

**SISTEMA POR ELECTROCOAGULACIÓN PARA DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO EN AGUAS RESIDUALES DE DIFERENTES ORIGENES UTILIZANDO UN REACTOR DE FLUJO ASCENDENTE Y UN SEDIMENTADOR DE ALTA TASA.**

5

**CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se centra en el campo de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales provenientes de diferentes orígenes (curtiduría y lácteos). Se propone un nuevo sistema por electrocoagulación para disminuir la demanda química de oxígeno.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION.**

Las aguas residuales provenientes de los procesos industriales de la curtiduría y lácteos son los que más varían, aun cuando se procese el mismo tipo de producto. Estos efluentes contienen altas cargas de demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno, color, turbiedad, sólidos suspendidos y sustancias tóxicas. Actualmente existen varias tecnologías para llevar a cabo el tratamiento de aguas residuales industriales, las cuales se centran principalmente en la disminución de la DQO; usando productos químicos como coagulantes-floculantes, adsorción, procesos de membranas y procesos biológicos.

20

En los últimos años, las tecnologías electroquímicas han tomado gran interés, ya que ofrecen soluciones eficaces para resolver los problemas ambientales relacionados con la contaminación de aguas residuales de procesos industriales. La mayor ventaja de estos métodos es su compatibilidad con el medio ambiente. Su reactivo principal es el electrón, que es una especie limpia cuya

producción puede ser controlada cuidadosamente por medio del potencial aplicado, evitando así reacciones paralelas e indeseables. Una de estas tecnologías, es la electrocoagulación, en la cual a diferencia de la coagulación química, el catión coagulante es producido in situ por la oxidación electrolítica del ánodo.

5

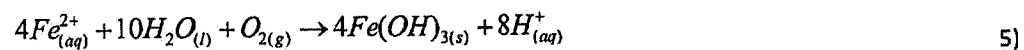
Cuando se utiliza un ánodo de aluminio, la disolución electrolítica del ánodo de aluminio produce especies monoméricas catiónicas tales como  $Al^{3+}$  y  $Al(OH)_2^+$ , que a valores apropiados de pH son transformados inicialmente en  $Al(OH)_3$  y finalmente polimerizado en  $Al_n(OH)_{3n}$  de acuerdo a las siguientes reacciones:

10



La oxidación del hierro en un proceso electroquímico, por ejemplo, el producido a través de hidróxido de hierro,  $Fe(OH)_n$ , donde  $n = 2$  ó  $3$ . En este sentido se ha propuesto el siguiente mecanismo para la producción de  $Fe(OH)_n$ ; 1), el cual se muestra a continuación:

Ánodo:

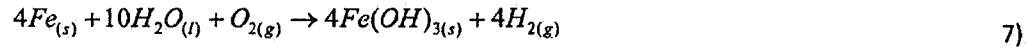


20

Cátodo:



Total:



5

Como se sabe, el proceso de electrocoagulación no es nuevo, se conoce desde hace más de 100 años y se ha estudiado en sus aplicaciones para remover varios tipos de contaminantes en el agua, en la mayoría de las aguas residuales que provienen de diferentes procesos industriales. A pesar de ser una técnica ampliamente conocida, en la actualidad no existen estudios para establecer los

10 criterios de diseño de los reactores de electrocoagulación.

De una forma sencilla un reactor de electrocoagulación se puede construir con un vaso de precipitado, una jarra o cualquier otro recipiente, al cual se le introducen los electrodos (ánodo y cátodo), y se polariza mediante una fuente de alimentación, de esta manera el ánodo será

15 corroído electroquímicamente, es decir se oxidará y por lo tanto el cátodo se reducirá.

En la práctica, tenemos que el tratamiento simultáneo de los contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales de curtiduría en Argelia, fue investigado aplicando la técnica de electrocoagulación (EC). Una muestra del efluente fue tratada con un cátodo de acero y ánodo de

20 aluminio. Se examinaron el efecto del tiempo de la electrólisis y la densidad de corriente. Los resultados muestran que el cátodo de aluminio a una densidad de corriente de 75 A/m<sup>2</sup> y 45 min de electrolisis es la condición óptima para la eliminación de contaminantes de las aguas residuales

de la curtiduría. En condiciones óptimas, más de 90% de la DBO5, DQO, turbidez, cromo, hierro y nitrato fueron removidos.

En el tratamiento de aguas residuales de curtiduría por el método de electrocoagulación usando  
5 electrodos de aluminio y acero se aplicó la metodología de superficie de respuesta (RSM), con tres factores; densidad de corriente (I), tiempo de electrólisis (t) y de pH, con cada factor en cinco niveles. Estos niveles se utilizaron para optimizar los factores que favorecen la mayor demanda química de oxígeno (DQO) y la eliminación de sólidos suspendidos totales (SST). Los valores de los  
10 parámetros óptimos, la eficiencia de remoción de DQO y SST alcanzan respectivamente el 82.2% y el 85.5% para los electrodos de aluminio y el 67.4% y el 86.2% para los electrodos de acero. Con respecto al consumo de energía se tuvieron valores de 2.92 €/m<sup>3</sup> y 8.18 €/m<sup>3</sup>, para la eliminación de DQO mediante el uso de aluminio y electrodos de acero, respectivamente.

La electrocoagulación también ha sido ampliamente utilizada en el tratamiento de aguas  
15 residuales de la industria láctea. Algunos investigadores han conseguido porcentajes de remoción superiores a 90% (Arango, 2012; Bazrafshan et al, 2012) lo que sugiere a este proceso como una excelente alternativa en los sistemas de tratamiento para estos efluentes.

A continuación se presenta una revisión de algunas patentes sobre el proceso de  
20 electrocoagulación en donde se revisó el contaminante tratado, las condiciones experimentales y observaciones.

En la patente MX2008013697A se lleva a cabo la remoción de arsénico por electrocoagulación utilizando un reactor a flujo pistón y un tren complementario de tratamiento conformado por

floculación mejorada, sedimentación y filtración. El sistema consta de 25 electrodos ánodo y cátodo de acero (AWG12) conectados en serie. La separación entre ellos es de 0.4 y 0.6 cm esto para evitar acumulación de hidróxidos y minimizar la caída de potencial. Proporción de dimensiones en electrodos: ancho – alto 2-1; gradiente de velocidades en intervalo: 8000-9000; conductividad =  $600\mu\text{S}/\text{cm}$ .; resistividad por unidad de área  $0.0052\ \Omega/\text{m}$ . El volumen de la solución es 10 veces el volumen de líquido entre los electrodos. Se le debe adicionar cloro al agua de entrada. Debe salir un cloro residual de 0.5-1.5 mg/L. Flujo 6.5-1.5 L/mín. Concentración de arsénico 120-540  $\mu\text{L}$ . Dosis de coagulante Fe 10 mg/L.

10 En la MX 2010012606 A se presenta un reactor de electrocoagulación con un nuevo proceso para la remoción de contaminantes del agua subterránea. El conjunto de las placas internas del reactor resultan de 17 x 30 x 30 cm de ancho, largo y altura respectivamente. Ranuras de 0.5 cm de profundidad y espaciamiento de 0.3 cm para alojar a los electrodos. Placas rectangulares de 31 X 15.2 X 0.635 cm de largo, alto y espesor respectivamente con un área expuesta de  $460\ \text{cm}^2$  acero al carbón 1018 o aluminio. Los ánodos de sacrificio están orientados verticalmente a una distancia de 0.3 cm. Se tienen cuatro electrodos terminales, dos de ellos son cátodos y los otros dos son ánodos. Entre cada uno de ellos se encuentran dos electrodos bipolares que representan un área de  $4600\ \text{cm}^2$ . Flujo de aire 1.6 L/min presión de  $0.28\ \text{Kg}/\text{cm}^2$  y requiere una potencia de 6 W. El agua tratada se drena y se lleva a un colector de plástico de 40 x 30 x 34 cm de largo, ancho y alto.

20

La MX20110088884A se refiere a un aparato y método para tratamiento para aguas residuales. Se tienen 3 electrodos: Ánodo de sacrificio, cátodo giratorio, un ánodo de no-sacrificio. El ánodo de no-sacrificio se separa del cátodo y del ánodo de sacrificio. La superficie del cátodo puede estar revestida con  $\text{TiO}_2$ . Se pueden proporcionar características superficiales sobre la superficie del

cátodo. Las salientes en la superficie del cátodo pueden tener 1 pulgada de diámetro y 3/16 de pulgada de altura y se construyen de acero inoxidable. El ánodo de sacrificio comprende un metal como fierro o aluminio. El electrolito puede ser cloruro de sodio. Se agrega peróxido de hidrogeno al agua contaminada. La velocidad de rotación en el cátodo es de 20 a 170 rpm. Velocidad del flujo es de 114 a 909 L/ min. El ánodo no de sacrificio se mantiene típicamente a un potencial más bajo que el ánodo de sacrificio y tiene su propia fuente de energía. La selección del tipo de energía eléctrica usada depende de la carga de alimentación y de la naturaleza de los contaminantes orgánicos. Los voltajes/corrientes típicos son de aproximadamente 6.5 V a 900 A y 7.5 V a 3000 A. El pH es de 3.5-7. La concentración de floculante empleado depende de la carga de alimentación particular de aguas residuales. El tiempo de retención del clarificador puede ser de 5 a 8 minutos. Las bombas operan para crear un vacío parcial con una presión de 5 a 25 kPa. El vacío parcial dentro del clarificador, mejora el espacio de los sólidos floculados, los cuales se mueven a la parte superior del clarificador. Los sólidos salen por la parte superior del tanque.

15 Todas estas invenciones presentan diferencias fundamentales con la invención que proponemos sobre todo en el diseño y arreglo de los electrodos y en el sedimentador que proponemos.

#### OBJETO DE LA INVENCION.

20 Aplicar el proceso de electrocoagulación para disminuir con altas eficiencias la DQO del agua proveniente del proceso de recurtido-teñido-engrasado (RTE) y lácteos, manteniendo un bajo costo de operación por m<sup>3</sup> de agua tratada.

Contar con un reactor de electrocoagulación que opere en flujo continuo y ascendente, en el que se engloban los aspectos eléctricos, físico-químicos e hidráulicos, que impactan directamente en la generación de la especie coagulante y por ende en la disminución de la DQO.

- 5 Establecer las mejores condiciones de operación para que permitan el mejor desempeño del reactor.

Introducir un sedimentador de alta tasa para que permita remover eficientemente los floculos formados durante el proceso de electrocoagulación.

10

#### DESCRIPCIÓN DETALLA DE LA INVENCION.

El invento consiste en el diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación a flujo ascendente que promueve un mezclado hidráulico en el cual se genera la especie coagulante, Figura 1. Dicho diseño contempla la división del reactor mediante placas deflectoras con una inclinación de 45° las cuales permiten la promoción de un flujo ascendente, dichas placas a su vez hacen la función de los electrodos (1). Estos electrodos son de aluminio (ánodos) y hierro (cátodos), los cuales están colocados en serie, 10 de cada lado, colocados en dos compartimentos por separado (2) y van alternados, ánodo-cátodo, es decir en cada compartimiento hay 5 ánodos y 5 cátodos. La separación entre cada electrodo es de 0.5 cm. Estos electrodos están conectados a un boster o fuente de alimentación externa. El agua fluye a través de una entrada ubicada en el centro del reactor (3) lo cual permite una distribución uniforme del flujo y sale el agua por la parte superior del reactor para desbordar hacia el pre-clarificador (4) una vez que ha pasado por todos los electrodos.

Las espumas que se generan durante el proceso flotan hacia la parte superior del reactor y por gravedad caen hacia el compartimento de espumas (5), y posteriormente son drenadas a través de un orificio que está en el centro de éste y por un costado (6).

5 La Figura 2 muestra el esquema del sedimentador de alta tasa, el cual se conecta en paralelo al reactor de electrocoagulación mediante un tubo de PVC de ¼" (7) que sale directamente del pre-clarificador (4). Dicho sedimentador es un rectángulo dividido en dos partes iguales en forma de trapecios rectangulares que sirven como deflectores (8) y la terminación de todo el sedimentador es cónica para favorecer la precipitación del coagulante aglomerado con la materia orgánica.

10

Dicha forma geométrica permite entonces que la velocidad de sedimentación sea alta, y por tanto se logre obtener el agua clarificada.

Inicialmente el agua fluye por la tubería de PVC de 1/4" y se vierte al fondo del sedimentador, el cual se va llenando y la fuerza de gravedad y la presión interna hacen que los coágulos se vayan precipitando en el fondo, y el agua va subiendo hasta que llega a la superficie y se vierte hacia un canal central (9) que cuando se llena el agua se derrama hacia los dos compartimentos en forma de trapecios rectangulares (8), los cuales están conectados entre sí por una tubería interna (10).

20 Una vez que se llenan, el agua sale del sedimentador a través de una tubería que está por el costado del sedimentador (11). Finalmente los lodos son drenados por una tubería que está colocada en el fondo del sedimentador (12).



Además del reactor para llevar a cabo la producción de la especie coagulante y poder disminuir la DQO de las aguas provenientes del proceso de curtiduría de recurtido-teñido-engrasado (RTE) y de fabricación de helados, el invento consta de las unidades de tratamiento necesarias para la generación de la especie coagulante y su posterior remoción del agua junto con la materia orgánica en forma de DQO los cuales ya están ligados al mismo. Un esquema del sistema completo se presenta en la Figura 3, en donde el reactor de electrocoagulación es el número (13) y el sedimentador de alta tasa el (14).

El diseño del reactor considera un pre-clarificador y un colector de espumas, así como la configuración de los electrodos y el espacio entre ellos para favorecer el mejor desempeño hidráulico y electroquímico

El objetivo principal del reactor es la producción de la especie coagulante, ya que esta es la que promueve la disminución de la DQO del agua residual. La especie coagulante se produce in situ en el seno del agua a tratar. Una de las premisas para que el proceso de electrocoagulación se lleve a cabo de forma eficiente es que dentro del reactor se promueva un mezclado que optimice la interacción entre los iones del metal y la materia orgánica del agua antes que se formen los hidróxidos. Este fenómeno es posible controlarlo a través de la hidrodinámica del sistema.

Con base en esta premisa, el diseño del reactor de electrocoagulación se concibió en régimen de flujo ascendente, ya que dicho flujo permite una distribución uniforme sobre los electrodos, disminuye el problema de zonas muertas entre las paredes-esquinas del reactor y se disminuye el riesgo de corto circuito de la fase solución-electrodo, pero lo más importante es lograr un control formal del tiempo de residencia hidráulica del agua que fluye a través del reactor.

Aprovechando la turbulencia que genera el flujo del agua entre los electrodos, es que este fenómeno beneficia para que hidrodinámicamente se promueva la agitación. Durante el diseño del reactor también se buscó tener gradientes de velocidad del flujo, esto para lograr que al mismo tiempo funcionara como mezclador hidráulico.

5

Con el fin de lograr un tiempo de retención hidráulico cercano al tiempo nominal, el reactor se dividió con las placas deflectoras que al mismo tiempo son los electrodos. Entre mayor número de compartimentos se tengan, entonces se disminuyen los corto circuitos metal-solución, por lo tanto el agua conforme va pasando entre los electrodos recibe a la especie coagulante producida in situ.

10 La cantidad de especie coagulante que se produce en el reactor se calculó mediante la Ley de Faraday:

$$m = \frac{Q}{q n} \cdot \frac{M}{N_A} = \frac{1}{q N_A} \cdot \frac{QM}{n} = \frac{1}{F} \cdot \frac{QM}{n} = \frac{1}{96485} \cdot \frac{QM}{n} = \frac{I \cdot t}{96485} \cdot \frac{M}{n} \quad 8)$$

donde:

m = masa de la sustancia producida en el electrodo.

15 Q = carga eléctrica total que pasó por la solución.

q = carga del electrón =  $1.602 \times 10^{-19}$  culombios por electrón.

n = número de valencia de la sustancia como ion en la solución.

F =  $qN_A = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$  es la Constante de Faraday.

M = masa molar de la sustancia.

20  $N_A$  = Número de Avogadro =  $6.022 \times 10^{23}$  iones por mol.

i = es la corriente eléctrica.

t = es el tiempo transcurrido.

El reactor se diseñó con base en una serie de resultados obtenidos de varias corridas experimentales y con el paquete de cómputo STARTGRAPHICS Centurion. Este programa es apropiado para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos provenientes de mediciones y/o experimentos industriales. Los datos proporcionados por el paquete fueron la densidad de corriente, el tiempo de electrolisis y la eficiencia de remoción de DQO.

El consumo de energía por volumen (CEV) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CE_V (KWhm^{-3}) = \frac{E_{reactor} I t_M}{V_s} \quad 9)$$

En donde:

$E_{reactor}$  = diferencia de potencial del reactor

10  $V$  = Volumen

$I$  = corriente aplicada

$t_M$  = tiempo total de electrolisis

$V_s$  = volumen de la solución

El costo energético específico por unidad de masa de DQO eliminado (CEDQO) se determinó a partir de:

$$CE_{DQO} (KWhg^{-1} DQO) = \frac{E_{reactor} I t_M}{\Delta(DQO)_{exp} V_s} \quad 10)$$

Donde:

$\Delta(DQO)_{exp}$  = Disminución de la DQO experimental

La conductividad de la solución es un parámetro muy importante porque impacta directamente en la cantidad de energía que el sistema requiere para lograr un cierto nivel de eficiencia. En las pruebas realizadas el valor la conductividad del agua residual del proceso de recurrido-teñido-engrasado (RTE) se determinó en 6.3-9.1 mS cm<sup>-1</sup>, por lo cual al efluente no es necesario adicionar ningún tipo de sal para favorecer el proceso electroquímico.

El proceso de limpieza de los electrodos se lleva a cabo de la siguiente manera: el proceso de tratamiento del agua se detiene durante 10 minutos y se inyecta una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 15% en volumen, los electrodos se polarizan a una corriente de 1A por 5 minutos, lo que permite que dicha solución elimine eficientemente el óxido que se genera sobre los electrodos y remueve las incrustaciones. Posteriormente se hace un enjuague mediante el manejo de las válvulas y se recircula directamente el flujo. La ventaja de este método de limpieza, es que en ningún momento hay que desmontar el reactor.

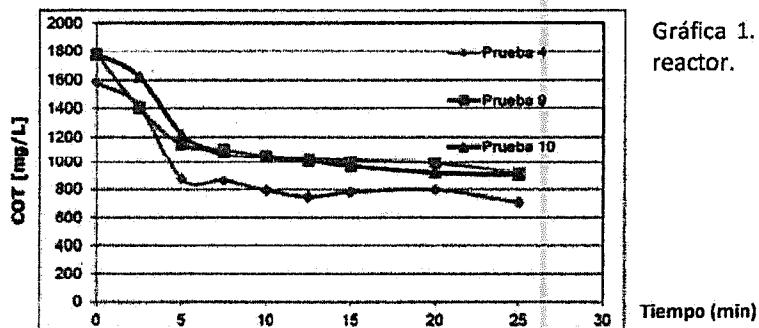
Con el objetivo de aumentar la velocidad de sedimentación de los floculos formados durante el proceso de electrocoagulación, el tren de tratamiento también lo conforma el sedimentador de alta tasa, el cual tiene la función de sedimentar gravitacionalmente los floculos con una eficiencia de menos de 15 minutos en función de su peso, tamaño y resistencia para separarse del agua.

Por lo que esta invención también se refiere al diseño de un sedimentador de alta tasa, en donde el tiempo medio de sedimentación es de 10 minutos.

El sedimentador es un rectángulo con terminación cónica, en donde el paso del flujo hacia el fondo del cono permite la caída de carga hidráulica, lo que permite que los floculos más grandes

vayan quedando en el fondo, de forma que el flujo asciende por el sedimentador. Este cuenta con placas deflectoras sobre las cuales los floculos más pequeños se van depositando, permitiendo así obtener un mejor clarificado del agua.

- 5 Por lo tanto el objetivo del sedimentador de alta tasa es separar del agua los floculos de aluminio y a su vez la materia orgánica que está asociada a estos y aprovechar la fuerza de gravedad, logrando una alta tasa de sedimentación con placas deflectoras inclinadas y terminación cónica, para el depósito de los lodos separando eficientemente las partículas.
- 10 En la gráfica 1 se aprecia el funcionamiento del reactor de electrocoagulación, que resulta ser altamente eficiente para remover altas cargas orgánicas, medidas como el carbón orgánico total (COT), el cual es cuatro veces menor en relación con la DQO, por lo que los valores son 1800 y 7200 mg/L respectivamente. Como se puede observar, después de 25 minutos de tratamiento para el caso de la prueba número 4, se logra abatir el 60% del COT, a un flujo ascendente de 1.8 mg/L y una densidad de corriente de 5 mA/cm<sup>2</sup>.
- 15



20

Así es como los criterios óptimos para el diseño de este novedoso reactor se definen finalmente como: densidad de corriente con un valor de  $5\text{mA}/\text{cm}^2$ , tiempo de electrólisis 7 minutos, el consumo de energía por volumen en un valor de  $2.8\text{ Kwh}/\text{m}^3$ . Con ellos el costo resultante esperado es de 6.16 pesos por  $\text{m}^3$  tratado.

5

La máxima disminución de DQO del agua residual del proceso de RTE de la industria de la curtiduría y del proceso de fabricación de helados implica tener flujo en forma ascendente a una velocidad de  $1.8\text{ L}/\text{min}$  y una densidad de corriente de  $5\text{ mA}/\text{cm}^2$  para lograr así una disminución de la DQO de 50 a 60% para valores de carga orgánica entre 7,000 y 10,000  $\text{mg}/\text{L}$ .

10

Enseguida el efluente tratado se vierte en el sedimentador de alta tasa para separar los floculos y la materia sedimentable del agua y así lograr un clarificado eficiente. Posteriormente este efluente puede ser pasado por un sistema biológico que sin problema podrá tratarlo ya que el efluente es completamente biodegradable.

15

El sedimentador de alta tasa que es complemento del reactor de electrocoagulación, el cual consta de un recipiente rectangular, con dos cámaras internas en forma de trapecio, placas deflectoras laterales y terminación cónica, lo que favorece un tiempo de sedimentación de los coágulos del hidróxido metálico conglomerados con la materia orgánica de 10 min.

20

Finalmente se tiene el tren de tratamiento conformado por el acoplamiento del reactor de electrocoagulación con el sedimentador de alta tasa.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

Figura 1. Vista transversal del reactor de electrocoagulación y sus principales componentes.

1. Electrodos de aluminio (ánodos) y hierro (cátodos)
- 5 2. Compartimientos en donde se colocan los electrodos
3. Entrada del agua al reactor
4. Pre-clarificador
5. Compartimiento de espumas
6. Dren de la espumas

10

Figura 2. Vista superior del sedimentador de alta tasa y sus componentes.

7. Tubo de PVC de 1/2"
8. Deflectores
9. Canal central
- 15 10. Tubería interna
11. Tubería de salida
12. Tubería para el drenado de los lodos

Figura 3. Arreglo de los equipos integrados en un solo tren de tratamiento.

- 20 13. Reactor de electrocoagulación
14. Sedimentador de alta tasa

## REIVINDICACIONES.

Una vez descrito de manera detallada la invención, esta es considerada como una novedad, por lo tanto reclamamos como de nuestra exclusiva propiedad, lo descrito en las siguientes reivindicaciones:

- 5        1) Un reactor de electrocoagulación de flujo ascendente con electrodos de aluminio (ánodos) y hierro (cátodos) y colector de espumas. Dentro del reactor cada arreglo de electrodos ánodo-cátodo constituyen una celda por la cual el agua pasa en flujo ascendente y va recibiendo a la especie coagulante que se genera in situ.
  
- 10       2) El reactor de electrocoagulación reivindicado en 1 en la que se establece que el ángulo de inclinación de los electrodos es de  $45^\circ$ , espaciados por una separación de 0.5 cm.
  
- 15       3) El reactor de electrocoagulación reivindicado en 1 el cual toma como criterio para su diseño la optimización de parámetros como densidad de corriente con un valor de 5 mA/cm<sup>2</sup>, tiempo de electrólisis 7 minutos, el consumo de energía por volumen en un valor de 2.8 Kwh/m<sup>3</sup>.
  
- 20       4) El reactor de electrocoagulación reivindicado en 1 que señala que para lograr la máxima disminución de DQO del agua residual del proceso de RTE de la industria de la curtiduría y del proceso de fabricación de helados, el flujo debe ser en forma ascendente a una velocidad de 1.8 L/min y una densidad de corriente de 5 mA/cm<sup>2</sup> para lograr una disminución de la DQO de 50 a 60% para valores de carga orgánica entre 7,000 y 10,000 mg/L.



5) Un sedimentador de alta tasa que consta de un recipiente rectangular, con dos cámaras internas en forma de trapecio, placas deflectoras laterales y terminación cónica

6) El tren de tratamiento conformado por el acoplamiento del reactor de electrocoagulación

5 con el sedimentador de alta tasa.

-----

## RESUMEN:

En el presente invento se presenta el diseño de un reactor de electrocoagulación a flujo ascendente y continuo, así como su sedimentador de alta tasa para llevar a cabo la disminución de la DQO del agua residual proveniente de la operación de recurtido-teñido-engrase (RTE), del proceso de curtiduría, así como del proceso de fabricación de helados. El reactor es un prisma rectangular cónico, en su interior está dividido por placas deflectoras que favorecen un flujo ascendente a través de las mismas. El diseño del reactor considera un pre-clarificador y un colector de espumas, así como la configuración de los electrodos y el espacio entre ellos para favorecer el mejor desempeño hidráulico y electroquímico. Además incluye un sedimentador de alta tasa que garantiza altas eficiencias de remoción de la carga orgánica del agua como del ion coagulante producido.

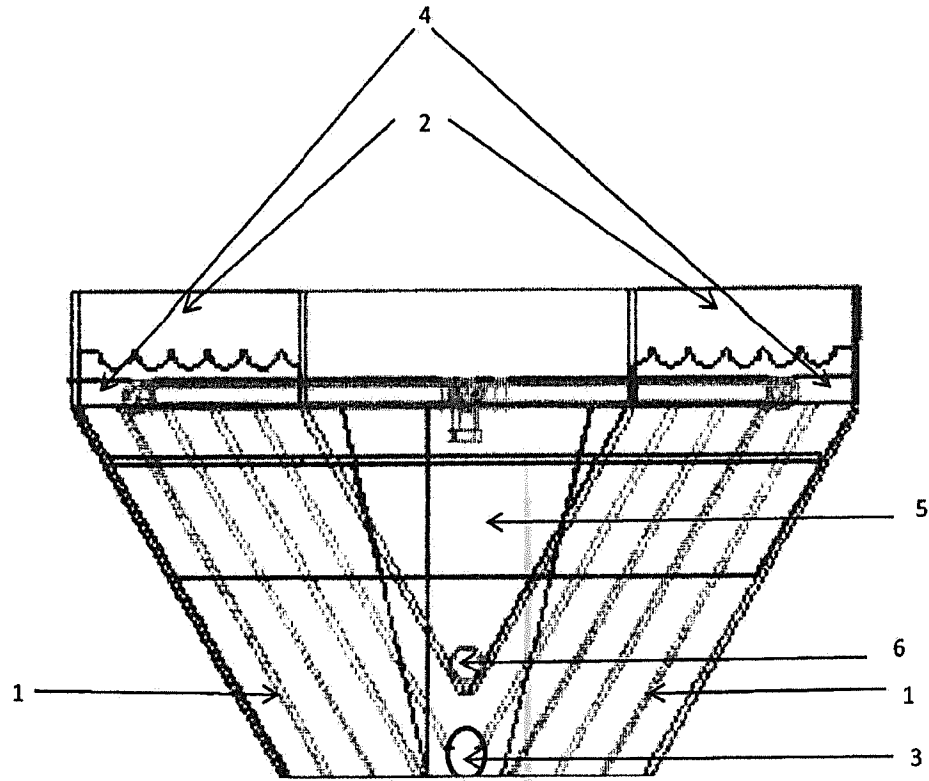


Figura 1

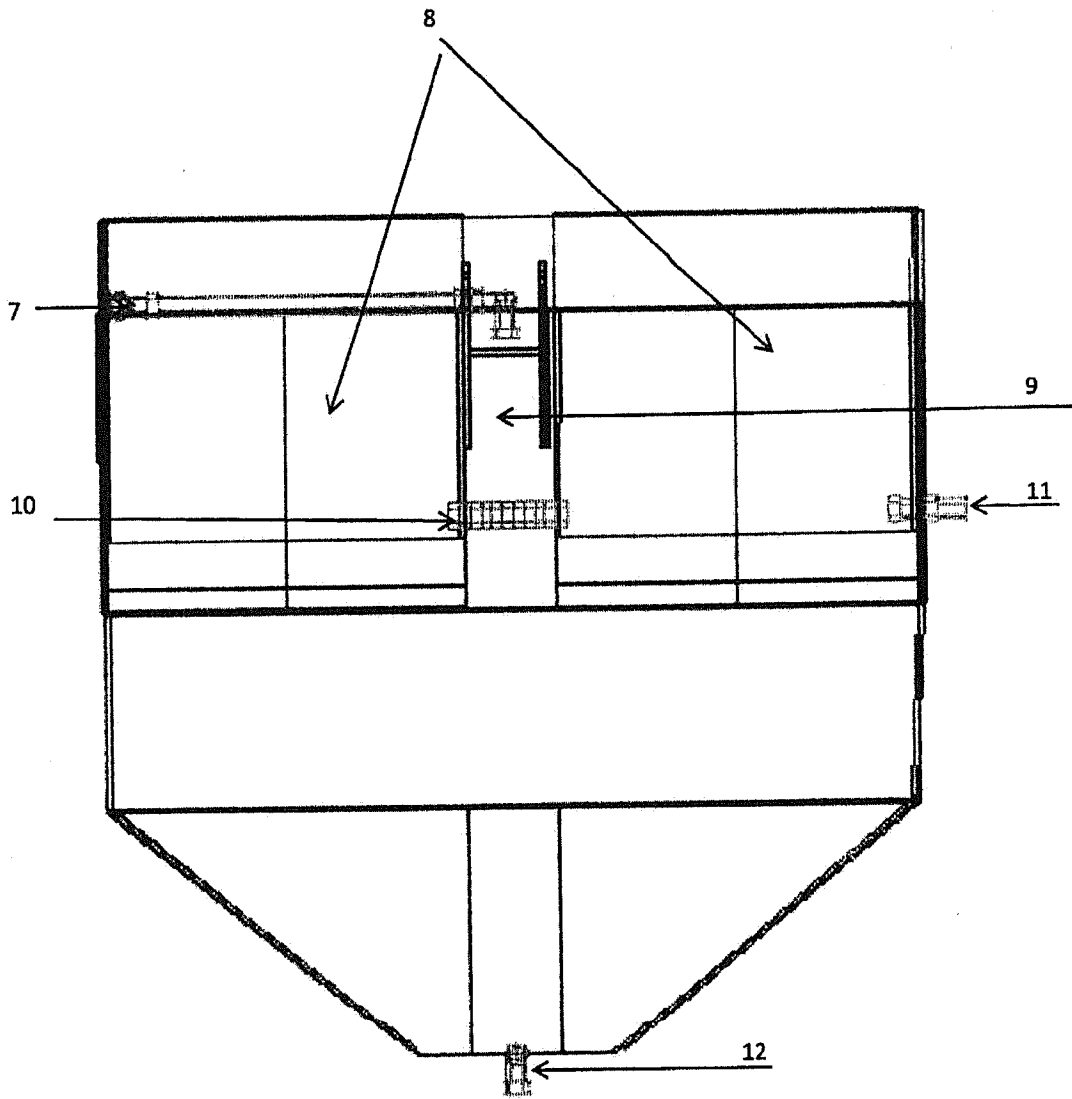


Figura 2

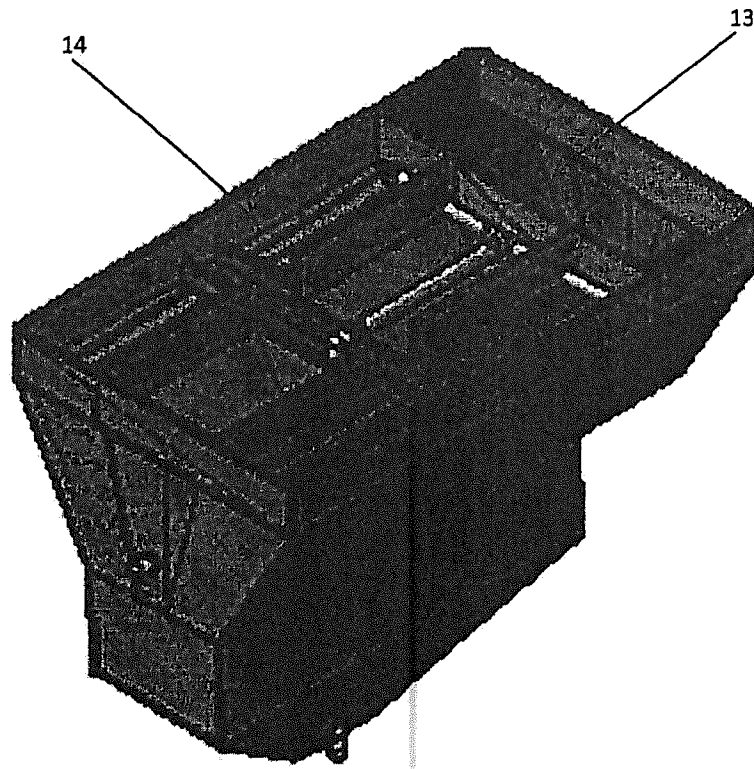


Figura 3

© 2014 Autodesk, Inc. All rights reserved. Autodesk reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that appear in this document. (2014-08-01)

