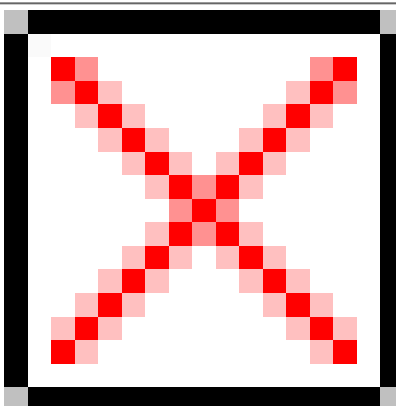


DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD DE PATENTE - NACIONAL



1	Tipo de solicitud		☒ Patente de invención	☐ Patente de modelo de utilidad
2	Título de la invención__		3 CIP Clasificación Internacional de Patentes	
FOTOBIORREACTOR PARA LA FICORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES QUE COMPRENDE UNA ESTRUCTURA DE BRAZOS FIJOS RAMIFICADOS			Nombre	Código
			F-15-D-1-0	F15D1/00
			C-12-M-1-14	C12M1/14
4	Datos del Solicitante / Titular			
Nombre:		BIOTECNOLOGIA Y BIOINGENIERIA CORE S.A	Dirección Electrónica:	mguerrero@dshabogados.com
Dirección:		CARRERA 53 # 79-01 LOC 106 SUITE 441	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - ATLÁNTICO - BARRANQUILLA
Identificación:			Tipo Empresa:	

☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE		☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☒ NIT		☐ GRAN EMPRESA ☐ OTRO ☒ MICROEMPRESA ☐ UNIVERSIDADES		☐ MEDIANA EMPRESA ☐ PEQUEÑA EMPRESA ☐ PERSONAL ☐ ENTIDADES DE ANIMO DE LUCRO	
Número:		900263254-					

5

Solicitantes

	Apellidos - Nombres o Razón Social	Tipo	Identificación
1.	BIOTECNOLOGIA Y BIOINGENIERIA CORE S.A	NI	900263254

6

Datos del Inventor

Nombre:	JAIME EDUARDO GUTIÉRREZ FONSECA	Dirección Electrónica:	jgutierrez@bybcore.com
Dirección:	Calle 180 NÑ,Â° 68-35	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación: ☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE Número:		72001302-	

7

Inventor(es)

	Apellidos - Nombres	Domicilio
1.	GUTIÉRREZ FONSECA JAIME EDUARDO	COLOMBIA

8

Datos Inventor(es)

País de Residencia	Departamento/Estado	Ciudad	Dirección
1. COLOMBIA		BOGOTA D.C.	Calle 180 NÃ,Â° 68-35
9 Datos del Representante Legal / Apoderado			
Nombre:	MANUEL ANTONIO GUERRERO GAITAN	Dirección Electrónica:	mguerrero@dshabogados.com
Dirección:	mguerrero@dshabogados.com	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación:			
☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ NIT			
Número:		79796150-	
Presentación de Poder			
Año de Radicación			
Número de Radicación			
10	Declaraciones de prioridad		☐ SI ☒ NO
1	(33) País de origen	Codigo del país	(31) No. Solicitud
2			(32) Fecha _
3			
11 Declaración sobre uso de recursos genéticos o biológicos			
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen. ☐ SI ☒ NO Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o numero de registro, expedido por la Autoridad competente.			
12 Declaración sobre uso de conocimientos tradicionales			

Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.

☐ SI ☒ NO

Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado o numero de registro.

13

Para publicar a partir de la fecha de publicación o de la prioridad invocada

Si es Patente de Invención

☐ 6 Meses ☒ 12 Meses ☐
18 Meses
☐ Otro Cual:

Si es Patente de Modelo de Utilidad

☐ 6 Meses ☐ 12 Meses
☐ Otro Cual:

14

Reivindicaciones

Número reivindicaciones:

40

Pago Reivindicaciones:

No

15

Reducción de tasas.

Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.

☒ SI ☐ NO

Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.

☒ Micro, pequeñas y medianas empresas

☐ Universidades públicas o privadas

☐ Entidades sin ánimo de lucro

Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos

16

Documentos Anexos

☒ Reivindicaciones

☒ Descripción

☒ Dibujos y/o Figuras

☒ Resumen

☐ Certificado Deposito Materia Biologico

☐ Uso de Conocimiento tradicional

☐ Listado de secuencias

☒ Artes finales 12 x 12 cm

☐ Certificado con descuento

☒ Poderes, si fuere el caso

☒ Documento que legalmente pruebe la Cesión del inventor al solicitante o a su causante

☒ Otros anexos

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
CONSULTA DE DOCUMENTOS

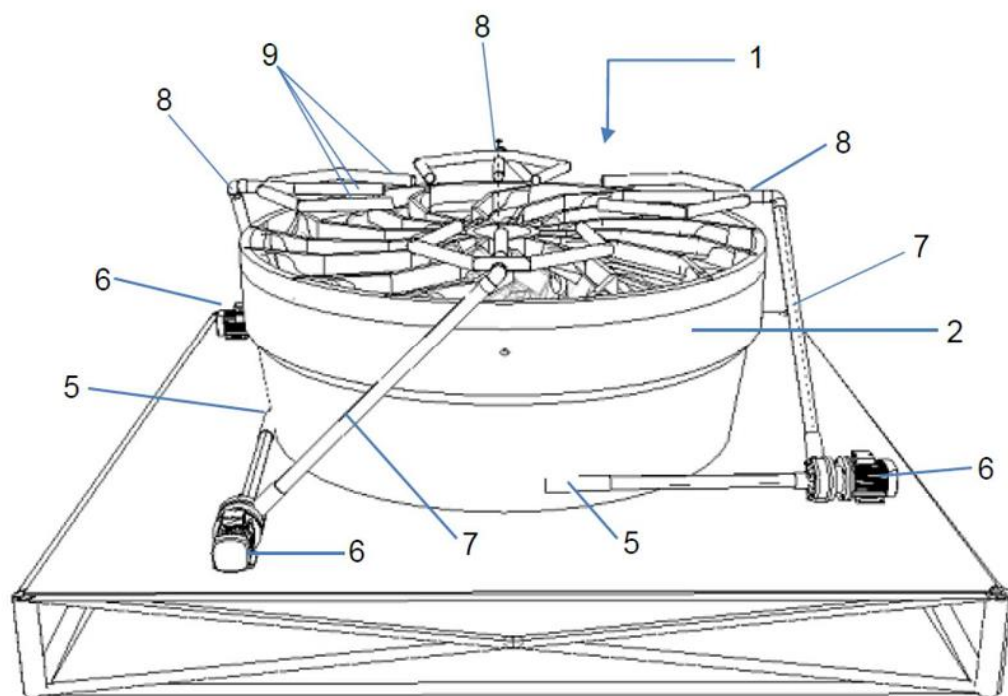


Figura N° 1

FOTOBIORREACTOR PARA LA FICORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES QUE COMPRENDE UNA ESTRUCTURA DE BRAZOS FIJOS RAMIFICADOS

5

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas de tratamientos de efluentes residuales, y en particular a un fotobiorreactor útil para el ficocultivo o
10 ficorremediación de efluentes de origen industrial, agrícola, minero, petroquímico o sanitario.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 La gran mayoría de las aguas residuales del mundo no sufre ningún tipo de tratamiento antes de ser vertidas en la fuente de agua abierta más cercana. Esto ha dado lugar a una crisis de salud internacional, donde las personas mueren diariamente por falta de agua potable.

20 Sistemas de tratamiento de aguas residuales conocidos en el estado de la técnica suelen emplear aireación mecánica y tratamiento químico. Estos sistemas son costosos en su construcción y en su operación, no sólo debido al alto consumo de energía incurrido en el proceso de aireación, sino también debido a la mano de obra requerida para operar la maquinaria empleada en este tipo de sistemas. Por
25 lo tanto, han sido tecnologías poco competentes para el tratamiento de aguas residuales.

La biorremediación de aguas residuales se ha propuesto en el pasado. Tales sistemas de biorremediación típicamente emplean una combinación de procesos
30 aeróbicos y anaeróbicos. Así, el uso de algas en el tratamiento de aguas

residuales se ha descrito, entre otras, en las patentes US. Nos. 2.658.310; 3.645.040; 3.780.471; 4.043.903; 4.209.388; 4.235.043; 4.253.271; 4.324.067; 4.341.038; 4.554.390; 5.910.254; 6.000.551; 6.156.561; y 6.524.486. Aunque se han demostrado una serie de características deseables, se han tenido deficiencias significativas. Por ejemplo, los sistemas de ficocultivo o fitorremediación al realizarse generalmente en sistemas al aire libre (sistemas abiertos) tales como lagos y estanques, presentan los problemas de contaminación que conlleva el acceso abierto del aire. Además estos sistemas usualmente tienen un limitado control sobre las variables del proceso y del crecimiento de los microorganismos fotosintetizadores y suelen fomentar la creación de micro-ecosistemas que alteran la homogeneidad del tratamiento de fitorremediación.

Los sistemas cerrados son realizados en biorreactores, donde se pueden controlar los parámetros del proceso pero tienen como limitante la iluminación y las condiciones de oxigenación requeridas para mantener el crecimiento de la población de microorganismos fotosintetizadores, lo que incrementa el costo del proceso. Por ello, para lograr una alta productividad y un aprovechamiento óptimo de la luz, se ha recomendado una iluminación intensa (mediodía), el uso de reactores con una trayectoria de la luz pequeña, y un mezclado vigoroso hasta donde lo permita la fragilidad de las células. El mezclado puede inducirse de muy diversas formas; sin embargo, los sistemas basados en la aireación del cultivo con aire comprimido (columnas burbujeadas o *airlift*), se usan comúnmente por su sencillez y porque pueden diseñarse para inducir un esfuerzo de corte pequeño que no cause daño mecánico a las células (Richmond A, *et.al.* (1993).

En los últimos años, se ha buscado dar solución a estas y otras deficiencias mediante la investigación en el área de fitorremediación, proponiendo nuevos biorreactores, entre otros, los que a continuación se presentan:

La solicitud de patente US2010/0034050 divulga un biorreactor que comprende un tanque primario a lo largo de un eje vertical, un sistema de suministro de gas como un rociador para la introducción de dióxido de carbono, un mezclador para agitar el material de alimentación (efluente) de algas en el tanque primario, una fuente de luz artificial (tipo LED) dispuesta en el interior del tanque y un burbujeador de CO₂; donde el mezclador incluye un eje giratorio acoplado operativamente a un motor y conectado a una pluralidad de álabes de turbina; los álabes de turbina pueden incluir grupos de paletas colocadas en elevaciones separadas a lo largo del eje; las paletas radiales pueden ser sustancialmente lineales o con configuración curvada. La desventaja que presenta este tipo de biorreactor es su alto costo de funcionamiento debido a la energía empleada para el mezclado mecánico del efluente y para la iluminación artificial a gran escala.

La solicitud de patente US2011/117638 divulga un fotobiorreactor para el tratamiento de aguas residuales y otros fluidos contaminados que comprende un tanque con un tubo de aspiración central y una pluralidad de tubos de luz especialmente configurados distribuidos alrededor o dentro del tubo central para causar el crecimiento de algas de alta densidad. En el tubo de aspiración se dispone un difusor para la difusión de una corriente de gas de modo que las burbujas de gas liberado imparten una mezcla o agitación a las algas dentro del tanque. Los tubos de luz utilizan tecnología LED como fuente de luz preferida y es deseable enfriarlos para que el calor del LED no afecte negativamente el crecimiento de las algas en el tanque. Para facilitar el enfriamiento de los LED, se utilizan ventiladores o intercambiadores de calor. El principal inconveniente con esta tecnología es el costo de escalamiento debido a la complejidad de su estructura y el alto consumo energético debido al sistema de iluminación artificial con una pluralidad de tubos de luz.

La solicitud de patente US2012/0196336 enseña un fotobiorreactor cuyo principal componente son discos impulsores que se mueven en direcciones opuestas, para

lograr el crecimiento de la biomasa algal y además separar componentes livianos útiles como aceites y lípidos por la acción de la fuerza centrífuga de los discos impulsores. El funcionamiento de este biorreactor resulta costoso dado que el crecimiento y mantenimiento de la biomasa requiere del movimiento de los discos.

5

La solicitud de patente US2012/0282677 divulga un fotobiorreactor cilíndrico que comprende una guía de luz (tipo LED) móvil en rotación oscilante al interior del reactor donde se busca optimizar la luz irradiada al cultivo de microalgas, un medio de transporte de gas móvil en rotación oscilante tal como un rociador o superficies de membrana. Por lo general, las fuentes de luz están fijadas en uno o más vehículos; donde los vehículos adecuados son superficies tales como tubos, cilindros u otros módulos. Las desventajas de esta tecnología, son los requerimientos de mecanismos de agitación constante del efluente en suspensión y de iluminación interna artificial (tal como LEDs) para lograr el crecimiento de los organismos fototróficos que realizan la fotorremediación.

15

Por lo tanto, aún existe la necesidad de biorreactores con una estructura que promueva el crecimiento de la biomasa de organismos fotosintetizadores y la formación estable de biopelícula con un consumo menor de energía, logrando así un proceso de remediación de efluentes líquidos amigable con el medio ambiente.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El problema técnico que busca solucionar esta invención es el de proveer un biorreactor eficiente en el tratamiento de efluentes de origen industrial, agrícola, minero, petroquímico o sanitario, el cual disminuya el consumo de energía en el mezclado del efluente a tratar y el requerimiento de sistemas de agitación para el crecimiento y accionar de los organismos fotosintetizadores. Para tales fines, esta invención proporciona un fotobiorreactor (1) para la remediación de efluentes caracterizado porque comprende un tanque externo (2) de material transparente

30

de forma cónica truncada, donde el diámetro de la base es menor del diámetro del borde superior, una estructura de soporte de unos sistemas de recirculación (3), iluminación (19) y de flujo inducido, un mecanismo de recirculación (3), un sistema de aireación (4), un sistema de entrada y salida, un sistema de telemetría y control y un sistema de flujo inducido; donde la estructura del mecanismo de recirculación divide el volumen del tanque en cuadrantes y sub-cuadrantes; la estructura del mecanismo de recirculación esta fija al interior del tanque mediante dos estructuras de brazos ramificados curvos (11) unidas entre sí por membranas (13), en ángulo variable respecto al eje vertical, gracias a la presencia de articulaciones ecualizables, donde se forma la biopelícula de microorganismos que efectúa la remediación, y donde la iluminación del sistema es preferiblemente natural.

Otro aspecto que contempla la presente invención, es un método para la remediación de efluentes que emplea el fotobiorreactor (1).

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las siguientes figuras forman parte de la presente descripción y se incluyen para
5 demostrar ciertos aspectos de la misma. La invención se puede entender mejor
con referencia a las figuras en combinación con la descripción detallada que se
presenta en este documento. Las figuras son solo representativas y no limitan el
alcance de las reivindicaciones.

10 **Figura 1.** Elevación frontal del fotobiorreactor (1) con soporte al piso.

Figura 2. Representación del fotobiorreactor (1) donde se despiezan los diferentes
sistemas de su configuración a lo largo del soporte vertical (14).

15 **Figura 3.** Esquema de uno de los brazos curvos (15) que separa el tanque en
cuadrantes.

Figura 4. Representación de la disposición de los brazos curvos (15) de mayor
longitud en cada cuadrante.

20

Figura 5. Representación de la geometría de los brazos curvos que forman: a)
brazos de 8 unidades denominados cuadrantes (15); b) brazos de 5 unidades
denominados subcuadrantes (16); y brazos de tres unidades denominados
terminaciones (17).

25

Figura 6. Representación de la conformación de cada uno de los brazos curvos
ramificados (15, 16, 17) que separan el tanque por cuadrantes.

30 **Figura 7.** Estructura de brazos ramificados curvos (11) del mecanismo de
recirculación (3).

Figura 8. Esquema de la diferencia angular entre las dos estructuras curvas ramificadas (11,12) que conforman el mecanismo de recirculación (3).

5 **Figura 9.** a) Representación del mecanismo de recirculación (3); b) detalle de membrana (13).

Figura 10. Vista frontal del fotobiorreactor (1) donde se presenta el sistema de aireación (4).

10

Figura 11. Vista superior del fotobiorreactor (1) donde se presenta el sistema de aireación (4).

15 **Figura 12.** Vista superior del fotobiorreactor (1) donde se presenta la superficie bajante ondulada (10) del sistema de aireación (4).

Figura 13. Representación lateral de la superficie bajante ondulada (10) del sistema de aireación (4).

20 **Figura 14.** Representación del sistema de iluminación (19)

Figura 15. Configuraciones opcionales para la estructura de brazos curvos ramificados. a) configuración N número de ángulos; b) configuración N número de subcuadrantes.

25

Figura 16. Configuración en paralelo de tres fotobiorreactores (1) en un proceso de fitorremediación.

30 **Figura 17.** Configuración en serie de dos fotobiorreactores (1) en un proceso de fitorremediación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El fotobiorreactor (1) para la remediación de efluentes que proporciona la presente invención, es caracterizado porque comprende un tanque externo (2) de material
5 transparente de forma cónica truncada, donde el diámetro de la base es menor del diámetro del borde superior, una estructura de soporte del mecanismo de recirculación (3), iluminación (19) y de flujo inducido, un mecanismo de recirculación (3), un sistema de aireación (4), un sistema de entrada y salida de efluente, un sistema de telemetría y control y un sistema de flujo inducido; donde
10 la estructura del mecanismo de recirculación divide el volumen del tanque en cuadrantes y sub-cuadrantes; la estructura del mecanismo de recirculación esta fija al interior del tanque mediante dos estructuras de brazos ramificados curvos (11) unidas entre sí por membranas (13), inclinadas en ángulo variable respecto al eje vertical, gracias a la presencia de articulaciones ecualizables, donde se forma
15 la película de microorganismos que efectúa la remediación, y donde la iluminación del sistema es preferiblemente natural.

El fotobiorreactor (1) puede ser montado en un sistema de tratamiento de residuos de manera unitaria, es decir, con un único fotobiorreactor recibiendo la totalidad de
20 los residuos a tratar, o como un sistema combinado donde puede haber dos o más biorreactores alineados recibiendo de forma secuencial los residuos.

Así mismo, en una modalidad de la presente invención el montaje del fotobiorreactor (1) puede contemplar la ubicación de diferentes fotobiorreactores
25 intercalados entre piscinas o estanques de depósito de residuos.

La presente solicitud es solamente una descripción de los aspectos ejemplares donde se busca explicar la invención y no limitarla. De hecho, es evidente que se pueden hacer varias modificaciones y variaciones de la presente invención sin

apartarse del alcance o espíritu de la misma. La invención se describirá inicialmente con referencia a las figuras.

Una vista general del fotobiorreactor (1) de la invención se observa en la figura 1, el fotobiorreactor puede descansar sobre una plataforma metálica anclada al piso, el tanque (2) es de un material transparente, que en modalidades preferidas puede ser de vidrio o de policarbonato u otro material translúcido, facilitando la transmisión de radiación lumínica desde el exterior, esta característica de diseño facilita el proceso de fotosíntesis de los microorganismos; adicionalmente, al ser transparentes las paredes permiten la formación de biopelícula por la afinidad de los microorganismos a acumularse en superficies donde pueden acceder a este recurso. La geometría del tanque (2) es un cono truncado con el diámetro de la base siendo menor al diámetro del borde superior. Debido a las formas y dobleces que presenta la estructura del tanque (2), el volumen efectivo solo se representa como un cilindro de diámetro igual a la base del tanque y altura igual a la elevación del mismo. La forma del tanque hace que se tenga una mayor superficie activa para la captura y refracción de la iluminación natural, lo cual mejora el proceso de crecimiento y formación de la biopelícula producida por los microorganismos.

En la figura 1, también, se observa el sistema de aireación (4), en el cual se aprecia puntos de toma (5) de efluente en la parte inferior del tanque, cerca de la base de este, bombas (6) que desplazan dicho efluente hacia la parte superior del tanque por medio de tuberías (7) para que este ingrese nuevamente (recircule) al tanque por la superficie superior a través de tuberías en los puntos de descarga (8) mediante un dispositivo divisor de flujo (9) hacia una superficie bajante ondulada (10) al interior del tanque (2), lo cual induce el flujo del efluente en forma de cascada para luego ser descargado a la estructura del mecanismo de recirculación (3) con una mayor oxigenación. La configuración del sistema de aireación y principalmente la superficie ondulada (10) permite que el tiempo de

retención hidráulica en esta área sea mayor y que el efluente tenga contacto con el aire, favoreciendo el proceso de transferencia gaseoso.

- Los sistemas del fotobiorreactor (1) de una forma separada para un mejor entendimiento de su estructura se observan en la figura 2; allí se pueden ver las partes del fotobiorreactor (1) descritas anteriormente para la figura 1 y además se observa el mecanismo de recirculación, donde se aprecia la estructura de brazos ramificados curvos (11) que se fija al tanque hacia el borde superior de este y la estructura inferior de brazos ramificados curvos (12) la cual queda en suspensión (no se fija) hacia el fondo del tanque; dichas dos estructuras estando unidas de forma inclinada verticalmente, brazo a brazo homólogo, por medio de membranas dobles (13) donde sobre las superficies de cada membrana se forma la biopelícula con los microorganismos y en su interior se sitúa el sistema de iluminación (19).
- La forma que tiene cada uno de los brazos que separa los cuadrantes del tanque se detalla en la figura 3, dicha forma cumple con una curva de radio creciente, la cual es llamada espiral logarítmica o equiángula, que es una conformación adicional preferida de la invención. Dicha geometría tiene el objetivo de direccionar el flujo del efluente, ya que como característica del fotobiorreactor (1) de la invención la estructura de recirculación es fija al tanque, es decir no necesita el accionar de un motor conectado al eje central para la agitación del efluente; por lo tanto, la geometría de los brazos de la estructura no puede ser recta en sentido radial.
- La configuración de cada uno de los brazos curvos (15) de la estructura de recirculación (3) que separan el tanque (2) por cuadrantes se detalla en la figura 4; se observa que dichos brazos presentan un límite en un subcuadrante y el otro límite en el otro subcuadrante, para cada cuadrante del tanque; esto como consecuencia de la geometría de espiral logarítmica de dichos brazos, lo cual hace que se presente otro encuadre geométrico en el tanque.

Las geometrías que tienen los brazos curvos que dividen cada cuadrante, subcuadrante y terminación se observa en la figura 5. Para tal fin se dividió la curvatura del brazo de mayor longitud (15), el cual separa el tanque por

5 cuadrantes, en ocho secciones iguales, como se muestra en la figura, con ángulos variables respecto al vértice, gracias a la presencia de articulaciones ecualizables, este ángulo corresponde a la tangencial que se forma entre la curva del cuadrante con la curva del tanque y es la dirección de la salida del flujo de circulación y aireación. De la división de secciones iguales se seleccionan las formas de los

10 brazos de los subcuadrantes y terminaciones, buscando el cubrimiento efectivo del área del tanque (2).

Entonces, para obtener el segmento de curva correspondiente a los brazos (16) que separan cada subcuadrante se tiene que al tomarse por ejemplo el cuadrante

15 A y basarse en el área que se forma del punto Q (intercepción de la curva de mayor longitud con el inicio del cuadrante) con la tangente en el punto medio de la longitud de la curva en el subcuadrante A, se obtiene que dicho segmento requiere cinco secciones o unidades de la curva de mayor longitud (15), como se presenta en la figura. De igual forma se calcula la longitud del segmento de curva para los

20 brazos de las terminaciones (17) basados en el punto Q, pero se calcula con respecto al límite de la finalización del cuadrante, dando como resultado que la longitud de dicho brazo equivale a tres secciones de la curva de mayor longitud (15).

25 La disposición que tienen los brazos curvos de la estructura del mecanismo de recirculación (3) se detalla en la figura 6, donde se observa que sobre los brazos curvos de mayor longitud (15) se acoplan otros brazos curvos más cortos formando la estructura ramificada por cada cuadrante. Por cada brazo de mayor longitud (15) se presentan dos brazos cortos (16), los cuales realmente dividen el

30 área de cada cuadrante en dos subcuadrantes y se presentan brazos con menor

longitud (17) los cuales forman terminaciones en las ramificaciones. Como características de la estructura se tiene que el ángulo de ubicación y longitud de los brazos busca aprovechar de la mejor forma el área efectiva del tanque, además, se tiene que todos los brazos curvos de la estructura tiene la misma curvatura entre sí, para mantener la misma direccionalidad del flujo del efluente en el tanque. Como se puede ver en la figura, la ubicación angular de las componentes no es caprichosa, esta responde a que la magnitud de las pendientes de las rectas tangentes de las curvas son parecida o tienden al mismo límite.

10

En una modalidad preferida de la invención, los brazos ramificados (12) y las membranas que ellos tienen a lo largo del eje vertical (13) están unidos en un ángulo de 45° respecto al vértice o eje vertical.

15 Con referencia a la Figura 7 esta presenta una de las estructuras de brazos ramificados curvos (11 ó 12) del mecanismo de recirculación (3), donde se observan que los cuatro brazos curvos de mayor longitud (15) son los que dividen realmente la circunferencia del tanque en cuadrantes, estos brazos se conectan desde el soporte central (14) hasta la circunferencia interior del tanque (2); para la estructura superior de brazos ramificados curvos (11) se tiene que por medio de dichos brazos (15) se fija la estructura al tanque del fotobiorreactor (1).

20

El detalle de la estructura del mecanismo de recirculación (3) se tiene en la figura 8, en una modalidad de la invención donde la estructura ramificada superior (11) está rotada 45°, en el sentido de las manecillas del reloj, con respecto a la estructura ramificada inferior (12), entre brazos homólogos; a dicha inclinación se unen las membranas (13) como parte de la estructura de soporte. Dicho ángulo permite acentuar la dirección del flujo, permitiendo que el efluente baje de manera natural al fondo pero con la rotación predeterminada y direccionada para que siga

25

un flujo desde un primer subcuadrante hasta el siguiente y así hasta atravesar toda el área de cada cuadrante.

Una representación del mecanismo de recirculación (3) completo se tiene en la figura 9a, donde se observa la estructura superior de brazos ramificados curvos (11), la cual se fija al interior del tanque hacia su borde superior, la estructura inferior de brazos ramificados (12), la cual tiene la misma configuración y dimensión de la estructura superior, pero como se mencionó dicha estructura (12) no se fija a la estructura del tanque sino que permanece suspendida cerca al fondo del tanque; ambas estructuras están montadas sobre un mismo soporte central (14) y unidas en un ángulo variable, brazo a brazo homólogo, por medio de las membranas dobles (13), donde en las caras de cada membrana se forma la biopelícula de los microorganismos fotosintetizadores, tal como se ve en la figura 9b.

En otra modalidad de la invención, el fotobiorreactor (1) puede tener el mecanismo de recirculación (3) con su estructura ramificada superior (11) y su estructura ramificada inferior (12), localizada varias veces a lo largo del eje vertical, con el fin de optimizar el área de tratamiento de residuos y el volumen de microorganismos que remedian el efluente, en diseños del fotobiorreactor de mayor altura.

El sistema de aireación (4) del fotobiorreactor, se presenta parcialmente en la figura 10, donde dicho sistema presenta una serie de equipos encargados de retirar parte del efluente a tratar de un cuadrante del tanque y volverlo a entregar aireado al siguiente cuadrante del tanque, en sentido del flujo. El sistema tiene la capacidad de realizar dos procesos fundamentales, el primero es permitir y mejorar la capacidad de los microorganismos para realizar intercambios gaseosos y la segunda tiene que ver con la interacción luz/oscuridad, para el proceso de fotosíntesis. Al igual que el mecanismo de recirculación (3), el sistema de aireación (4) responde a la geometría del tanque, es decir, que este también

responde a los flujos tangenciales del sistema. En esta figura, se aprecia puntos de toma de efluente (5), uno por cada cuadrante, los cuales se encuentran ubicados en la parte baja del tanque y son direccionados hacia una bomba (6) a una inclinación tangencial a la curvatura del tanque (2), esto para mantener el sentido de flujo generado por la inercia de la fuerza centrífuga dentro del tanque; cada una de las cuatro bombas (6) se encargan de desplazar el efluente al cuadrante contiguo en dirección al flujo por medio de tuberías (7) a un ángulo variable, preferiblemente de 45° con respecto a la vertical, de la misma forma que fluye en la parte interna del tanque. En el punto de descarga (8), el efluente se bifurca por medio de un dispositivo divisor de flujo (9), como el mostrado en la figura, haciendo que el efluente caiga sobre una superficie bajante ondulada (10) para que luego ingrese a la estructura del mecanismo de recirculación (3). La descarga se divide en el divisor de flujo (9) para realizar un suministro del efluente en la dirección de los subcuadrantes con el fin de que el flujo sea homogéneo en todo el sistema. La descarga se realiza en la superficie bajante ondulada (10), para permitir que el tiempo de retención hidráulica en esta área sea mayor y que el efluente tenga contacto con el aire, permitiendo el proceso de transferencia gaseoso. Las tuberías (7) son de material translúcido, se prefieren de material PVC transparente para permitir exposición solar al efluente favoreciendo el proceso de fotosíntesis de los microorganismos.

Los puntos de descarga del efluente (8) se presentan con mayor claridad en la figura 11, a través de los dispositivos divisores de flujo (9); además, se observa la inclinación preferida a 45°, tangencial a la curvatura del tanque (2), de las tuberías desde el punto de toma hasta cada una de las cuatro bombas (6).

La superficie bajante ondulada (10) se presenta en la figura 12, con una vista desde arriba del tanque, como se observa, esta tiene una forma helicoidal donde se presentan secciones inclinadas (18) por donde el efluente fluye en forma de

cascada al mecanismo de recirculación (3), esto tiene como efecto una mejor transferencia gaseosa.

La superficie bajante ondulada (10) del sistema de aireación también se puede ver desde otro ángulo en la figura 13 que presenta la vista lateral, donde se observa en detalle las secciones inclinadas (18) de dicha, por donde el efluente fluye luego de la descarga hacia el mecanismo de recirculación. Las secciones inclinadas (18) presentan un ángulo de inclinación variable, preferiblemente de 30° con respecto a la horizontal y tienen una forma escalonada buscando un flujo tipo cascada para mejorar la aireación del efluente.

El sistema de iluminación (19) se presenta en la figura 14 donde se observa que las membranas (13) del biorreactor son fabricadas en un material impermeable, hermético y translúcido. Pueden ser elaboradas de materiales tales como elastómero o polipropileno, o materiales equivalentes a estos. El material de la membrana debe ser transparente o translúcido puesto que debe permitir el paso de la luz del sistema de iluminación que se encuentra dentro de la membrana. Además, deben ser impermeables, dado que las membranas están llenas de agua cristalina, que masifica el proceso de dispersión y difracción de la luz, mejorando su eficiencia; y deben ser herméticas puesto que no debe haber contacto del líquido que está dentro de la membrana con el efluente del biorreactor.

En cada membrana (13) hay líquido refractante en su interior. El sistema de iluminación también está formado por bombillos LED ubicados al interior del espacio formado por la membrana transparente (13), siendo estos bombillos por ejemplo una tira luminaria de LED (20), sumergible, que permite que la luz generada sea refractada por el agua cristalina del interior de la membrana y por tanto, la configuración del sistema (19) permite que la luz natural y artificial sea reflejada y refractada hacia la biopelícula de microorganismos que se han formado sobre la membrana, favoreciendo su crecimiento y accionar.

El sistema de iluminación (19) es esencial tanto para el correcto funcionamiento del fotobiorreactor (1) como para mejorar la eficiencia del mismo. Los microorganismos fotosintéticos, necesitan de la radiación solar o de iluminación artificial para realizar este proceso, el objetivo fundamental del fotobiorreactor es obtener la mayor cantidad de energía de radiación solar (iluminación natural), y para poder mejorar la eficiencia es necesario tener la capacidad de controlar esta iluminación y algunas características de la misma.

En una modalidad del fotobiorreactor (1), como posibilidad de fuente de iluminación, el sistema puede adaptarse para utilizar tecnología LED (20), la cual va soportada en el mecanismo de recirculación (3) y opcionalmente algunos componentes en la tuberías (7) que llevan el efluente luego del bombeo hacia el tanque (2), en el sistema de aireación (4).

15

El sistema de iluminación (19) se puede dividir en cinco módulos independientes interrelacionados, cuatro módulos controlando la iluminación de cada uno de los cuadrantes y un módulo iluminando las tuberías de circulación del efluente (7). Este sistema posee la capacidad no solo de realizar exposición a luz blanca, los LEDs manejan un rango en RVA (rojo, verde, azul), lo que permite someter el efluente a diferentes longitudes de onda, visualmente se representaría como diferentes colores de luz, esto también permite el reconocimiento de que longitudes estimulan en mayor manera el efluente.

Algunas de las opciones de configuraciones que la estructura de brazos ramificados puede llegar a tener se observan en la figura 15, siempre buscando que la configuración produzca que el área efectiva del tanque sea aprovechada y que la estructura sirva de guía de flujo para el efluente dentro del tanque.

Las Figuras 16 y 17 representan dos diferentes configuraciones (paralelo y serie, respectivamente) en las que se puede llevar a cabo un proceso de fitorremediación de efluentes residuales utilizando varios fotobiorreactores (1) como el de la invención. El empleo de más un fotobiorreactor (1) en un proceso de fitorremediación implica una mayor efectividad de la descontaminación del efluente residual a tratar. La utilización de una configuración determinada de fotobiorreactores, del número de fotobiorreactores y del tamaño de cada fotobiorreactor (1) se determina de acuerdo a las condiciones de operación (caudal de efluentes, tipo de efluentes, área disponible de ubicación, tratamientos secundarios, etc.) y a los resultados buscados de los parámetros a reducir (normatividad ambiental); esto solo demuestra la flexibilidad y versatilidad que tiene el diseño del fotobiorreactor (1) de la invención.

Ahora haciendo referencia al sistema de entrada y salida, este tiene dos lazos de control; uno a lazo abierto y otro a lazo cerrado, el sistema a lazo cerrado depende de todo lo referente a la recirculación interna en el fotobiorreactor (1), sin tener entradas y salidas; este lazo responde a la estabilización microbiológica del fotobiorreactor y permite el aumento de celularidad del sistema. El sistema de lazo abierto responde a la continuidad del proceso y la entrada de nutrientes del sistema, es más crítico, ya que puede afectar el fotobiorreactor de manera física (nivel) y de manera microbiológica (celularidad).

El sistema de entrada y salida está sujeto al comportamiento de los flujos de entrada y salida; estas dos variables se manipulan por bombeo y se regulan a través de los variadores de velocidades de las bombas (6), y se realiza el control a través de los medidores de caudal en la salida y en la entrada del sistema.

El sistema de telemetría y control del fotobiorreactor (1) consta de tres partes fundamentales: la medición, el control y la manipulación. Respecto a la medición, este sistema corresponde a la telemetría del fotobiorreactor, donde sus

componentes permiten la adquisición de datos de variables para el sistema de control y visualización de las mismas; en este caso para el proceso de fitorremediación es necesario el seguimiento de variables muy puntuales como: pH, oxígeno disuelto, temperatura y los niveles de iluminación o exposición.

- 5 Adicional a esto están las mediciones a variables que no están relacionadas con el proceso microbiológico del fotobiorreactor, variables relacionadas con el funcionamiento físico del mismo como los caudales.

- 10 En lo relacionado con el control, este se realiza con un sistema Arduino, diseñado específicamente para esta invención, dicho sistema de control permite la visualización y manipulación de las variables. En el caso de la visualización este sistema captura los datos del censado y permite la visualización y almacenamiento de los mismos, esto para las variables del proceso biológico. Este sistema adquiere datos en tiempo real de los sensores del funcionamiento y realiza ajuste
15 a través de los actuadores del sistema, manteniendo los *Set Points* que se establezcan.

- La manipulación del sistema tiene dos fases o dos formas de realizarse, una es la automática que es realizada por el sistema de control, un bucle de control cerrado
20 que permite al sistema medir, controlar y accionar; el otro caso es la manipulación manual, esta permite a través del sistema de control hacer cambios a voluntad de manera que el sistema de control es un intermediario de las ordenes. Adicionalmente existen accionamientos mecánicos, como válvulas y otros elementos que permiten realizar modificaciones al proceso, estos también se
25 encuentran en el sistema para facilitar el mantenimiento y las posibles reparaciones.

En modalidades preferidas de la invención, entre los efluentes con alto contenido de materia orgánica que el fotobiorreactor de la invención puede tratar se tiene los

efluentes provenientes de residuos orgánicos industriales, agrícolas, domésticos y sanitarios, entre otros.

En otra modalidad, el proceso de fitorremediación se realiza ingresando el
5 efluente residual al fotobiorreactor (1) de manera controlada por medio de los
variadores de velocidad de las bombas (6); cuando se obtienen condiciones de
operación apropiadas en el tanque (2), nivel de efluente, pH, temperatura,
crecimiento de biopelícula, intensidad lumínica, nutrientes, entre otras, se activa el
sistema de aireación (3) iniciando con el bombeo de parte del efluente el cual es
10 retirado desde la parte inferior del tanque en uno de los cuadrantes y se dirige al
siguiente cuadrante en sentido del flujo por medio de las tuberías (7), el efluente
ingresa por la parte superior del tanque a través de una tubería con un dispositivo
divisor de flujo (9) para que este caiga sobre una superficie bajante ondulada (10),
donde se airea y retorna al mecanismo de recirculación (4) donde se mezcla con
15 el efluente contenido en el tanque; el efluente residual dentro del tanque es tratado
por una biopelícula de microorganismos adherida a las membranas (13) que
forman parte de la estructura de soporte interna del fotobiorreactor, dicha
estructura de soporte se fija en el tanque (2) mediante una serie de brazos curvos
ramificados, donde además se mantiene adherida a las membranas (13) un
20 sistema de iluminación el cual consta de membranas selladas transparente con un
fluido refractante al interior que refracta y refleja la luz artificial generada por
bombillos ubicados al interior de la membrana, a través de la profundidad del
tanque. Las condiciones del proceso de fitorremediación, pH, oxígeno disuelto,
temperatura y los niveles de iluminación o exposición, son medidas y controladas,
25 mediante sensores y actuadores de un sistema de telemetría y control. El efluente
residual tratado es evacuado del fotobiorreactor (1), a cualquier otro proceso de
tratamiento secundario, cuando los parámetros de pH, conductividad, nivel de
sulfatos, nitratos y fosfatos, entre otros, alcanzan los niveles establecidos como
aceptables.

Como productos finales de la remediación realizada en el presente fotobiorreactor se obtiene biomasa, aceites, proteínas, polisacáridos, polímeros, entre otros, de acuerdo con el tipo de efluente procesado.

- 5 Para una mejor comprensión de la invención, a continuación se presenta, el alcance de los términos empleados en la presente redacción:

Fotobiorreactor: sistema unitario o múltiple para realizar el ficocultivo y/o fitorremediación de los efluentes residuales.

10

Microorganismos: cualquier organismo anaerobio o aerobio útil en la fitorremediación de los efluentes residuales, entre los cuales se pueden considerar algas, microalgas, hongos, bacterias, cianobacterias, diatomeas, lodos activados y mezclas de ellos.

15

Biorremediación: proceso que utiliza la capacidad de los microorganismos para tratar los efluentes residuales con la finalidad de disminuir o eliminar contaminantes. Este proceso puede ser acompañado de la adición de compuestos inorgánicos para facilitar y agilizar la degradación de contaminantes.

20

Efluente residual: residuos líquidos, geles o residuos líquidos mezclados con sólidos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, instituciones, establecimientos comerciales y actividades industriales tales como
25 pozos de extracción de hidrocarburos, derrames de hidrocarburos, actividades agrícolas, desechos agrícolas, actividades de minería, más las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pudieran agregarse.

30

Cuadrante: cuarta parte del área circular del tanque comprendida entre dos radios que forman un ángulo de 90°.

Espiral logarítmica: curva definida por cada uno de los brazos de mayor longitud (15) que forman la estructura del fotobiorreactor. La característica fundamental de esta espiral es que la expansión y la rotación tienen un vínculo geométrico o exponencial. La distancia entre los brazos aumenta mucho más rápidamente que su rotación.

Biopelícula: matriz extracelular adhesiva secretada por los microorganismos adheridos a la superficie de la membrana (13) que une las dos estructuras ramificadas del fotobiorreactor (1).

Iluminación natural: Iluminación procedente de la refracción de la luz diurna, luz del día o luz natural, la cual es la combinación de toda la luz solar exterior durante el día, utilizada por los microorganismos para su crecimiento y accionar en el proceso de fitorremediación de los efluentes residuales.

Sistema de iluminación: sistema de membranas selladas transparentes dispuestas a lo largo de cada membrana que une las estructuras de brazos ramificados, donde un líquido refractante captura la luz natural y artificial presente al interior de la membrana hermética y la refleja y refracta hacia la biopelícula.

Sistema de control: arreglo de componentes físicos interconectados de forma que se puedan comandar dinámicamente en su totalidad o parcialmente. En el caso particular del sistema de telemetría de la invención, este captura todos los datos relacionados con el funcionamiento microbiológico del fotobiorreactor. El sistema de control, mide y manipula de manera automática las variables relacionadas con el funcionamiento del proceso y de los bucles, este sistema a su vez regula de manera indirecta las variables microbiológicas del proceso.

Ejemplos

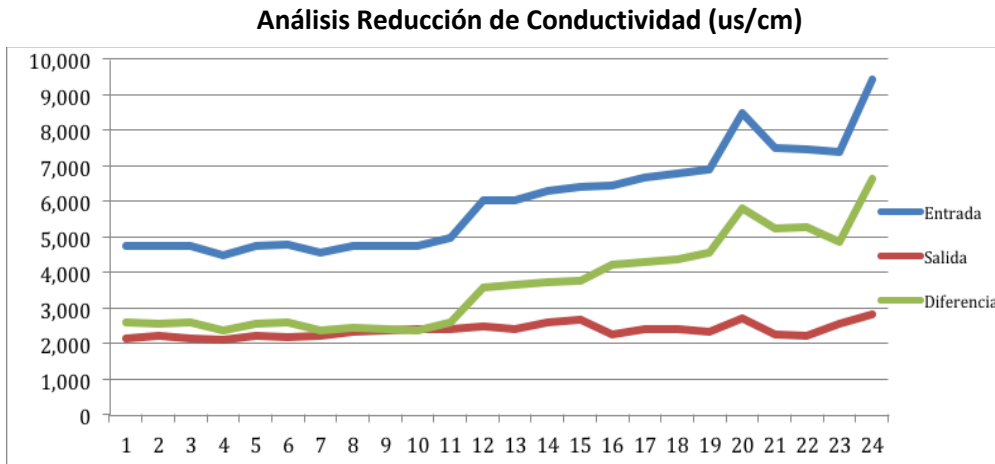
5

Ejemplo 1: Reducción de parámetros de contaminación del agua:

El proceso de ficorremediación de efluentes residuales llevado a cabo en el fotobiorreactor de la invención se evaluó al medir los principales niveles de los parámetros de contaminación de agua aceptados por las normas para vertimiento y/o riego. Se concluyó que a excepción del pH todos los parámetros de contaminación del agua disminuyeron como efecto directo del proceso de ficorremediación; los parámetros que se mantenían sin cambio, ya estaban en niveles aceptados por las normas. Uno de los parámetros que más claramente disminuyó son los HAPs, (Hidrocarburos aromáticos). Otro parámetro de especial interés, y que está relacionado con la “dureza” del efluente, es la conductividad, que es un factor directamente relacionado con el incremento en los costos de tratamiento por ósmosis reversa del agua de producción. Para este parámetro, se realizó un total de 24 de mediciones. En estas mediciones se pudo evidenciar que de forma consistente la ficorremediación disminuyó la conductividad del agua en más de un 59%, en promedio, con un rango de disminución entre el 49% y el 70% en algunos casos. Este porcentaje corresponde a un promedio de reducción de conductividad de 3.642 us/cm. Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla:

Entrada	Salida	Diferencia	%VAR
4,744	2,147	2,597	55%
4,744	2,208	2,536	53%
4,744	2,148	2,596	55%
4,472	2,108	2,364	53%
4,774	2,207	2,567	54%
4,781	2,186	2,595	54%
4,576	2,205	2,371	52%
4,762	2,304	2,458	52%
4,762	2,365	2,397	50%
4,765	2,408	2,357	49%
4,980	2,389	2,591	52%
6,051	2,467	3,584	59%
6,051	2,389	3,662	61%
6,302	2,567	3,735	59%
6,407	2,650	3,757	59%
6,450	2,245	4,205	65%
6,680	2,376	4,304	64%
6,789	2,406	4,383	65%
6,893	2,330	4,563	66%
8,495	2,700	5,795	68%
7,503	2,259	5,244	70%
7,467	2,203	5,264	70%
7,402	2,543	4,859	66%
9,440	2,810	6,630	70%
6,001	2,359	3,642	59%

Así mismo, se evidenció que el aumento neto en la conductividad de entrada, no afecta la capacidad del proceso para disminuir la conductividad, sino que esta capacidad se mantiene, e incluso aumenta, llegando a conductividades de salida entre los 2.500 y 3.000 us/cm.



Ejemplo 2: Separación de biomasa por centrifugado:

Se realizaron ensayos de centrifugado, con muestras sin flocular, para evaluar este mecanismo como alternativa de separación de biomasa a escalas mayores, obteniéndose los siguientes resultados:

Alicuota	Conductividad (μS/cm)		Variación	%
	Ant. Centrif.	Desp. Centrif.		
1	3,837.00	3,701.00	136.00	3.5%
2	3,854.00	3,753.00	101.00	2.6%
3	3,816.00	3,744.00	72.00	1.9%
4	3,841.00	3,739.00	102.00	2.7%
5	4,006.00	2,817.00	1,189.00	29.7%
6	3,853.00	3,641.00	212.00	5.5%
7	3,899.00	3,607.00	292.00	7.5%
8	3,868.00	3,768.00	100.00	2.6%
9	3,848.00	3,785.00	63.00	1.6%
0	3,830.00	3,789.00	41.00	1.1%
Promedio	3,865.20	3,634.40	230.80	6.0%

Las conductividades residuales (el valor de conductividad que le queda al efluente tratado después que la fitorremediación ha eliminado aproximadamente la mitad) tuvieron un promedio de 3.865 μS/cm, la conductividad promedio al ingreso en el sistema fue de 6.001 μS/cm, y con la centrifugación tradicional se logró una disminución promedio de 230.8 μS/cm, lo que representa entre un 6 a un 29% de disminución adicional en la dureza del agua. Este ensayo permite proponer el proceso de centrifugado como mecanismo final del tratamiento de agua, para mejorar aún más las cifras de conductividad del efluente.

Habiendo descrito completamente una realización preferida de la invención, los expertos en la técnica reconocerán, dadas las enseñanzas de este documento, que existen numerosas alternativas y equivalentes que no se apartan de la invención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Richmond A, Boussiba S, Vonshak A, Kopel R (1993) A new tubular reactor for mass production of microalgae outdoors. J. Appl. Phycol. 5: 327-332; y Sánchez A,
- 5 García F, Contreras A, Molina E, Chisti Y (2000) Bubble column and air lift photobioreactors for algal culture. Aiche J. 46: 1872-1877.

REIVINDICACIONES

1. Un fotobiorreactor (1) para la fitorremediación de efluentes **caracterizado porque** comprende:
 - a. un tanque externo (2) de forma cónica truncada, donde el diámetro de la base es menor del diámetro del borde superior,
 - b. una estructura de soporte de unos sistemas de recirculación (3), iluminación (19) y de flujo inducido,
 - c. un sistema de aireación (4),
 - d. un sistema de entrada y salida, y
 - e. un sistema de telemetría y control;donde la estructura del mecanismo de recirculación (3) divide el volumen del tanque en cuadrantes (15) y sub-cuadrantes (16) y la estructura del mecanismo de recirculación (3) es fija al interior del tanque mediante brazos curvos ramificados (11) que se desprenden desde un soporte central (14) hasta la pared interior del tanque (2).
2. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** la estructura del mecanismo de recirculación (3) tiene 4 brazos curvos (15) que se desprenden radialmente desde el soporte central (14) hasta la pared interna del tanque (2), los cuales dividen el volumen del tanque en cuadrantes.
3. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 2 **caracterizado porque** los brazos curvos (15) son de radio creciente.
4. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 3 **caracterizado porque** el radio creciente tiene forma de una espiral logarítmica.

5. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 4 **caracterizado porque** cada cuadrante comprende dos sub-cuadrantes y cinco terminaciones.
6. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 4 **caracterizado porque** los brazos curvos (15) para cada cuadrante tienen uno de sus límites en un sub-cuadrante y el otro límite en el otro sub-cuadrante.
7. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 6 **caracterizado porque** cada brazo curvo que separa los cuadrantes (15) se divide en ocho secciones iguales, cada sección comprendida entre ángulos variables formados por articulaciones ecualizables cuyo vértice en común es el punto medio de la línea recta entre los límites del brazo.
8. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 7 **caracterizado porque** la longitud de los brazos curvos que dividen el área del tanque en sub-cuadrantes (16) equivalente a cinco de dichas secciones iguales.
9. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 7 **caracterizado porque** la longitud de cada brazo curvo que forman las terminaciones (17) equivalente a tres de dichas secciones iguales.
10. El fotobiorreactor de acuerdo con las reivindicaciones 8 y 9 **caracterizado porque** todos los brazos curvos que dividen el tanque en cuadrantes (15), sub-cuadrantes (16) y terminaciones (17) tienen la misma conformación ramificada entre sí.
11. El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 10 **caracterizado porque** la estructura de brazos curvos ramificados (15) se presenta tanto en la sección superior como hacia el fondo del tanque sobre el mismo soporte central (14), donde dichas dos estructuras coinciden en su configuración y dimensión.

- 12.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 11 **caracterizado porque** las terminales de los brazos homólogos de cada estructura forman un ángulo variable formado por articulaciones ecualizables entre ellas, en el plano vertical.
- 13.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 12 **caracterizado porque** la estructura inferior ramificada (12) no está fija al tanque del biorreactor.
- 14.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 13 **caracterizado porque** dichas dos estructuras ramificadas se unen brazo a brazo por medio de membranas dobles (13) las cuales soportan en sus superficies los microorganismos que efectúan la fitorremediación.
- 15.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 14 **caracterizado porque** dichos microorganismos son fotosintetizadores.
- 16.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 15 **caracterizado porque** dichos microorganismos fotosintetizadores se pueden elegir entre algas, hongos, bacterias, cianobacterias, diatomeas y mezclas de ellos.
- 17.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** el sistema de aireación (4) comprende puntos de toma del efluente (5), bombas (6), tuberías de circulación (7) del efluente, puntos de descarga (8) y una superficie bajante ondulada (10).
- 18.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 17 **caracterizado porque** las tomas del efluente (5) se ubican en la parte inferior del tanque, las bombas (6) conectan los puntos de toma (5) con las tuberías de

circulación del efluente (7) y los puntos de descarga (8) se ubican en la parte superior del tanque.

19.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 18 **caracterizado porque** las tuberías que unen la toma del efluente (5) con las bombas (6) presentan un ángulo tangencial a la curvatura del tanque (2), medidos desde el punto de toma (5) hasta la entrada de cada bomba (6).

20.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 19 **caracterizado porque** las tuberías de circulación del efluente (7) presentan un ángulo de inclinación entre 20° a 60° con respecto a la vertical medidos desde la salida de cada bomba (6) al punto de descarga (8).

21.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 20 **caracterizado porque** el punto de descarga (8) se encuentra ubicado en el cuadrante contiguo al respectivo punto de toma (5), en dirección al flujo.

22.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 21 **caracterizado porque** el punto de descarga (8) presenta un dispositivo divisor de flujo (9).

23.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 22 **caracterizado porque** las tuberías de circulación del efluente (7) son de un material transparente.

24.El fotobiorreactor de acuerdo con las reivindicaciones 17 y 23 **caracterizado porque** la superficie bajante ondulada (10) se ubica al interior del tanque en su parte superior bajo los puntos de descarga (8).

25.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 24 **caracterizado porque** se presenta un punto de toma (5) y uno de descarga (8) con un dispositivo divisor de flujo (9) por cada cuadrante.

- 26.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** la iluminación del sistema es natural y artificial.
- 27.El fotobiorreactor de acuerdo con las reivindicaciones 14 y 26 **caracterizado porque** el sistema de iluminación (19) natural comprende membranas (13) impermeables, herméticas y con conteniendo líquido refractante en su interior.
- 28.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 27 **caracterizado porque** el sistema de iluminación (19) comprende cinco módulos independientes interrelacionados, cuatro módulos controlando la iluminación de cada uno de los cuadrantes y un módulo iluminando las tuberías de circulación del efluente (7).
- 29.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 28 **caracterizado porque** el sistema de iluminación (19) comprende lámparas de tecnología LED y agua cristalina que refracta esta luz y la luz natural y LED.
- 30.El fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** el sistema de telemetría y control mide variables microbiológicas y físico - químicas del proceso.
- 31.Fotobiorreactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la estructura de soporte (3) puede tener dos o más unidades al interior del biorreactor.
- 32.Fotobiorreactor de acuerdo con la reivindicación 31 **caracterizado porque** las unidades de la estructura de soporte van a lo largo del eje vertical.
- 33.Método de ficorremediación de efluentes residuales con alto contenido de materia orgánica **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:

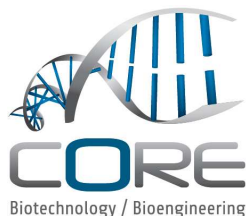
- a. El efluente ingresa en un fotobiorreactor (1) que comprende un tanque externo (2) de material transparente mediante un sistema de tuberías de entrada (5),
- b. El efluente circula por el fotobiorreactor (1) pasando a través de las membranas (13) con microorganismos adheridos y siguiendo el sentido de circulación de su estructura;
- c. Al recorrer el cuadrante (15) el efluente sale del interior de éste a través de las tuberías de circulación del efluente (7) y pasa al punto de descarga (8) en la parte superior del siguiente cuadrante (15);
- d. el efluente ingresa por la parte superior del tanque a través de una tubería con un dispositivo divisor de flujo (9) para que este caiga sobre una superficie bajante ondulada (10), donde se airea y retorna al mecanismo de recirculación (4) donde se mezcla con el efluente contenido en el tanque;
- e. el efluente continua su circulación repitiendo las etapas b) a d) cuantas veces sea necesario;
- f. el efluente tratado se descarga por la tubería de salida.

34. Método de ficorremediación de efluentes residuales con alto contenido de materia orgánica de acuerdo con la reivindicación 36 **caracterizado porque** se realiza en un fotobiorreactor (1) en montaje unitario.

35. Método de ficorremediación de efluentes residuales con alto contenido de materia orgánica de acuerdo con la reivindicación 36 **caracterizado porque** se realiza en fotobiorreactores (1) en montaje combinado.

36. Método de ficorremediación de efluentes residuales con alto contenido de materia orgánica de acuerdo con la reivindicación 36 **caracterizado porque** no requiere agitación.

- 37. Uso del fotobiorreactor de las reivindicaciones anteriores en el tratamiento de residuos industriales.
- 38. Uso del fotobiorreactor de las reivindicaciones anteriores en el tratamiento de residuos petroquímicos o mineros.
- 39. Uso del fotobiorreactor de las reivindicaciones anteriores en el tratamiento de residuos agrícolas.
- 40. Uso del fotobiorreactor de las reivindicaciones anteriores en el tratamiento de residuos domésticos o residuos sanitarios.



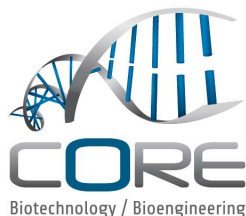
CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES SOBRE INVENCIÓN

Yo, JAIME EDUARDO GUTIÉRREZ FONSECA, mayor de edad, con domicilio en la ciudad de Bogotá, identificado con la cédula de ciudadanía N° 72001302, obrando en nombre propio, por medio del presente documento cedo de forma permanente todos los derechos patrimoniales sobre la invención titulada “FOTOBIORREACTOR PARA LA FICORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES QUE COMPRENDE UNA ESTRUCTURA DE BRAZOS FIJOS RAMIFICADOS” a la sociedad BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA CORE S.A. sociedad anónima organizada y existente de conformidad con las leyes de Colombia, identificada con el NIT No 900263254-7, debidamente inscrita en la Cámara de Comercio de Barranquilla, con domicilio en la ciudad de Barranquilla,

Dado y firmado hoy 4 de agosto de 2015 en Bogotá D.C.

Firma

JAIME EDUARDO GUTIÉRREZ FONSECA
C.C. 72001302



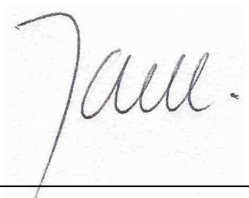
PODER DE REPRESENTACIÓN

Yo, JAIME EDUARDO GUTIÉRREZ FONSECA, mayor de edad, con domicilio en la ciudad de Bogotá, identificado con la cédula de ciudadanía N° 72.001.302, obrando en mi calidad de representante legal de BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA CORE S.A. sociedad anónima organizada y existente de conformidad con las leyes de Colombia, identificada con el NIT No 900.263.254-7, debidamente inscrita en la Cámara de Comercio de Barranquilla, con domicilio en la ciudad de Barranquilla, por el presente otorgo poder a MANUEL GUERRERO GAITÁN, TP. No. 114.230 del CS de la J. y con c.c. No. 79.796.150 de Bogotá, domiciliado en la Transversal 2 No 67-15 Bogotá, D.C., Colombia, para obtener la protección de mi propiedad industrial e intelectual a cuyo efecto lo autorizo para que me representen ante cualesquiera entidades o personas, ejerzan o no jurisdicción, especialmente ante las del orden administrativo, contencioso-administrativo y judicial, así como los tribunales de arbitramento nacionales y/o internacionales en todo lo concerniente a los siguientes asuntos: a) Obtención de patentes de invención, de los esquemas de trazado de circuitos integrados, modelos de utilidad y diseños industriales, el registro de marcas y de lemas comerciales; el depósito de nombres comerciales y enseñas; la obtención de la declaración y de la autorización de denominaciones de origen; su renovación, pago de anualidades de mantenimiento, traspaso, licencia, cambio de nombre o domicilio, cancelación voluntaria; y el registro de acuerdos de comercialización y de licencias de uso de esos derechos; b) Protección de secretos empresariales c) Obtención de la protección para variedades vegetales; d) Obtención y tramitación de todo lo relacionado con licencias de funcionamiento, registros sanitarios, licencias de venta y cualquier otra petición ante las autoridades sanitarias o administrativas; e) Acciones por protección al consumidor, por prácticas comerciales restrictivas y promoción de la competencia; f) Obtención del registro de derecho de autor para cualquier tipo de obra artística, literaria, científica, musical, videográfica, cinematográfica, coreográficas, soporte lógico o cualquier otra producción, en el campo artístico, científico, o literario capaz de ser reproducido o expresado por cualquier medio conocido ahora o por conocer en el futuro; Registro de contratos relacionados con la ejecución o transferencia de derechos intelectuales; g) Registro de nombres de dominio, su renovación, traspaso, cambio de nombre, cambio de domicilio, cancelación y demás actos relacionados con su administración. h) Las acciones reivindicatorias, de oposición, de cancelación, de

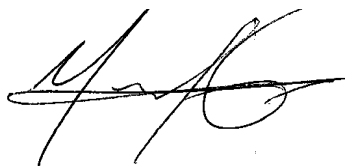
nulidad, de infracción de derechos, de medidas cautelares, de medidas en frontera, de tutela, de competencia desleal, de concesión de licencias y en general los procesos civiles, constitucionales, penales, administrativos o contencioso-administrativos relacionados con todos estos derechos; acciones y procesos que promovamos o se nos promuevan; Y para que en todos los asuntos arriba determinados, puedan sustituir este mandato, transigir, suscribir contratos de licencia, contratos de cesión, presentar recursos extraordinarios de casación y/o revisión y/o suplica, conciliar, admitir los hechos del proceso, rematar o licitar por cuenta del crédito, desistir, cancelar, ceder, recibir, renunciar, notificarse y ratificar los actos de agentes oficiosos.

Dado y firmado hoy 4 de agosto de 2015 en Bogotá D.C.

Firma



Acepto,



Manuel Guerrero G.

cc. 79'796.150 de Bogotá

Tp. 114.230 del C.S de la J.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se proporciona un fotobiorreactor (1) para la remediación de efluentes líquidos que comprende un tanque transparente(2), un sistema de aireación(4), una estructura de soporte al interior del tanque que contiene los sistemas de iluminación(19), de flujo y de recirculación (3) del efluente a tratar. El mecanismo de recirculación (3) se basa en dos estructuras fijas de brazos curvos ramificados que dividen el área efectiva del tanque en cuadrantes, donde los brazos homólogos de dichas dos estructuras se unen por medio de membranas dobles (13), sobre las cuales se forma la biopelícula de microorganismos fotosintetizadores y se acondiciona en su interior el sistema de iluminación artificial y natural. El flujo del efluente dentro del tanque (2) es inducido, básicamente, por la geometría y configuración de los sistemas de recirculación (3) y aireación (19). El método para la remediación de efluentes orgánicos de origen industrial, agrícola, petroquímico, minero, doméstico o sanitario, que emplea el fotobiorreactor de la invención, también es suministrado.

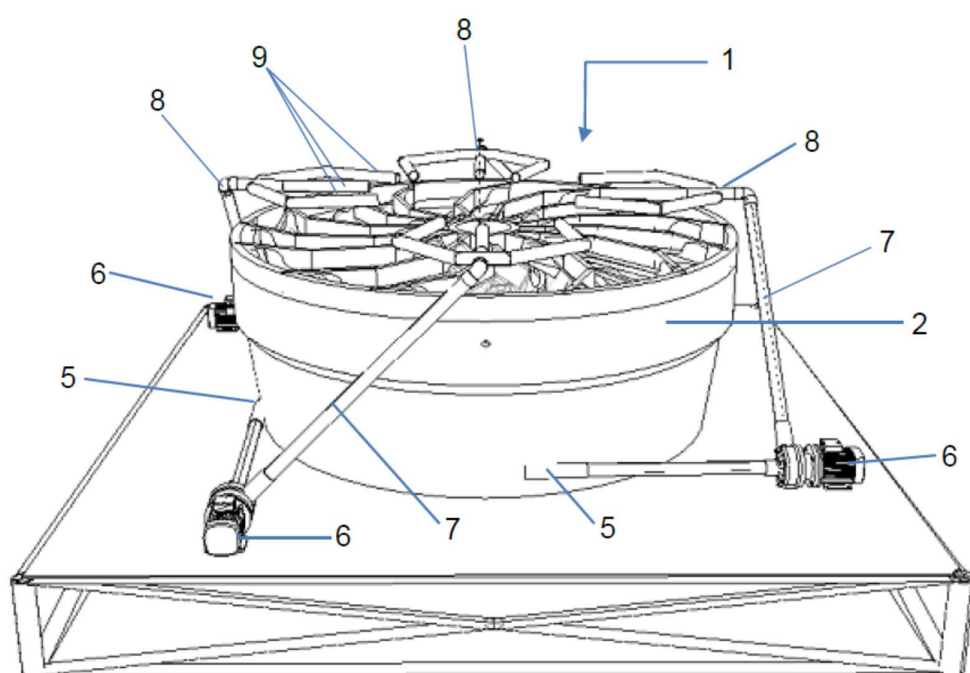


Figura N° 1

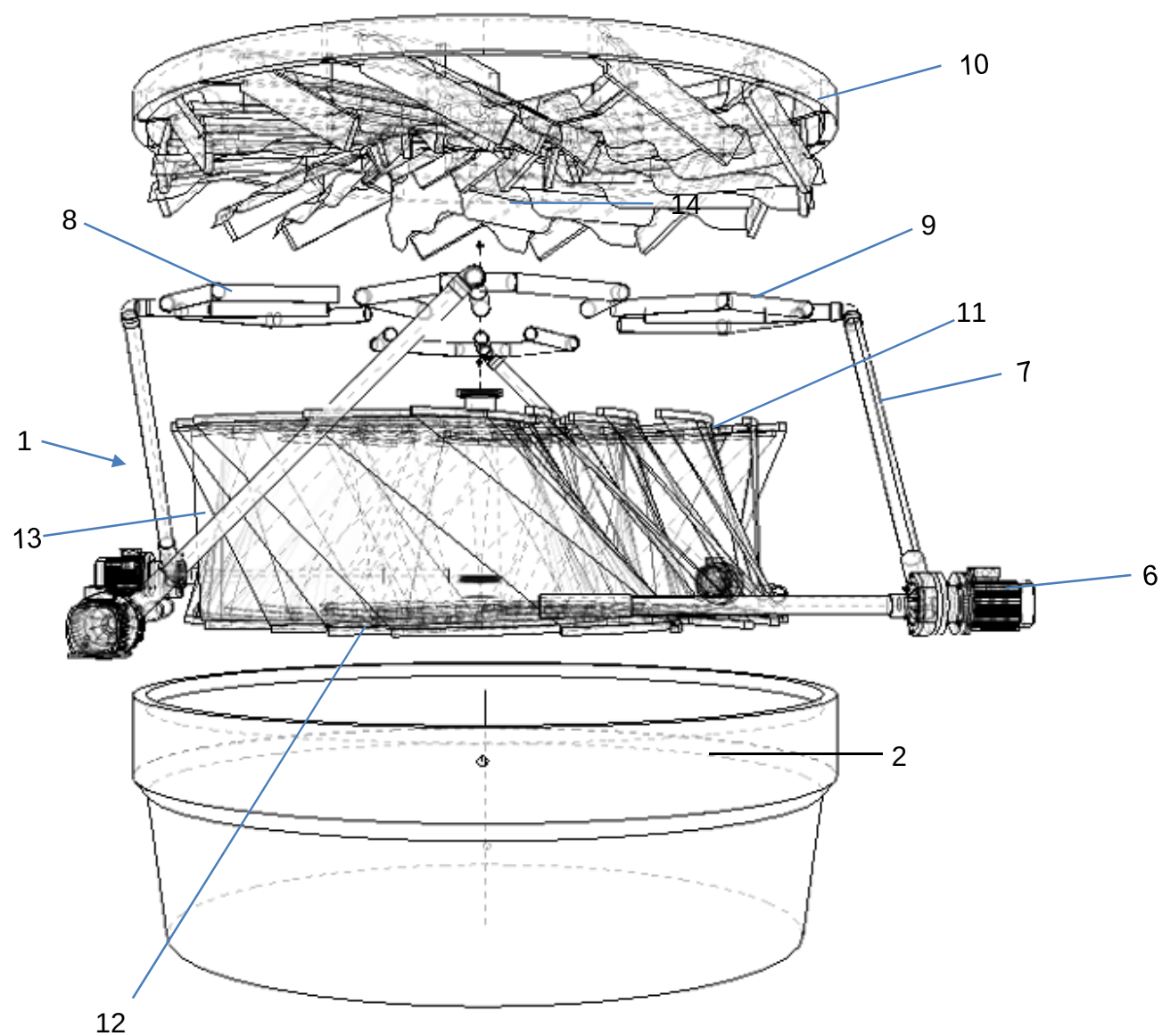
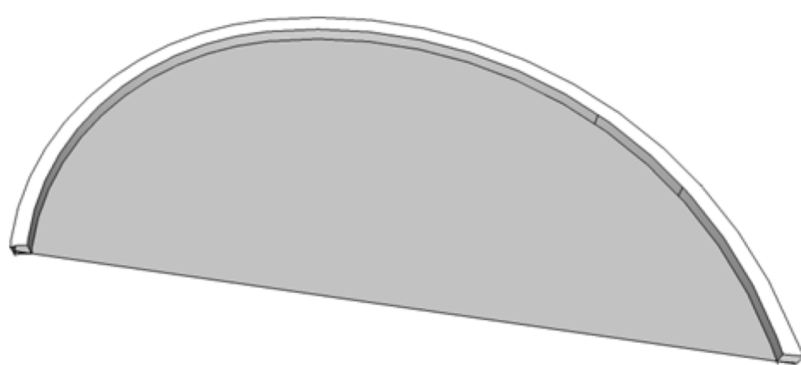


Figura N° 2

5



10

Figura N° 3

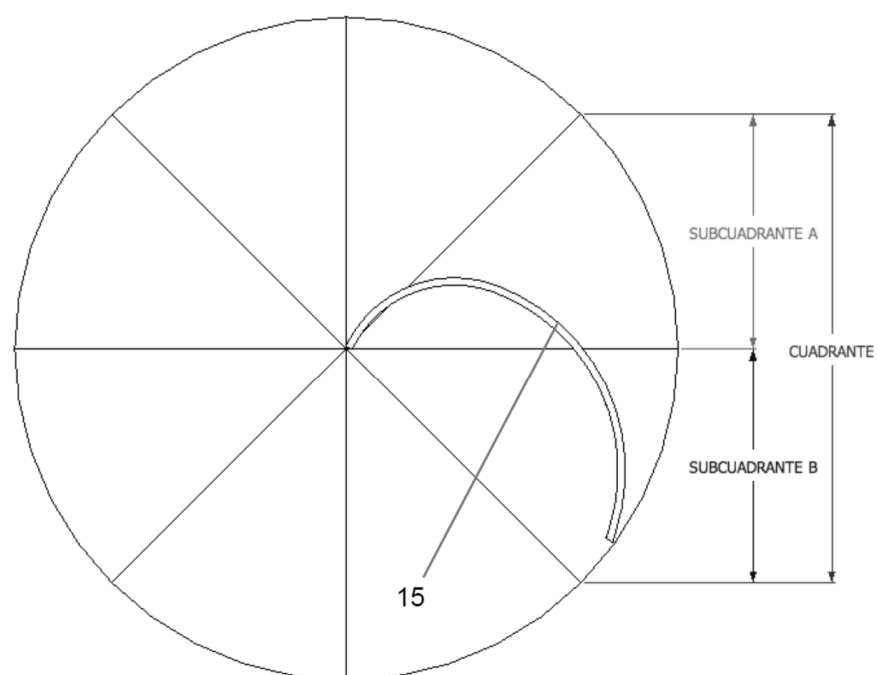


Figura N° 4

5

10

15

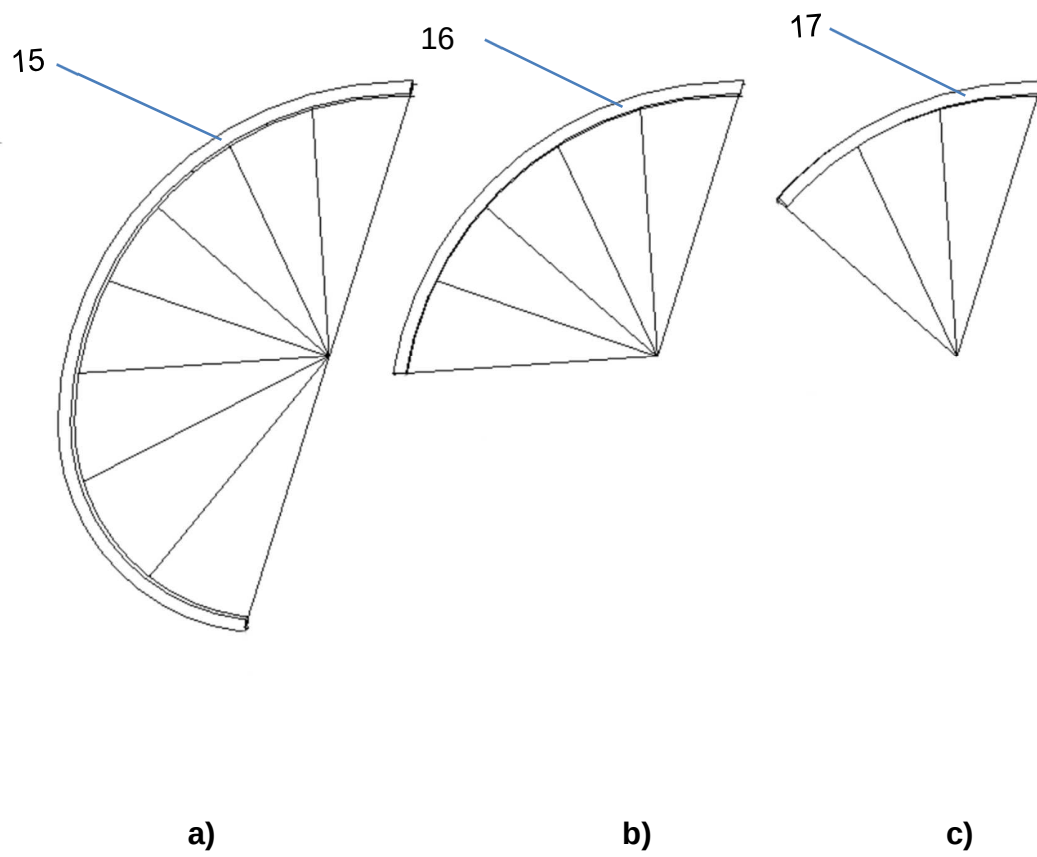
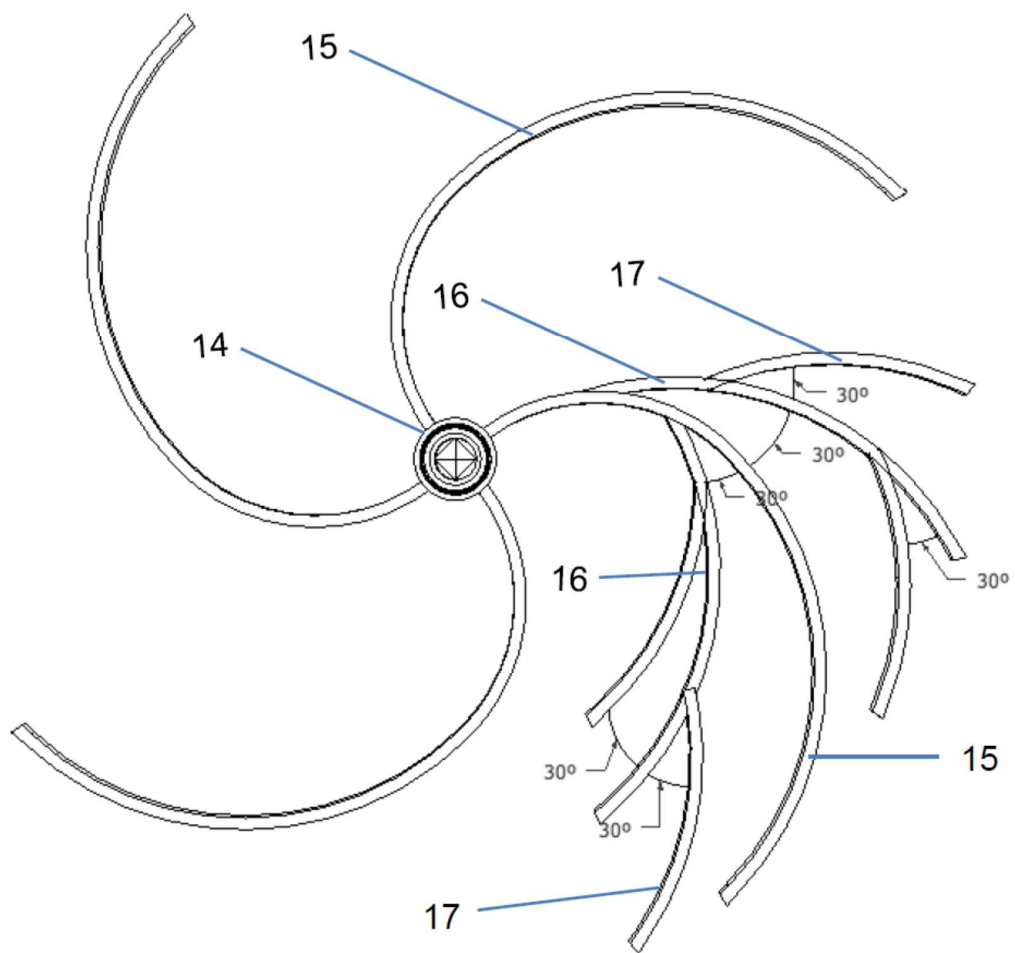


Figura N° 5



5

Figura N° 6

10

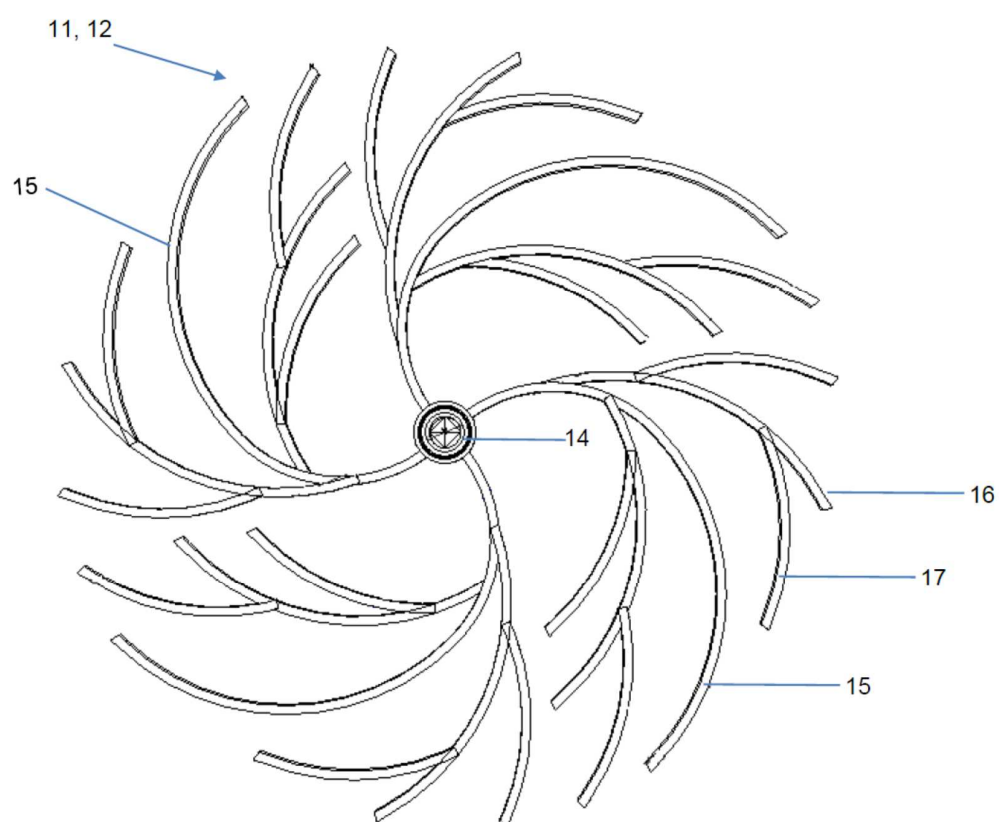


Figura N° 7

5

10

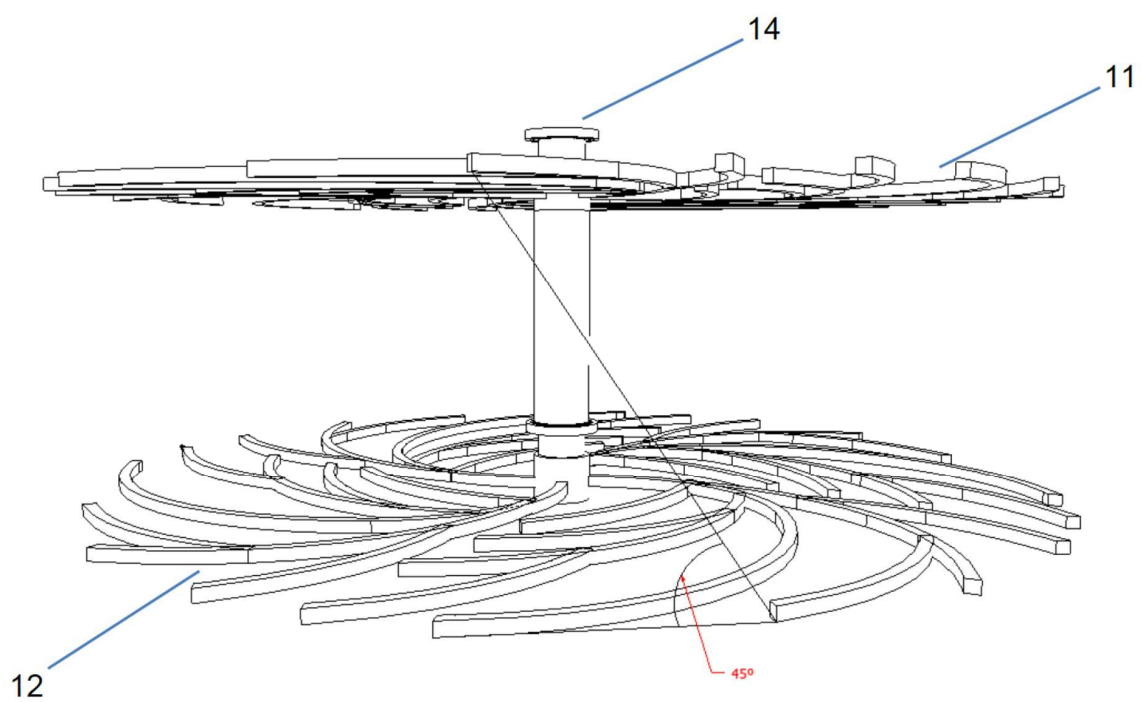


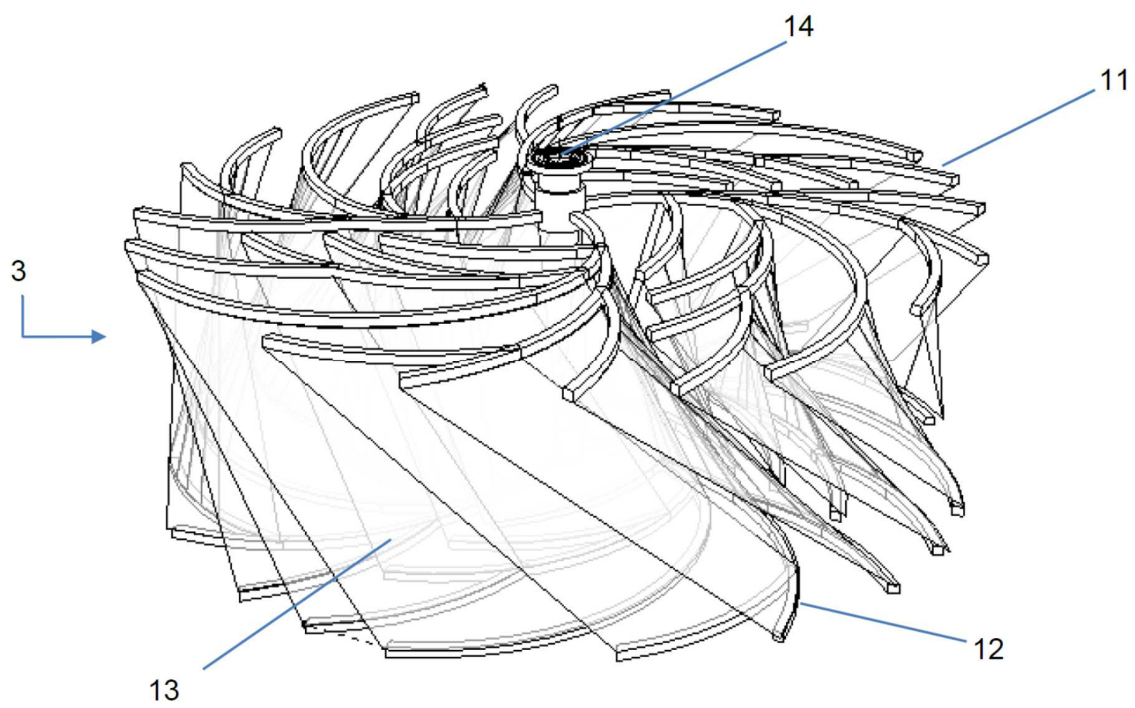
Figura N° 8

5

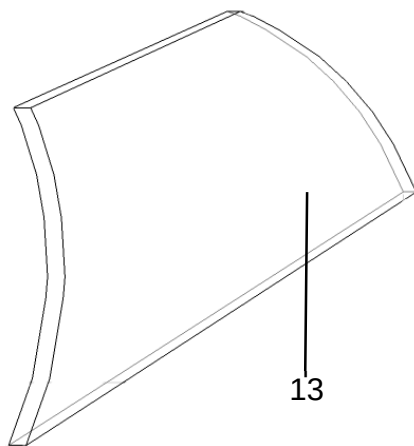
10

15

a)



b)



5

Figura N° 9

10

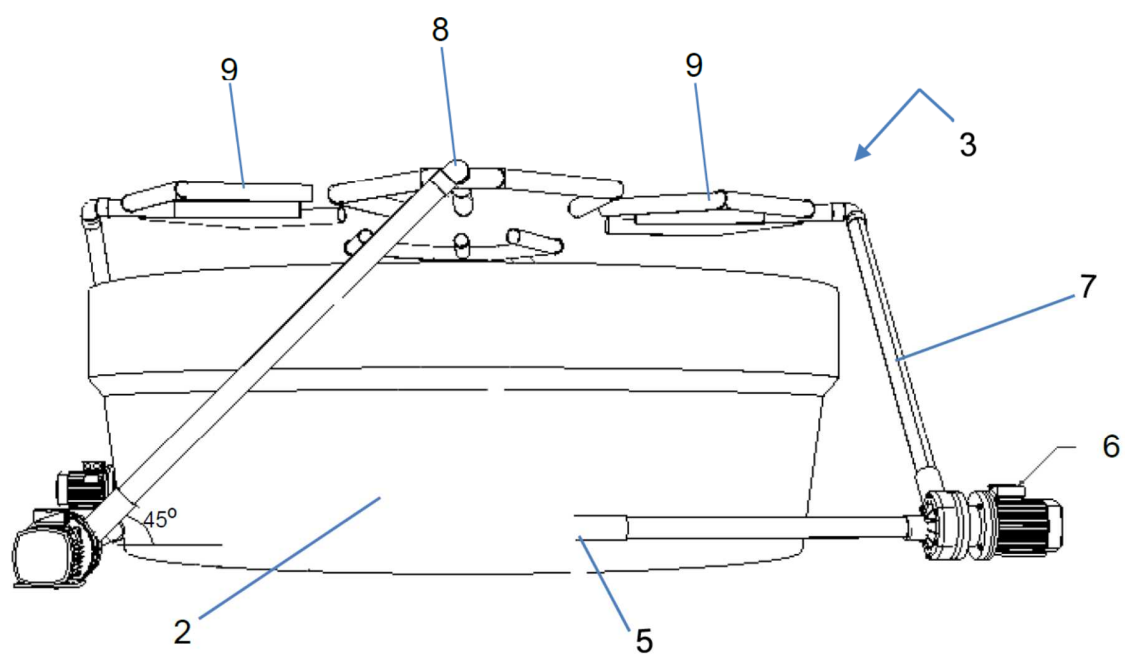


Figura N°10

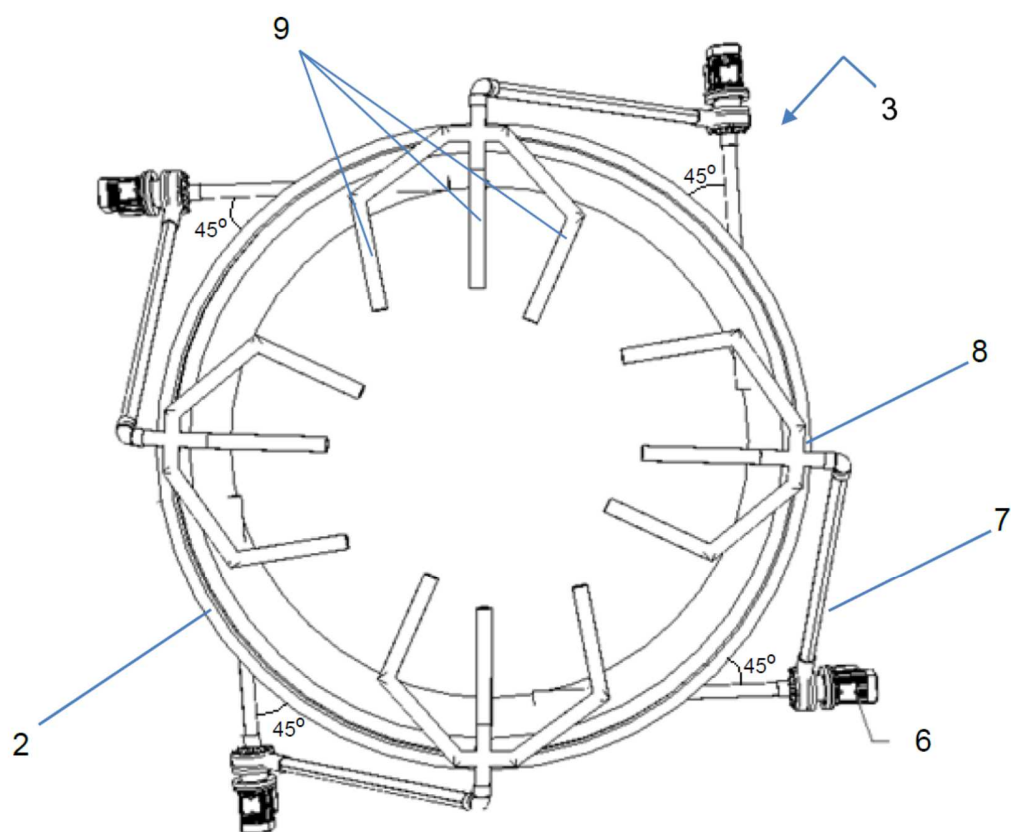
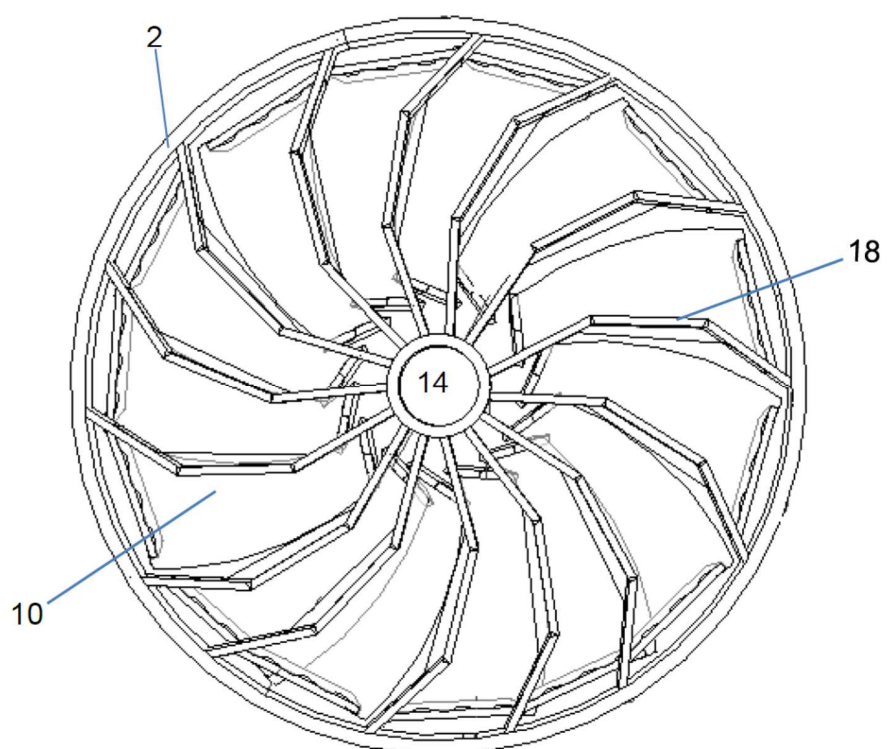


Figura N°11



5

Figura N°12

10

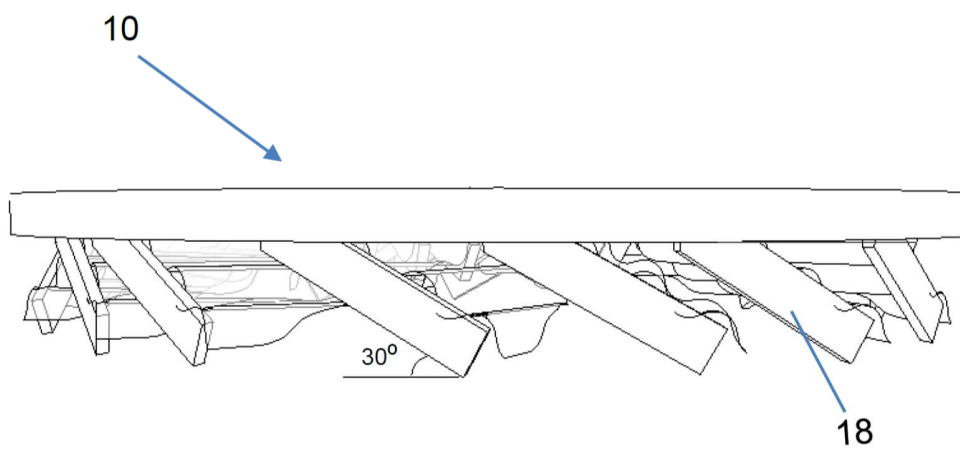


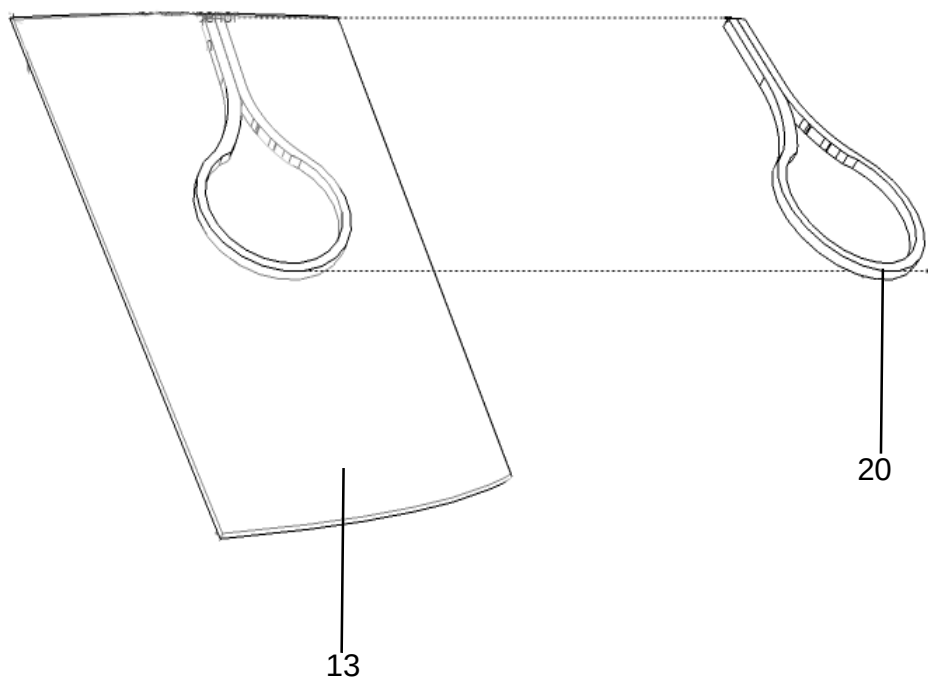
Figura N°13

5

10

15

20



5

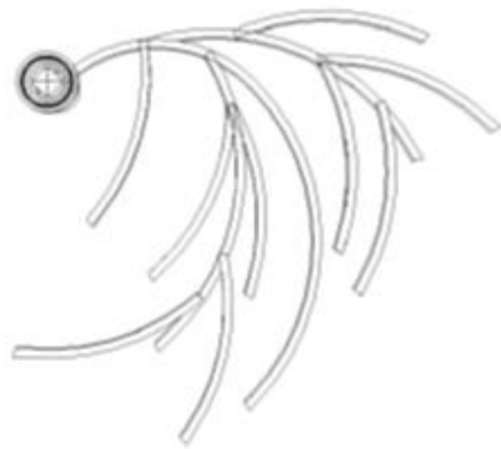
Figura N° 14

10

15

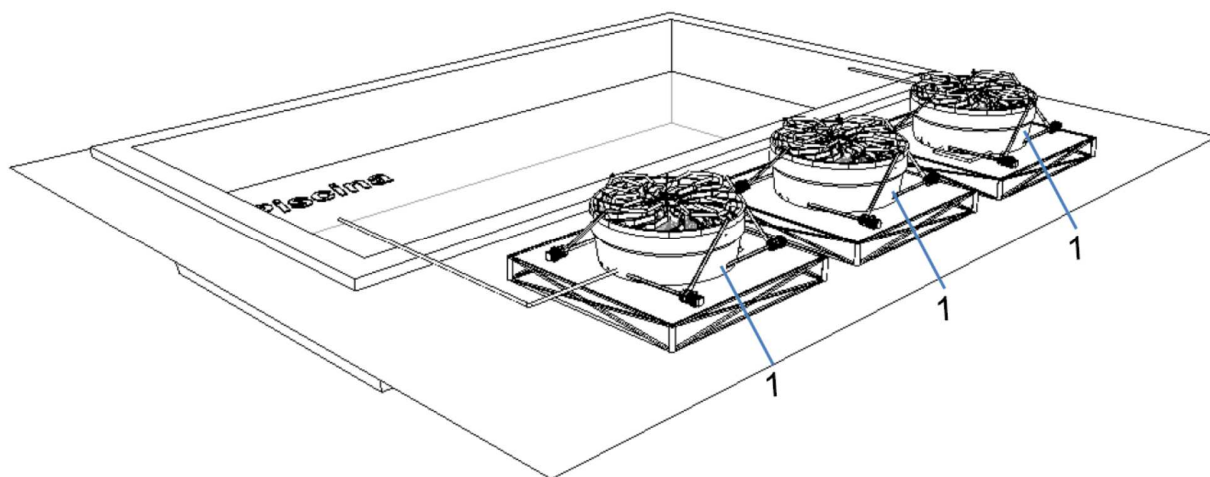


a)



b)

Figura N° 15



5

Figura N° 16

10

15

20

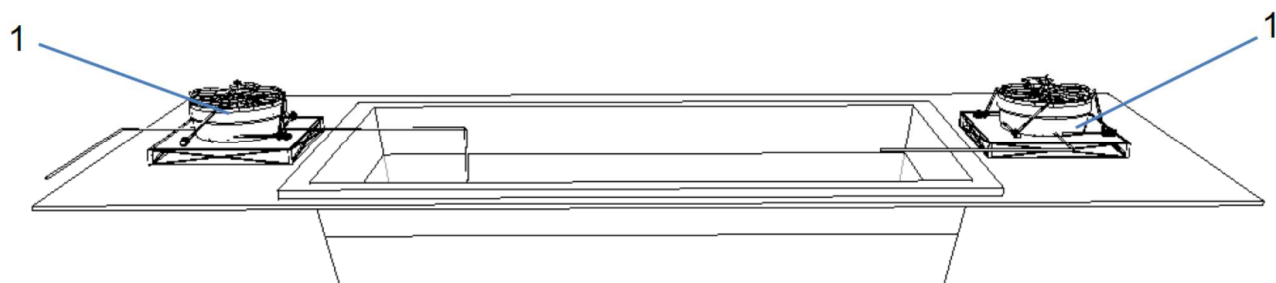


Figura N° 17