(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 272 157**

(21) Número de solicitud: 200500938

(51) Int. Cl.:
C02F 3/28 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación: **19.04.2005**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2007**

Fecha de la concesión: **14.03.2008**

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **16.04.2008**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente: **16.04.2008**

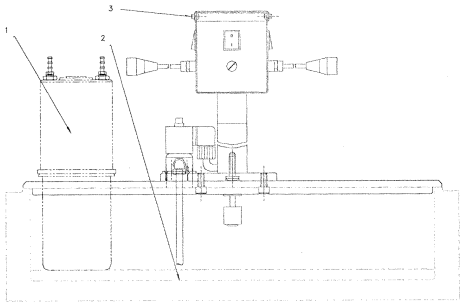
(73) Titular/es: **Universidad de Cádiz**
OTRI-Universidad de Cádiz
c/ Ancha, 16
11001 Cádiz, ES

(72) Inventor/es: **Álvarez Gallego, Carlos;**
Sales Márquez, Diego;
Fernández Güelfo, Luis Alberto;
Romero García, Luis Isidoro;
Pérez García, Montserrat y
Foster Carneiro, Tânia

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad.**

(57) Resumen:
Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad.
La presente invención se refiere a un nuevo equipo de laboratorio específicamente diseñado para ensayos discontinuos de digestión anaerobia en cualquier rango de temperatura.
Consta de una batería de reactores anaerobios (1), de los que en el esquema podemos ver uno de ellos, agitados y calefactados mediante baño termostático (2), sobre el que descansa un panel eléctrico de control (3), sujeto a una plancha de PVC, en la que se ha mecanizado el contorno de cada uno de los reactores que componen la batería.



ES 2 272 157 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad.

Sector de la técnica

Reactores biológicos.

Estado de la técnica

Las actividades de descontaminación y reciclado de residuos están adquiriendo una presencia cada vez mayor en nuestra sociedad. La ley de residuos 10/1.998, del 21 de abril, promueve el reciclado de la materia orgánica, considerándolo como "la transformación de los residuos dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización (digestión anaerobia)".

Entre las principales ventajas de la digestión anaerobia de sustancias biodegradables se encuentra la generación de biogás, valorizable energéticamente por su contenido en metano, que le confiere un Poder Calorífico Superior (PCS) en torno a 5.250 Kcal/Nm^3. Considerando los actuales precios del gas natural para usos industriales, cada metro cúbico de biogás tendría un precio equivalente a unos 0,12 euros. Generalmente el biogás se aprovecha, aunque no siempre en su totalidad, como combustible en las propias plantas de tratamiento de residuos y en el caso de las depuradoras de aguas residuales se destina a la producción de agua caliente necesaria para mantener la temperatura de los digestores.

Mediante un buen uso del biogás, las entidades responsables de la gestión de las depuradoras pueden realizar una actividad económica y medioambientalmente beneficiosa, ya que se engloba dentro del fomento del empleo de las llamadas energías renovables, contribuyendo, aunque en algunos casos sea de un modo testimonial, al ahorro de energía primaria y reforzando la imagen de la entidad, respetuosa con el medio ambiente y comprometida con la sociedad a la que presta servicio. No parece adecuado quemar el biogás en una antorcha, sin aprovechar su contenido energético y contribuyendo al efecto invernadero, o lo que es aun peor, en los casos de fallos en la antorcha, emitiendo directamente metano a la atmósfera que es uno de los principales precursores de la destrucción de la capa de ozono.

Por tanto, resulta interesante la optimizacián del proceso de digestión anaerobia para obtener el máximo rendimiento energético, lo cual es sumamente complejo si se tiene en cuenta el gran número de variables de operación de los que depende (T^a, humedad, tipologías de residuos, fuentes de inoculo y porcentajes de inoculación, pretratamientos a la digestión anaerobia, etc...). Así, podría trabajarse en tres rangos de temperatura: Psicrófilico (15ºC), Mesofílico (35ºC) o Termofílico (55ºC) y en condiciones Secas (25-35% en ST) o Húmedas (5-10% en ST); podrían tratarse residuos de diferente índole (taladrinas, vinazas de vino, fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), lodos de depuradora); se podrían emplear distintas fuentes de inoculo (estiércol de vaca, purines de cerdo, lodos de EDAR digeridos anaeróbicamente, maíz de silos, etc...) con distintos porcentajes de inoculación y, finalmente, podrían realizarse pretratamientos de los residuos, antes de la digestión anaerobia, para favorecer la solubilización de la materia orgánica en el medio y aumentar la velocidad global del proceso (pretratamientos térmicos, químicos, termoquímicos).

La combinación de todas estas variables entre sí permite planificar un gran número de experimentos que podrían ensayarse a escala de laboratorio. Por lo general, estos ensayos de biodegradabilidad, suelen realizarse en reactores discontinuos independientes con volúmenes que suelen oscilar entre 1.000-2.000 mL, con unos costes aproximados de 12.000 €/Reactor (fabricación y accesorios: baño termostático, eje de agitación y estructura de sujeción).

Sería deseable, por tanto, el diseño de un nuevo equipo flexible que permita ensayar el mayor número de variables de operación de forma simultanea sin que suponga un problema de espacio y de capital de inversión.

Para ello, la presente invención se centra en la fabricación de un equipo de laboratorio, de reducidas dimensiones, en el que se puedan llevar a cabo múltiples ensayos simultáneos de biodegradabilidad, estableciendo cualquier combinación entre las variables de operación mencionadas anteriormente, fijado un rango de temperatura.

Explicación de la invención

La presente invención se refiere a un nuevo equipo de laboratorio específicamente diseñado para ensayos discontinuos de digestión anaerobia en cualquier rango de temperatura. A continuación se describen físicamente los distintos elementos de los que consta:

a*) Reactores biológicos*

El equipo consta de una batería de reactores anaerobios, agitados y calefactados mediante baño termostático. Cada uno de los cuerpos de los reactores está fabricado en acero inoxidable AISI 304 y disponen en su tapa los siguientes elementos (Figuras 1.1-1.3):

1. Un motorreductor compacto a 220 V y 50 mA encargado de accionar el eje de agitación del sistema. Se encuentra protegido mediante carcasa de PVC perforada lateralmente con orificios de aireación en la parte superior e inferior para la disipación del calor generado por el motor.

2. Eje de agitación desmontable y acoplado a la tapa mediante una grapa de sujeción DIN 11.024. Posee aspas cilíndricas colocadas a distinta altura y en ángulo de 90º respecto al eje (Figura 1.3). Gira a diez r.p.m. y cambia el sentido de giro cada siete segundos mediante un temporizador cíclico y un relé de potencia instalados en el puente eléctrico.

3. Una entrada mediante espiga acanalada para inertizar la atmósfera interna con gas inerte (ej. N_2)

4. Una válvula de tres vías de acero inoxidable con dos posiciones, abierta y cerrada. La posición abierta (Figura 1.5) se utiliza para la toma de muestra del interior del reactor por succión mediante una varilla de acero (Figura 1.4), de longitud igual a 1,2 veces la altura del reactor, y jeringa de 100 mL. La posición cerrada se utiliza para la salida del biogás que se genera en el proceso (Figura 1.6), el cual es desplazado por presión a través de un conducto de silicona hasta una bolsa Tediar de 10 litros (polímero plástico de fluoruro de polivinilo), donde se almacena, a presión atmosférica y temperatura ambiente para posterior análisis y cuantificación.

5. Un enchufe de montaje en chasis a través del cual es alimentado de electricidad mediante un conector procedente del puente eléctrico.

Entre sus especificaciones técnicas puede destacarse:

1. Volumen total/útil (mL): 1.100/750 mL.

2. Peso por reactor sin la varilla tomamuestra: 3,5 Kg.

3. Dimensiones totales (vaso + motor): 32,15 cm de alto y 10,45 cm de diámetro.

4. Intervalo de par motor (Nm): 0,2-0,8 (0,26 Nm par nominal)

5. Velocidad máxima de giro del eje en carga y vacío (r.p.m.): 40

6. Relación de reducción del mototrreductor: 13

7. Número de etapas del motorreductor: 4

El funcionamiento de cada reactor es independiente y está controlado mediante interruptores bipolares (220 V y 16 A) instalados en un panel eléctrico de acero inoxidable situado sobre el baño termostático. La hermeticidad entre la tapa y el cuerpo del reactor se consigue mediante una junta de neopreno de 3 mm de espesor y dos cierres básicos flexibles con barras atravesadas, situados diametralmente en la parte superior del vaso. Los cuerpos de los reactores, una vez introducidos en el baño para ser calefactados, están sumergidos ¾ quedando ¼ del cuerpo y la tapa con todos sus accesorios por encima del nivel del líquido calefactor.

b) *Baño termostático*

La cubeta, que se apoya sobre una base plana, es de doble cuerpo, estampada interiormente en acero inoxidable AISI 310 y exteriormente en acero inoxidable AISI 304. Permite controlar la temperatura mediante una resistencia eléctrica de aleación de INCOLOY, inmersa en agua. Es imprescindible para su utilización llenar de líquido (agua o aceite según temperatura) la cubeta hasta el nivel adecuado, llegando éste, como mínimo, a cubrir el elemento calefactor. Cuenta a su vez de un grifo de desagüe para vaciar la cubeta y una válvula eléctrica solenoide con flotador vertical (Figura 2.1), encargada de mantener el nivel agua entre el máximo y el mínimo.

Entre sus especificaciones técnicas pueden destacarse:

1. Capacidad de la cubeta: 45 L.

2. Rango de temperatura de operación: entre +5 y +110ºC con una estabilidad de ±1ºC.

3. Tensión de alimentación al equipo: 230 V 50 Hz.

4. Consumo energético: 2.400 W.

5. Dimensiones interiores: 15 cm de alto, 62 cm de ancho y 50 cm de fondo.

6. Dimensiones exteriores: 22 cm de alto, 69 cm de ancho y 62 cm de fondo.

7. Peso: 18 Kg.

El baño cuenta con un termostato de seguridad de sobretemperatura o por falta de líquido cumpliendo con la norma DIN 12877.2.

c*) Puente eléctrico*

Sobre el baño descansa un panel eléctrico de control sujeto mediante perfiles de aluminio 45 x 45 (Figura 4.3) a la tapa de PVC en la que se ha mecanizado el contorno de la batería de reactores que conforman el sistema (Figuras 3.1-3.2). La caja principal del panel, fabricada de acero inoxidable, posee los siguientes elementos instalados (Figura 4.1):

1. Un interruptor general bipolar de parada de emergencia, tipo balancín, (220 V y 16 A).

2. Un enchufe Schuko de alimentación a 230 V y 10 A.

3. Tantos interruptores parciales bipolares tipo balancín como reactores constituyen el sistema (220 V y 16 A).

4. Conectores flexibles a cada uno de los motores, uno para cada reactor.

5. Fusibles de seguridad de 300 mA, uno para cada interruptor.

6. Un temporizador V.N. 24-230 Vca/cc-50/60 Hz. Intervalos de tiempo entre 0,10 s y 120 h. Corriente máxima conmutada 250 Va-5 A.

7. Un relé de potencia para montaje en carril DIN. Tensión nominal 230 V. Corriente máxima conmutada 380 Va-20 A.

El esquema eléctrico del conjunto se detalla en la Figura 4.2 y la disposición final, sobre el baño, de la tapa acoplada al puente se representa en la Figura 4.4.

Ventajas que ofrece el equipo propuesto

1. El cambio en el sentido de giro de las aspas de agitación evita problemas de obstrucciones que podrían desencadenar en la avería del motor encargado de accionar el eje. De igual forma se asegura la agitación del sistema, muy importante, por ejemplo, en digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos donde se requiere gran homogeneidad en la masa total debido a la heterogeneidad de su naturaleza.

2. Las aspas del eje de agitación, soldadas a diferente altura, evitan la existencia de zonas muertas en el reactor y su configuración cilíndrica disminuye la resistencia al giro respecto a las de configuración plana, especialmente cuando se trabaja con residuos viscosos. De esta forma el motor de agitación tiene que realizar menos trabajo.

3. El hecho de que el eje sea desmontable posibilita que los reactores puedan ser agitados a un mayor número de revoluciones por minuto mediante otro sistema, por ejemplo, agitación magnética con aplicación de calor o no (termoagitadores o agitadores magnéticos).

4. La tapa de PVC del baño calefactado disminuye notablemente la evaporación de agua. Esto supone la desaparición de los problemas eléctricos derivados de ambientes húmedos (típicos cuando se trabaja con baños termostatizados mediante cabezas calefactores externas), un menor consumo de este recurso y evita, además, copiosas deposiciones de cal que se forman en baños abiertos a la atmósfera.

5. La instalación de la válvula de tres vías en la tapa del reactor es de vital importancia ya que permite, además de extraer el biogás que se genera en su interior, tomar muestras del residuo a lo largo del experimento e introducir cualquier tipo de agente químico que asegure la estabilidad del proceso (ej. Ácidos o bases para mantener el pH en sus valores óptimos) manteniendo la hermeticidad del sistema.

6. La válvula de solenoide instalada en el baño permite que el nivel de agua sea el adecuado. Se conecta directamente a la red local de agua y actúa automáticamente de forma que si el nivel es inferior al mínimo, ésta se abre hasta restaurar el nivel óptimo y se cierra cuando lo ha alcanzado. Con ello conseguimos abastecer de agua al baño 24 horas al día, asegurando así la autonomía de su funcionamiento. En el caso de que el equipo estuviese ubicado en un lugar donde no existe toma de agua, solo sería necesario conectar la electroválvula a un tanque de almacenamiento mediante una conducción de silicona.

7. Es un equipo versátil y flexible dada su configuración modular en tres partes: la batería de reactores independientes, el baño termostático y el puente eléctrico (Figura 4.4). Esto hace que la invención no esté limitada al estudio de la digestión anaerobia, sino que puede ser utilizado en cualquier experimento donde se precise un sistema calefactor y/o un/os reactor/es de tanque agitado termostatizados o no.

Descripción de las figuras

Figura 1: Esquema general de componentes del sistema.

Se distinguen:

1.- Uno de los reactores que conforman la batería de reactores.

2.- Baño termostático.

3.- Puente eléctrico.

Figura 1.1: Vista en planta de la tapa del reactor sin la válvula de 3 vías.

Se distinguen:

4.- Espita de salida de biogás.

5.- Cierre a presión.

6.- Motorreductor.

7.- Cuerpo del reactor.

Figura 1.2: Vista alzado y sección con la válvula de tres vías instalada.

Se distinguen:

8.- Enchufe de alimentación.

9.- Carcasa de PVC.

10.- Espita de salida de biogás

11.- Motorreductor.

12.- Grapa de sujeción del eje.

13.- Aspas de agitación.

14.- Cuerpo del reactor.

15.- Cierre a presión.

Figura 1.3: Detalle del eje de agitación. Vista alzado y planta.

Figura 1.4: Detalle de la varilla para la toma de muestra. Vista alzado y planta.

Figura 1.5: Detalle del tomamuestra y válvula de tres vías en posición abierta.

Figura 1.6: Detalle del tomamuestra y válvula de tres vías en posición cerrada.

Figura 2.1: Flotador vertical y válvula solenoide instalada en el baño. Vista alzado.

Figura 3.1: Plancha de PVC. Vista en planta.

Figura 3.2: Plancha de PVC. Vista perfil.

Figura 4.1: Vistas alzado del panel eléctrico de control.

Se distinguen:

16.- Carcasa metálica del puente eléctrico.

17.- Porta fusible.

18.- Pasamuro para la salida de los conectores a cada reactor.

19.- Interruptores bipolares.

Figura 4.2: Esquema eléctrico

Se distinguen:

20.- Flotador vertical.

21.- Válvula solenoide.

22.- Temporizador cíclico.

23.- Relé de potencia.

24.- Motorreductor.

25.- Interruptor bipolar.

Figura 4.3: Vista en planta de la plancha de PVC y ubicación de componentes.

Se distinguen:

26.- Válvula solenoide.

27.- Flotador vertical.

28.- Reactor.

29.- Perfil de Aluminio para el puente eléctrico.

Figura 4.4: Vista perfil del puente eléctrico ensamblado a la plancha de PVC y posición sobre el baño.

Se distinguen:

30.- Conectores a reactores.

31.- Puente eléctrico.

32.- Válvula solenoide.

33.- Reactor.

34.- Plancha de PVC.

35.- Flotador vertical.

36.- Baño termostático.

Modo de realización de la invención

En la siguiente tabla se representa un ejemplo operativo para llevar a cabo un estudio de biodegradabilidad sobre la digestión anaerobia seca y termofílica de FORSU empleando distintas fuentes de inoculo y diferentes pretratamientos del residuo. El objetivo sería determinar qué inoculo consigue mayor rendimiento degradativo para cada pretratamiento ensayado (Químico, Térmico y Temo-Químico).

Régimen	Discontinuo
% Sólidos Totales	30
Días de ensayo	45
Tª de operación	55ºC
pH inicial	7,5
$Volumen_0$ Residuo	500 mL/reactor
Volumen líquido calefactor	45 litros de agua
r.p.m.	10
Intervalo cambio sentido de giro de agitación	7 segundos

		Pretratamiento	
Reactor	**Tipo de Inóculo**	**Químico** **Dosis NaOH (g/ L)**	**Térmico** **Tª(ºC) y t(min)**
1	Estiércol de vaca	24	
2	Purín de cerdo	24	
3	Lodo digerido de EDAR	24	
4	Lixiviado de FORSU	24	
5	Estiércol de vaca		121 ºC, 1 h
6	Purín de cerdo		121 ºC, 1 h
7	Lodo digerido de EDAR		121 ºC, 1 h
8	Lixiviado de FORSU		121 ºC, 1 h
9	Estiércol de vaca	24	121 ºC, 1 h
10	Purín de cerdo	24	121 ºC, 1 h
11	Lodo digerido de EDAR	24	121 ºC, 1 h
12	Lixiviado de FORSU	24	121 ºC, 1 h

REIVINDICACIONES

1. Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad, que comprende una batería de reactores anaerobios agitados y calefactados mediante baño termostático, sobre el que descansa un panel eléctrico de control, sujeto a una plancha de PVC, en la que se ha mecanizado el contorno de cada uno de los reactores que componen la batería.

2. Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad, según reivindicación 1, **caracterizado** porque cada uno de los cuerpos de los reactores que componen la batería está fabricado en acero inoxidable y dispone en su tapa de los siguientes elementos:

a) Un motorreductor, protegido mediante carcasa de PVC, la cual cuenta con orificios para la disipación del calor, producido por el motor encargado de accionar el eje de agitación del sistema.

b) Un eje de agitación desmontable y acoplado a la tapa mediante una grapa de sujeción, el cual posee 14 aspas cilíndricas colocadas a distinta altura y en ángulo de 90º respecto al eje, y cambia el sentido de giro cada cierto tiempo, mediante un temporizador cíclico y un relé de potencia instalados en el puente eléctrico.

c) Una entrada mediante espiga acanalada para inertizar la atmósfera interna con gas inerte.

d) Una válvula de tres vías de acero inoxidable con dos posiciones, la posición abierta que se utiliza para la toma de muestra del interior del reactor por succión, mediante una varilla de acero de mayor longitud que la altura del reactor, y jeringa de gran volumen, y la posición cerrada que se utiliza para la salida del biogás que se genera en el proceso

e) Un enchufe de montaje en chasis a través del cual es alimentado de electricidad mediante un conector procedente del puente eléctrico.

3. Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el baño termostático está formado por una cubeta de doble cuerpo, en la que es posible mantener, de forma autónoma, el nivel de agua adecuado mediante la instalación de un flotador vertical más una válvula solenoide conectada a la red de agua local, al tiempo que permite trabajar a cualquier temperatura comprendida entre +5 y +110ºC, mediante el empleo de una resistencia eléctrica de aleación de INCOLOY inmersa en agua.

4. Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad, según reivindicaciones 1 y 3, **caracterizado** porque sobre el baño termostático descansa un panel eléctrico de control sujeto mediante perfiles de aluminio a una tapa de PVC en la que se ha mecanizado el contorno de cada uno de los reactores que conforman la batería.

5. Sistema para el desarrollo simultáneo de ensayos de biodegradabilidad, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el panel eléctrico de control dispone, para cada reactor, de un interruptor con su respectivo fusible de seguridad y un conector encargado de suministrarle electricidad al motor de agitación, a la vez que cuenta con un interruptor general de parada de emergencia con fusible.

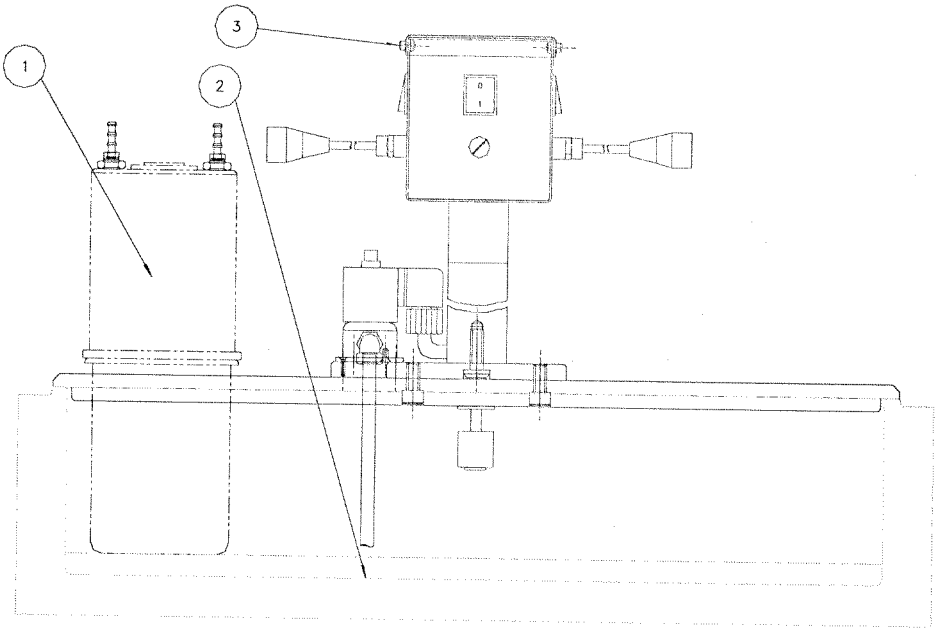


Figura 1

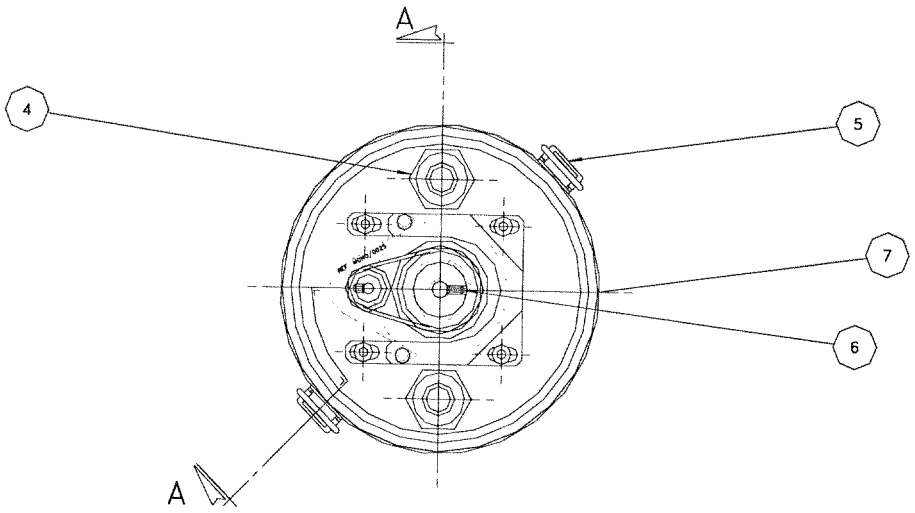


Figura 1.1

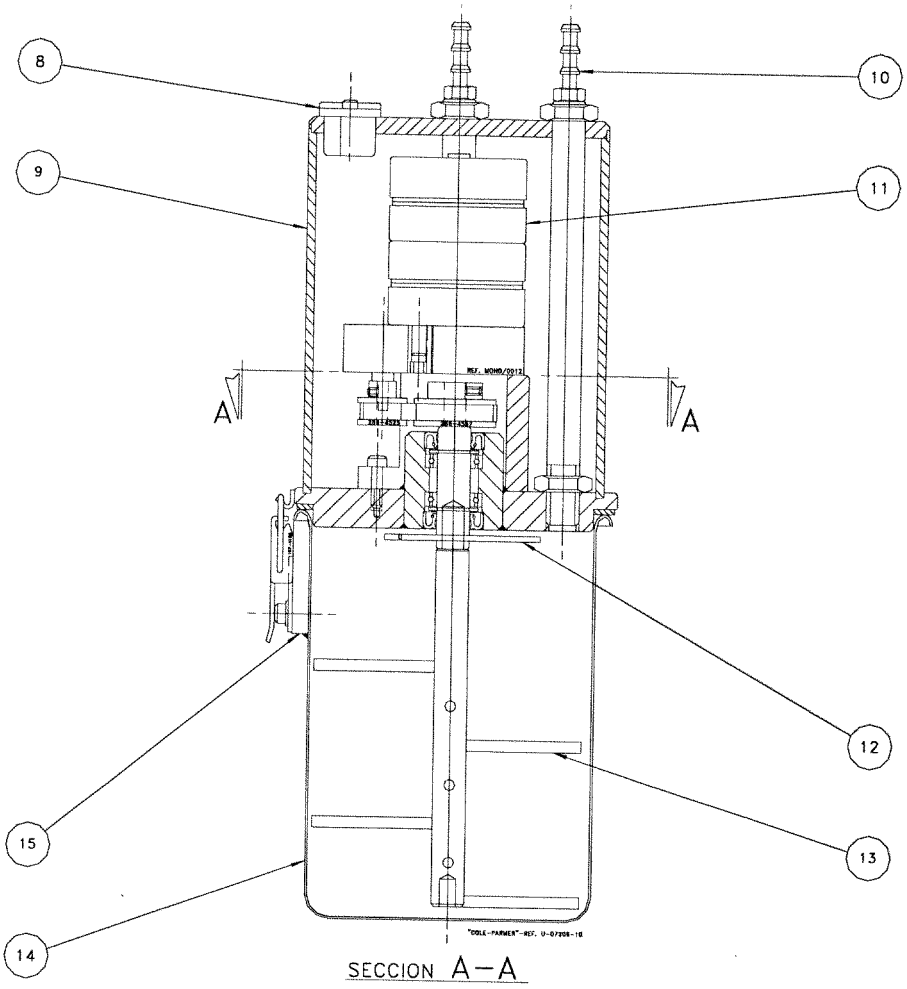


Figura 1.2

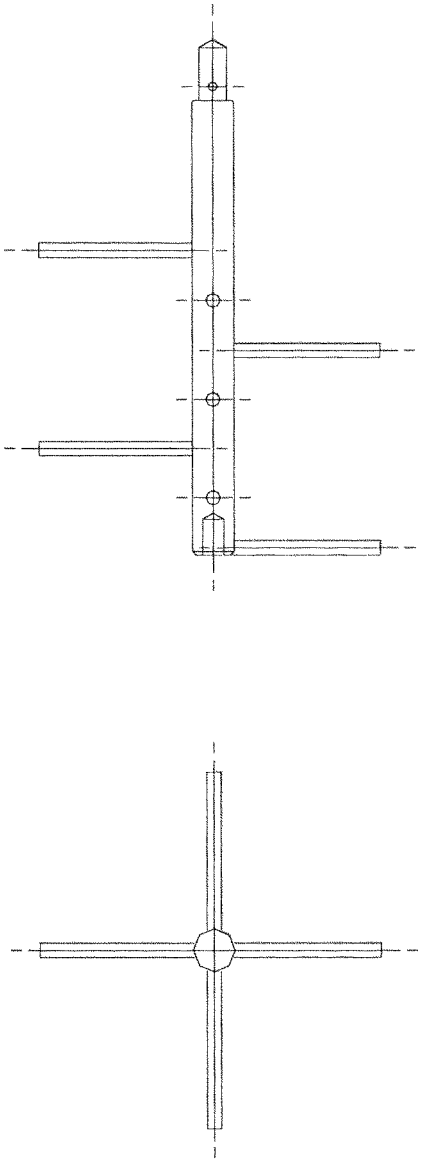


Figura 1.3

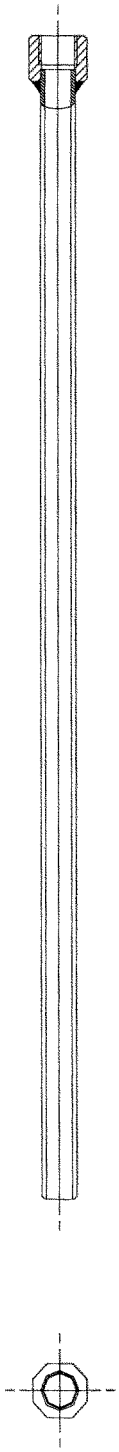


Figura 1.4

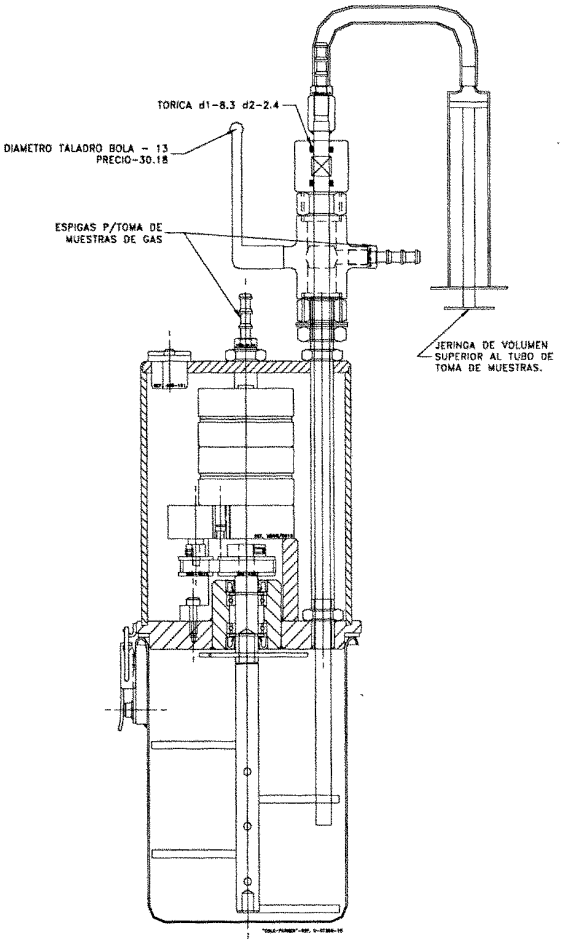


Figura 1.5

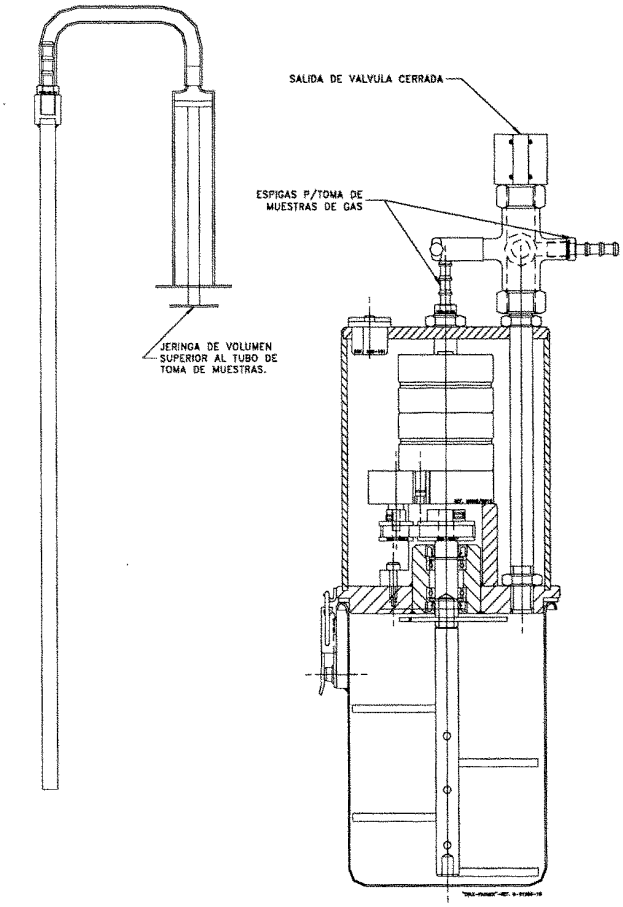


Figura 1.6

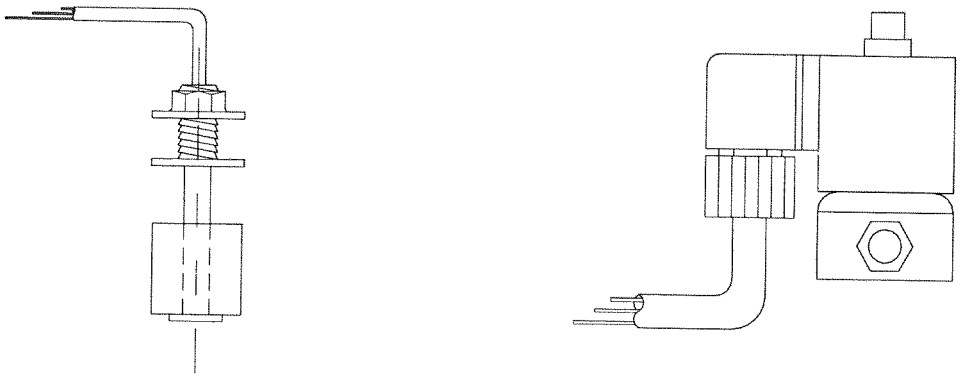


Figura 2.1

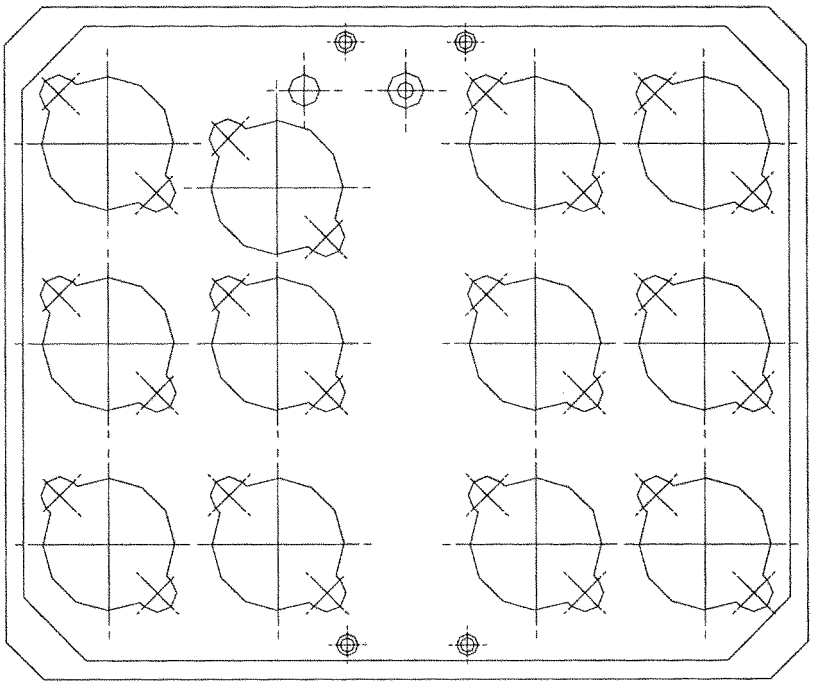


Figura 3.1

Figura 3.2

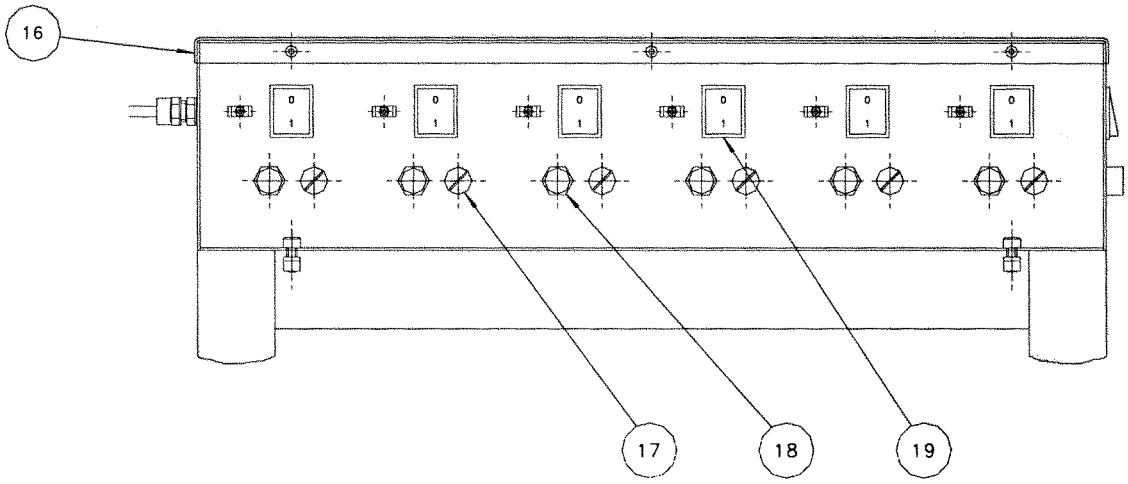


Figura 4.1

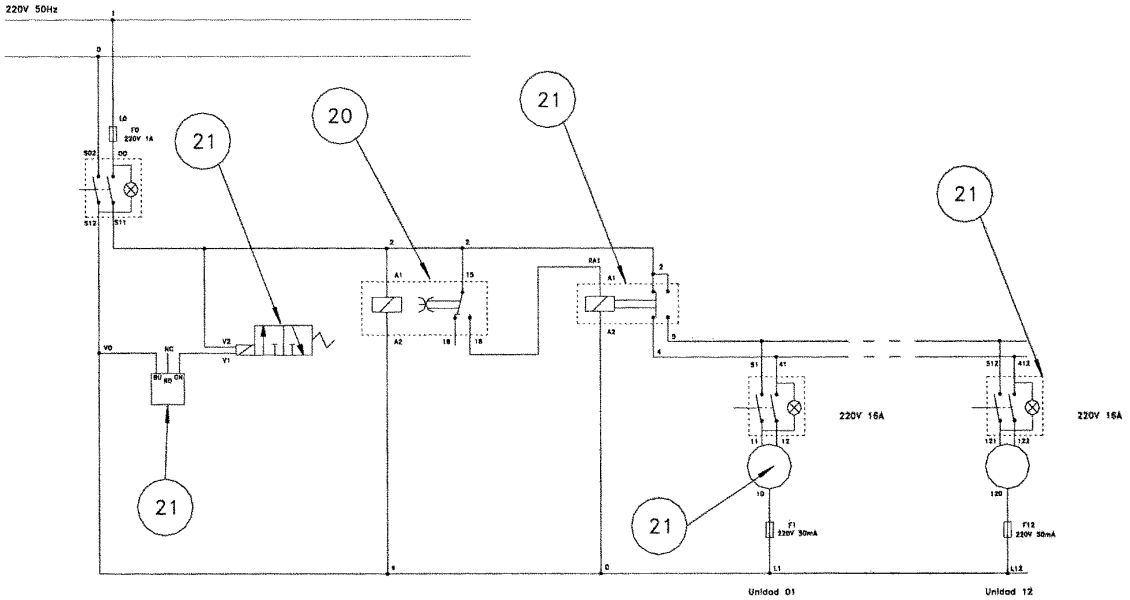

220V 50Hz
21
20
21
21
21
21
220V 16A
220V 16A
Unidad 01
Unidad 12

Figura 4.2

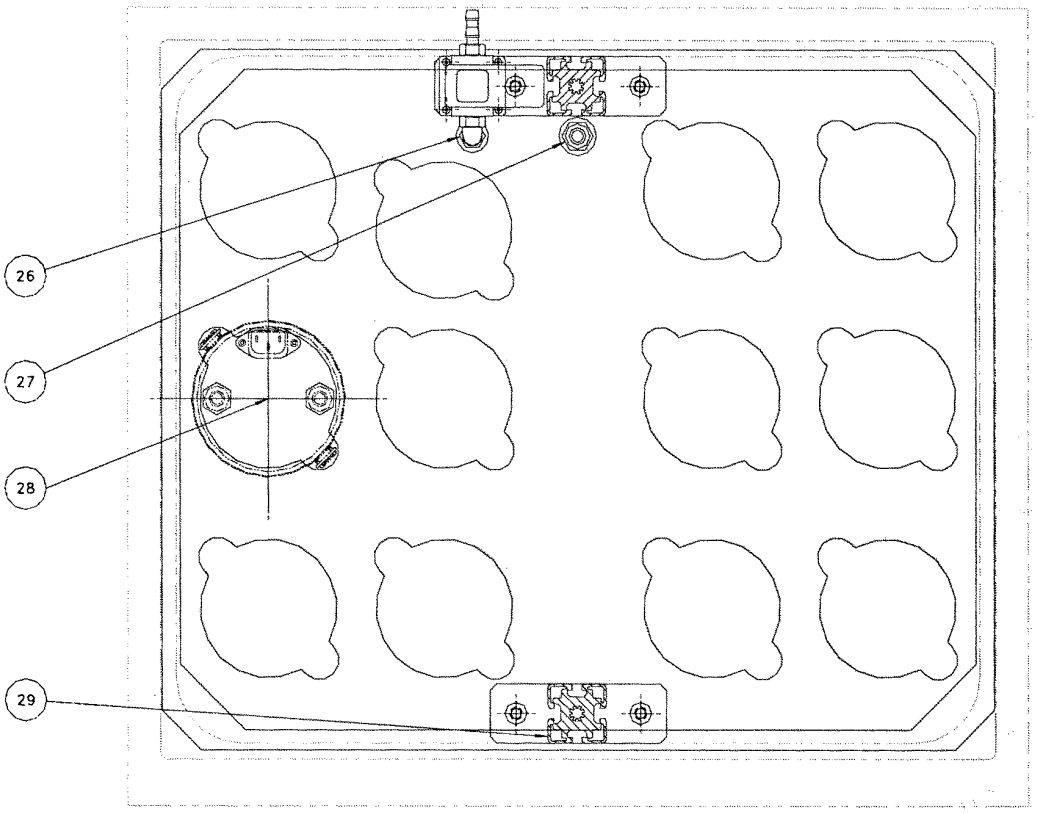


Figura 4.3

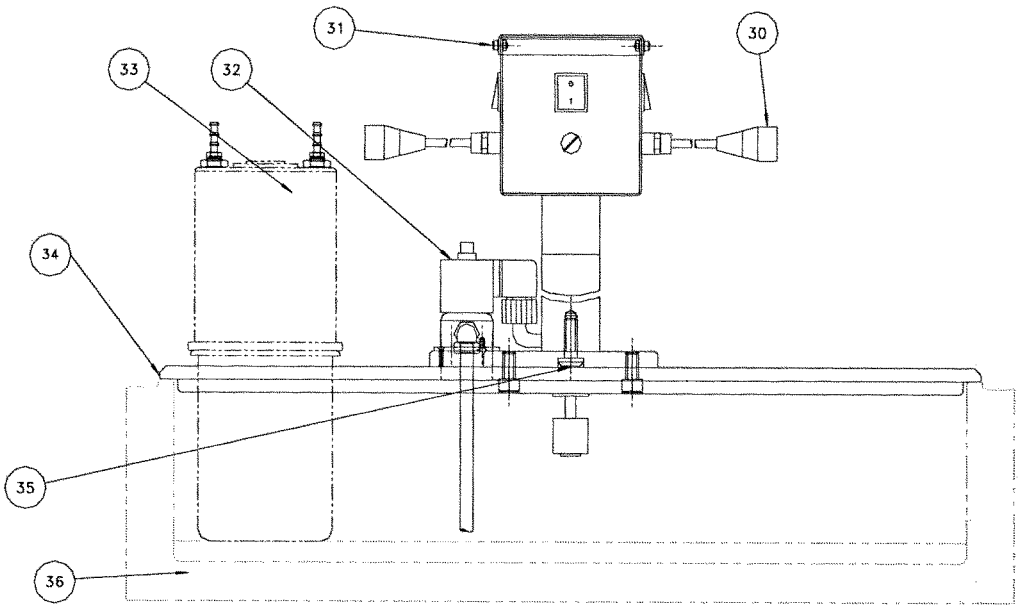


Figura 4.4

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 272 157

(21) Nº de solicitud: 200500938

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **19.04.2005**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** ***C02F 3/28*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 4238337 A (PETERS et al.) 09.12.1980, columna 3, líneas 37-68; columna 4, líneas 41-66; figuras 1,3.	1
A	DE 3305624 A1 (FRANK MARTIN A PROF DIPL ING) 23.08.1984, resumen; figura 1.	1
A	JP 59000388 A (KUBOTA LTD) 05.01.1984, resumen; figura 3.	1
A	JP 2003024998 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28.01.2003, resumen; figuras 1-2.	1

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	Examinador	Página
27.03.2007	I. Ramos Asensio	1/1