Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

(11) **MX 2013001808 A**

(12) **SOLICITUD de PATENTE**

(43) Fecha de publicación: **28/08/2014**
(51) Int. Cl: **H01M 6/42** (2006.01)

(22) Fecha de presentación: **14/02/2013**
(21) Número de solicitud: **2013001808**

(71) Solicidante:
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C.
Parque Tecnológico Querétaro S/N 76703 PEDRO ESCOBEDO Queretaro MX

(72) Inventor(es):
CARLOS MONTOYA SUÁREZ
Parque Tecnológico Querétaro PEDRO ESCOBEDO Queretaro 76703 MX
LUIS ARTURO GODINEZ MORA-TOVAR
FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ VALADEZ
LUIS ALBERTO RAMIREZ BALDERAS
OSCAR FARIAS MOGUEL
JENNIFER ALEXIS BAÑUELOS

(74) Representante:
AUREA LIVIER CAZARES LUQUE
Laja # 132 LEON Guanajuato 37160 MX

(54) Título: **REACTOR CILINDRICO PORTATIL ELECTRONICO, PROCESO PARA REGENERACION DE CARBON ACTIVADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS.**

(54) Title: **ELECTRONIC PORTABLE CYLINDRICAL REACTOR, PROCESS FOR REGENERATING ACTIVATED COAL AND WATER TREATMENT.**

(57) Resumen

Se provee un reactor cilíndrico portátil electroquímico y proceso para regeneración de carbón activado, el reactor se caracteriza por comprender 3 zona principales una zona descarga, una zona de trabajo y una zona de descarga, acomodadas verticalmente. Se provee además el método para regenerar carbón activado utilizando este reactor cilíndrico.

(57) Abstract

Provided is an electrochemical portable cylindrical-shaped reactor and process for regenerating activated coal, the reactor being characterized in that it comprises 3 main zones, a discharge zone, a working zone and a discharge zone, these zones being vertically arranged. Provided is a method for regenerating activated coal using this cylindrical-shaped reactor.

REACTOR CILÍNDRICO PORTÁTIL ELECTROQUÍMICO, PROCESO PARA REGENERACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS

DESCRIPCIÓN

Antecedentes y campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo para el tratamiento electroquímico de diversas substancias tales como carbón activado, agua, desperdicios industriales, etc. los cuales pueden ser tratados por medio de reacciones electroquímicas, concretamente mediante el reactivo Fenton. Más concretamente se refiere a un reactor electroquímico para la regeneración de carbón activado y a un proceso para la regeneración de carbón activado. Como modalidad preferida el reactor será descrito en su aplicación para eliminar compuestos orgánicos del carbón activado saturado de ellos aunque la construcción del mismo permanece en sus componentes principales.

El carbón activado se utiliza ampliamente para absorber impurezas orgánicas de otros materiales provenientes por ejemplo de proceso de purificación de agua y otros fluidos pero tiene un tiempo de vida, afortunadamente, puede ser recuperado y reutilizado; sin embargo, se tienen que invertir recursos importante para recuperar o regenerar este

carbón, en muchos casos se debe trasladar el carbón sucio a un centro de regeneración.

Con objeto de recuperar ese carbón activado una vez que no tiene la capacidad para adsorber compuestos orgánicos, se han desarrollado una serie de procesos y equipos entre los que se encuentran los térmicos, extracción con solventes, con vapor, los electroquímicos, combinaciones de ellos, etc. Uno de los procesos más exitosos para lograrlo utiliza el proceso Fenton, el cual también es utilizado en la presente invención.

Existe también la necesidad de que el equipo y el proceso puedan ponerse en práctica para purificar el carbón activado en planta donde se utiliza el carbón activado evitando así el traslado del carbón hacía el sitio de purificación y de regreso a la planta de tratamiento. Sin el inconveniente de ser un equipo de baja capacidad de producción.

Se conoce la patente 4217191 concedida a Doniat, et al. titulada "Process for regenerating contaminated activated carbon" Agosto 12 de 1980. Esta patente se refiere a un proceso continuo a diferencia del proceso por lotes de la presente invención.

También se conoce la patente US 5,702,587 concedida a Clifford, et al. el 30 de diciembre de 1997 titulada "Chemical and electrochemical regeneration of active carbon".

Se estima que esta patente lo mismo que su patente relacionada 5,904,832 representan el estado del a técnica más cercano. De acuerdo con la descripción de esta patente, el sistema comprende al menos dos celdas electroquímicas en las cuales se realizan las operaciones de limpieza de fluidos y recuperación del carbón activado. En sus párrafos 10 y 11, se indica que cada celda comprende un electrodo construido de una malla de titanio recubierta un revestimiento de platino-iridio. El electrodo se aísla de la cama de carbón por medio de un elemento plástico, el cual actúa también como un retén para el carbono. Para el electrodo de la cama de carbono se utiliza un electrodo el cual se encuentra en la forma de una malla de níquel o acero inoxidable. Durante el proceso de regeneración del carbón activo, el electrolito ingresa a través de las entradas 100 o 110 (según la celda utilizada), entonces los electrodos 40 y 50 respectivamente se polarizan negativamente, se alimenta oxigeno por la parte superior de las celdas a través de los conductos 140 y 150 hacia las camas de carbón activado 80 y 90 respectivamente. Los electrodos 60 y 70 se polarizan positivamente y se aíslan eléctricamente por medio de un aislamiento plástico 200, 210. Como puede apreciarse de la figura de esta patente '587, que es una configuración horizontal de trabajo, la entrada de oxigeno es por la parte superior y los electrodos del aparato son mallas planas colocadas horizontalmente, lo mismo que la

base que sostiene al lecho de carbono 200, 210. En una parte del proceso se agrega hierro aunque no se indica cómo, se asume que se hace a través de alguna de las entradas al aparato. La celda electroquímica de la presente invención, es cilíndrica, los electrodos también son cilíndricos y comprenden diferentes arreglos como se verá más adelante.

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un reactor electroquímico cilíndrico de operación por lotes portátil para la regeneración de carbón activado agotado por contaminación de compuestos orgánicos utilizados en la purificación de agua contaminada con tales compuestos.

Consiste básicamente en un recipiente que aloja en su interior cilindros concéntricos con diferentes funciones, tapas superior e inferior para estos cilindros y diversas entradas y salidas de aire, agua y material a tratar y tratado.

Por tanto, un objeto de la presente invención es proveer un reactor electroquímico basado en el proceso Fenton para recuperación de carbón activado, agotado con compuestos orgánicos.

Un segundo objeto es proveer un reactor que pueda ser portátil para instalarse en planta.

Un tercer objeto de la presente invención es proveer un proceso aplicable al reactor arriba mencionado.

Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 ilustra una vista isométrica del reactor.

La FIG. 2 es una vista isométrica de la primera sección del reactor que consiste en el cono de alimentación del material a ser tratado.

La FIG. 3 es una vista isométrica del cuerpo principal o cilindro del reactor en donde se aloja la cámara de trabajo.

La FIG. 4 es una vista isométrica del cono de descarga.

La FIG. 5 es una vista en detalle de la tapa del reactor con las puntas conductoras y la manivela de nivelación de altura para las puntas conductoras.

La FIG. 6 es una vista isométrica del detalle de construcción de la cámara de trabajo conformada por un cilindro o cuerpo principal, un ánodo y una malla.

La FIG. 7 de una vista en planta superior de la cámara de trabajo en donde se pueden apreciar las entradas de agua y las de aire al interior de la cámara de trabajo.

La FIG. 8 es una vista isométrica del aro guía para mantener en posición y sellar el ánodo y la malla. Uno de

estos aros se coloca en la parte superior del cuerpo principal y uno en la parte interior del mismo.

La FIG. 9 muestra una vista del ensamble de la malla, los aros guía y una envolvente cilíndrica.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo del proceso de recuperación de carbono agotado.

La FIG. 11 muestra una serie de tubos de ensaye con muestras de la determinación por colorimetría de peróxido por el método del oxisulfato de titanio.

La FIG. 12 muestra las concentraciones de peróxido generadas en el reactor a pH 7.

La FIG. 13 indica las concentraciones de peróxido generadas en el reactor a pH 3.

La FIG. 14 es un gráfica de la concentración en solución de peróxido de hidrógeno electrogenerado usando un potencial catódico de -1.1 V.

La FIG. 15 es una gráfica de la concentración de peróxido de hidrógeno electrogenerado usando un potencial catódico de -1.3 V contra el tiempo.

La FIG. 16 es una gráfica de la concentración de peróxido de hidrógeno generado con aireación en el tinaco contra tiempo.

La FIG. 17 muestra la coloración de la solución de tratamiento antes de la prueba de adsorción del colorante.

Las FIGS. 18A-18H muestran coloración de agua inicial y después de 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 minutos de tratamiento, respectivamente

La figura 19 representa la curva de decoloración del colorante naranja 32 para una primera prueba de adsorción.

Las FIGS. 20A y 20B muestran, respectivamente, las muestras de la solución al inicio del tratamiento (FIG. 20A) y tratada a los 210 minutos (20B), de una primera prueba de adsorción, se muestra una evidente remoción del color de la solución.

La figura 21 muestra los resultados para una segunda prueba de decoloración.

Las FIGS. 22A y 22B muestran, respectivamente, las muestras de la solución al inicio del tratamiento (FIG. 20A) y tratada a los 210 minutos (22B), de una segunda prueba de adsorción, se muestra una evidente remoción del color de la solución como en el caso de la primera prueba.

Descripción detallada de la invención

En la FIG. 1 se muestra el reactor electroquímico **1** de la presente invención, que comprende un cono de alimentación **100**, una zona de trabajo **200** y una zona de descarga **300**. En la FIG. 2 se muestra el cono de

alimentación **100** que comprende un borde superior **101**, una pared inclinada circular **102**, que tiene un primer diámetro coincidente con el del borde superior **101** y termina en un diámetro inferior coincidente con el diámetro de una primer brida **103**. La parte interna de la pared inclinada comprende al menos tres tiras **104** para sujetar una placa **105** adecuada para recibir un espárrago roscado **106** con manivela **107** (ver FIG. 5), para mover ascendentemente y descendentemente las puntas conductoras **108** junto la tapa **105** para sellar el cono de alimentación **100**, en la placa **105** se coloca una tuerca **109** para el espárrago roscado **106**. Las puntas colectoras hacen contacto con la carga, convirtiendo la carga en el cátodo, cerrando así el circuito eléctrico.

Unida al cono de alimentación se encuentra la zona de trabajo **200** (FIG. 3) que consiste de un cuerpo cilíndrico **201**, que en su cara exterior comprende al menos 3 (tres) soportes **202** y preferentemente 4 (cuatro) ó más soportes para colocar el reactor electroquímico **1** sobre una base (no mostrada). El cilindro **201** además comprende una brida superior **203** y una brida inferior **204**. El espacio interior **205** del cilindro **201** aloja concéntricamente un ánodo **206** y una malla **207** (ver FIGS. 6 y 7). El cono de alimentación se une al cuerpo principal por medio de las bridas **103** y **203** que trabajan en conjunto y se diseñan para acoplarse una a la otra. Entre ambas bridas (**103** y **203**) se coloca un material

aislante a fin de evitar cualquier transferencia de corriente a través de ellas. La unión entre estas bridas puede realizarse por medio de tornillos de material aislante o tornillos aislados adecuadamente.

El cuerpo cilíndrico **201** se fabrica con acero al inoxidable o acero al carbono, el ánodo **206** con titanio lo mismo que la malla **207**, en una modalidad alterna, la malla puede ser de acero inoxidable.

La zona de trabajo **200** se acopla al cono de descarga **300** por medio de las bridas **204** y **301** (ver FIGS. 3 y 4). Las bridas **204** y **301** son de configuración y tamaños similares a fin de acoplarse una a la otra. Unido a la brida **301** se encuentra un cono **302** el cual se ahúsa para terminar en el diámetro de una boca **303** de descarga por donde se descarga el material tratado junto con una solución de trabajo (no mostrados).

El interior del cono de salida aloja una válvula de salida compuesta de un sello **304** de material aislante y no corrosible por ácidos, colocado sobre una placa **305** que comprende los barrenos de entrada de aire **306** y de agua **307** (ver FIG. 7).

La placa **305** se une de forma removible a la pared interna del cono **300**. Esta placa **305** forma un sello con el aro guía **2** (mostrado en las FIGS. 8 y 9), la placa es empujada contra el aro guía por medio de un mecanismo **308** de

palancas que la colocan en posición y sujetan firmemente esta placa en sello con el aro guía a través del sello **304**.

La descarga del material tratado se realiza por el movimiento de este sistema de palancas **308** liberando el contenido del reactor que caerá, por gravedad, a un recipiente colocado en la parte inferior (no mostrado).

El material aislante eléctrico utilizado entre las diferentes bridas puede ser, en una modalidad preferida, un aro guía **2** como el mostrado en la FIG. 8, construido de material polimérico tal como Nylamid®.

El aro guía **2** comprende barrenos coincidentes con las bridas y ranuras circulares la más externa **2a** corresponde con el diámetro del cuerpo cilíndrico **201** y **2b** para el ánodo y **2c** para la malla **207**. Este aro **2** se coloca sobre el borde superior del ánodo y el de la malla **207** y debajo de ellos para sellar la cámara de trabajo. Al apriete de las bridas **103, 203, 204** y **301**, el aro **2** sella la parte inferior de la malla y de ánodo para evitar así fugas del materia a trabajar en la cámara de trabajo (ver FIG. 9). El aro puede tener dos o más ranuras circulares de diferentes diámetros dependiendo de la separación que se requiera entre el ánodo, la malla y cualquier otro componente similar.

En la FIG. 9 se observa la malla **206** unida a los aros superior e inferior **2**. Evidentemente, se ha removido el ánodo y el cuerpo cilíndrico **201**. En esta FIG. se observa

una modalidad o construcción alterna de la cámara de trabajo en la cual se incluye una segunda envolvente cilíndrica **3** que permite el paso parcial de la solución de trabajo al ánodo, a través de las ventanas **4**, esta envolvente se hace con un material aislante tal como Nylamid®.

La parte central de la cámara de trabajo en las caras inferior y superior es hueca. La inferior se sella por medio de la placa **305**, en tanto que la superior se sella por medio de la tapa **105**. Como se indicó arriba, el sello entre el aro **2** inferior y la placa **305** se realiza por medio de la junta o sello **304**.

El reactor cuenta además con una fuente de poder (no mostrada) para suministrar la corriente necesaria para su operación, la capacidad de la fuente de poder dependerá, tal como lo sabe una persona con conocimientos medios en la materia, del tamaño del reactor, es decir de la cantidad de material a procesar y del tipo de material a trabajar, además del tiempo de proceso.

Ejemplo de aplicación del Reactor

El siguiente ejemplo se refiere a una de las aplicaciones del reactor objeto de la invención. La aplicación consiste en eliminar impurezas biológicas de carbón activado agotado en forma granular o polvo, debido a

su uso en absorción de impurezas orgánicas de fluidos tales como agua.

Previo armado del reactor y prueba de fugas del mismo, se llena la cámara de trabajo con carbón activado agotado, se conectaron los electrodos a la fuente de poder, se cierra la cámara de trabajo, bajando la tapa. Con esta operación también se bajan las puntas conductoras que transmitirán la corriente proveniente de la fuente de poder al carbón activado. Posteriormente se llenó la cámara de trabajo con solución de sulfato de sodio, previamente se preparó una resina polimérica de intercambio catiónico que contiene Fe^{2+}/Fe^{3+} y se vertió a la cámara de trabajo para mezclar con el carbón activado, se aplicó un voltaje de 0.9 V por dos horas recirculando, al tiempo que se burbujeaba aire (aunque puede substituirse por oxigeno industrial u oxígeno puro) el sulfato de sodio, f) agitar fuertemente durante dos horas recirculando, al tiempo que se burbujeaba aire (aunque puede substituirse por oxigeno industrial u oxígeno puro), se requiere de la aplicación de un potencial de -0.9 V en el cátodo, con el fin de favorecer la reacción de reducción de oxígeno a peróxido. Este valor no debe ser menor a aproximadamente -0.9 V debido a que no se favorece la reacción de oxígeno a peróxido y no debe ser mayor a aproximadamente -0.9 V ya que se favorece la reducción de oxígeno hasta agua;

g) ajustar porcentaje de oxígeno disuelto 0 a 9 mg/L;

h) ajustar a un pH de aproximadamente 3;

i) ajustar potencial del cátodo de -0.9 V.

j) una vez concluido este tiempo, se activa el sistema de palancas y se descarga a un recipiente adecuado el carbón activo limpio y la solución resultante del proceso.

Debe entenderse que los materiales de construcción serán los adecuados dependiendo del tipo de material a trabajar. Las diferentes conexiones eléctricas se realizan por medios convencionales, por ejemplo, la tapa puede incluir en cualquier parte de la misma el cable proveniente de la fuente de poder y el cable conductor para el ánodo introducirse por el cilindro o cuerpo principal o alguna otra parte del reactor.

Ejemplos

Ejemplo 1

Con objeto de comprobar que el reactor tiene la capacidad de reducción de orgánicos, se realizó la prueba de determinación de generación de peróxido de hidróxido con diferentes parámetros de operación. Al ser el peróxido de hidrógeno el generador de la descomposición orgánica, una adecuada evolución de peróxido implicaría necesariamente una alta eficacia de degradación orgánica.

Uno de los parámetros que se variaron para determinar las mejores condiciones para generar hidrógeno fue el pH. Las pruebas de generación de peróxido se realizaron con - 0.9 V en el cátodo, tiempo de operación 2 horas. Se inició una primera prueba a un pH 7. En la figura 11 se muestran las muestras obtenidas de la determinación de peróxido realizadas a pH 7 mediante el método del oxisulfato de titanio, lográndose ver el desarrollo de una coloración de transparente a rojiza indicando esta última coloración la generación de H_2O_2.

La figura 12 es la curva de calibración construida utilizando valores de adsorbancia de las corridas a pH 7. Se observa que la cantidad de peróxido aumenta conforme aumenta el tiempo de contacto hasta alcanzar un valor de 80 ppm en un

tiempo de 100 minutos. Después de este tiempo la producción de peróxido prácticamente se mantiene.

Ejemplo 2

Se hicieron pruebas de generación de peróxido a pH 3 a las mismas condiciones de operación que para pH 7, lográndose identificar claramente la generación de peróxido en concentraciones un poco superior a 80 ppm a 100 minutos de tratamiento (FIG. 13).

De los ejemplos 1 y 2, se desprende que para efectos prácticos, a un pH 3 se genera prácticamente la misma cantidad de peróxido de hidrógeno a un voltaje de -0.9 en el cátodo. Lo cual implica que no es necesario acidificar el medio para lograr una adecuada descomposición de elementos volátiles. También se desprende de estos dos experimentos que el tiempo óptimo para lograr el máximo de generación de peróxido es a los 100 minutos de iniciado el tratamiento. Después de este tiempo en ambos casos, (pH 7 y pH 3), existe una estabilización en la concentración y no hay un aumento neto significativo en la evolución de peróxido de hidrógeno.

Se determinó también la influencia del potencial del cátodo a fin de determinar el valor de potencial óptimo para generación de peróxido de hidrógeno (y por tanto degeneración de materia orgánica).

Ejemplo 3

Se realizaron pruebas aplicando un voltaje de -1.1 V en el cátodo, manteniendo un pH 3 mediante adición de solución Buffer. La fig. 14 resume los resultados mediante un gráfico de tiempo contra concentración de peróxido en el reactor a un pH constante. Como se puede observar, la concentración máxima de peróxido generado fue menor a 20 ppm. Implicado obviamente que estas condiciones de operación no son favorables para obtener una descomposición de orgánicos por peróxido de hidrógeno adecuada.

Ejemplo 4

Se realizaron las mismas pruebas que en el ejemplo 3 pero aplicando un voltaje catódico de -1.3 V. los resultados se resumen en la gráfica mostrada en la FIG. 15. A este potencial, la concentración de peróxido permanece por debajo de 20 ppm.

Los ejemplos anteriores indican que el potencial del cátodo óptimo para generar peróxido es -0.9 V y que si se usan potenciales mayores, la cantidad de H_2O_2 generada disminuye, ya que el oxígeno es reducido hasta agua.

El último parámetro a cuantificar fue el suministro de oxígeno por aireación como a continuación se indica.

Una vez determinados los parámetros operacionales, se procedió a comprobar la eficacia del reactor mediante la simulación de regeneración de carbón activado agotado con materia orgánica.

Ejemplo 6

Con objeto de determinar la eficiencia del reactor para la regeneración del carbón activado se realizaron pruebas con una solución coloreada (naranja español 32, colorante comercial de la Empresa El Caballito.

Se preparó una solución con una concentración de 400 mg/L. Primeramente se llevó a cabo un proceso de adsorción para saturar el carbón activado con el colorante durante 2 horas. Para ello se recirculó la solución preparada durante este tiempo de dos horas. Con este paso se aseguró que el carbón activo estuviese agotado. Posteriormente, se aplicó un potencial catódico de -0.9 V durante otras dos horas para regenerar la superficie del carbón activado. En la figura 17 se muestra el arranque en la prueba de adsorción y se puede observar el agua del fondo con el color original de la muestras. Por la tubería de la parte izquierda sale el agua que ha sido tratada al pasar por el lecho de carbón con potencial de -0.9V. Se observa que ha perdido su color es decir, que el colorante ha sido

degradado, lo cual implica que la materia orgánica que había saturado el carbón activado ha sido degradada y por tanto se ha regenerado el carbón activado. En la tubería derecha se muestra la corriente de recirculación donde se observa todavía color en la solución.

Se encontró una disminución de la absorbancia hasta 0.363 en un tiempo de una hora en la primera corrida.

El seguimiento de la remoción del color se hizo determinando la absorbancia a 450 nm que es la longitud de onda a la que absorbe más el colorante presente en la solución. En las FIGS. 18A-18H se presentan las muestras de agua inicial y después de 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 minutos de tratamiento, respectivamente. Tal como se aprecia, existe una decoloración de la solución que es inversamente proporcional al tiempo de tratamiento.

La pérdida del color se manifiesta como una disminución en la absorbancia de la solución, de manera que de un valor inicial de 0.98 disminuye la absorbancia a un valor de 0.06 con un porcentaje de remoción del 94% después de 150 minutos de tratamiento (2 horas y media). La FIG. 19 representa estos valores.

Considerando las figuras 20A y 20B, se nota que la muestra inicial (FIG. 19A) comparada con la muestra tratada a los 210 minutos (FIG. 19B) presenta una evidente remoción del color de la solución.

Ejemplo 7

Una vez finalizado el ciclo de adsorción-regeneración arriba descrito, se procedió a realizar un segundo ciclo de adsorción-regeneración con las mismas condiciones de operación que el ejemplo anterior. Se polarizó la celda para regenerar el carbón activado y se procedió a un segundo proceso de adsorción, obteniéndose la curva de remoción de la figura 21. Como se puede observar, se logra disminuir la absorbancia de la solución nuevamente a valores cercanos a 0.05, manteniéndose el porcentaje de remoción cerca del 95%.

Las muestras de agua tratadas tienen un aspecto similar a la primera prueba de adsorción, perdiendo el color naranja que originalmente tenía (FIG. 22A y 22B)

Abajo se resumen las condiciones de funcionamiento del reactor:

V = -0.9 V

T= 2 horas (Generación de peróxido y contacto con el colorante)

pH = 3

I = 0.43 Amp

m = 40 kg de carbón

Concentración de electrolito = 0.05 M

V=-1.1 V

T = 2 horas

pH = 3

I = 0.89 Amp

M = 40 kg de carbón

Concentración de electrolito = 0.05 M

Relación área/volumen carbón activado = 600 - 650 m^2/gr

Área total = 600 x 40,000 gr = 24´000,000 m^2

Densidad de corriente = 0.89/24'000,000 = 3.7 x 10^{-8} A/m^2

Densidad de corriente = 3.70 x 10^{-9} mA/cm^2

En el proceso se utilizó una resina de intercambio catiónica de poliestireno sulfonado compuesta por poliestireno reticulado con divinilbenceno y grupos funcionales sulfónicos.

Habiendo descrito suficientemente la materia de la presente invención, reclamo como de mi propiedad lo contenido en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un reactor cilíndrico portátil electroquímico que comprende un cono de alimentación **(100)**, una zona de trabajo **(200)** y una zona de descarga **(300)**, que comprende además una fuente de poder caracterizado porque el cono de alimentación se ubica encima de la zona de trabajo y esta a su vez, encima de la zona de descarga, en donde la zona de trabajo comprende un cilindro **(201)**, un ánodo **(206)** y una malla **(207)**, el cono de alimentación **(100)**, la zona de trabajo **(200)** y la zona de descarga **(300)** se unen por medio de bridas, en dónde el ánodo y la malla se colocan concéntricamente con el cilindro **(201)**, el cátodo lo constituye el material a tratar.

2. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el cono de alimentación comprende un borde superior **(101)**, una pared inclinada circular **(102)**, con un primer diámetro coincidente con el del borde superior **(101)** y termina en un diámetro inferior coincidente con el diámetro de una primer brida **(103)**, la parte interna de la pared inclinada comprende al

menos tres tiras **(104)** para sujetar una placa **(105)** adecuada para recibir un espárrago **(106)** con manivela **(107)** (ver FIG. 5), para mover ascendentemente y descendentemente las puntas conductoras **(108)** junto con tapa **(105)** para sellar el cono de alimentación **(100)**, en la placa 105 se coloca una tuerca **109** para el tornillo espárrago roscado **(106)**.

3. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque el cuerpo cilíndrico **(201)** comprende en su cara externa al menos tres soportes **(202)** y preferentemente cuatro ó más soportes para colocar el reactor electroquímico **(1)** sobre una base, el cilindro **(201)** además comprende una brida superior **(203)** y una brida inferior **(204)**, correspondiendo la brida superior **(203)** con la brida **(103)** del cono de alimentación, y estando unidas ambas bridas con elementos aislantes, tales como tornillos de material aislante o aislados de manera adecuada, entre las bridas **(103)** y **(203)** también se coloca material aislante eléctricamente.

4. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque la zona de trabajo **(200)** se acopla al cono de descarga **(300)** por medio de bridas **(204** y **301)**, diseñadas y construidas a fin de acoplarse una a la otra, el acoplamiento se realiza utilizando tornillos o elementos similares aislantes o aislados eléctricamente a fin de mantenerse aislada eléctricamente la zona de trabajo de la

zona de descarga, el cono de descarga comprende un cono **(302)** el cual se ahúsa para terminar en el diámetro de una boca **(303)** de descarga por donde se descarga el material tratado junto con la solución de trabajo.

5. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque el cono de entrada de material **(100)** se aísla eléctricamente de la zona de alimentación **(200)** por medio de un aro guía **2** de material aislante, el aro comprende barrenos coincidentes con las bridas y comprende además ranuras circulares la más externa **(2a)** corresponde con el diámetro del cuerpo cilíndrico **(201)** y la interior **(2b)** con el diámetro correspondiente del ánodo **(206)** y **(2c)** con la malla **(207)**, este aro **(2)** se coloca sobre el borde superior del ánodo y el de la malla **(201)** y debajo de ellos para sellar la cámara de trabajo, al apriete de las bridas (**103, 203, 204** y **301)**, el aro sella la parte superior e inferior de la malla y del ánodo para evitar fugas del material a trabajar, cátodo, en la cámara de trabajo, el aro puede tener dos o más ranuras circulares de diferentes diámetros dependiendo de la separación que se requiera entre el ánodo, la malla y cualquier otro componente similar.

6. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque el aro inferior **(2)** trabaja en conjunto con la placa **(305)** forma un sello con el aro guía **(2)**, la placa es empujada contra el aro guía por

medio de un mecanismo **(308)** de palancas que la colocan en posición y sujetan firmemente esta placa en sello con el aro guía a través de un sello **(304)**, el interior del cono de salida aloja una válvula de salida compuesta de un sello **(304)** de material aislante y no corrosible por ácidos, colocado sobre una placa **(305)** que comprende barrenos de entrada de aire **(306)** y de agua **(307)**.

7. El reactor cilíndrico de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque el cuerpo cilíndrico **201** se fabrica con acero inoxidable o al carbono, el ánodo **206** con titanio, mientras que la malla **207** se construye de titanio o de acero inoxidable y el aro guía **2** se construye con Nylamid®.

8. Un proceso para regeneración de carbón activado caracterizado porque comprende los pasos de:

en el reactor cilíndrico de la reivindicación 1, previo armado del reactor y prueba de fugas del mismo,

a) llenar la cámara de trabajo con carbón activado agotado,

b) conectar los electrodos a una fuente de poder, y a los respectivos conectores en el reactor cilíndrico,

c) cerrar la cámara de trabajo, bajando la tapa, con esta operación también se bajan las puntas conductoras que transmitirán la corriente proveniente de la cámara de trabajo al carbón activado,

d) llenar la cámara de trabajo con solución de sulfato de sodio,

e) agregar una resina polimérica de intercambio catiónico que contiene Fe^{2+}/Fe^{3+},

f) agitar fuertemente aplicando un voltaje de -0.9 V al cátodo durante dos horas recirculando al tiempo que se burbujeaba aire (aunque puede substituirse por oxigeno industrial u oxígeno puro),

g) ajustar porcentaje de oxígeno disuelto 0 a 9 mg/L;

h) ajustar a un pH de aproximadamente 3;

i) ajustar potencial del cátodo de -0.9 V.

j) una vez concluido este tiempo, se activa el sistema de palancas y se descarga a un recipiente adecuado el carbón activo limpio y la solución resultante del proceso.

RESUMEN

Se provee un reactor cilíndrico portátil electroquímico y proceso para regeneración de carbón activado, el reactor se caracteriza por comprender 3 zona principales una zona descarga, una zona de trabajo y una zona de descarga, acomodadas verticalmente. Se provee además el método para regenerar carbón activado utilizando este reactor cilíndrico.

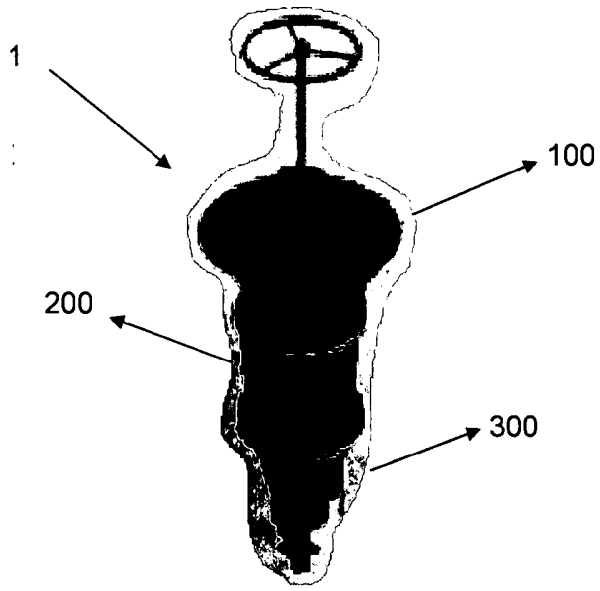


FIG. 1

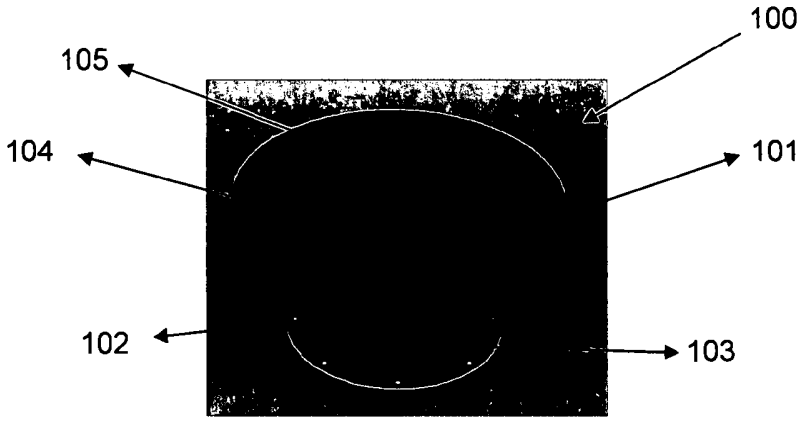


FIG. 2

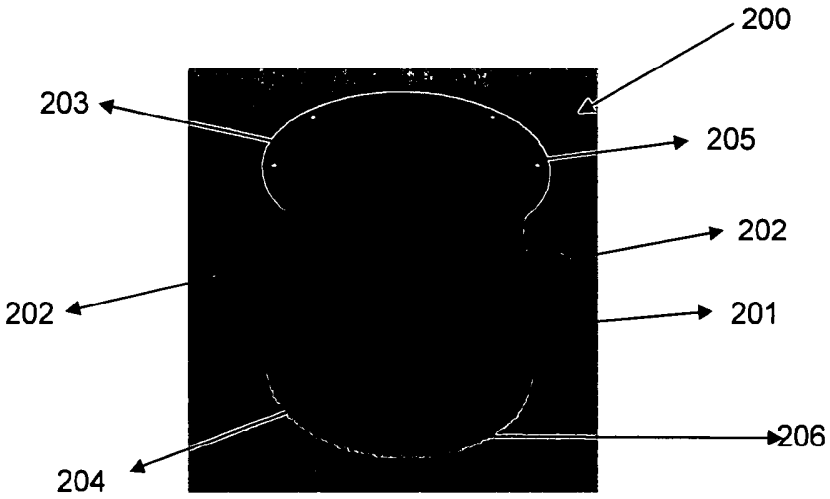

200
203
205
202
202
201
206
204

FIG. 3

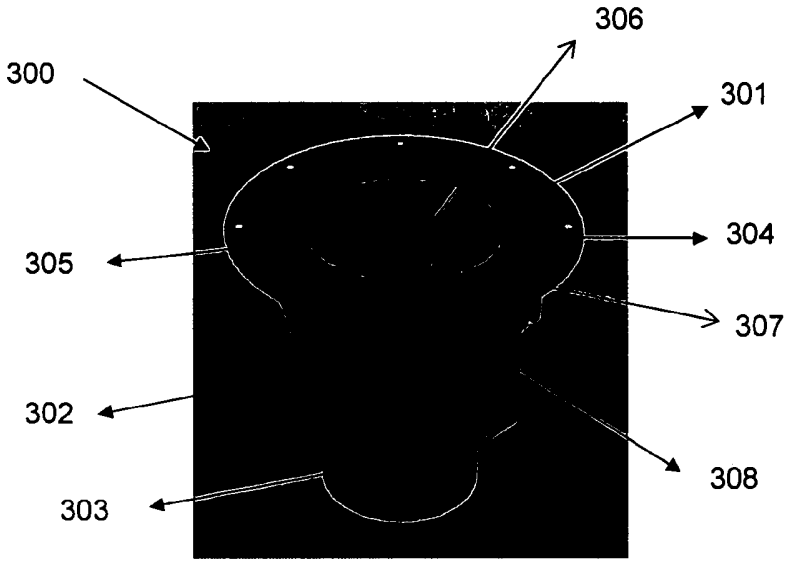

306
300
301
304
305
307
302
308
303

FIG. 4

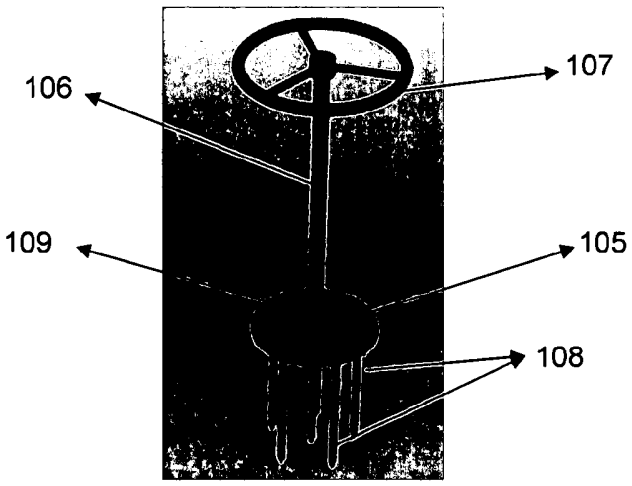


FIG. 5

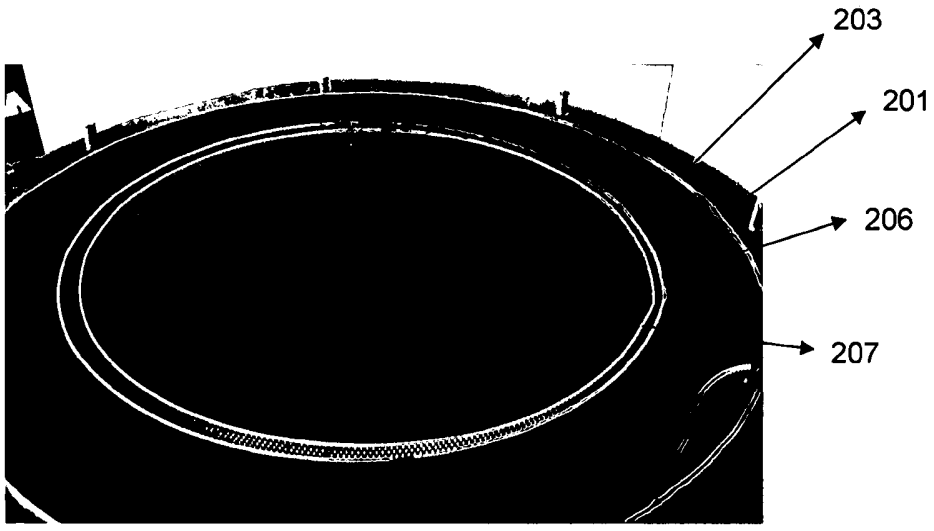


FIG 6

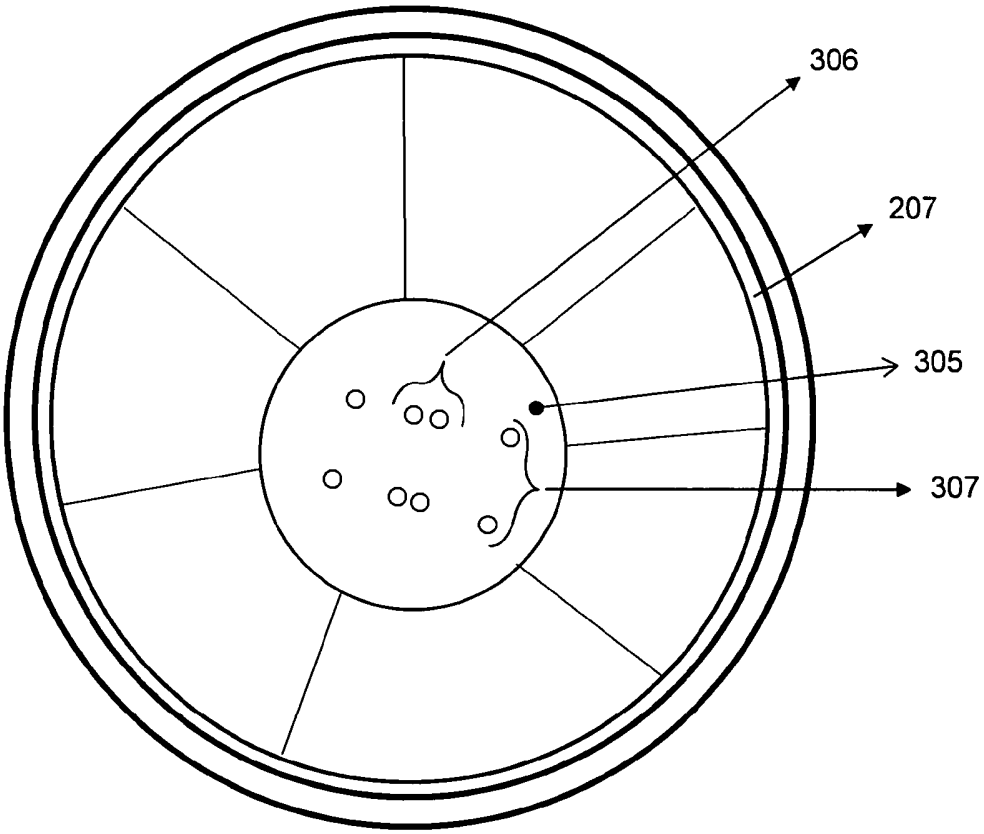


FIG 7

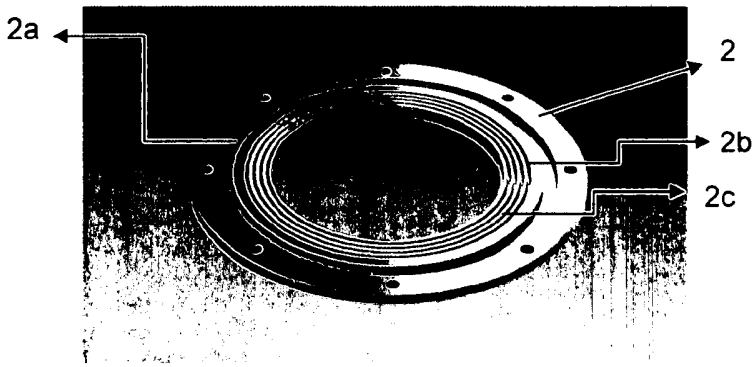


FIG 8

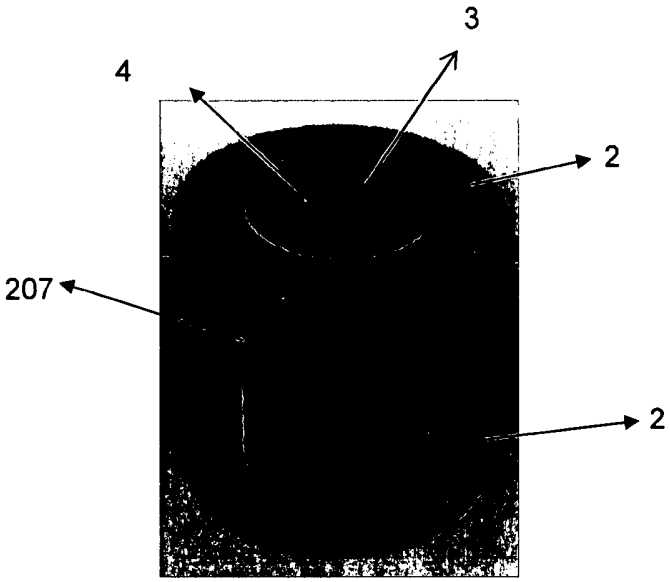


FIG 9

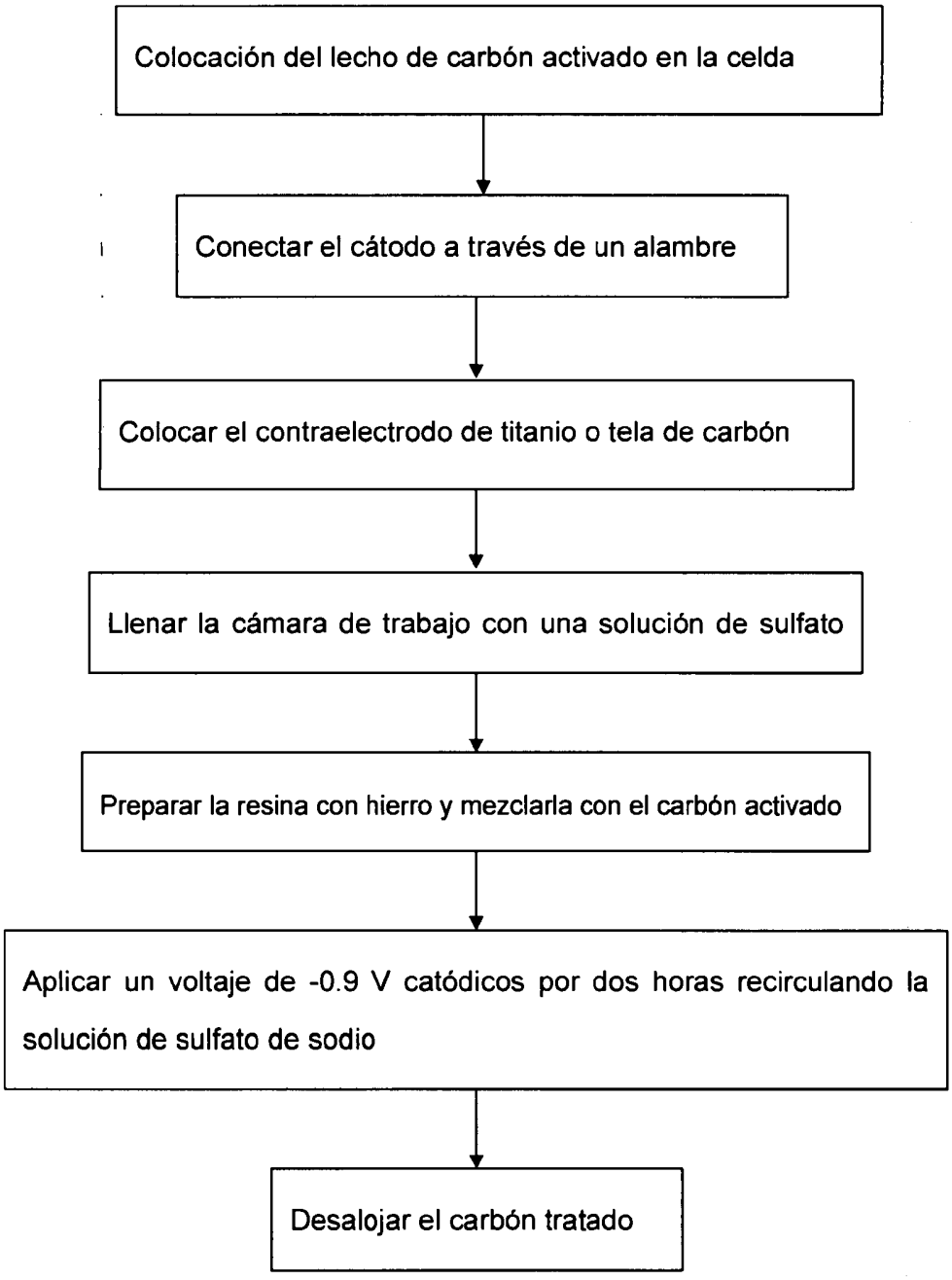

Colocación del lecho de carbón activado en la celda
Conectar el cátodo a través de un alambre
Colocar el contraelectrodo de titanio o tela de carbón
Llenar la cámara de trabajo con una solución de sulfato
Preparar la resina con hierro y mezclarla con el carbón activado
Aplicar un voltaje de -0.9 V catódicos por dos horas recirculando la solución de sulfato de sodio
Desalojar el carbón tratado

FIG. 10

FIG. 11

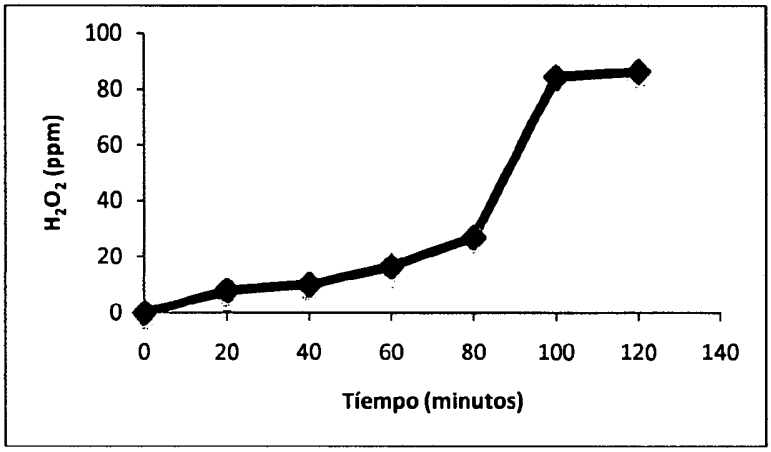

100
80
60
40
20
0
H_2O_2 (ppm)
0
20
40
60
80
100
120
140
Tiempo (minutos)

FIG. 12

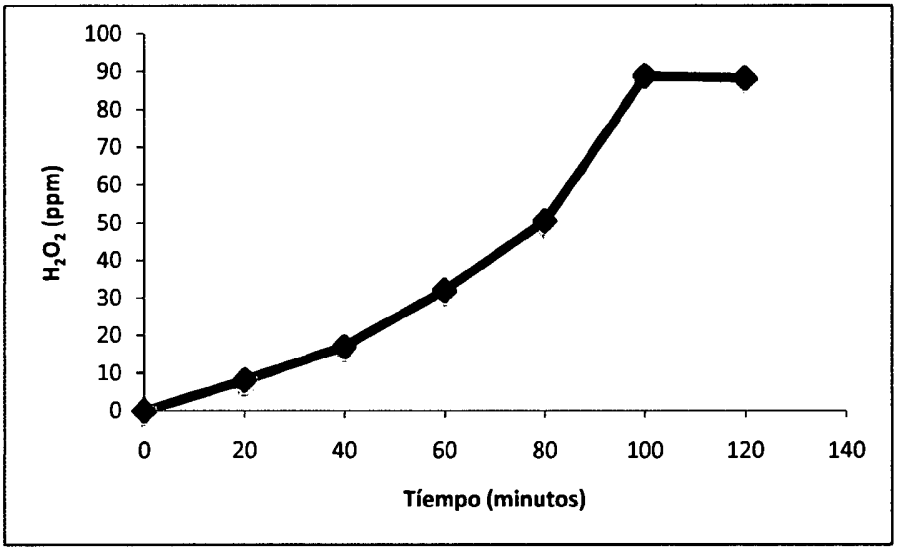

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
H_2O_2 (ppm)
0
20
40
60
80
100
120
140
Tiempo (minutos)

FIG. 13

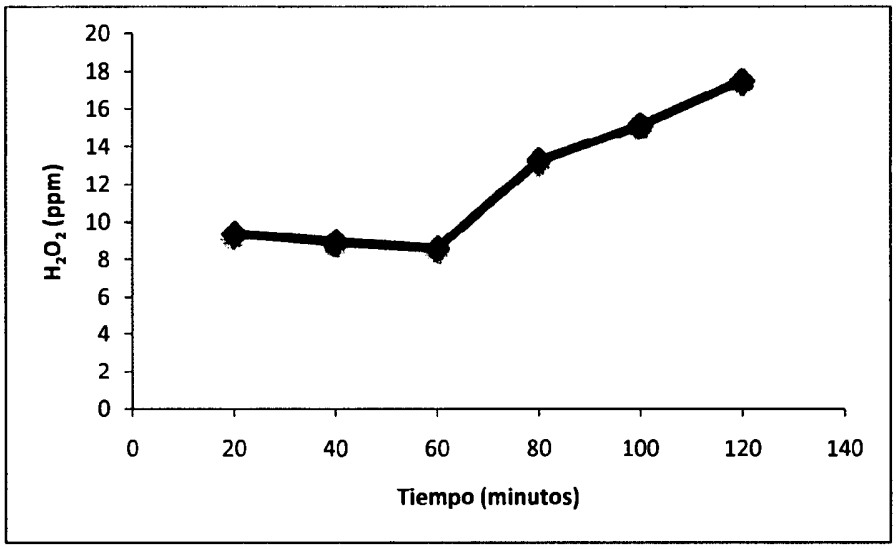

20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
H_2O_2 (ppm)
0
20
40
60
80
100
120
140
Tiempo (minutos)

FIG. 14

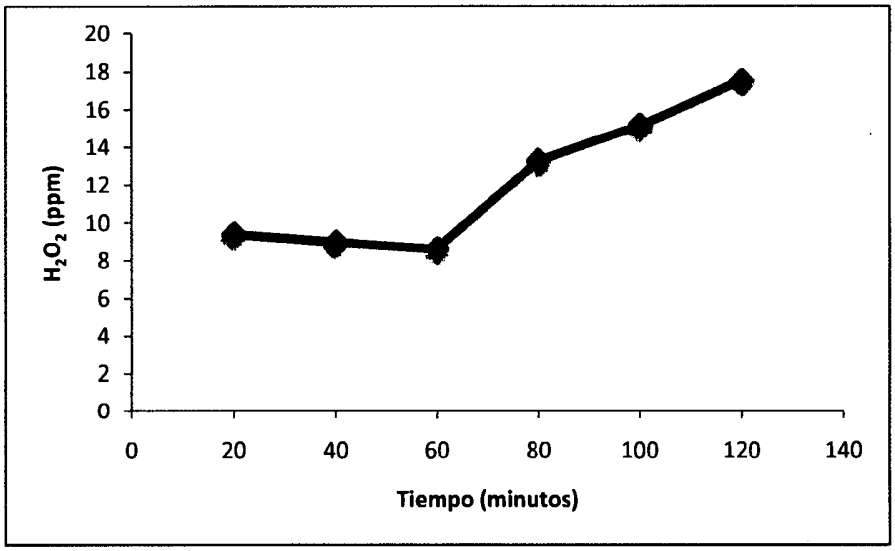

20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
H_2O_2 (ppm)
0
20
40
60
80
100
120
140
Tiempo (minutos)

FIG. 15

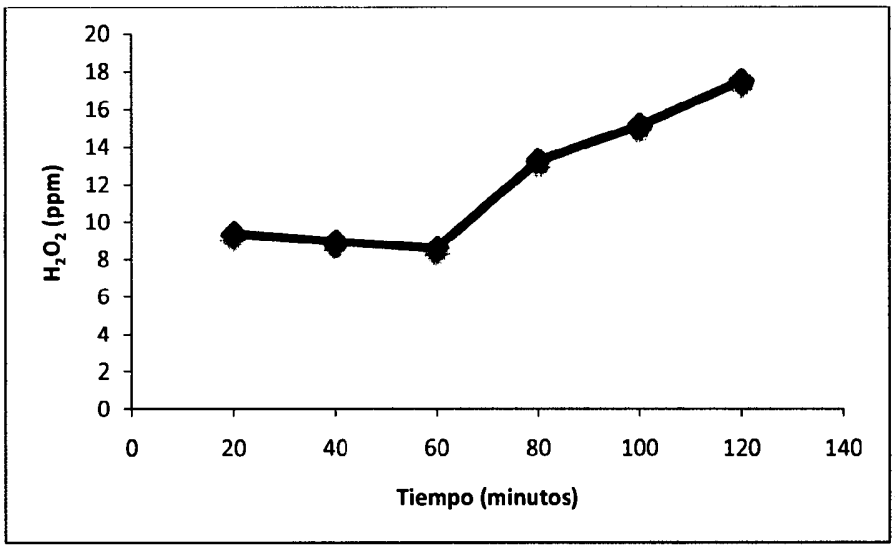

20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
H_2O_2 (ppm)
0
20
40
60
80
100
120
140
Tiempo (minutos)

FIG. 16

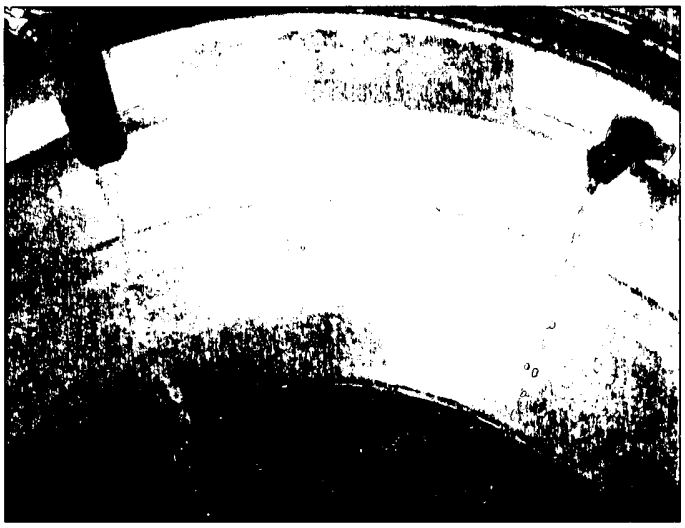
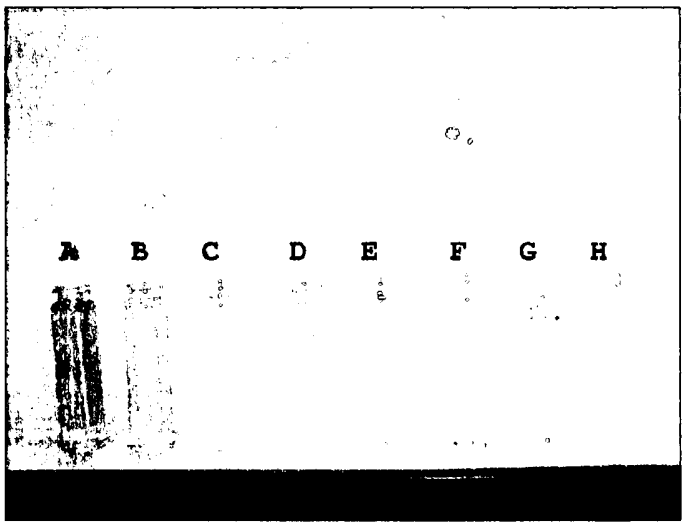


FIG. 17



FIGS. 18A-18H

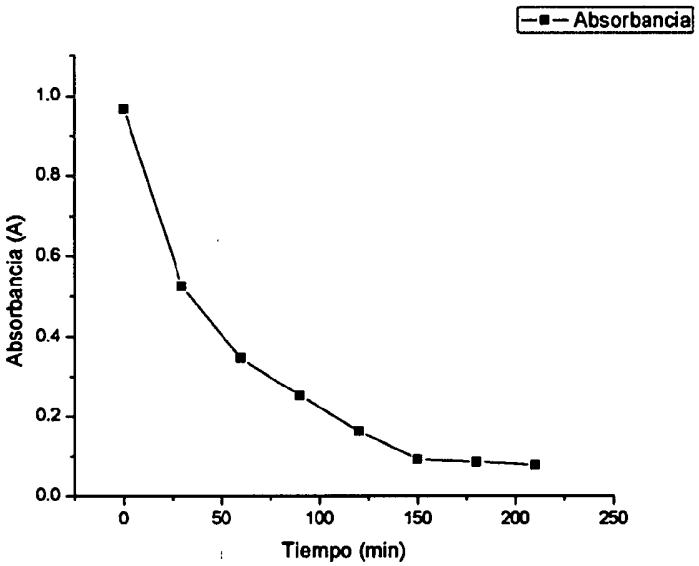


Fig. 19

FIG. 20 A

FIG. 20B

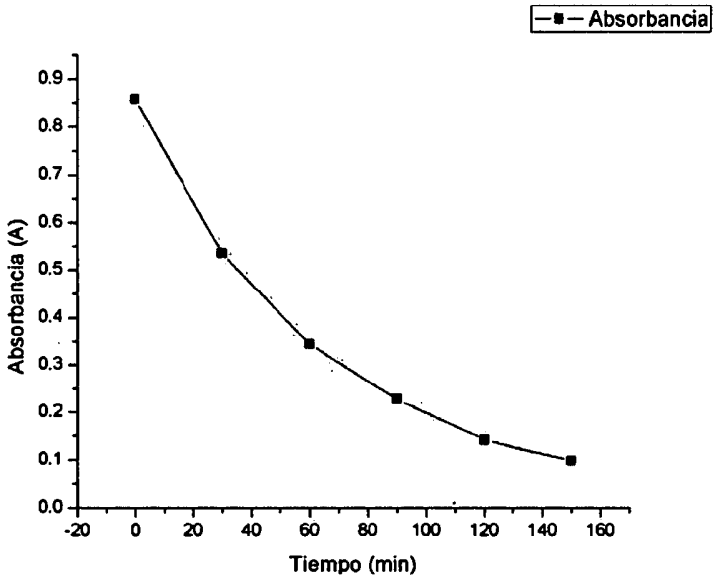


FIG. 21

FIG. 22A

FIG. 22B