

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 176**

21 Número de solicitud: 201430895

51 Int. Cl.:

C02F 11/18 (2006.01)

C02F 1/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

11.06.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.06.2015

71 Solicitantes:

**TE CONSULTING HOUSE 4 PLUS, SL (100.0%)
San Agustín 16, 2º Izq
47003 Valladolid ES**

72 Inventor/es:

GONZÁLEZ CALVO, Rafael

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ-POLANCO, Diego

54 Título: **Procedimiento e instalación para la hidrólisis térmica de materia orgánica con bajos tiempos de residencia y sin bombas**

57 Resumen:

Procedimiento que opera en continuo para la hidrólisis térmica de materia orgánica y que comprende una etapa de impulsión en la que la materia orgánica se vehicula sin necesidad de utilizar bombas u otros elementos mecánicos, una etapa de hidrólisis en la que la masa a hidrolizar se calienta con vapor vivo hasta alcanzar temperaturas elevadas en tiempos muy cortos y tras sufrir una primera rotura de la estructura se mantiene a la temperatura de hidrólisis durante un tiempo prefijado y una etapa de recuperación de energía con vapores de dos niveles entálpicos. Una instalación para la puesta en práctica del procedimiento, que comprende en la etapa de impulsión depósitos de carga y presurización interconectados, en la etapa de hidrólisis un mezclador rápido y una cámara de alivio y en la etapa de recuperación de energía un sistema de descompresión con cámara de flash y un eyector que mezcla los vapores producidos.

ES 2 538 176 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento e instalación para la hidrólisis térmica de materia orgánica con bajos tiempos de residencia y sin bombas.

5

Sector técnico de la invención

La invención se aplica al campo del tratamiento de materia orgánica, incluyendo lodos, residuos domésticos e industriales y cualquier materia metanizable en procesos de digestión anaerobia. La invención corresponde a un sistema que opera sin elementos mecánicos en contacto con la masa sólida a tratar y es capaz de operar a temperaturas elevadas con tiempos extremadamente cortos sin que aparezcan reacciones secundarias y consiguiendo una adecuada integración energética.

10

Antecedentes de la invención

Aceptando el esquema convencional para la digestión anaerobia de sólidos, la etapa de hidrólisis (solubilización, licuefacción) limita la cinética global del proceso. Diferentes procesos físicos, químicos y biológicos se aplican como tratamiento previo a la digestión anaerobia, para mejorar la cinética de la etapa de hidrólisis, con la consiguiente mejora en la cinética del proceso global de metanización. El proceso de hidrólisis térmica se basa en someter al sólido a elevadas temperaturas y presiones durante periodos de tiempo relativamente largos, normalmente superiores a 30 minutos. Posteriormente, aprovechando la elevada presión la masa caliente puede someterse a un proceso de descompresión súbita o proceso flash, para así conseguir el llamado efecto de explosión de vapor que genera rotura de la estructura de los sólidos. Otros procesos utilizan cambiadores de calor para recuperar la energía de la masa caliente.

15

20

25

30

35

40

45

50

Diferentes procesos comerciales de hidrólisis térmica operan por cargas. Para conseguir que el proceso sea cuasi-continuo operan con varios reactores sometidos a ciclos temporizados de carga y descarga. El proceso comercial CAMBI está bien establecido a nivel industrial y opera bajo estas condiciones. La patente FR 2820735 incluye el uso de dos reactores que operan por cargas y en paralelo. La patente WO 2011/006854 A1 "Method and device for thermal hydrolysis and steam explosion of biomass" utiliza tres reactores que operan en modo secuencial para conseguir un comportamiento próximo a flujo continuo.

Atendiendo a la operación en continuo, el proceso Portheous se aplica a fango digerido en condiciones anaerobias utilizando reactores con inyección directa de vapor y tiene por objeto mejorar la deshidratabilidad.

Algunas patentes han propuesto sistemas que operan en continuo. En la U.S. Pat. No. 5593591 de 1997 se reivindica un sistema en el que un lodo bombeado a presión es calentado en la propia conducción, antes de ser descomprimido mediante una boquilla y entrar en una cámara de flash. El objetivo del tratamiento es producir un lodo hidrolizado con buenas características de flujo (free flowing solids).

En la U.S. Pat. No. 5785852 de 1998 se reivindica un proceso y equipo para el tratamiento de lodos biológicos para mejorar la digestión anaerobia secundaria. El proceso multi-etapa combina etapas de calentamiento, descompresión explosiva y aplicación de fuerzas de cizalla (shear forces). Un "hydroheater" es el sistema de mezcla

del vapor y el lodo que se sugiere como más eficaz. El lodo caliente y a presión se lleva a una cámara de flash que opera a presión atmosférica. El lodo parcialmente disgregado se lleva a una nueva etapa donde es sometido a fuerzas de cizalla para completar el proceso de rotura celular.

5

La patente europea EP 1 198 424 B1 "A method and arrangement for continuous hydrolysis of organic material" presenta un sistema compuesto por tanques, depósitos o recipientes en los que, en continuo, se efectúan las etapas de precalentamiento, reacción y descompresión. La inyección del vapor de calefacción se realiza mediante dispositivos de mezcla externos a dichos recipientes. El tiempo de residencia de los lodos en el reactor de hidrólisis queda fijado entre 5 y 60 minutos.

10

La patente española 2 341 064 "Reactor y sistema de integración energética para la hidrólisis térmica o termoquímica en continuo de materia orgánica" presenta un sistema que opera en continuo y queda integrado energéticamente dentro del sistema de producción de energía eléctrica a partir del biogás generado.

15

La patente US2011114570 "An apparatus and a method for continuous thermal hydrolysis of biological material" presenta un reactor tubular en el que el sólido biológico se calienta por inyección de vapor y es posteriormente enfriado mediante agua fría para evitar la ebullición súbita en el proceso de descompresión.

20

La patente WO2008/115777 A1 "Treatment of particulate biodegradable organic waste by thermal hydrolysis using condensate recycle" utiliza un precalentador de la alimentación externo, que recibe el vapor de calefacción. La masa caliente atraviesa el reactor tubular y es conducida a la cámara de flash, el vapor que sale de la cámara de flash es condensado y recirculado al tanque de precalentamiento.

25

La aplicación de patente europea No 13382077.9 "Continuously operating method for the thermal hydrolysis of organic material and installation for implementing the method" se basa en la utilización de circuitos de recirculación interna.

30

En todas las patentes analizadas la reacción de hidrólisis de la alimentación se realiza utilizando tanques, reactores tubulares o circuitos de recirculación interna. Los procesos empleados indican que la operación de hidrólisis térmica se realiza con tiempos hidráulicos de residencia elevados.

35

En todos los casos el material a hidrolizar y que se encuentra a temperatura elevada se vehicula y comprime utilizando diferentes tipos de bombas con accionamiento mecánico. El mantenimiento de estas bombas es muy exigente, debido principalmente a la elevada viscosidad y a las características abrasivas de los materiales que impulsan.

40

Explicación de la invención

De acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 1 el procedimiento consta de las siguientes etapas: impulsión (1), hidrólisis (2), recuperación de calor (3).

45

En esencia este procedimiento se caracteriza porque la etapa de impulsión (1) está formada por recipientes de dosificación que operan por cargas y alimentan a los depósitos presurización para conseguir un flujo continuo y regulable de la materia que se lleva a la etapa de hidrólisis. La etapa de hidrólisis comprende la operación de mezclado

50

rápido con vapor vivo (4) de la materia a hidrolizar que tras ser despresurizada se mantiene a la temperatura de hidrólisis. La etapa de recuperación de calor (3) se basa en la producción de vapor de presión media y de presión baja que se recirculan a la etapa de carga (5) y actúan como fluido de precalentamiento.

5

La etapa de impulsión consta de dos recipientes de dosificación en los que alternativamente se carga la materia a hidrolizar y secuencialmente se conduce a los depósitos de presurización. Uno de los depósitos de presurización se presuriza con aire o vapor a presiones comprendidas entre 4 y 25 barg, de forma que la masa de materia orgánica es empujada a través de los conductos correspondientes, sin necesidad de utilizar bombas u otros dispositivos mecánicos. Mientras este depósito se vacía, el otro depósito de presurización recibe la carga procedente del depósito de dosificación, finalizada la carga se presuriza, quedando listo para ser conectado a la línea de proceso cuando el primer depósito de presurización alcanza su nivel de mínimo, iniciándose un nuevo ciclo.

10

15

La masa cargada en los depósitos de dosificación recibe el flujo de vapor procedente de la etapa de recuperación alcanzando temperaturas comprendidas entre 105 y 180°C.

20

Con esta combinación de ciclos en serie el proceso opera en continuo. Además y mediante la adecuada presurización de los depósitos se elimina la necesidad de utilizar bombas especiales, cuyo elevado desgaste y mantenimiento constituye la principal fuente de problemas de procesos que operan en continuo con presiones y temperaturas elevadas. (Kopmann & Kopp (2010). "Full scale continuous thermal hydrolysis of waste activated sludge for the improvement of the sludge digestion and sludge dewatering in WWTP Geiselbulach Germany." European Biosolids and Organic Resources. Leeds) and (Fdz-Polanco *et al.* (2010) "Squeezing the sludge. Thermal Hydrolysis to improve WWTP sustainability" IWA - 13 World Congress on Anaerobic Digestion. Santiago de Compostela.

25

30

La tecnología que se reivindica se basa, pues, en una tecnología robusta y simple capaz de transportar de manera continua la materia orgánica desde condiciones iniciales de presión atmosférica y temperatura ambiente, hasta la etapa de hidrólisis que ha de transcurrir con elevada presión y temperatura. El sistema que se reivindica, a diferencia de los sistemas actualmente existentes, no tiene necesidad de utilizar cualesquier tipo de bombas, con sus elevados costes de mantenimiento.

35

La materia orgánica así presurizada y precalentada llega a la etapa de hidrólisis, donde en un mezclador estático se inyecta la cantidad necesaria de vapor vivo para que de forma extremadamente rápida, por debajo de 5 segundos, el fluido alcance la temperatura de consigna. En los sistemas existentes los tiempos en los que la masa que se hidroliza permanece a elevada temperatura son suficientemente grandes para que puedan aparecer reacciones de transformación de la materia orgánica en compuestos no biodegradables e incluso tóxicos, que rebajan el potencial metanogénico de la materia orgánica. Por esta circunstancia, en la práctica, la temperatura estándar de hidrólisis no supera los 180°C.

40

45

La tecnología que se reivindica opera con tiempos de calentamiento de unos pocos segundos, de forma que la extensión de las reacciones secundarias queda muy limitada, aunque se supere la barrera de los 180°C.

50

Tras este calentamiento hasta temperaturas de 220°C, en tiempos muy cortos, el fluido caliente y a presión se despresuriza y conduce hasta un tanque de alivio y regulación que permite conseguir una presión estable y regular el sistema. Por efecto de la diferencia de presión entre el sistema de mezcla de materia orgánica y vapor y el tanque de alivio, en el tránsito entre ambos elementos se produce una primera descompresión y la consiguiente rotura de la estructura de la materia orgánica, que a continuación queda retenida en el tanque de alivio durante un tiempo preestablecido.

Esta forma de operar es conceptualmente diferente a todas las tecnologías de hidrólisis actualmente existentes y en particular a las que combinan calentamiento y descompresión. En la presente invención el tiempo de calentamiento es extremadamente corto y, así, pueden alcanzarse temperaturas que superan el límite teórico de los 180°C. Además, la materia orgánica que ha sufrido una primera rotura en el paso del mezclador a la cámara de alivio, se mantiene a temperatura de hidrólisis en dicha cámara de alivio, durante el tiempo que se considere óptimo. Las tecnologías existentes primero utilizan la hidrólisis en tiempos relativamente largos con calentamiento por debajo del límite de formación de reacciones indeseadas y después la rotura por descompresión, mientras que en la presente invención la secuencia es la contraria: primero se utiliza el mecanismo de rotura por descompresión a temperaturas superiores a las de los procesos existentes y luego, con la materia previamente disgregada, se efectúa la etapa de reacción por temperatura.

El fluido contenido en el tanque de alivio se conduce a través del correspondiente sistema de válvulas y orificios de expansión hasta la cámara de descompresión, donde tiene lugar el fenómeno de ebullición súbita o flash. La cámara de descompresión puede operar entre -0.5 y 4 barg. El efecto flash colabora en la rotura de la estructura de la materia orgánica, facilitando la solubilización y la accesibilidad en el proceso de digestión anaerobia posterior (no indicado en el diagrama de bloques)

Para un adecuado control de la etapa de descompresión, se reivindica la tecnología del sistema esquematizado en la figura 2. En función del caudal de diseño se dimensiona un orificio para que a las presiones de operación deje circular entre el 60 y el 90% del caudal. Mediante la válvula automática se regula el paso del resto del caudal, con lo que se logra una regulación más fina y estable.

Finalmente el vapor de presión media que se forma en la cámara de alivio y el vapor de baja presión que se forma en la cámara de flash se conducen a un eyector o termocompresor y su mezcla se recircula a los depósitos del sistema de carga, donde condensa y precalienta la alimentación; el líquido hidrolizado se lleva a digestión anaerobia o cualesquier otro sistema de aprovechamiento. La corriente de vapor de media presión está conectada a la línea de vapor de alta presión y cuando las condiciones lo requieran se alimentará vapor de alta, que de esta forma llega al sistema de impulsión.

La invención que se reivindica opera con vapor de tres niveles de presión, lo que a diferencia de las tecnologías existentes, otorga a la etapa de recuperación de energía de una gran flexibilidad que permitirá diferentes soluciones para conseguir una óptima integración del proceso de hidrólisis térmica en las diferentes condiciones de aplicación.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 representa un diagrama de bloques de la operación. (1) Sección de carga e impulsión, (2) Sección de hidrólisis. (3) Sección de recuperación de energía. (4) Vapor de calefacción y presurización. (5) Vapor recuperado.

La figura 2, representa un esquema del sistema de descompresión que conecta el tanque de alivio de la sección de hidrólisis y la cámara de separación de fases o tanque de flash, Orificio predimensionado (6) y Válvula automática de regulación (7).

La figura 3 representa un esquema de la instalación para la puesta en práctica del procedimiento según una variante de la invención.

Explicación de una forma de realización

Siguiendo la figura 3 se describe el procedimiento según la invención que se reivindica y los medios que se utilizan para la realización de una instalación (8).

Los equipos que conforman la instalación, son: depósitos de dosificación (9, 10), depósitos de presurización (11, 12), sistema de inyección y mezcla rápida de vapor (13), cámara de regulación (14), cámara de flash (15), eyector o termocompresor (16).

La materia a hidrolizar (17), previamente concentrada, se transporta mediante tubería, cinta transportadora o cualquier otro medio mecánico (18, 19) hasta el sistema de dosificación (9, 10), donde en tiempos predeterminados y mediante las conducciones (22, 23) se conduce a los depósitos de presurización (11,12). Los depósitos de dosificación y presurización están interconectados mediante el peine de tuberías (52) y sus correspondientes válvulas de corte (53, 54, 55, 56). Los depósitos de dosificación tienen venteos (37, 38) para eliminación de incondensables a través de las válvulas (35, 36). Las válvulas (41, 42) permiten dirigir el flujo de vapor (51) procedente del eyector (16) hacia el depósito de dosificación deseado, donde mediante la condensación del vapor se produce un aumento de temperatura.

Los depósitos de presurización están conectados a la línea de vapor de alta presión o de aire a presión mediante las conducciones (33, 34) y el flujo se establece a través de las válvulas (31, 32); la salida de la masa caliente y a presión que se conduce a la etapa de hidrólisis se efectúa mediante las conducciones (26, 27), provistas de las válvulas (28, 29).

Jugando con ciclos de tiempos y apertura-cierre de válvulas, los depósitos de dosificación (9, 10), juegan el doble papel de recuperar energía procedente de los vapores generados en el proceso y de permitir el paso de la masa a hidrolizar hasta los depósitos de presurización.

Dicho sistema de presurización consta de dos depósitos (11, 12) que también operan por cargas y en ciclos consecutivos. En la primera parte de un ciclo típico el depósito (12) cargado y presurizado se descarga mediante la tubería (27) y la válvula (29), de forma que se consigue un flujo continuo y controlado de la materia a hidrolizar, que es conducida hasta la etapa de calentamiento (13). Mientras el depósito (11) que ha finalizado su ciclo de descarga, primero se despresuriza y luego recibe una nueva carga de materia a tratar procedente del depósito (9) y, tras ser presurizado y mediante

apertura de la válvula (28), queda listo para empezar a alimentar la etapa de calentamiento una vez que se ha cerrado la válvula (29) y el depósito (12) ha alcanzado su nivel de mínimo.

- 5 Todas las tuberías, válvulas y recipientes se construyen en acero y se calculan para soportar presiones de hasta 30 barg.

Este método y forma de operar permite vehicular en continuo fluidos a presión elevada sin necesidad de utilizar bombas u otros dispositivos mecánicos. Un ciclo completo, compuesto por los dos semi-ciclos indicados, puede durar entre 5 y 30 minutos.

Mediante un sistema estándar de regulación y control, no indicado en la figura, y a través de la conducción (39) el material se lleva al sistema de calentamiento (13) donde mediante la inyección de vapor (30), cuyo caudal se regula mediante la válvula (40), se alcanza de forma muy rápida la temperatura de operación prefijada. El especial diseño del sistema de mezcla líquido-vapor (13) permite operar con tiempos inferiores a 5 segundos.

En función del bajo tiempo de mezcla y para controlar más finamente la presión de operación se utiliza un depósito de alivio o regulación (14), que opera a presión inferior a la del mezclador (13) y en el que puede regularse el tiempo de permanencia de la materia orgánica, que por efecto de la descompresión ocurrida entre la etapa de calentamiento (13) y la cámara de alivio (14) ha sufrido una primera modificación o rotura de su estructura física; mediante la conducción (45) el material caliente y a presión contenido en la cámara de alivio (14) se lleva al sistema de despresurización. Por efecto de la diferencia de presión entre el mezclador (13) y la cámara de alivio (14) se produce la vaporización de una parte de la masa hidrolizada, esta corriente de vapor (49) se lleva a un eyector (16).

El sistema de despresurización (46) está descrito en la figura 2 y consta de un orificio predimensionado (6) por el que circula entre el 60 y el 90% del material a presión y de una válvula automática de regulación (7), por la que circula el resto del material, permitiendo una regulación precisa y sin pulsaciones.

Tras atravesar el sistema de descompresión (46) el material despresurizado se lleva a la cámara de flash (15), cuya presión se controla entre -0,5 y 4 barg. Allí, por efecto del cambio brusco de presión, se produce la ebullición súbita o de flash y la corriente de material se escinde en una corriente de líquido hidrolizado (48) que abandona el proceso y es conducida al proceso de digestión anaerobia (no mostrado en el esquema) y otra de vapor (47), que para su aprovechamiento energético se conduce al eyector (16) donde se mezcla con el vapor de la cámara de alivio (49) y finalmente llega a los depósitos de dosificación (9, 10), a través de las válvulas (41, 42).

Ejemplo de realización de una puesta en práctica

Se describe a continuación una instalación que trata lodo generado en una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas. El flujo a tratar es el equivalente a 3000 kg/h de lodo, concentrado previamente mediante decantador centrifugo, filtro prensa o cualquier otro medio mecánico hasta alcanzar concentraciones comprendidas entre el 10 y el 20% en sólidos totales. El lodo hidrolizado es enviado, fuera de los límites de batería de la presente invención, a un digester anaerobio mesófilo que opera a 35°C, por

requerimientos de la integración energética del ejemplo que se presenta, la temperatura media de salida de la corriente de lodo hidrolizado esta en torno a 130°C.

5 El ciclo típico de la etapa de impulsión de la masa a hidrolizar incluye carga, recuperación de calor, presurización y puesta en circulación de la masa que alimenta en continuo la etapa de hidrólisis. Un ciclo estándar de 20 minutos, se divide en dos semi-ciclos de 10 minutos, pudiendo realizarse 6 semi-ciclos por hora, de forma que la masa que por cargas ha de introducirse en los depósitos de dosificación (9, 10) es de 500 kg por carga efectuada, lo que conduce a depósitos de dosificación (9, 10) y presurización
10 (11, 12) de volumen inferior a 1 m³.

El material concentrado se carga secuencialmente en los depósitos de dosificación (9, 10) mediante las conducciones o cinta transportadora (18, 19) que están equipadas con válvulas de corte (20, 21), para aislar cuando sea necesario los depósitos (9, 10).
15

Los depósitos de dosificación (9, 10) están conectados con los depósitos de presurización (11, 12) mediante las conducciones (22, 23) equipadas con las correspondientes válvulas de corte (24, 25). Dichos depósitos de presurización (11 y 12) están provistos de entradas (33 y 34) de vapor a presión, con sus correspondientes
20 válvulas de corte (31 y 32), que permiten la presurización secuencial de los depósitos.

Al comienzo de un ciclo, tiempo 0, el estado de los depósitos, es: (9) cargado y parcialmente caliente, (10) cargado y frío, (11) vacío y presurizado, (12) cargado, caliente y presurizado.
25

Al comienzo del ciclo, simultáneamente, se cierra la válvula (28) y se abre la válvula (29) de forma que se interrumpe el flujo desde el depósito de presurización (11) y se permite el flujo de la masa precalentada y presurizada contenida en el depósito (12), que comienza a fluir y constituye la alimentación continua que durante 10 minutos estará
30 siendo enviada al proceso de hidrólisis.

En este semi-ciclo el depósito de dosificación (10), que inicialmente contenía la carga de lodo a hidrolizar a temperatura ambiente, recibe vapor procedente del eyector (16) y, finalizado el semi-ciclo, el depósito estará cargado con lodo precalentado, con
35 temperatura de 160°C.

Al mismo tiempo, y mientras dura este primer semi-ciclo, el depósito de dosificación (9) que inicialmente contenía la carga de lodo a hidrolizar a temperatura elevada por efecto de la condensación del vapor, se presuriza alcanzando una presión de 6 barg. Pasado 1
40 minuto, y abriendo la válvula (24), se permite el paso de la masa precalentada hasta el depósito (11), que previamente se ha despresurizado hacia el depósito dosificador (10) a través de las válvulas (53 y 55). Este trasvase se realiza durante 3 minutos. Una vez vaciado (9) se despresuriza conectándolo con el dosificador (10) desaireando a través de la válvula (36), de forma que se realiza la purga de vapor residual e incondensables a
45 través de la tubería (37) y la corriente se lleva a recuperación y tratamiento de olores (no indicado en el esquema). Tras la despresurización el depósito (9) recibe una nueva carga de 500 kg de lodo, de forma que al final de los 10 minutos del semi-ciclo se encuentra cargado y con lodo a temperatura ambiente.

50 El depósito de presurización (11) que al inicio del semi-ciclo está vacío y a presión, se despresuriza durante 1 minuto; al cabo de ese tiempo abriendo la válvula (24) se permite

el trasvase de la carga de masa a hidrolizar procedente del depósito (9). Finalmente, se presuriza el sistema mediante la llegada de vapor vivo (30) controlado a través de la válvula (31), de forma que al final del semi-ciclo el depósito (11) se encuentra cargado de lodo caliente y presurizado y en disposición de servir de alimentación al sistema de hidrólisis térmica (13, 14).

Con esta secuencia, las condiciones finales para los depósitos, son: (9) cargado y frío, (10) cargado y caliente, (11) cargado, caliente y presurizado, (12) vacío y presurizado.

En el nuevo semi-ciclo que se inicia trascurridos 10 minutos, el depósito de presurización (11) alimenta en continuo al sistema de hidrólisis térmica, mientras que (12) entra en un periodo de despresurización, carga y presurización. Algo similar ocurre con los depósitos de dosificación: mientras en este nuevo semi-ciclo (9) recibe vapor para precalentar la masa de material, (10) se somete a la secuencia presurización, vaciado, despresurización y llenado.

Finalizado el segundo semi-ciclo, es decir transcurridos 20 minutos, se inicia un nuevo ciclo con características semejantes a las presentadas.

Por efecto de la presión mantenida en los depósitos de presurización, entre 4 y 25 barg, se produce el flujo continuo de la materia a hidrolizar, que llega al sistema de hidrólisis con temperaturas comprendidas entre 60 y 140°C a través de la tubería (39). El sistema de control de flujo es convencional y no es objeto de la presente invención.

La masa impulsada desde los depósitos de presurización (11, 12) entra en el mezclador rápido (13) donde se realiza la inyección directa de vapor de alta presión, 10 - 25 barg (30), controlado por la válvula (40). El sistema de mezcla rápida permite que en tiempo inferior a 5 segundos el lodo alcance una elevada temperatura de hasta 220°C, superior a la propuesta por otras tecnologías comerciales. Debido al muy corto tiempo de exposición a esa elevada temperatura la materia orgánica no llega a degradarse y a producir sustancias inhibitoras o no biodegradables en condiciones anaerobias.

Para un adecuado control del proceso y para mantener la temperatura deseada, el lodo caliente se lleva a una cámara de regulación o alivio (14), a través del orificio (57), de forma que puede permanecer durante tiempos comprendidos entre 1 y 15 minutos en la cámara, con temperaturas que varían entre 140 y 180°C. Por efecto de la diferencia de presión, de hasta 20 barg en el mezclador rápido (13) y hasta 10 barg en la cámara de alivio (14) el lodo que atraviesa el orificio (57) experimenta una primera rotura de su estructura. Debido al efecto de la disminución de presión en la cámara de alivio (14) se produce la formación de vapor con presión de hasta 10 barg que a través de la tubería (49) y controlado por la válvula (50) se conduce al eyector (16).

Para recuperar la energía del lodo hidrolizado que sale por la tubería (45) a presión de 8 barg y temperatura de 170°C, se recurre a su descompresión en el sistema (46), que se corresponde con el esquema de la figura 2. Por efecto de la descompresión se produce el fenómeno de ebullición súbita o de flash, de forma que en la cámara de flash (15) se produce la escisión en una corriente de vapor (47) que se lleva al eyector (16) donde se mezcla con el vapor de presión media (49) y es conducido (51) al sistema de impulsión. Cuando la temperatura de calentamiento del depósito (10) alcanza 140°C se introduce vapor vivo a través del termocompresor regulando el caudal para que al final del semi-ciclo la temperatura sea de 165°C.

La corriente de lodo hidrolizado (48) a temperatura de 130°C, se lleva a digestión anaerobia (no indicado en el esquema).

- 5 Con esta forma de operar se consigue un aprovechamiento energético superior al de otras tecnologías mediante la condensación total de los vapores de media y baja presión generados en el proceso, una elevada hidrólisis del lodo con incrementos en productividad de biogás superiores al 30%, un sistema robusto, compacto y fácilmente estandarizable, con la ventaja adicional de no utilizar bombas que operen a presiones y
- 10 temperaturas elevadas con materiales viscosos y abrasivos, evitando así los consiguientes problemas de mantenimiento. Al trabajar con ciclos cortos y tiempos de residencia en la fase de hidrólisis cortos, los equipos son de tamaño sensiblemente menor que el de otras tecnologías y además la flexibilidad de operación permite una
- 15 integración óptima para cualquier aplicación.

REIVINDICACIONES

1. Método para la hidrólisis térmica de materia orgánica que opera en continuo y que comprende etapas de impulsión, hidrólisis y recuperación de energía, **caracterizado** porque la etapa de impulsión se compone de dos depósitos de dosificación y dos depósitos de presurización, que mediante vapor o aire a presión se presurizan y que al operar por ciclos permiten conseguir un caudal de salida constante, sin necesidad de utilizar bombas u otros elementos que comuniquen energía al fluido; mientras el primer depósito de presurización recibe la carga de materia orgánica procedente de los depósitos de dosificación, el segundo depósito se presuriza alcanzando presiones comprendidas entre 4 y 25 barg, de forma que se genera un flujo regulable y constante de materia orgánica precalentada hasta temperaturas comprendidas entre 60 y 140°C; la etapa de hidrólisis se **caracteriza** por la mezcla muy rápida, en tiempos menores a 5 segundos, del fluido presurizado con vapor vivo, lo que permite alcanzar temperaturas de hasta 220°C sin que aparezcan reacciones secundarias; el fluido así calentado pasa a través de un orificio a un tanque de alivio o regulación y se mantiene a temperatura comprendida entre 140 y 180°C durante tiempos comprendidos entre 1 y 15 minutos, verificándose el proceso de hidrólisis por temperatura; la etapa de recuperación de energía comprende un sistema de descompresión que permite el paso controlado del fluido a presión elevada hasta el tanque de despresurización, que opera a presiones comprendidas entre -0,5 y 4 barg y en el que se produce la ebullición súbita o de flash; tanto el vapor de media presión generado en el tanque de alivio de la sección de hidrólisis como el vapor de baja presión generado en el flash se llevan a un eyector o termocompresor que conduce la mezcla de ambos vapores al sistema de impulsión, donde condensan aumentando la temperatura de la masa allí cargada; la masa hidrolizada que sale del tanque de despresurización se conduce al proceso de digestión anaerobia o cualquier otro sistema de aprovechamiento.

2. Método que de acuerdo con la reivindicación 1 y de forma diferente a los sistemas actualmente existentes comprende un sistema de carga que se **caracteriza** por:

- comprender depósitos presurizados que al ser operados en ciclos impulsan el fluido de forma continua y sin necesidad de utilizar bombas u otros elementos mecánicos para transportar fluidos a presión elevada;

- comprender depósitos interconectados a fin de recuperar energía e igualar presiones en cada ciclo de operación;

- comprender un sistema de regulación y control automático que mediante apertura y cierre de válvulas, permite que los depósitos de dosificación y presurización, que reciben cargas discontinuas, operen por ciclos, de forma que se produce un flujo constante y controlado de material a hidrolizar a elevada presión sin necesidad de utilizar bombas;

- comprender entrada de la mezcla de los vapores de media, baja y alta presión procedentes del eyector de la etapa de recuperación, para conseguir una mejor integración energética y un menor consumo neto de vapor de calefacción.

3. Método que de acuerdo con la reivindicación 1, se **caracteriza** porque de forma diferente a los procesos actualmente existentes, la etapa de hidrólisis se basa en una primera rotura de la estructura de los sólidos por despresurización y la posterior reacción a temperatura elevada; el método comprende:

- la mezcla extremadamente rápida de fluido y vapor para conseguir un aumento de temperatura en muy corto periodo de tiempo, impidiendo que a pesar de la elevada temperatura que se alcanza se desarrollen reacciones secundarias que conduzcan a la formación de compuestos no biodegradables o inhibidores;

5

- el paso de la materia orgánica desde la presión elevada del mezclador a la presión inferior de la cámara de alivio, para conseguir la rotura de la estructura de la materia orgánica por efecto de la descompresión;

10

- el mantener la materia disgregada durante un tiempo predeterminado en la cámara de alivio y conseguir un efecto de hidrólisis adicional por efecto de la temperatura.

4. Método que de acuerdo con la reivindicación 1 y de forma diferente a los sistemas actualmente existentes, se **caracteriza** porque la etapa de recuperación de energía se consigue produciendo dos corrientes de vapor de diferente contenido entálpico, a las que puede añadirse vapor vivo para conseguir un óptimo aprovechamiento energético. La corriente de vapor de media presión se obtiene directamente en la cámara de alivio de la etapa de hidrólisis y se conduce a un eyector o termocompresor; la corriente de vapor de baja presión, se genera mediante la despresurización y adecuado control del flujo de materia hidrolizada mediante la bifurcación en dos líneas, en la primera existe un orificio de diámetro predeterminado y en la segunda una válvula de control, de forma que se consigue una menor abrasión en la válvula; el material despresurizado se escinde en el tanque de flash en una fase líquida de materia orgánica hidrolizada y una fase vapor que también se conduce al eyector, la mezcla de ambos vapores, y en su caso, vapor de alta presión se conduce a la etapa de impulsión donde condensa y eleva la temperatura de la masa a hidrolizar rebajando el consumo neto de vapor de calefacción.

15

20

25

5. Método que de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, comprende:

30

- depósitos de dosificación y presurización que se presurizan con gas o vapor hasta presiones entre 4 y 25 barg, para conseguir un flujo de la materia orgánica a hidrolizar sin necesidad de utilizar bombas u otros dispositivos mecánicos.

35

- depósitos de dosificación y presurización que actúan como etapa de precalentamiento al recibir los vapores de alta, media y baja presión procedentes del termocompresor, el uso de vapores con diferente nivel de temperatura permite un aprovechamiento total del vapor producido.

40

- un sistema de control que permite que los depósitos de dosificación y presurización operen en ciclos que se repiten de forma secuencial, en periodos regulables entre 10 y 60 minutos, lo que permite que en la práctica el sistema opere en continuo sin necesidad de bombas.

6. Método en el que de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, la etapa de hidrólisis comprende:

45

- la mezcla rápida de fluido y vapor de calefacción para conseguir temperatura entre 140 y 220°C, con presiones de hasta 20 barg y en tiempos menores de 5 segundos, de forma que las reacciones secundarias de formación de compuestos no biodegradables o inhibidores no tengan lugar, a pesar de la elevada temperatura;

50

- la despresurización, mediante el flujo a de la masa caliente través de un orificio, a presiones de hasta 10 barg para conseguir que la estructura de la materia a hidrolizar se rompa.

5 - un tanque de alivio o regulación, que garantiza un control fino y rebaja la temperatura de la materia que se hidroliza hasta 140 - 180°C, permitiendo un tiempo de hidráulico de residencia entre 1 y 15 minutos, para conseguir que las reacciones de hidrólisis por efecto de la temperatura incrementen la eficacia del proceso.

10 7. Método que de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 4 comprende eyectores o termocompresores para conseguir una elevada recuperación de la energía utilizando como fluido de pre-calentamiento en la zona de carga una mezcla de tres corrientes de vapor de presión alta, media y baja; la corriente con presión media, de hasta 10 barg, se produce por escisión en la cámara de regulación, la corriente de vapor con presión baja, 15 comprendida entre -0,5 y 4 barg, se produce en la cámara de flash, la corriente de presión alta corresponde a vapor vivo o vapor de calefacción.

20 8. Método que de acuerdo con las reivindicaciones 1, 4 y 6 comprende un sistema de descompresión mediante conducciones en paralelo de forma que un caudal comprendido entre el 60 y el 90 % del total atraviese un orificio de diámetro predeterminado, mientras que el resto del caudal se regula mediante una válvula de control automático, para así conseguir minimizar el efecto de la abrasión en la válvula de control.

25 9. Una instalación (8) para implementar el método de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4, y que comprende sistemas de carga y alimentación que no precisan el empleo de bombas, sistema de hidrólisis utilizando equipos de calentamiento extremadamente rápido a temperatura elevada, descompresión y mantenimiento de la masa a la temperatura de hidrólisis, y finalmente un sistema de recuperación de energía mediante producción y aprovechamiento de vapor de media y baja presión.

30 10. La instalación (8) que de acuerdo con la reivindicación anterior comprende:

- conducción o cinta transportadora (18, 19) y válvulas de corte (20,21) de entrada de la materia orgánica que se desea hidrolizar;

35 - dos depósitos de dosificación (9, 10) provistos de salida de material a hidrolizar (22, 23), entrada de vapor en exceso (43, 44), salida de incondensables (37, 38), conexión entre depósitos (52), dotados de sus correspondientes válvulas de corte (41, 42, 24, 25, 35, 36, 54, 55);

40 - dos depósitos (11, 12) de presurización provistos tuberías de alimentación (22, 23) de entrada de gas o vapor a presión (33, 34) , tubería de salida de alimentación continua (26, 27), conexión entre depósitos (52) con sus correspondientes válvulas (24, 25, 31, 32, 53, 56);

45 - tubería de alimentación (39) a la sección de hidrólisis con sistema de regulación automática de caudal (no mostrado en el esquema);

50 - mezclador de vapor (13) provisto de entrada de vapor de calefacción (30) y válvula automática (40), conectado a la cámara de alivio y regulación fina de presión (14),

mediante el orificio (57) de conexión entre la zona de presión elevada (13) y la cámara (14) de presión media;

- 5 - un eyector o termocompresor (16) que recibe el vapor de media presión (49) generado en la cámara de alivio (14), el vapor (47) generado en la cámara de flash (15) y eventualmente el vapor de aporte o calefacción (58).

11. La instalación (8) que de acuerdo con las reivindicaciones 9 y 10 está **caracterizada** porque en su sección de carga comprende los medios para:

10

- presurizar con vapor o aire a presión los depósitos (9, 10, 11, 12) y conseguir la impulsión y movimiento continuo de la materia que se pretende hidrolizar sin necesidad de bombas;

15

- regular y controlar la operación en ciclos de los depósitos (9, 10, 11, 12) en secuencias alternativas de carga y presurización, cuya duración puede fluctuar entre 10 minutos y 1 hora, de forma que el flujo de salida hacia la etapa de calentamiento sea continuo;

20

- que los depósitos (9, 10) del sistema de carga están provistos de entradas de la mezcla de vapores procedente del eyector (43, 44), con sus correspondientes válvulas (41, 42);

- que los depósitos (9, 10, 11, 12) están interconectados mediante el peine de tuberías (52) y sus correspondientes válvulas (53, 54, 55, 56);

25

- que exista una purga de incondensables y vapor en exceso (37, 38) con sus correspondientes válvulas (35, 36);

12. La instalación (8) en la que el sistema de hidrólisis y de acuerdo con las reivindicaciones 9 y 10 está **caracterizada** porque:

30

- comprende un sistema de calefacción consistente en un mezclador rápido (13) al que se inyecta vapor vivo (30) que se controla mediante la válvula automática (40) y que en tiempos inferiores a 5 segundos permite que la masa a hidrolizar alcance temperaturas de hasta 220°C y presiones de hasta 20 barg, dicho mezclador está a su vez conectado mediante un orificio (57) a un recipiente (14) que actúa como tanque de alivio o regulación y permite un control fino de presión y temperatura en el rango de 2 - 10 barg y 140 - 180°C, de forma que la descompresión genera una primera rotura de la estructura de la materia orgánica que se pretende hidrolizar.

35

40

- la masa despresurizada en el orificio (57) se mantiene en la cámara de alivio, de forma que la materia pre-hidrolizada por descompresión se mantiene a temperatura entre 140 y 180°C, durante un tiempo predeterminado que varía entre 1 y 15 minutos.

13. La instalación (8) que de acuerdo con la reivindicaciones 9 y 10 está **caracterizada** porque su sección de recuperación de calor comprende:

45

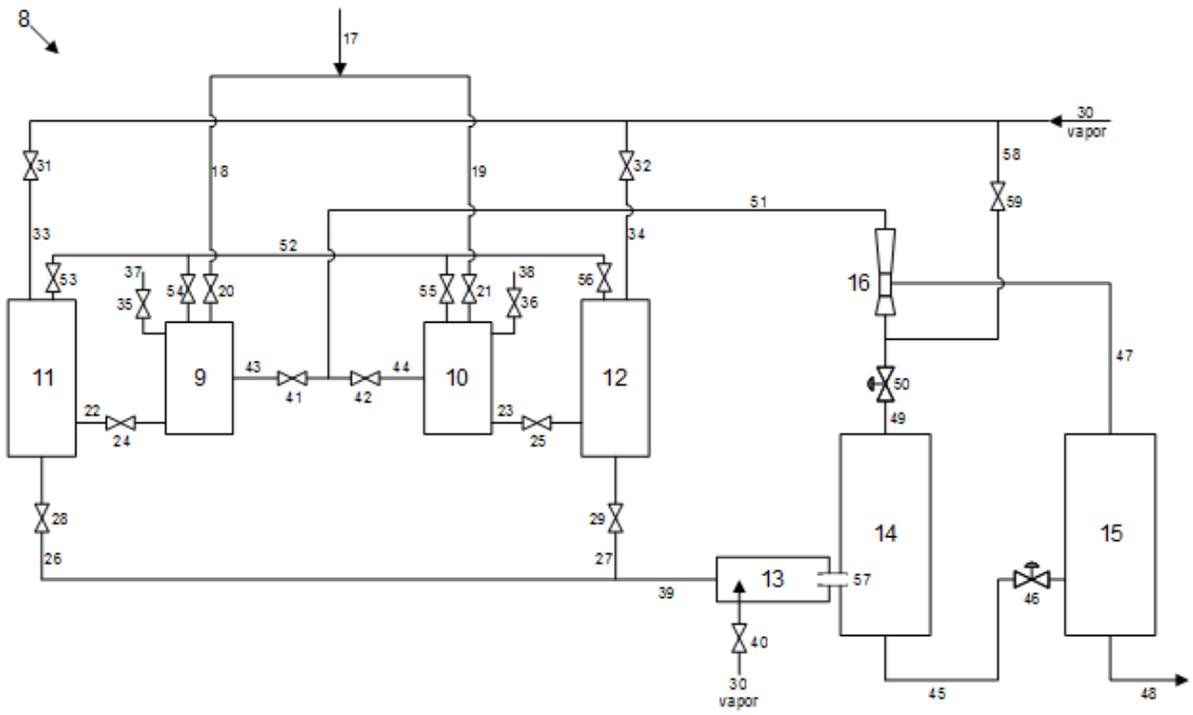
- un sistema de descompresión (46) que a la entrada mantiene presiones comprendidas entre 2 y 10 barg y a la salida presiones entre -0,5 y 4 barg, dicho sistema de despresurización (46) consistente en un orificio o diafragma (6) cuyo diámetro se calcula para que deje pasar entre el 60 y el 90% del caudal nominal, mientras que con el resto del caudal se realiza un control fino mediante la válvula automática (7).

50

- sendos dispositivos de separación de fases (14 y 15) en los que se escinden y separan corrientes de vapor de presión media (49) y presión baja (47) que se conducen a un eyector o termocompresor (16) que los envía a la sección de carga para su utilización como fluido de pre-calentamiento de la alimentación.

5

Figura 3.





- ②① N.º solicitud: 201430895
②② Fecha de presentación de la solicitud: 11.06.2014
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **C02F11/18** (2006.01)
C02F1/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2013163998 A1 (HAARSLEV INDUSTRIES) 07.11.2013, página 3, línea 20 – página 4, línea 19; figuras 1-2.	1-13
A	US 5888307 A (SOLHEIM) 30.03.1999, columna 2, línea 35 – columna 3, línea 20.	1-13
A	WO 2013167469 A1 (VEOLIA WATER SOLUTIONS&TECHNOLOGIES SUPPORT) 14.11.2013, página 11, línea 4 – página 16, línea 29.	1-13
A	ES 2388890 T3 (BIOGAS SYSTEMS GMBH) 21.04.2010, página 4, línea 29 – página 5, línea 34; figura 1.	1-13
A	CN 102515454 A (HUBEI GUOXIN TIANHUI ENERGY CO LTD) 27.06.2012, (resumen) [en línea] Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE.	1-13

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27.04.2015

Examinador
A. Rúa Aguete

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C02F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC,WPI, TXTE; XPESP, CAPLUS

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.04.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-13	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-13	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2013163998 A1 (HAARSLEV INDUSTRIES)	07.11.2013
D02	US 5888307 A (SOLHEIM)	30.03.1999
D03	WO 2013167469 A1 (VEOLIA WATER SOLUTIONS&TECHNOLOGIES SUPPORT)	14.11.2013

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención es un procedimiento en continuo para la hidrólisis térmica de materia orgánica que comprende una primera etapa de impulsión en la que el residuo orgánico se conduce a dos tanques paralelos de dosificación que alimentan secuencialmente la materia orgánica a dos recipientes de presurización, donde se aumenta su presión utilizando vapor o aire comprimido, una segunda etapa de hidrólisis en la que se produce una mezcla muy rápida del fluido presurizado con vapor vivo, que impide la aparición de reacciones secundarias y que pasa a un tanque de regulación para la descompresión del material caliente y una última etapa de recuperación de energía en la que el contenido del tanque de regulación se descomprime súbitamente a través de una serie de válvulas flash, dando lugar a una fase líquida hidrolizada que pasa al proceso de digestión anaerobia, mientras que los vapores se recirculan a los tanques de dosificación de la etapa de impulsión por medio de un termocompresor. También es objeto de la invención una instalación para la puesta en práctica de dicho procedimiento que comprende en la etapa de impulsión depósitos de carga y presurización interconectados, en la etapa de hidrólisis un mezclador rápido y una cámara de alivio y en la etapa de recuperación de energía un sistema de descompresión con cámara de flash y un eyector que mezcla los vapores producidos. Permite una recuperación de calor optimizada para menores consumos específicos de energía y el transporte de la masa a hidrolizar en condiciones de presión y temperaturas elevadas sin necesidad de utilizar bombas.

El documento D1 divulga un sistema para la hidrólisis térmica en continuo de materia orgánica que comprende un tanque de alimentación en el que se inyecta el vapor de alta, un hidrolizador y una cámara flash y un método para la hidrólisis térmica continua de materia orgánica en el que el transporte del material al hidrolizador se realiza por gravedad o por diferencia de presiones y el paso del hidrolizador a la cámara de flash se efectúa mediante la diferencia de presiones, lo que hace innecesario el uso de una bomba para el transporte del material. Para que el proceso sea económicamente más eficiente se produce el aprovechamiento del vapor a la salida de la cámara de flash y del hidrolizador. El objeto de la invención divulgado se diferencia del objeto de la solicitud en que para la alimentación al hidrolizador se utiliza un sistema en paralelo de dos depósitos de dosificación y presurización previos interconectados, además del uso de un termocompresor en la etapa de recuperación de calor. (Ver figuras 1 y 2).

El documento D2 divulga un método y un sistema para la hidrólisis térmica continua de materia orgánica que comprende 4 reactores y un sistema de válvulas que regulan el proceso de modo que se utiliza dos veces el vapor de presión de alta, con lo que se reduce el consumo energético. En este método la diferencia de presiones entre los distintos reactores permite el transporte de la materia a hidrolizar sin necesidad de utilizar bombas entre las distintas etapas, salvo entre los dos primeras. (Ver columna 2, línea 44; columna 3, líneas 63 a 65, columna 3, líneas.

El documento D3 divulga un método y sistema para la hidrólisis de materia orgánica en el que se emplean dos reactores de hidrólisis en los que tiene lugar el ciclo completo de hidrólisis y en el que se produce el aprovechamiento del vapor de salida de cada reactor mediante la inyección mutua del vapor flash de salida. (Ver figura 1)

Ninguno de los documentos D1 a D3 citados divulga un sistema y método para la hidrólisis continua de materia orgánica con aprovechamiento energético de los vapores de salida y que no utiliza bombas para el transporte de la masa a hidrolizar, que comprenda los aparatos recogidos en la reivindicación 10 para la ejecución del procedimiento descrito en la reivindicación 1.

Por lo tanto, la invención tal y como se recoge en las reivindicaciones 1 a 13 de la solicitud es nueva e implica actividad inventiva. (Art. 6 y 8 de la LP).