eficazmente el tiempo que el material pasa en el tanque basándose en su posición.
- 30 Cuando se ha completado toda una banda o sector S que corresponde a una célula 18 de succión, se activa el ventilador 13 conectado al mismo, y se acciona el flujo de aire hacia abajo necesario para el proceso biológico.
- Los procesos biológicos exotérmicos que descomponen los desechos orgánicos fermentables se mejoran mediante aireación forzada. La exotermia del proceso contribuye a la evaporación del agua presente en los desechos.
- 35 El proceso termina de manera natural cuando el contenido en agua de la parte fermentable cae por debajo del umbral del 12% en peso, en el que tiene lugar el estancamiento biológico.
- El aire aspirado por los ventiladores 13 pasa a través de la masa de desechos y se transporta a los biofiltros 15 instalados en el techo.
- 40 Los biofiltros son conocidos, y podrían diseñarse, construirse y gestionarse fácilmente por un experto en la técnica.
- Según una variación del método al que se refiere esta invención, durante la fermentación los desechos se toman y se recolocan en otro sector o banda para formar una nueva capa de desechos cuya posición es la inversa de la capa de la que se tomó. Así los desechos previamente en la posición inferior, que es mucho más húmeda, se sitúan en la posición superior, y los desechos previamente en la posición superior, que es más seca pero no está completamente fermentada, se sitúan en la posición inferior. De este modo, los desechos secos pero inestables se rehumedecen por el aire y la fermentación se reanuda y continúa hasta que la fracción fermentable se ha consumido completamente.
- 50 El proceso biológico dura en general aproximadamente 12 -14 días.
- La finalización del proceso, establecida a partir de los valores de temperatura y humedad de la salida de aire de cada célula de succión, que corresponden a la fermentación finalizada, permite al ordenador 23 de control de manipulación descargar los desechos estabilizados.
- 55 Según una realización adicional, la permisión se genera cuando se supera un tiempo preestablecido.
- El material se toma por la grúa 7 corrediza aérea y se descarga en un sistema 11 de extracción que lo transporta a una prensa 12 de compactación para cargar posteriormente el material tratado en un camión y transportarlo al lugar de utilización o al sistema de refinado.
- 60 El proceso de estabilización y secado se controla modulando la aireación forzada basándose en variaciones en el estado de fermentación.
- 65 Si la cantidad de aire es excesiva, el balance termodinámico de la masa de desechos será inestable, la temperatura

T de la masa en fermentación disminuirá, y el proceso se inhibirá fuertemente, y puede incluso interrumpirse.

Obviamente esto sólo sería una interrupción temporal, ya que el proceso se reanuda espontáneamente en presencia de materia orgánica fermentable y agua.

5 El valor habitual T de la temperatura de fermentación puede considerarse posteriormente igual al valor T₂ de la temperatura del aire que sale de los desechos.

Según esta invención, la fermentación puede controlarse según dos criterios.

10 Según el primer criterio de control, una vez que la cobertura de un sector o banda S que corresponde a una célula 18 de succión se ha completado, el ventilador 13 correspondiente a una velocidad inicial V_{start}, predefinida basándose en la experiencia, se activa. Después de un tiempo Dt_{start}, el retraso de lectura de la primera temperatura, si la medición T₂ obtenida de los sensores 29 está por debajo del límite umbral, la fermentación no ha comenzado y se señala la anomalía; si es mayor que T_{ottsup}, la temperatura superior que define el intervalo óptimo para el proceso, la velocidad de ventilador se corrige mediante una cantidad Dv que aumenta o disminuye dicha velocidad de ventilador; si la medición T₂ está por encima del límite umbral y por debajo de T_{ottinf}, la temperatura más baja que define el intervalo de proceso óptimo, la velocidad de ventilador se reducirá en una cantidad Dv. El ciclo de medición y corrección se repite de modo que la temperatura siempre cae dentro del intervalo T_{ottinf} < T < T_{ottsup}. La velocidad de ventilador siempre superará V_{min}, que es la velocidad mínima del ventilador independientemente de la comprobación.

25 T_{ottinf}, T_{ottsup}, T_{inf} y T_{sup} son valores predefinidos; dependen del tiempo t y de las temperaturas inferior y superior, que se obtienen basándose en la experiencia previa. Definen el intervalo de funcionamiento óptimo de tiempo/temperatura y el intervalo admisible respectivamente; el último es independiente del criterio de gestión, y debe mantenerse siempre.

Más oportunamente, según un segundo criterio, la gestión de fermentación se optimiza al utilizar un algoritmo que incluye el balance de entalpía de la fermentación y el grado de fermentación de los desechos.

30 "Grado de fermentación" significa la cantidad de desechos fermentables fermentados según una proporción de la cantidad total de desechos fermentables presente inicialmente. Expresa el progreso de fermentación en el tiempo.

Con referencia a la figura adjunta 4, el balance de entalpía en torno a una unidad de volumen de desechos en fermentación durante un intervalo de tiempo significativo Dt viene dado por:

35 (calor acumulado en sólidos) = (calor generado) + (calor de evaporación de agua)
(calor sensible del aire) [1]

40 concretamente con referencia a 1 m² de superficie, h altura de la unidad de volumen

$$h \rho_s C_{ps} dT/dt = R \rho_s \Delta H h - Q_1(U_2 - U_1) \Delta H_w - Q_1 \rho_g C_{pg} ((1+U_2)T_2 - (1+U_1)T_1)$$

donde

45 T es el valor actual de la temperatura de los desechos, expresado en °C

T₁ es el valor de la temperatura de la entrada de aire en los desechos, expresado en °C, medido en la parte superior libre de la célula 3 de fermentación

50 U₁ es el valor de la humedad en la entrada de aire en los desechos, expresado en kg de agua por kg de aire seco, medido en la parte superior libre de la cámara 3 de fermentación

Q₁ Caudal de entrada de aire seco en los desechos por unidad de superficie de la superficie de soporte, expresado en m/s

55 T₂ es el valor de la temperatura de la salida de aire de los desechos, expresado en °C, medido en el lado de distribución del ventilador

60 U₂ es el valor de la humedad de la salida de aire de los desechos, expresado en kg de agua por kg de aire seco, medido en el lado de distribución del ventilador

Q₂ Caudal de salida de aire seco de los desechos por unidad de superficie de la superficie de soporte, expresado en m/s

ρ_s Densidad de la capa de desechos, expresada en kg/m

C_{ps} calor específico de la capa de desechos, expresado en kcal/kg °C

5 h Altura de la capa de desechos, expresada en metros

ρ_g Densidad de aire húmedo (kg/m)

C_{pg} Calor específico de aire húmedo (kcal/kg °C)

10 R Parámetro cinético (t^{-1})

ΔH Calor de reacción, expresado en kcal/kg de sólidos secos

15 ΔH_w Calor de evaporación de agua expresado en kcal/kg de agua

Los valores de parámetro R, la constante cinética y el parámetro ΔH , el calor de reacción, dependen del tipo de desechos, en particular la fracción putrescible, y su contenido en humedad, y expresan la naturaleza y composición de los desechos en las ecuaciones del balance de masa y energía.

20 La ecuación [1] vincula los valores de T_1 , U_1 , Q_1 , T_2 , U_2 y Q_2 . El caudal Q_2 del aire de salida succionado a través de la superficie 16 de soporte, evaluado en base seca, es igual al caudal de entrada Q_1 , expresado de nuevo en base seca. Se ha demostrado experimentalmente que la temperatura de aire T_2 es igual a la de la pila de desechos.

25 La humedad U_2 corresponde al valor de saturación, y puede calcularse fácilmente, con una ecuación del siguiente tipo, por ejemplo:

$$U_s = T/100 \exp(-(1050+(100-T)) (1-T/100)/(273+T)) \quad [2]$$

30 Como se muestra en la figura 5, en la etapa indicada como n.º 51, los ventiladores 13 se ponen en marcha cuando la cobertura de sector S (que corresponde a la célula 18 de succión) se ha completado, en el tiempo inicial $t=0$.

35 Tras un primer intervalo de tiempo Dt_{start} , que es necesario para comenzar la fermentación, tras comprobar que la temperatura T_2 supera el umbral, se miden la temperatura T_1 y la humedad U_1 del aire por encima de la capa de desechos en la etapa 52. Usando un valor preestablecido de temperatura T_{2ott} correspondiente al perfil de temperatura/tiempo óptimo obtenido de los experimentos anteriores, resolver la ecuación [1] permite calcular el caudal de aire Q necesario para controlar la temperatura en el valor preestablecido T_{2ott} y regular los inversores de ventilador para lograrlo.

40 En la etapa 53, tras un segundo intervalo de tiempo Dt , los valores de los parámetros calculados se comparan con los valores medidos de dichos parámetros, y se generan todas las señales de alarma necesarias.

45 La amplitud del intervalo de tiempo Dt es significativa para los fenómenos que tienen lugar. Para la fermentación de desechos según esta invención, puede ser el tiempo característico del sistema, concretamente el tiempo requerido para que el aire pase a través del lecho de desechos.

Si la diferencia entre el valor calculado de T_2 y el valor medido de T_2 supera un valor preestablecido, tal como $T_2/10$, se señala la anomalía.

50 Si el valor de T_2 cae fuera del intervalo $T_{inf}<T_2<T_{sup}$, será necesario volver a calcular los valores de ΔH , R, caudal Q y temperatura T_2 , que deben caer dentro del intervalo $T_{inf}<T_2<T_{sup}$.

55 Si el valor medido de caudal Q_2 es mayor que Q_{2max} o menor que Q_{2min} , la anomalía se señalará y el valor de caudal Q_2 se fijará dentro del intervalo $Q_{inf}<Q_2<Q_{sup}$, mientras se cumple con las restricciones de temperatura previas.

Si el valor medido de P_2 es menor que P_{2min} los desechos está empaquetados demasiado prietos o la capa es demasiado alta; la anomalía se señalará y se solicitará una intervención operativa para retirar parte de los desechos.

60 Tras un intervalo de tiempo adicional Dt , se calcula un nuevo valor de ΔH R (calor generado en el intervalo de tiempo) en la etapa 54, con la ecuación [1], utilizando los valores de T y Q recién medidos. Dicho nuevo valor se utilizará para calcular el caudal Q en los intervalos de tiempo sucesivos Dt .

En una primera realización de la presente invención, que da prioridad a la bioestabilización, la temperatura T_2 se mantiene fija durante toda la duración de la fermentación.

5 Ventajosamente, el valor de temperatura T_2 puede estar próximo al valor máximo T_{sup} , por ejemplo 9/10 de T_{sup} .

Según esta realización, en la etapa 55, resolver la ecuación [1] permite calcular el caudal de aire Q necesario para controlar la temperatura en el valor T_2 preestablecido de este modo, y permite a los inversores de ventilador activarse para implementarlo.

10 En la etapa 58, tras un intervalo de tiempo adicional Dt , se calculan la cantidad de agua retirada en el intervalo de tiempo y desde el inicio de la fermentación, y la correspondiente pérdida de peso de los desechos (grado de secado), usando simplemente $(U_2-U_1)Q$.

15 Cuando la pérdida de peso para cada sector correspondiente a una célula de succión es mayor que el valor predeterminado, por ejemplo el 35%, y la temperatura T_2 es menor que T_{inf} , la grúa corrediza aérea y la mandíbula pueden retirar y descargar el material estabilizado en la etapa 59.

20 Si la pérdida de peso es menor que el valor preestablecido, el ciclo de control vuelve a comenzar en la etapa 52.

En una segunda realización que da prioridad al biosecado, indicada de manera global por el número 56, el caudal Q_2 se mantiene constante durante todo el tiempo de fermentación.

25 Ventajosamente, el valor de dicho caudal Q_2 será igual a 9/10 del valor de Q_{sup} .

Resolver la ecuación [1] permite calcular el valor de temperatura T_2 , que debe caer dentro del intervalo $T_{inf}<T_2<T_{sup}$.

30 Según una tercera realización, indicada de manera global como n.º 57, se da prioridad a optimizar la realización de la fermentación por medio de una función objetiva que va a minimizarse o a maximizarse, expresando dicha función mayor economía de gestión.

Ventajosamente, esta función puede expresar el tiempo total necesario, que debe minimizarse, la cantidad total de aire usado, que debe minimizarse, o la cantidad total de agua que va a retirarse, que debe maximizarse.

35 En términos operativos, según esta última variación, se calcula el caudal Q que maximiza la cantidad total de agua extraída para cada ciclo, expresado como $\int(Q(U_2-U_1))dt$, y los inversores de ventilador se regulan para implementarlo.

40 Resolver la ecuación [1] para varios caudales Q permite calcular el valor de temperatura T_2 , la cantidad de agua que puede extraerse del sistema y los correspondientes valores de U_2 y U_1 , por medio de [2], y por tanto el caudal de aire de secado óptimo Q .

Este caudal se aplica en el siguiente intervalo de tiempo regulando los inversores de ventilador.

45 Los desechos así estabilizados tienen un poder calorífico neto que supera los 17000 kJ/kg (4000 kcal/kg) de materia seca, y un recuento de bacterias, expresado como coliformes totales por gramo de materia seca, de menos de 10^5 .

Las variables operacionales que van a usarse en el siguiente intervalo de tiempo se estabilizan de este modo, y se hacen predicciones de larga duración para optimizar todo el proceso.

50 Dichos valores se comparan también con los valores históricos para construir una base de datos que permita una mejor optimización de gestión.

55 La ecuación de balance de entalpía [1] puede complementarse con o reemplazarse por ecuaciones similares que expresen el balance de masa, realizado en torno a un elemento infinitesimal (como se muestra en la figura 4) de un constituyente individual que se consume o produce en la reacción de fermentación.

60 Por ejemplo, la descomposición de la fracción orgánica consume oxígeno y produce dióxido de carbono: para ambos analitos, puede escribirse una ecuación de balance a partir de la que se obtiene el caudal Q_2 usando los valores de concentración detectados en el aire antes y después de que pase a través de la capa de desechos.

EJEMPLO

65 Una planta para el tratamiento de 60.000 t/año de RSU nuevos está constituida por una edificación 2, de aproximadamente 150 metros de largo, que comprende una cámara 3 de fermentación sin particiones internas, con una zona de aproximadamente 1500 m², hecha de paneles de hormigón armado de soporte de carga hasta una

ES 2 383 520 T3

5 altura de aproximadamente 6 - 7 metros de modo que resista el empuje generado por los desechos colocados internamente en capas de hasta 7 metros de altura, una zona 4 de alimentación que mide aproximadamente 100 m², una zona 6 de almacenamiento temporal de desechos triturados que mide aproximadamente 250 m², ambas delimitadas por paredes de hormigón armado, un triturador con dos árboles que rotan a 60 rpm, potencia instalada de 250 kW, salida de entre 25 y 30 t/hora de RS, dos grúas corredizas aéreas con larguero doble con una capacidad de 6,2 t, ancho de vía de 21 m; movimiento longitudinal a lo largo de toda la longitud de la zona de deposición, elevación en el gancho de aproximadamente 10 m; equipado con mandíbulas que tienen una capacidad de aproximadamente 4 m³ cada una. El suministro de potencia está proporcionado por contactos deslizantes (barras colectoras), mientras que el PLC de la placa está unido al ordenador en la sala de control por un sistema de radiofrecuencia. La sala de control no se comunica con las zonas que contienen el material en fermentación.

15 Tras la fermentación, los desechos estabilizados se transfieren por cintas transportadoras a la prensa que carga el vehículo, constituida por un canal con una sección transversal cuadrada que mide 2,5 x 2,5 m, y una longitud total de 22 m. El camión de compactación, conectado al sistema de empuje hidráulico, se desplaza dentro de este canal. Cuando toda la prensa se ha llenado, el pistón transfiere material al semitráiler de transporte, que tiene una capacidad de aproximadamente 80 m³.

20 Los desechos estabilizados así obtenidos tienen un contenido en agua total por debajo del 16% en peso, medido como pérdida de peso a 105°C en una muestra significativa de la composición de los desechos.

Cada célula de succión, de aproximadamente 4 m de ancho, está interconectada a un ventilador de succión con una potencia instalada de 11 kW que, a su vez, se acciona mediante placas de control que incluyen un PLC conectado al ordenador de control.

25 Los biofiltros de purificación tienen una superficie de paso de aproximadamente 800 m² (aproximadamente 1 m² por 100 Nm³/h de aire de proceso) y un lecho de filtro de aproximadamente 1 m de largo que consiste en turba, ramas y corteza, manteniéndose la humedad constante a aproximadamente el 60% en peso.

30 La figura 6 muestra la tendencia de la humedad residual típica en la masa de RS en el tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Planta para la estabilización biológica de desechos fermentables, que comprende:
 - 5 - una cámara (3) de fermentación que está sustancialmente cerrada, con dimensiones predeterminadas;
 - una superficie (16) de soporte dividida en sectores (S, S', S'',...) que está ubicada en dicha cámara (3) para la deposición estratificada de desechos (W), conteniendo dicha superficie (16) de soporte aberturas distribuidas uniformemente en dichos sectores (S, S', S'', ...) para el paso de aire;
 - 10 - medios (5) para la trituración gruesa de desechos (W);
 - medios (7, 8, 9) para la deposición de desechos triturados sobre dicha superficie (16) de soporte en cada sector y para la transferencia de desechos entre los diversos sectores (S, S', S'',...) y entre las diversas zonas de la planta;
 - 15 - medios (13, 13', 13'',...) para aspirar aire desde arriba y transportarlo a través de las aberturas en dicha superficie (16) de soporte de modo que el aire pasa a través de los desechos estratificados sobre dicha superficie y promueve su fermentación forzada;
 - 20 - medios para regular el caudal del aire aspirado en cada sector (S, S', S'',...);

incluyendo dicha planta además primeros medios de sensor para detectar la temperatura del aire aspirado aguas (34) arriba y aguas (29) abajo de los desechos estratificados en cada sector, segundos medios de sensor para detectar la humedad del aire aspirado aguas (35) arriba y aguas (30) abajo de los desechos estratificados en cada sector, terceros medios (31) de sensor para detectar el caudal de aire aguas abajo de los desechos en cada sector, una unidad (21) de control computarizado diseñada para procesar las señales procedentes de dichos primeros, segundos y terceros medios de sensor y hacia dichos medios de regulación del flujo de aire en cada sector, un programa adecuado que está instalado en dicha unidad (21) de control computarizado para controlar automáticamente dichos medios de regulación del caudal de aire y controlar la temperatura de fermentación (T) en cada sector en consecuencia, de modo que se acelere la fermentación de los desechos basándose en su composición, naturaleza y grado de fermentación.
2. Planta de estabilización de desechos según la reivindicación 1, caracterizada porque incluye cuartos medios (32) de sensor que están diseñados para detectar el dióxido de carbono presente en el aire aspirado aguas abajo de los desechos estratificados en cada sector, y están conectados a dicha unidad (21) de control computarizado.
3. Planta de estabilización de desechos según la reivindicación 1, caracterizada porque incluye quintos medios (33) de sensor que están diseñados para detectar el oxígeno presente en el aire aspirado aguas abajo de los desechos estratificados en cada sector, y están conectados a dicha unidad (21) de control computarizado.
4. Planta de estabilización de desechos según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizada porque dicha unidad (21) de control computarizado comprende al menos un calculador (22) de proceso diseñado para operar según un algoritmo predeterminado y conectado a medios de implementación y control asociados con dichos medios (5) de trituración, dichos medios (7, 8, 9) de manipulación y dichos medios (13, 13', 13''...) de succión.
5. Planta de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicha superficie (16) de soporte comprende elementos modulares que contienen dichas aberturas y descansan en soportes (17, 17', 17''...) fijos que están instalados a una altura predeterminada sobre el suelo.
- 55 6. Planta de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicha superficie de soporte delimita células (18, 18', 18''...) de succión, asociadas con dichos medios (13, 13', 13''...) de succión, en la parte superior.
- 60 7. Planta de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichos soportes (17, 17', 17''...) fijos comprenden una pluralidad de paredes o estructuras equivalentes que se extienden sustancialmente en paralelo entre sí y delimitan dichas células (18, 18', 18''...) de succión.
- 65 8. Planta de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichos medios de aspiración incluyen al menos un ventilador (13, 13', 13''...) de velocidad variable, asociado con medios de regulación de velocidad, para cada célula de succión.

9. Planta de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque incluye medios (14) para mezclar el aire transportado por dichos ventiladores.
- 5 10. Método de estabilización de desechos que comprende las siguientes etapas operativas :
- a) triturar de manera gruesa los desechos
- 10 b) depositar y estratificar los desechos triturados sobre una superficie (16) de soporte que contiene aberturas en una cámara (3) de fermentación sustancialmente cerrada con dimensiones predeterminadas;
- c) succionar el aire de manera forzada hacia abajo a través de dichos desechos triturados W y las aberturas en dicha superficie (16) de soporte para fermentar y estabilizar los desechos;
- 15 d) retirar los desechos estabilizados;
- caracterizado porque dicho método de estabilización de desechos se lleva a cabo de manera discontinua al dividir dicha cámara (3) de fermentación en una pluralidad de sectores (S, S', S'',...) y hacer funcionar cada sector independientemente de los otros sectores tras la llegada y deposición de desechos en el tiempo y, realizando la secuencia de lote una operación continua con un suministro continuo de desechos y retirada de producto estabilizado,
- 20 comprendiendo el método las etapas adicionales de:
- 25 e) detectar la temperatura y humedad del aire aguas arriba, y la temperatura, humedad y caudal del aire aguas abajo de los desechos estratificados en cada sector;
- f) procesar dichos valores de temperatura, humedad y flujo de aire a través de un algoritmo de un programa informático para regular el caudal de aire y controlar la temperatura de fermentación en cada sector en consecuencia, de modo que se acelere la fermentación de los desechos basándose en su composición, naturaleza y grado de fermentación.
- 30
11. Método de estabilización de desechos según la reivindicación 10, caracterizado porque la etapa e) también incluye detectar los valores de concentración de dióxido de carbono y/u oxígeno en el aire aguas abajo de los desechos estratificados sobre dicha superficie de soporte.
- 35
12. Método de estabilización de desechos según las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado porque dicha etapa f) también incluye diseñar un algoritmo para procesar dichos valores de concentración de dióxido de carbono y/u oxígeno, regular el flujo de aire y controlar la fermentación en cada sector en consecuencia.
- 40
13. Método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores 10 a 12, caracterizado porque también incluye una etapa g) de control de trituración, deposición y manipulación de desechos que se controla mediante dicho programa informático.
- 45
14. Método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores 10 a 13, caracterizado porque también incluye una etapa h) que implica el almacenamiento por dicho programa informático de la cantidad, posición y fecha de deposición de las capas de desechos, y su altura.
- 50
15. Método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores 10 a 14, caracterizado porque dicha etapa b) de deposición y estratificación de desechos tiene lugar de tal manera que se forman secciones correspondientes a células (18) de succión que se ubican bajo dicha superficie (16) de soporte.
- 55
16. Método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores 10 a 15, caracterizado porque al menos una etapa m) de inversión de las capas controlada por dicho programa se lleva a cabo durante dicha etapa c) de succión y fermentación de desechos.
- 60
17. Método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores 10 a 16, caracterizado porque el aire aspirado por dichas células (18) de succión se recoge en un colector (14) individual para alimentarse uniformemente a filtros (15) biológicos.
- 65
18. Programa informático diseñado para activar y controlar una planta y un método de estabilización de desechos según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye una primera subrutina para activar el movimiento de las grúas corredizas aéreas a lo largo de los ejes X e Y y el movimiento de las mandíbulas a lo largo del eje Z, y una segunda subrutina para activar y regular la fermentación, que incluye uno o más algoritmos diseñados para regular el flujo de aire y controlar la

temperatura de fermentación en cada sector (S, S', S'',...) por medio de balances de entalpía y/o materia de la fermentación.

- 5 19. Programa informático según la reivindicación 18, caracterizado porque incluye uno o más algoritmos diseñados para regular el flujo de aire y controlar la temperatura de fermentación en cada sector y optimizar consecuentemente la gestión de la fermentación.
- 10 20. Desechos estabilizados, caracterizados porque se obtienen con una planta y un método según una o más de las reivindicaciones anteriores, por medio de fermentación aeróbica basándose en la composición, naturaleza y grado de fermentación, y por medio del paso de aire forzado con un caudal regulado al procesar los valores de temperatura, humedad y flujo de aire aguas arriba y aguas abajo de las capas de desechos en cada sector (S, S', S'',...) con el fin de controlar la temperatura de fermentación.
- 15 21. Desechos estabilizados según la reivindicación 19, caracterizados porque contienen una humedad por debajo del 16% en peso, poder calorífico neto por encima de 17000 kJ/kg (4000 kcal/kg) y un recuento de bacterias por debajo de 10^5 N/g.

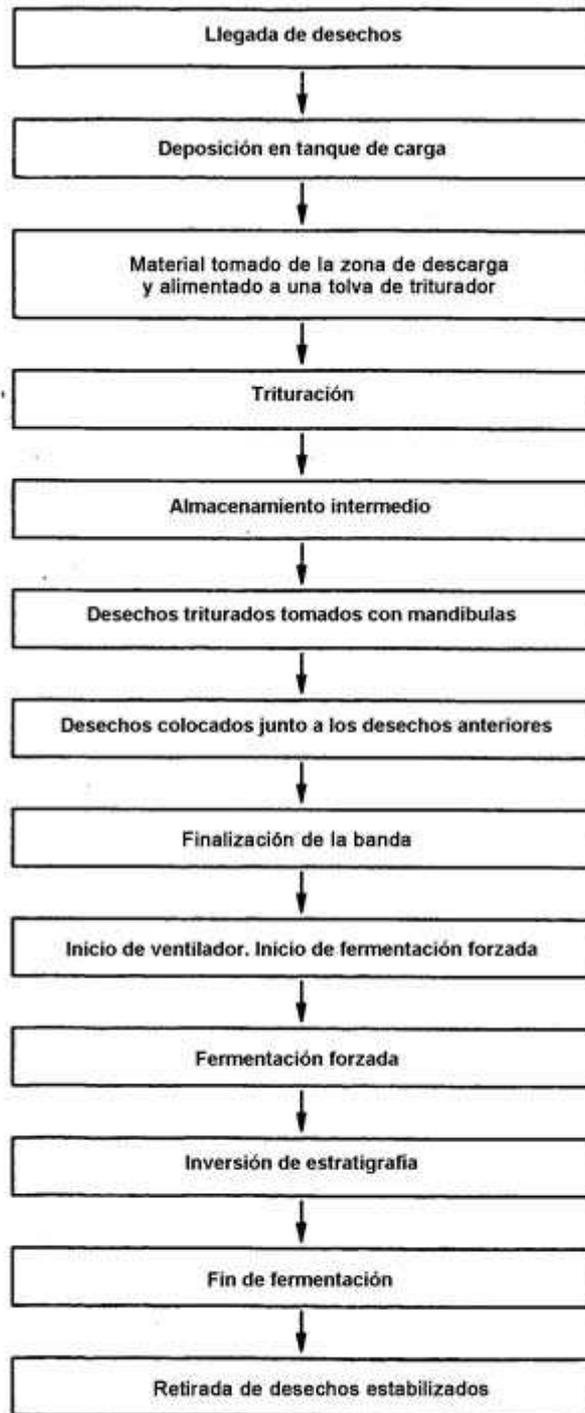


FIG. 2

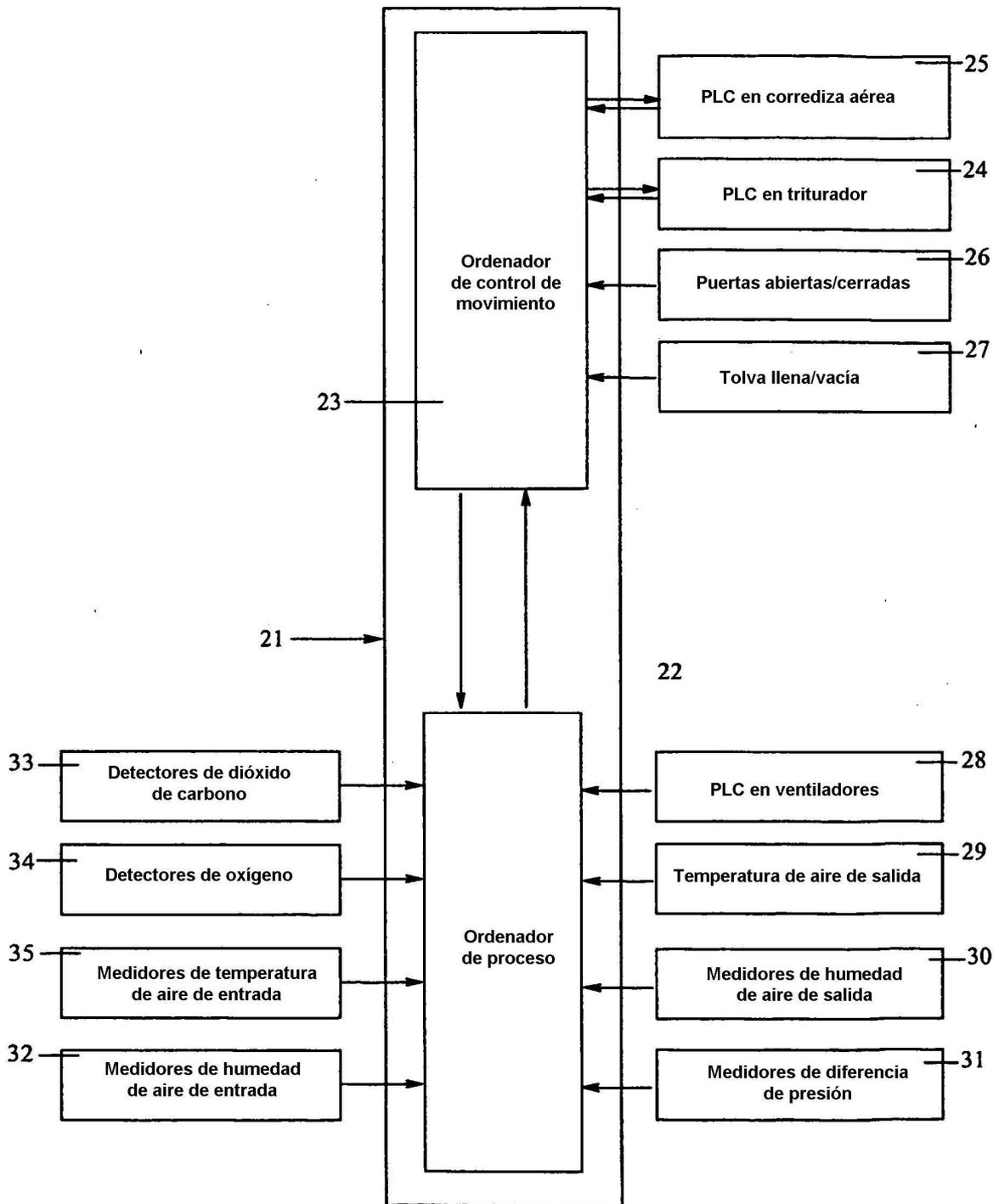


FIG. 3

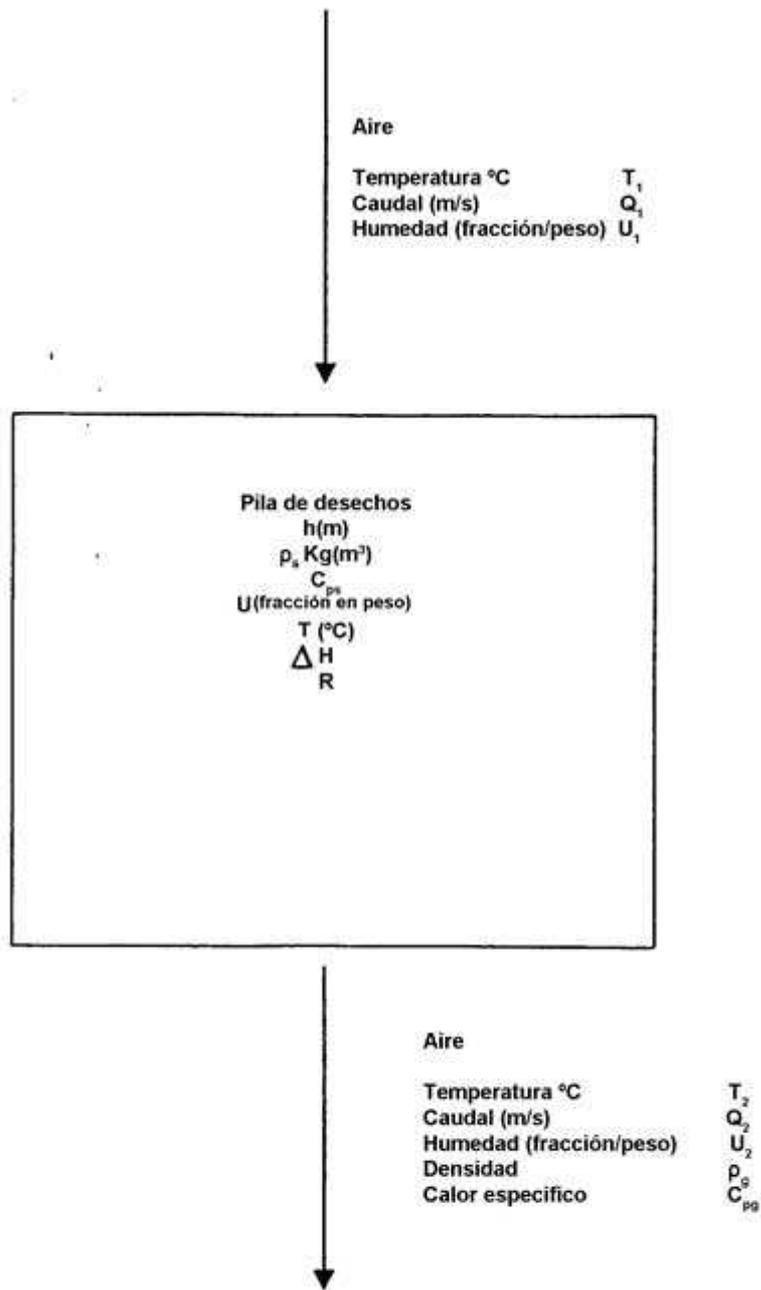


FIG. 4

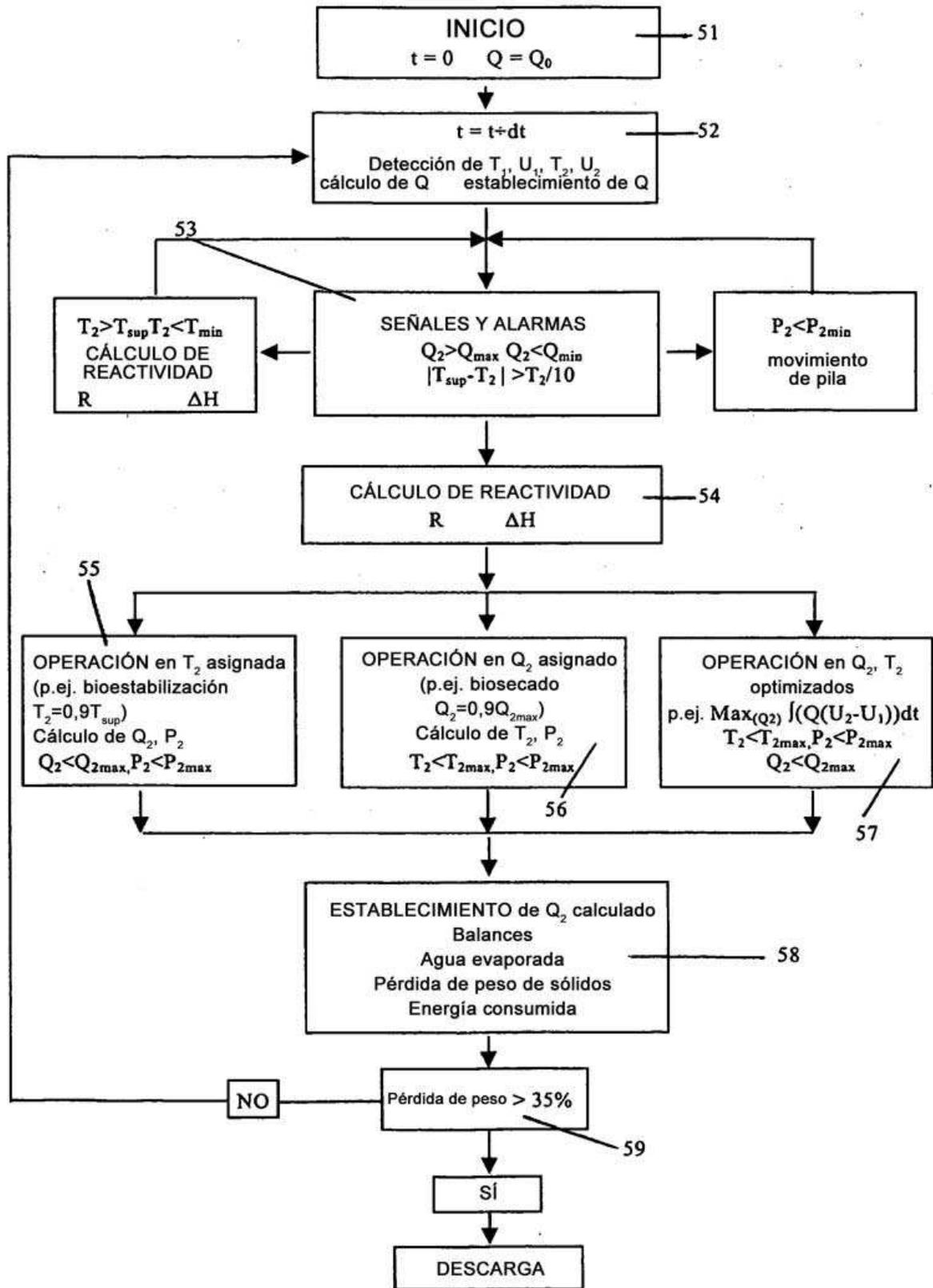


FIG. 5

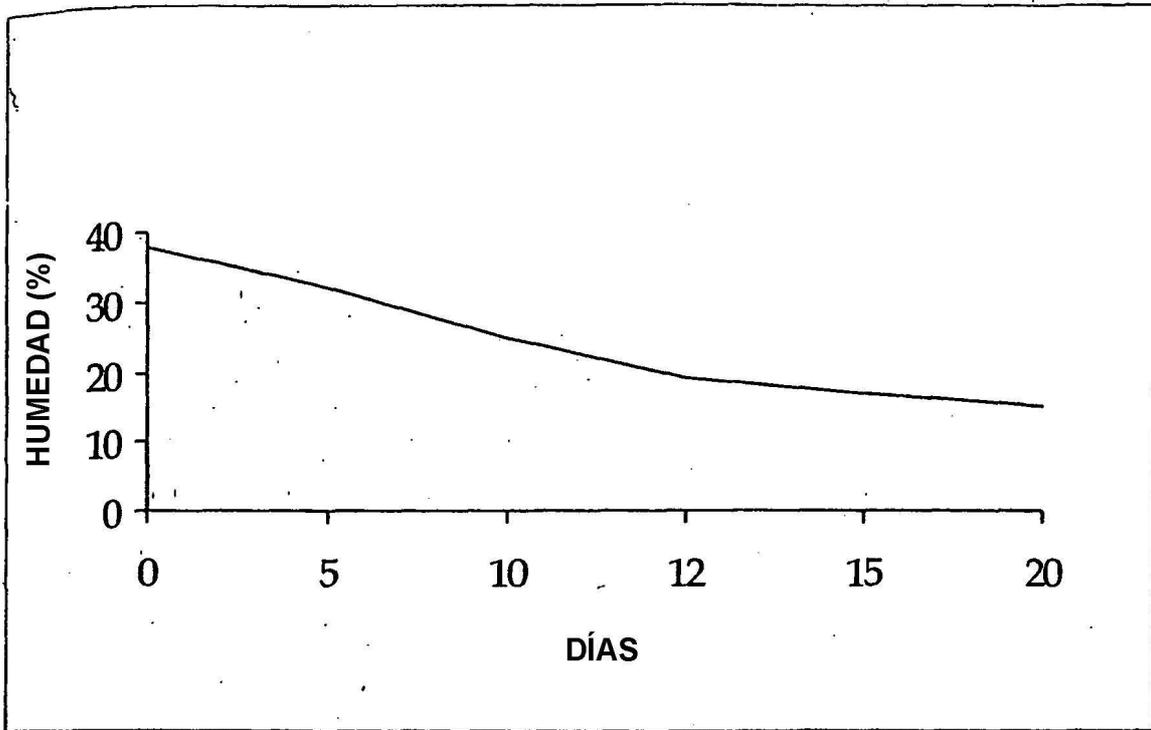


FIG. 6