

TÚNEL VERDE DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

RESUMEN-OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una estructura en forma de túnel con un sistema aeropónico, para la fijación de un cultivo ornamental que permite la disposición final por evapotranspiración al medio ambiente de las aguas residuales previamente tratadas y desinfectadas, son almacenadas en un tanque donde se insta su bombeo para ser nebulizado al interior del túnel, donde las raíces que están aéreas sin ningún tipo de sustrato, absorben la humedad interna, transportándola por el interior del sistema vascular de la planta, a la superficie foliar que se encuentra en la cara exterior del túnel, donde los estomas, se encargan de la evapotranspiración final, al medio ambiente como agua pura.

El agua absorbida por las raíces es evapotranspirada en un 90% lo que lo constituye un sistema eficiente de disposición final, evitando tener que hacer los vertimientos a los cuerpos de agua o al suelo contaminándolo. También se refiere al proceso a través del cual se lleva a cabo la disposición de dichas aguas dentro del sistema.

Los contaminantes que pudiesen existir en el agua tratada y desinfectada se retienen al interior de la planta.

TÚNEL VERDE DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se desarrolla en el campo de la ingeniería civil, hidráulica y agronómica específicamente al sector tecnológico de tratamiento, vertimiento y disposición final de aguas residuales.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Entendemos por saneamiento o depuración del agua residual como el campo de la ingeniería cuyo objetivo es la recepción y conducción de agua que contiene diversos subproductos adicionados durante su uso (agua residual), junto con el tratamiento y purificación de la misma, para que su evacuación final produzca un impacto mínimo en el medio ambiente.

Se reconoce como una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) o Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), a los sistemas que reciben el agua residual de una población o de una industria y, después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelve a un cauce receptor con una baja carga contaminante. Se reconocen en general dos tipos de EDAR: las encargadas de recoger aguas residuales de carácter doméstico-urbano o doméstico-rural y las que recogen aguas residuales industriales.

También podrían clasificarse las EDAR, según el grado de complejidad o de tecnología empleada. Dentro de los sistemas que utilizan Tratamientos Convencionales, están los que se emplean en núcleos de población urbanos importantes.

En este tipo de tratamientos convencionales, los procesos transcurren de forma secuencial en tanques y reactores independientes, a velocidades altas y con aportes de energía externa. Los más comunes son los procesos físico-químicos y el sistema de fangos activos.

Algunas características de los tratamientos convencionales son:

- Obtienen buenos resultados de depuración.
- Tienen bajos requerimientos de espacio.

- Utilizan tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable.
- Necesitan de control preciso.
- Son procesos de poca inercia.
- Requieren mano de obra especializada.
- Tienen altos coste de explotación.
- Baja integración en el medio rural.

En general, los sistemas EDAR convencionales cuentan por lo general con las siguientes etapas:

PRETRATAMIENTO: Se efectúa en dos etapas claramente diferenciadas; en una primera etapa donde se eliminan primero los sólidos de mayor tamaño así como sólidos flotantes y de menor tamaño que son evacuados a un contenedor. En la segunda etapa se utilizan sistemas desarenadores-desengrasadores.

TRATAMIENTO PRIMARIO: en donde se busca eliminar la materia en suspensión sedimentable. En este proceso participa principalmente la gravedad aunque puede potenciarse con un tratamiento físico-químico.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO: que busca la transformación de la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables que se retiran del proceso. Suele realizarse en varios reactores biológicos.

ESPESAMIENTO POR GRAVEDAD: en donde se busca liberar el agua ocluida en los flóculos de los fangos, produciéndose el espesamiento de los mismos.

ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN: en esta etapa se busca concentrar los fangos procedentes de la recirculación o del tratamiento biológico a los cuales se les mezcla con agua presurizada, aire y reactivos con el fin de ayudar a la tendencia natural de flotar de este tipo de fangos.

DIGESTIÓN: cuyo objeto es disminuir el contenido de materia orgánica de los fangos y eliminar los microorganismos patógenos que contiene. En caso de ser anaerobia se realiza en tanques completamente cerrados en los que intervienen varios tipos de microorganismos.

DESHIDRATADO DE FANGOS: antes de ser evacuados al exterior, los fangos se deshidratan en varias máquinas de filtrado con ayuda, generalmente, de un

polielectrolito que se dosifica automáticamente. El fango así deshidratado, se transporta a través de cintas transportadoras a un lugar para su evacuación.

En general, también pueden diferenciarse tres líneas de tratamiento dentro de un EDAR: línea de tratamiento de aguas, línea de tratamiento de fangos y línea de tratamiento de gases.

Por otro lado existen tratamientos para pequeñas poblaciones o núcleos de población pequeños, en general en comunidades aisladas de redes de saneamiento. Su principal premisa es la de mantener unos costos de mantenimiento bajos y precisar de mano de obra no cualificada. Su grado de tecnificación resulta muy simple, necesitando poca o nula energía eléctrica.

Este tipo de tecnologías conllevan de forma inherente un bajo impacto ambiental, y así mismo reducen la carga contaminante con costes de operación inferiores en comparación con los tratamientos convencionales, y finalmente, tienen unas necesidades de mantenimiento mucho más simples desde el punto de vista técnico, lo que permite su explotación por personal no especializado.

Muchos de los procesos que intervienen en las tecnologías no convencionales coinciden con los que se aplican en los tratamientos convencionales (sedimentación, filtración, adsorción, precipitación química, intercambio iónico, degradación biológica, etc.), y también aplican procesos propios de los tratamientos presentes en la naturaleza (fotosíntesis, foto-oxidación, asimilación por parte de las plantas, etc.), pero mientras que en los procesos convencionales se manejan velocidades superiores (gracias al aporte de energía), en las tecnologías no convencionales existen velocidades menores (debido a que no hay aporte de energía), desarrollándose los procesos de manera secuencial a través del paso por un sistema integral y en donde el ahorro de energía se refleja en la necesidad de una mayor superficie de contacto entre el sistema y las aguas residuales a ser tratadas.

Algunas características de este tipo de sistemas son:

- La instalación de sus componentes resulta sencilla.
- Tienen bajos costes energéticos.
- Facilidad de operación y mantenimiento.
- No necesitan de personal especializado.
- Son procesos de gran inercia.

- Buena integración en el medio rural.
- Rendimientos en descontaminación aceptables.
- Limitación del caudal que pueden tratar.
- Limitación de los niveles de contaminación a tratar.
- Tienen grandes requerimientos de superficie.
- Requieren grandes tiempos de respuesta.

Dentro de los sistemas más comunes dentro de este tipo de tratamientos podemos mencionar el lagunaje, los filtros verdes, los lechos de turba, los lechos bacterianos, los contactores biológicos rotativos y los humedales artificiales.

Sin embargo, la tecnología aplicada para la disposición final de aguas residuales tratadas a través de estos sistemas, generalmente se disponen como vertimientos a cuerpos de agua o al suelo. A la fecha no tenemos conocimiento de tecnologías sustancialmente similares para la disposición de dichas aguas residuales tratadas de la forma como lo reivindica la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En la FIGURA 1 observamos como se acopla el presente sistema a la cadena de depuración de aguas residuales, en donde específicamente se indican (1) Agua potable- acueducto, (2) uso del agua potable generando agua residual, (3) PTAR Planta de Tratamiento de agua residual, (4) tanque de almacenamiento y bombeo del agua residual tratada y desinfectada, (5) Túnel de evapotranspiración de agua residual tratada y desinfectada y (6) agua pura evapotranspirada.

En la FIGURA 2 observamos una vista Frontal del Túnel Verde de Evapotranspiración de Aguas Residuales, específicamente se indican (7) el Arco tubular (8) la superficie externa foliar del cultivo aeropónico, (9) la superficie interna radicular del cultivo aeropónico, (10) el Nebulizador y (11) el canal de recolección de agua condensada.

En la FIGURA 3 observamos un corte transversal del Túnel de Evapotranspiración, específicamente se indican (7) Arco tubular, (8) superficie externa foliar, (9) Superficie interna radicular, (10) Nebulizador, (11) Canal de recolección agua condensada, (14), Dado en concreto y (15) Suelo.

En la FIGURA 4 observamos una sección del arco tubular. Específicamente se indican (12) Malla plástica biaxial, (13) Geotextil, (14) Dado en concreto y (15) Suelo.

En la FIGURA 5 observamos (16) la caja de control de humedad y (17) un hidrómetro.

En la FIGURA 6 observamos una vista interior y una vista exterior del Túnel de Evapotranspiración.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El problema técnico en la actualidad es el vertimiento y la disposición final de las aguas residuales en lugares donde no existen cuerpos de agua receptores o los que existen no cumplen con las características técnicas adecuadas para realizar los vertimientos. En la actualidad se conocen como cuerpos de agua receptores de vertimientos de aguas residuales entre otros: los ríos, quebradas, lagunas, mares y el suelo. Los vertimientos que no logren ser absorbidos por los cuerpos de agua receptores, bien sea por disminución de su caudal y flujo en casos de sequía o por saturación del agua en los suelos en los casos de exceso de lluvias, se convertirán en posibles encharcamientos o excedentes superficiales, focos de contaminación de naturaleza química o microbiológica.

La presente invención corresponde a un sistema por medio del cual el agua residual debidamente tratada y desinfectada por una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), cumpliendo con los índices de calidad del agua tratada exigidos por los entes de control ambiental para su disposición final, es nebulizada al interior del túnel dentro de un ambiente controlado, aislado del medio ambiente exterior, para ser absorbida por la superficie radicular de las plantas que componen el cultivo aerónico vertical, transportada posteriormente por el sistema vascular vegetal y finalmente ser evapotranspirada al exterior en forma de agua pura por la superficie foliar a través de los estomas.

El Túnel Verde de Evapotranspiración de Agua Residual se compone de una estructura que puede ser metálica revestida en polietileno, fibra de vidrio/carbono o polietileno formada por arcos anclados al piso por dados de concreto, revestidos por una malla biaxial plástica recubierta por geo textil en polietileno de alta densidad formando un túnel que se constituye en el soporte

de fijación del cultivo aeropónico vertical, el cual es irrigado en su interior mediante nebulizadores que inyectan el agua residual tratada y desinfectada al interior del túnel formando un ambiente aislado y controlado del medio exterior con humedad relativa alta, lo que se conoce como nebulización.

El sistema cuenta con un hidrómetro digital que registra la humedad relativa al interior del túnel, el cual está programado para enviar una señal eléctrica cuando la humedad relativa interna dentro del túnel disminuya a menos de 60%, accionando una bomba de presión instalada en el tanque de almacenamiento que es la encargada de nebulizar el agua, el agua que se encuentra dispersa y suspendida en el aire en forma de niebla.

Este proceso se hace posible gracias a que en este tipo de cultivos aeropónicos el agua así dispersada es absorbida por la superficie radicular colgante que se encuentran al interior del túnel, es transportada por el sistema vascular de la planta y finalmente es evapotranspirada por la superficie foliar que se encuentra en la superficie externa del túnel, en forma de agua pura como vapor de agua.

El suelo al interior del túnel es una canal revestida en geo membrana para evitar que el agua condensada se infiltre, la cual es conducida de nuevo al tanque de almacenamiento y ser re-bombada al sistema.

Este proceso es altamente eficiente, puesto que la planta evapotranspira 90% del total el agua absorbida por las raíces. La demanda de agua de cultivo depende de factores agrometeorológicos tales como la temperatura, radiación solar, la precipitación, la humedad relativa atmosférica y el viento. La eficiencia del sistema, en términos de volumen de agua evapotranspirada, se calcula en promedio en 3 litros por metro cuadrado de superficie foliar. La altura del túnel puede variar. Un túnel de evapotranspiración adecuado tiene una superficie foliar de 6 metros cuadrados por metro lineal, lo que significa que un metro lineal de túnel logra evapotranspirar en promedio 18 litros de agua/día.

Para Condominios rurales la presente invención incluso puede servir de encerramiento del proyecto y, a su vez, disponer las aguas residuales a razón de 18 metros cúbicos diarios por kilómetro, constituyéndose en un medio técnicamente apto, económicamente viable, amigable con el medio ambiente e innovador para la disposición final de aguas residuales tratadas y desinfectadas como alternativa para el vertimiento en lugares donde no existen cuerpos de agua o en donde los que existen no son aptos para hacerlo, evitando así la contaminación hídrica, edafológica y del medio ambiente en general.

En adición, las trazas de contaminantes que el agua residual tratada y desinfectada pueda contener, se quedan en la estructura vegetal a medida que se trasporta dentro de la planta.

VENTAJAS DE LA INVENCION

- Solución ambiental y económica para los proyectos que no cuenten con cuerpos de agua o los que existen no son aptos para la disposición final del agua residual generada o existiendo el cuerpo de agua apto para hacer el vertimiento se opte por implementar el sistema.
- Como se logra hacer una disposición final del agua residual tratada y desinfectada sin vertimiento y sin infiltración del agua al suelo no es necesario solicitar permiso de vertimientos a las autoridades ambientales.
- El túnel de evapotranspiración a su vez forma el cerramiento del proyecto.
- Con el túnel de evapotranspiración se hace una disposición final del agua residual tratada convertida en vapor de agua (agua pura) “in situ” contribuyendo al balance hídrico atmosférico local beneficiado el desarrollo de la flora y fauna.
- Con este sistema se contribuye adicionalmente a la purificación de las aguas residuales, a la fijación de CO₂ y producción de biomasa.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema aeropónico que logra la evapotranspiración del agua residual, que por medio del sistema aeropónico es tratada y desinfectada y evapotranspirada al exterior (6) y es caracterizado porque ese sistema comprende:
 - a. Tanques de almacenamiento y bombeo del agua (4)
 - b. sistema de nebulización del agua; compuesto por una red y con nebulizadores (10)
 - c. equipos automáticos de control de humedad;(16)
 - d. estructura en forma de túnel; y (figura 2)
 - e. estructura de evapotranspiración.(figura 6)
2. El sistema aereopónico a través de la evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque sus Tanques de almacenamiento y bombeo del agua (4) se escogen dentro de un grupo conformado por tanques de almacenamiento de agua en plástico, polímeros, metal, membranas y/o concreto y bombas hidráulicas de presión. (3)
3. El procedimiento para la disposición final del sistema aeropónico y evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de nebulización del agua; compuesto por una red y con nebulizadores (10) se escogen dentro de un grupo conformado por sistema de aspersión, por medio de nebulizadores colocados a cierta distancia para que incorporen al medio la humedad relativa necesaria para el desarrollo del cultivo, que va a componer las paredes del túnel.(7)
4. El procedimiento para la disposición final, del sistema aeropónico para la evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los equipos automáticos de control de humedad (16) se escogen dentro de un grupo conformado por una caja de control de humedad que cuenta con un hidrómetro digital conectados a un programador lógico para la automatización del sistema, (17) Sensor de luz, una bomba hidráulica lapicero de presión instalada al interior del tanque y un flotador de nivel del agua.
5. El procedimiento para la disposición final, del sistema aeropónico para la evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de

acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la estructura en forma de túnel (7) consiste en un conjunto de arcos y sus medios de fijación al suelo (15), malla biaxial (12) recubierta por un geo textil (13) en polietileno de alta densidad.

6. Los medios de estructuración en forma de túnel de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la estructura que conforman comprende arcos metálicos revestidos de polietileno, dados de concreto (14) para la fijación de los arcos (7), malla plástica biaxial de alta resistencia,(12) y geotextiles (13) tipo tejidos planos, tejidos tricortados, no tejidos agujados, no tejidos termosoldados, de filamentos continuos, de fibras cortadas, mixtos o una combinación de los anteriores.
7. El modelo para la disposición final, mediante el sistema aeropónico y evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la estructura de evapotranspiración (figura 2) consiste de un sistema aeropónico, que se encuentra en el área interna de la estructura en forma de túnel (figura2) y porque su sistema foliar (8) se encuentra en la superficie externa de dicha estructura en forma de túnel.
8. Los medios de evapotranspiración de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizados porque comprenden sistema aeropónico, que se puede propagar a través de un cultivo aeropónico.
9. Un modelo para la disposición final, con un sistema aeropónico y evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas, caracterizado porque comprende:
 - a. la recepción y bombeo del agua en tanques de almacenamiento (4) y bombeo a un túnel de evapotranspiración;(5)
 - b. la nebulización del agua a través de un sistema de nebulización del agua; compuesto por una red y con nebulizadores (10)
 - c. la regulación de los niveles de agua nebulizada a través equipos automáticos de control de humedad (16) y
 - d. la absorción mediante el sistema radicular del cultivo y su transferencia al sistema foliar exterior y consecuente evapotranspiración al medio ambiente como agua pura.(6)
- 10.El procedimiento para la disposición final del sistema aeropónico y evapotranspiración de aguas residuales tratadas y desinfectadas de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende:

- a.** la recepción del agua residual (2) tratada y desinfectada en tanques sin limitación de volumen y nebulizada por medio de una bomba de alta presión calculado en litros por segundo al túnel de evapotranspiración;(5)
 - b.** la nebulización del agua (10) a presiones entre 413.685 a 55.1581 pascal para su nebulización durante las horas de luz solar o en presencia de luz ;
 - c.** la regulación de los niveles de agua nebulizada a través de un hidrómetro digital (17) que controla y automatiza el encendido y apagado de la bomba de alta presión instalada en el tanque o tanques de recepción manteniendo una humedad relativa dentro del túnel de evapotranspiración en un rango de 60% - 80%; y
 - d.** la absorción y evapotranspiración del agua nebulizada a través del sistema aerónico (9) instalado en un diseño de túnel (7)
- 11.**El procedimiento a través de la disposición final, que se logra por la evapotranspiración del agua residual, tratada y desinfectada, de acuerdo con la reivindicación 9, para evapotranspirar el agua al medio ambiente como agua pura.(6)

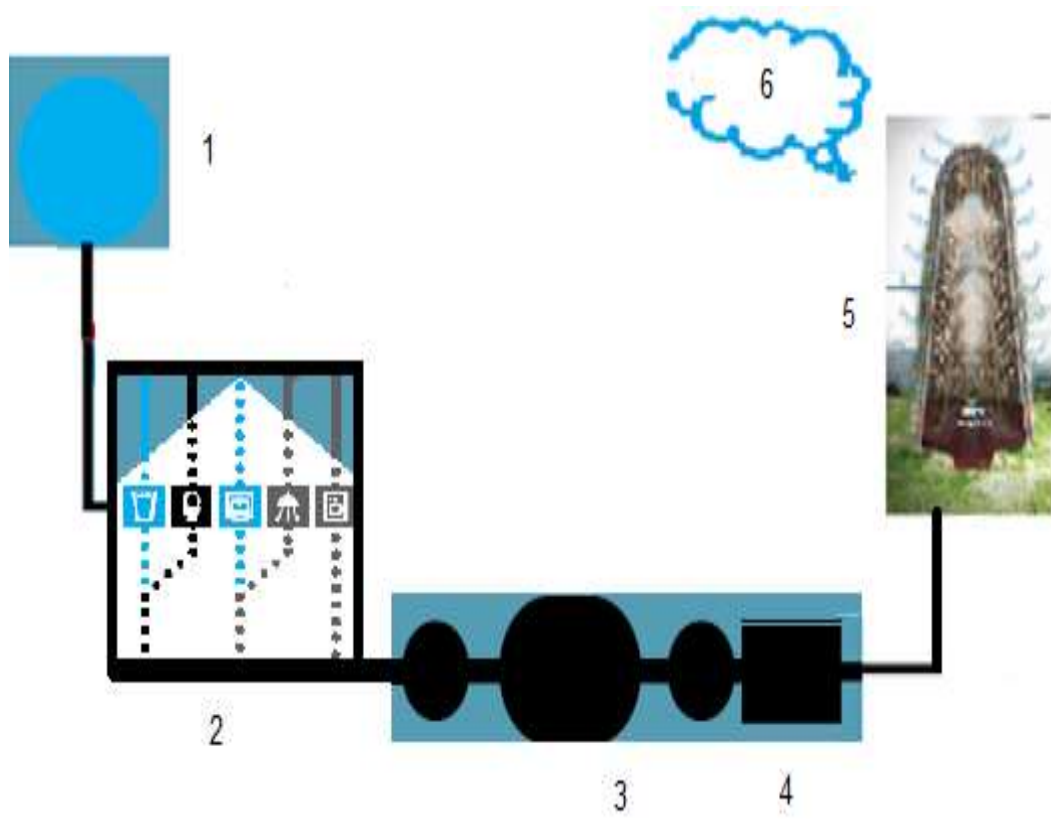
FIGURAS

FIGURA 1

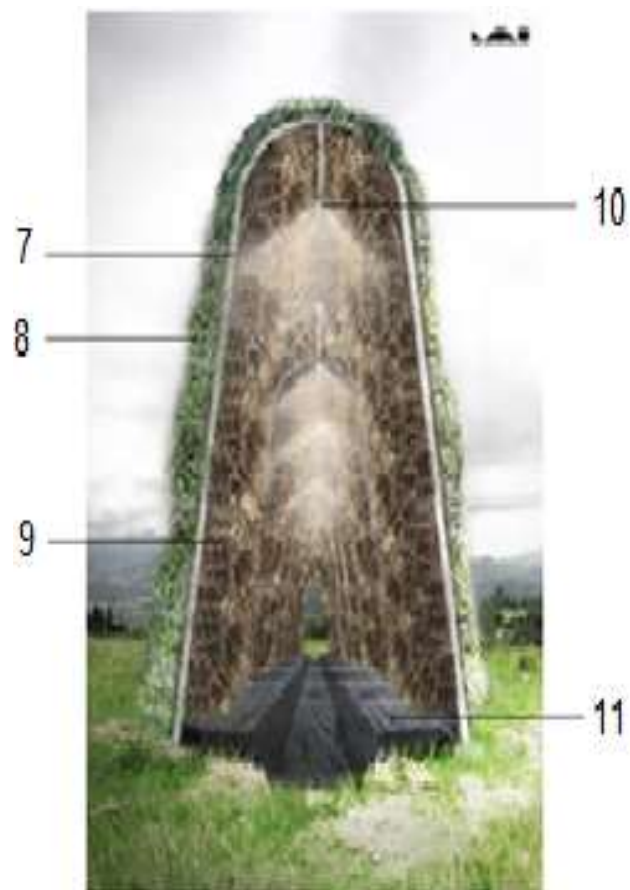
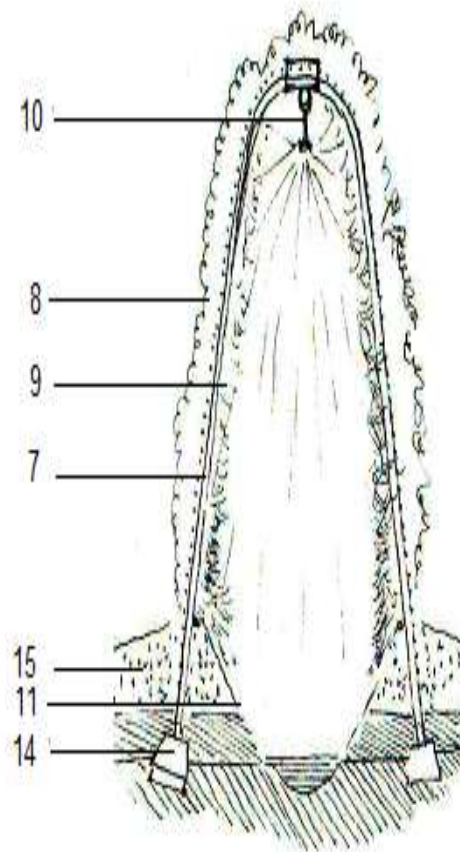


FIGURA 2

**FIGURA 3**

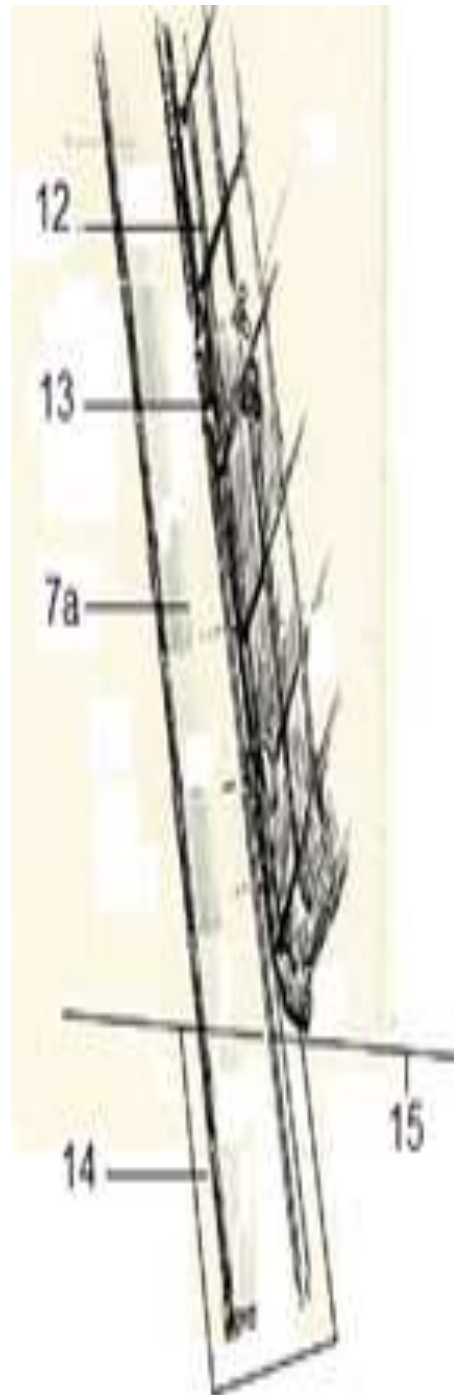


FIGURA 4



FIGURA 5



FIGURA 6