

(12) **SOLICITUD de PATENTE**

(43) Fecha de publicación: **30/04/2009** (51) Int. Cl: **B01J 21/04** (2006.01)  
(22) Fecha de presentación: **31/10/2007** **C02F 3/28** (2006.01)  
(21) Número de solicitud: **2007013635**

(71) Solicitante:  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C**  
Parque Tecnológico Querétaro SanFandila 76700  
Pedro Escobedo Queretaro MX

(72) Inventor(es):  
**LETICIA MONTOYA HERRERA**  
Parque Tecnológico Querétaro PEDRO ESCOBEDO  
Queretaro 76703 MX  
**JESÚS CÁRDENAS MIJANGOS**  
**ADRIÁN RODRÍGUEZ GARCÍA**  
**ARNULFO TERÁN LÓPEZ**  
**CARLOS ESTRADA ARTEAGA**  
**CARLOS MONTOYA SUÁREZ**  
**ANTONIO JOEL RUIZ GARCÍA**  
**YUNNY MEAS VONG**

(74) Representante:  
**HUGO AVENDAÑO CORTES**  
Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro  
Escobedo Queretaro 76703 MX

(54) Título: **REACTOR ANAEROBIO DUPLEX PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AGROINDUSTRIAS.**

(54) Title: **ANAEROBIC DUPLEX REACTOR FOR THE TREATMENT OF AGROINDUSTRIAL WASTEWATERS.**

(57) Resumen

Esta invención refiere un aparato de depuración para tratamiento de aguas residuales de agroindustrias denominado reactor anaerobio dúplex consistente en dos tanques similares conectados en serie. Cada tanque tiene unida en la parte superior una pieza cónica truncada con paredes con ángulos a 60°. Esta posee una campana invertida con paredes a 60°, denominada cámara de separación de biogás, incluyendo al menos una campana de recolección y desalojo de natas al exterior de cada tanque mediante un tubo. También posee un distribuidor circular, formado por secciones distribuidas en partes iguales, cada sección va unida con uno o varios tubos que bajan sujetados hasta el fondo del tanque. En la parte superior cada tanque tiene una cámara de sedimentación para la separación de agua tratada y lodos, unida a ella un vertedor perimetral que a su vez posee un canal anular recolector de agua tratada con al menos una tubería que conecta ambos tanques para suministrar la alimentación del agua residual en el distribuidor del segundo tanque para seguir con el tratamiento. Con este reactor anaerobio dúplex se obtienen eficiencias de al menos 80% de remoción en tratamiento de aguas residuales de agroindustrias con valores de DQO superiores a 5000 mg/L.

(57) Abstract

The present invention refers to a purifying device for treating agroindustrial wastewaters best known as anaerobic duplex reactor, which consists of two similar tanks connected in series. Each tank has a conical piece attached at the upper portion thereof which is truncated with walls at angles of 60°. Said conical piece has an inverted bell with walls at 60°, which is known as biogas separation chamber, including at least a bell for the collection and elimination of scums led to the outer portion of each tank by means of a tube. The invention also comprises a circular-shaped dispenser formed by sections arranged in equal parts, each section being attached to one or a plurality of tubes which are attached and lowered to the bottom portion of the tank. A sedimentation chamber is located at the upper portion of each tank in order to separate treated water and sludges, a peripheral pourer being attached to the chamber and simultaneously having an annular channel for collecting the treated water which includes at least a piping for connecting both tanks for supplying the wastewater to the dispenser of the second tank so as to continue the treatment. The inventive anaerobic duplex reactor is useful for obtaining removal efficiencies of at least 80% in the agroindustrial wastewater treatment with COD upper than 5000 mg/L.

## REACTOR ANAEROBIO DUPLEX PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AGROINDUSTRIAS.

### CAMPO DE INVENCION.

5

La invención está relacionada al tratamiento de aguas residuales por procesos biológicos, en el campo de la digestión anaerobia para aguas residuales de agroindustrias (rastros y similares), que comprende el uso de reactores UASB (por sus siglas en inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket, Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente)

10

mediante un sistema dúplex, que además de los elementos de separación de las fases sólido-líquido-gas, posee la incorporación de un dispositivo para la eliminación de natas formadas en este tipo de aguas.

15

Esta invención utiliza un reactor anaerobio dúplex como una alternativa viable en el tratamiento de aguas residuales de agroindustrias (rastros, granjas lecheras y similares), con la particularidad de utilizar dos tanques con características internas similares conectados en serie nombrando a este aparato de tratamiento de aguas residuales reactor anaerobio dúplex de construcción simple y muy eficiente. La invención utiliza el concepto UASB en dos tanques, en donde se incluye en cada tanque una alimentación superior de

20 aguas residuales provenientes de agroindustrias (rastros y similares), cuyo modelo tradicional permite la separación de aguas tratadas, del biogás generado y el retorno de lodos. Este nuevo modelo de reactor dúplex cuenta también en cada tanque con un dispositivo en la parte superior que tiene la función de eliminar las natas formadas en este tipo de aguas y mejorar la calidad del efluente; ya sea en tratamientos posteriores o en el

25 mismo efluente generado por el sistema anaerobio dúplex; toda vez que las natas son arrastradas en el efluente de reactores anaerobios y que perjudican la calidad del efluente generado en estos sistemas.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION.

En el presente los reactores anaerobios de manto de lodos se han utilizado para el tratamiento de aguas residuales de altas cargas orgánicas como las de rastros y similares. Tradicionalmente están conformados principalmente por un sistema separador de tres fases (lodos, agua tratada y biogás) que ha tenido suficiente éxito desde su invención. Los desarrollados por Lettinga en Holanda en los años setentas son las más aplicadas. El concepto UASB tiene ventajas sobre otras tecnologías anaeróbicas ya que no requiere medio de soporte (como el filtro anaeróbico) y puede recibir altas cargas orgánicas (a diferencia del reactor de contacto anaeróbico); es así que este concepto es el más difundido en Europa y América Latina, México incluido, en lo que a reactores anaeróbicos se refiere (Pauss et al., 1990; Borzacconi y López, 1994; Noyola y Monroy, 1994).

El tratamiento anaerobio de aguas residuales complejas que contienen grasas, alto contenido de proteínas ha sido sujeto a extensos estudios en las últimas décadas (Nadai et al, 2002). Estudios recientes sobre la degradación anaerobia de grasas complejas contenidas en el agua residual han mostrado que el principal mecanismo de remoción es la adsorción, que ocurre muy rápido, pero que no es seguido de una degradación biológica inmediata, de aquí que los pasos biológicos son más lentos que el fenómeno de adsorción. La visible consecuencia de esta diferencia cinética estriba en una acumulación de materia orgánica en un sistema continuo, partiendo de esta característica y sabiendo que usualmente se utiliza un solo tanque para reducir la carga orgánica de efluentes complejos como son las aguas de industrias lácteas, granjas lecheras y mataderos (Del Nery, V, et al, 2002), se ha visto que este sólo elemento no proporciona un tratamiento eficiente para etapas subsecuentes dada la acumulación de materia orgánica en el tren completo de tratamiento de las aguas residuales de este tipo (agroindustrias, rastro y similares), además de que se arrastran natas que se producen en forma continua en el interior del reactor y que perjudican la calidad del efluente de salida. Con la finalidad de solucionar estos inconvenientes principalmente, se pensó en el desarrollo de este invento, que se pretende proteger por medio de la presente patente, y que se trata de un sistema integrado por dos tanques reactores anaerobios circulares operados en serie, del mismo volumen, nombrado reactor anaerobio dúplex con un desnatador interno en cada tanque en forma de campana

que desaloja al exterior las natas que se van incrementando a través del tiempo de  
tratamiento en el interior de cada tanque del reactor dúplex, evitando así, deteriorar la  
35 calidad del efluente de salida trabajando más eficiente que el arreglo convencional (un solo  
tanque con los dispositivos usuales de separación sólido - líquido - gas).

## DESCRIPCION DE LA INVENCION.

La invención relaciona un sistema de dos tanques anaerobios similares conectados en serie basados en el concepto UASB en forma circular nombrado reactor anaerobio dúplex para la digestión anaerobia de la carga orgánica contenida en las aguas residuales de agroindustrias (rastros y similares).

Los detalles específicos de este reactor dúplex se muestran en las figuras que a continuación se describen:

10

Figura 1. Perspectiva de las conexiones del reactor anaerobio dúplex.

Figura 2. Corte transversal que muestra la forma interna de los dos tanques que forman el reactor anaerobio dúplex.

Figura 3. Sección de un corte superior I-I de cada tanque de acuerdo a la figura 2.

15

Figura 4. Sección de un corte II-II de cada tanque de acuerdo a la figura 2.

Figura 5. Isométrico de la conexión de las campanas desnatadoras internas que posee cada tanque y sus distribuidores.

El aparato para el tratamiento de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) denominado reactor dúplex (Figura 1) está formado por la conexión de dos tanques (Figura 2) instalados en serie, el primero de ellos montado sobre un nivel superior que suministrará el tirante necesario para vencer la presión de llegada al segundo tanque y permitirá al efluente salir por gravedad para su postratamiento, cada tanque está construido de forma cilíndrica con una parte superior cónica truncada. Cada tanque puede tener o no y en consecuencia tener o no el mismo tiempo de retención hidráulico. El tanque está conformado de una parte cilíndrica vertical (10) donde se dispone el tratamiento anaerobio, enseguida de esta parte cilíndrica se tiene unida una sección formada por dos partes cónicas truncadas invertidas. Una es la cámara de sedimentación (3) y la otra es la campana de captación de biogás (2). En la parte superior de la captación de biogás (8) se tiene instalado el distribuidor (14) de agua para ser tratada (influyente), el cual está formado por una parte cilíndrica con la característica principal de que se utilizan al menos 4 distribuidores (1) por cada 15 metros cúbicos/día de agua residual generada en agroindustrias (rastro y similares). En la sección de separación de biogás se tiene instalado

25

30

un sistema de pequeñas campanas invertidas (15) que pueden ser al menos una colocadas  
35 en forma equidistante a la parte cilíndrica de la zona de biogás (8) niveladas de acuerdo al  
espesor de las natas producidas en las aguas residuales similares a la de rastros, y  
principalmente al nivel del sistema perimetral de vertedores triangulares (4), la campana al  
menos una (15) es unida a al menos un tubo de desalojo (6) que permite evacuar las natas  
40 producidas. En la zona de sedimentación (3) se tiene un sistema perimetral de vertedores  
triangulares (4), donde se descarga el agua tratada mediante al menos una tubería (5) y  
que interconecta al segundo tanque.

El aparato para el tratamiento de aguas residuales de agroindustrias denominado reactor  
anaerobio dúplex (Figura 1) funciona de la siguiente manera:

45 El agua residual pretratada (Influente) es alimentada mediante un tubo (18) por la parte  
superior de un primer tanque donde se encuentra un distribuidor (14) dividido en al menos 4  
particiones iguales (15) por cada 15 metros cúbicos/día de agua residual a tratar, cada una  
de estas particiones (15) esta conectada así mismo a uno de los cuatro distribuidores  
50 internos (1) que alimentan el influente al interior de la zona anaerobia (9) del primer tanque  
debido a que están conectados hasta el fondo donde se encuentra el inicio del manto de  
lodos anaerobios (9) y que posteriormente el líquido por la fuerza de ascensión entra en  
contacto con los microorganismos anaerobios que conforman el lodo para su degradación  
biológica, en esta etapa se produce biogás que asciende hacia la campana (2) de la zona  
55 de liberación de biogás (8), en esta zona se tiene la interfase de líquido-sólido-biogás, en  
donde se inicia una formación adicional de natas que se van acumulando y que es  
importante desalojar del interior del tanque, el mejoramiento en esta sección es mediante la  
colocación de al menos una simple campana (15) colocada exactamente a la altura del  
nivel que controlan los vertedores periféricos (4) exteriores del sedimentador (3) del primer  
60 tanque anaerobio, la nata producida durante el tratamiento incrementa de espesor y busca  
la primera salida que le proporciona al menos una campana (15) siguiendo su desfogue a  
través de al menos un tubo (6) hacia el exterior del tanque, por otra parte el líquido con  
partículas de lodo biológico que fue tratado en forma anaerobia busca la salida por la  
sección deflectora (12) y asciende hacia la sección cónica truncada de sedimentación (7),  
65 esta sección tiene una pendiente de 60° que provoca que el lodo anaerobio sedimente y  
busque retornar por la misma sección deflectora (12) para volver a depositarse en la zona

anaerobia (9) y con ello se evita su arrastre al exterior, el líquido de agua tratada sale por los vertedores triangulares (4) y se conduce a través de al menos una tubería (5) hacia el segundo tanque anaerobio que forma la otra parte del reactor anaerobio dúplex, y la  
70 secuencia de tratamiento se repite en este segundo tanque idéntico en forma y partes internas para mejorar la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de rastros y similares.

La eficiencia de tratamiento de este reactor dúplex se ve mejorada ya que se duplica el  
75 efecto del tratamiento anaerobio obtenido cuando generalmente se realiza en un solo tanque, la mejor configuración para el tratamiento de aguas residuales de agroindustrias (granjas lechera, rastros y similares) es utilizando estos dos tanques similares conectados en serie denominado reactor anaerobio dúplex (Figura 1). Una de las ventajas que se presenta en este reactor dúplex es en primer lugar aumentar la eficiencia de tratamiento; ya  
80 que las grasas que se adsorben en el lodo anaerobio del primer tanque permiten ser degradadas en el segundo, y la segunda es que en la zona de biogás (8) donde se encuentra la interfase agua-sólido-biogás y se produce la formación de natas por el hecho de que funciona como un separador de grasas y aceites por el biogás que asciende en el interior del reactor y donde estas microburbujas de gas que se están produciendo se le  
85 adhieren partículas que van arrastrando lodo y grasa provocando con el tiempo un espesamiento considerable de natas que en ocasiones llegan a obstruir al reactor anaerobio en la zona de biogás (8) y afectan su funcionamiento y eficiencia de tratamiento, el funcionamiento del reactor dúplex propuesto tiene la particularidad de que mediante la instalación en cada tanque de al menos una campana (15) de recolección en esta interfase  
90 agua-sólido-biogás se drenan las natas que se están produciendo continuamente durante la operación de cada tanque evitando que se acumulen en su interior.

El diseño de las campanas de extracción de natas (15) en cada tanque es una parte de las novedades de este reactor anaerobio dúplex, ya que es un dispositivo muy simple  
95 construido del mismo material del tanque que de acuerdo al espesor de las natas producidas en su interior para las aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares), éstas son fácilmente colectadas y drenadas al exterior del tanque mediante al menos una tubería (6) con que cuenta este dispositivo. Durante el estudio del proceso mediante este reactor anaerobio dúplex fue encontrado que colocando estas

100 campanas se solucionaba de manera simple y eficiente la generación de natas en el interior  
de cada tanque del reactor anaerobio dúplex.

Mediante este reactor anaerobio dúplex con estas características internas descritas  
anteriormente se obtiene un tratamiento de aguas residuales de rastro con los siguientes  
105 resultados:

#### EJEMPLO 1:

A continuación este ejemplo muestra los resultados del tratamiento de aguas residuales de  
un rastro utilizando el reactor anaerobio dúplex mostrado en la figura 1 (Perspectiva de las  
110 conexiones del reactor anaerobio dúplex).

Las condiciones de operación con un reactor anaerobio dúplex con tanques diseñados y  
construidos para tratar las aguas residuales de un rastro con un flujo pequeño de 5 m<sup>3</sup>/día  
fueron:

115

La alimentación al reactor anaerobio dúplex fue a través de una bomba que introduce el  
agua residual por la parte superior del primer tanque y permite pasar a través de su cama  
de lodos de manera ascendente y que por gravedad se introduce al siguiente tanque.

El volumen de cada tanque es de 3 m<sup>3</sup>.

120 La alimentación al tanque 1 contenía materia orgánica soluble medida como Demanda  
Química de Oxígeno de 3500 mg/Litro y el influente se mantuvo en valores de pH alrededor  
de 7.0. Desarrollando el proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el reactor  
anaerobio dúplex hasta el estado estable se obtuvo una conversión promedio del 75 % de  
remoción de la Demanda Química de Oxígeno.

125

#### EJEMPLO 2:

Este ejemplo muestra los resultados del tratamiento de aguas residuales de un rastro con el  
mismo tipo de reactor anaerobio dúplex mostrado en la figura 1 (Perspectiva de las  
conexiones del reactor anaerobio dúplex) para un flujo de 20 m<sup>3</sup>/día y una materia orgánica  
130 soluble medida como Demanda Química de Oxígeno de 5500 mg/Litro .

Las condiciones de operación en un reactor anaerobio dúplex para este flujo fueron:



La alimentación al reactor anaerobio dúplex fue a través de una bomba que introduce el agua residual por la parte superior del primer tanque y permite pasar a través de su cama  
135 de lodos de manera ascendente y que por gravedad se introduce al siguiente tanque.

El volumen de cada tanque es de  $6 \text{ m}^3$ .

El influente se mantuvo en valores de pH alrededor de 7.0. Desarrollando el proceso de  
tratamiento de aguas residuales mediante el reactor anaerobio dúplex hasta el estado  
estable se obtuvo una conversión promedio del 85 % de remoción de la Demanda Química  
140 de Oxígeno.

## REINVINDICACIONES.

Habiendo descrito suficientemente la invención, que consideramos como una novedad y por lo que se reclama como propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:

5

1. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex conformado por dos tanques que contienen cada uno de ellos en la parte inferior una zona anaerobia que tiene unida a ella en la parte superior una cámara de sedimentación, dentro  
10 de la zona de sedimentación una zona de separación de biogás, en la parte superior de la zona de biogás un sistema de distribución con al menos 4 distribuidores de influente que bajan hasta el fondo de cada tanque, en el interior de la zona de biogás al menos un dispositivo para desalojo de natas, para la descarga del efluente tratado en cada tanque se  
15 tiene un vertedor periférico y al menos un tubo de desalojo del agua tratada que interconecta el siguiente tanque, en la zona de sedimentación de cada tanque que se encuentra unida a la cámara anaerobia se tiene una sección anular que permite que los lodos sedimentados retornen a esta cámara.

2. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de  
20 agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 1 conformado por dos tanques similares que tiene cada tanque una forma cilíndrica en la parte recta para el tratamiento de las aguas residuales.

3. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de  
25 agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 2 que unido en la parte cilíndrica recta de cada tanque tiene una forma cónica truncada en la parte superior para sedimentación con paredes de un ángulo de 60°.

30 4. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 3 donde cada tanque tiene un sistema de caja circular

de alimentación superior, con al menos uno o varios distribuidores que suministran el influente al interior de la zona cilíndrica recta para el tratamiento anaerobio en cada tanque.

5. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 4 con al menos uno o varios tubos en cada tanque y que se conectan a los distribuidores de la declaración 4 y que van hasta el fondo de cada tanque en la zona anaerobia.

6. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 5 con una zona de separación de biogás en cada tanque por una campana interna de forma cónica truncada con paredes de 60° invertida a la cámara de sedimentación.

7. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 6 con al menos una campana para desalojo de natas en cada tanque como dispositivo para el retiro de natas producidas en el interior de la zona de biogás niveladas en la interfase agua-sólido-biogás y conectadas hacia el exterior de cada tanque anaerobio circular a través de un tubo que baja hasta la altura de la parte recta del tanque y desaloja las natas al exterior.

8. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 7 con al menos un tubo de recirculación para el control de sobreflujo instalado en la caja circular de alimentación, según la declaración 4.

9. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 8 con al menos un vertedor perimetral en cada tanque.

65

10. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 9 con al menos un tubo de interconexión entre ambos tanques.
- 70 11. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 10 con al menos un tubo de descarga final del agua residual tratada en el segundo tanque.
- 75 12. Aparato de depuración para el tratamiento biológico de aguas residuales de agroindustrias (granjas lecheras, rastros y similares) nombrado reactor anaerobio dúplex de acuerdo a la declaración 11 con una entrada hombre en la parte inferior de la zona cilíndrica recta descrita en la declaración 2 y dos entrada hombre en la parte superior de sedimentación descrita en la declaración 3 para inspección y mantenimiento de cada
- 80 tanque.

## RESUMEN DE LA INVENCION.

Esta invención refiere un aparato de depuración para tratamiento de aguas residuales de agroindustrias denominado reactor anaerobio dúplex consistente en dos tanques similares conectados en serie. Cada tanque tiene unida en la parte superior una pieza cónica truncada con paredes con ángulos a 60°. Esta posee una campana invertida con paredes a 60°, denominada cámara de separación de biogás, incluyendo al menos una campana de recolección y desalojo de natas al exterior de cada tanque mediante un tubo. También posee un distribuidor circular, formado por secciones distribuidas en partes iguales, cada sección va unida con uno o varios tubos que bajan sujetos hasta el fondo del tanque. En la parte superior cada tanque tiene una cámara de sedimentación para la separación de agua tratada y lodos, unida a ella un vertedor perimetral que a su vez posee un canal anular recolector de agua tratada con al menos una tubería que conecta ambos tanques para suministrar la alimentación del agua residual en el distribuidor del segundo tanque para seguir con el tratamiento. Con este reactor anaerobio dúplex se obtienen eficiencias de al menos 80% de remoción en tratamiento de aguas residuales de agroindustrias con valores de DQO superiores a 5000 mg/L.

Fig.- 1

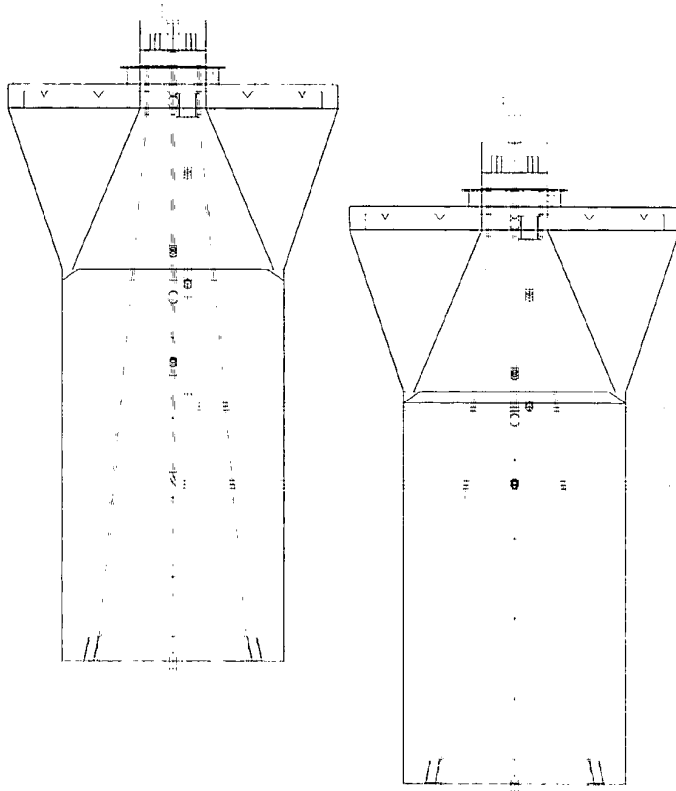
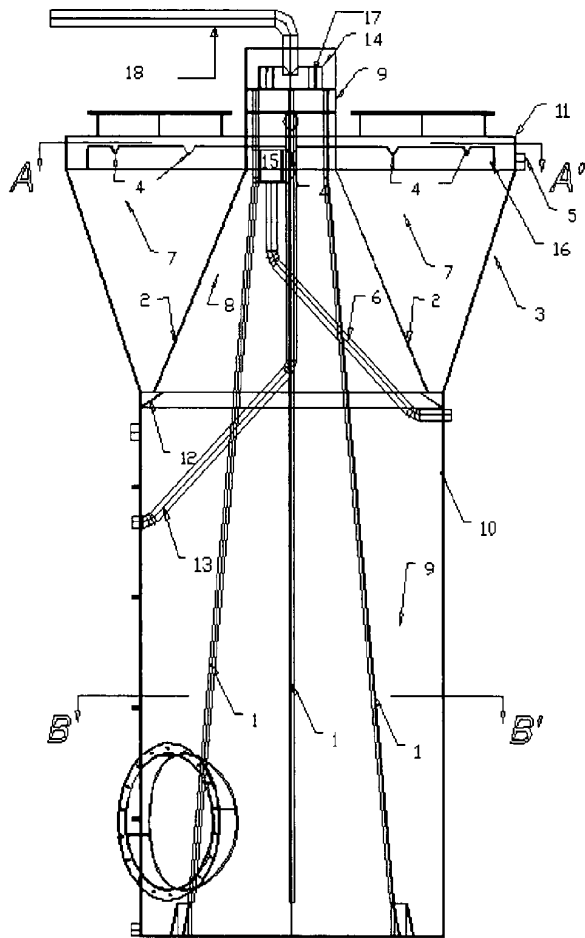
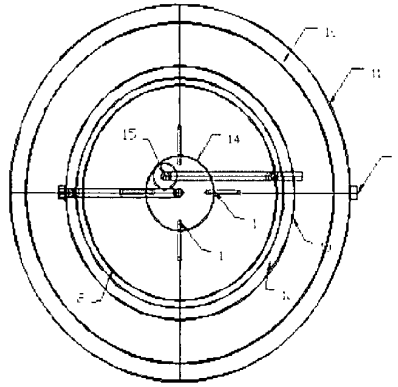


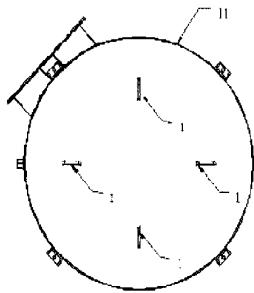
Fig.- 2



**Fig 3**



**Fig 4**





**Fig 5**

