

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 054**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/33** (2006.01)

**C02F 1/32** (2006.01)

**C02F 1/72** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2013 PCT/EP2013/000799**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2013 WO2013178304**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2013 E 13716725 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2856114**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar el potencial de eliminación de radicales**

30 Prioridad:

**30.05.2012 DE 102012010611**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.06.2017**

73 Titular/es:

**XYLEM WATER SOLUTIONS HERFORD GMBH  
(100.0%)  
Boschstrasse 4-14  
32051 Herford, DE**

72 Inventor/es:

**RIED, ACHIM;  
SCHEIDELER, JENS y  
WIELAND, ARNE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 619 054 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para determinar el potencial de eliminación de radicales

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar el potencial de eliminación de radicales de un agua y comprende determinar la descomposición de por lo menos una sustancia de referencia en el agua debido a la irradiación con luz UV por lo menos una longitud de onda ubicada dentro del alcance de 100 a 350 nm, así como un dispositivo para realizar este tipo de determinación.

**Antecedentes de la invención**

10 Para el control de sistemas AOP (AOP = Advanced Oxidation Process, en inglés para "procedimiento de oxidación avanzado") para el tratamiento oxidativos, es decir, el tratamiento, depuración y/o desinfección oxidativa del agua, hoy en día se usan parámetros que suministran información sobre la composición de la matriz de agua y que, por lo tanto, sólo determinan de manera indirecta la eliminación de los radicales generados. Actualmente sólo se usan los parámetros "clásicos" tales como TOC, turbiedad, UV-T, así como la medición de parámetros específicos como el ozono disuelto o el peróxido de hidrógeno para el control de instalaciones AOP. Estos parámetros son difíciles de medir y los aparatos necesarios para ello en general son costosos. La vinculación de estos parámetros con fines de control es compleja y depende de numerosos factores diferentes. Además, la correlación entre dosis y efecto (por ejemplo, la descomposición de oligoelementos) no se conoce y sólo se puede medir con dificultad, ya que es necesario realizar análisis específicos para los elementos.

20 Hasta ahora ha sido desconocida la eliminación (el consumo) de radicales OH por la matriz de agua y la medición de esta eliminación. Momentáneamente, en algunas instalaciones se producen demasiados radicales OH (causando un mayor consumo de medios operativos), para prevenir el efecto de "eliminación de radicales" ("scavening"). La eliminación de radicales es causada por sustancias orgánicas e inorgánicas, que pueden estar presentes de manera natural en el agua, tales como, por ejemplo, los carbonatos.

El documento CN 1869684 A se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para medir el requerimiento de oxígeno de microorganismos aerobios durante el tratamiento de aguas residuales.

25 El documento US 2006 240558 A propone un dispositivo y un procedimiento para determinar el requerimiento de oxígeno químico (COD) de una muestra de agua.

El documento CN 1372141 A desvela un procedimiento de ensayo y evaluación para la descomposición de biocuerpos orgánicos en el agua para alcanzar extensos objetivos de calidad del agua, entre otras cosas, mediante la aplicación de los parámetros BOD5/COD, formación de CO<sub>2</sub> y ATP.

30 El documento JP 9292388 A se refiere a un método para determinar la descomposición de una película delgada de lubricación basada en una resina que contiene flúor, en el que se mide la concentración de iones de fluoruro.

35 El documento EP 0 388 590 A2 se refiere a un procedimiento para determinar compuestos orgánicos, incluyendo todos los productos de descomposición, en una fase gaseosa o líquida, en que el material de ensayo gaseoso o líquido se transfiere a una cantidad limitada de agua, en la que los compuestos orgánicos se descomponen por vía fotolítica. Los productos de descomposición se comprueban en el gas portador y/o en la cantidad de agua limitada.

El documento DE 43 16 452 C1 describe un procedimiento para la descomposición de sustancias nocivas orgánicas poliméricas en el agua por medio de la combinación AOP de UV y peróxido de hidrógeno; sin embargo, no se hace referencia a un procedimiento de medición.

40 El documento US 2010/0206787 A1 propone un sistema para el tratamiento de líquidos mediante radiación UV y un medio de oxidación en un proceso de oxidación avanzado (advanced oxidation process, AOP). El sistema es controlado por un proceso de regulación, en el que la técnica de medición descrita emplea dos sensores químicos y controla el contenido de medios de oxidación, en particular ozono, en la fase líquida y luego controla la dosis de radiación UV.

45 El documento US 2008/0179178 A1 desvela un reactor UV para la depuración de agua residual, basado igualmente en el procedimiento AOP. Se usa una fuente de luz UV y una capa de dióxido de titanio como catalizador para la producción de radicales hidroxilo, en lo que se trata de la construcción del reactor UV requerido para el uso a gran escala técnica, y no de un procedimiento de medición para radicales OH.

50 El documento EP 1 008 556 A2 presenta un procedimiento para descontaminar aguas residuales cargadas con sustancias nocivas por medio de radiación óptica y ultrasonido, es decir, un tratamiento foto- y sonoquímico combinado, en el que adicionalmente también se pueden usar medios de oxidación como el ozono; sin embargo, no se encuentra ningún indicio de un procedimiento de medición.

De la publicación en Internet de Erik J. Rosenfeldt "UV Advanced Oxidation Treatment of Emerging Contaminants in Drinking and Reuse Water" (publicado en 2011 en <http://www.tawwa.org/>), se conoce un procedimiento para determinar el potencial de eliminación de radicales de un agua. Para esto, al agua se añade azul de metileno, se

ajusta una concentración predeterminada de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la mezcla se irradia con luz UV y se determina por vía fotométrica la cinética de descomposición del azul de metileno. Para esto se ha desarrollado un aparato portátil.

Hasta ahora, no se ha conocido un procedimiento para determinar el potencial de eliminación de radicales de un agua para el control eficiente de los medios operativos en un sistema AOP. Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en optimizar o reducir el consumo de medios operativos en sistemas, procedimientos e instalaciones de ATP para el tratamiento oxidativo del agua. En particular, un objetivo de la presente invención consiste en proveer un procedimiento y un dispositivo para controlar un proceso para el tratamiento óxido activo de agua.

### **Descripción de la invención**

La presente invención provee un procedimiento para determinar el potencial de eliminación de radicales momentáneo de un agua para controlar el tratamiento óxido activo del agua, que comprende determinar la descomposición de por lo menos una sustancia de referencia en el agua y en el que se prevén las siguientes etapas:

- (1) Añadir por lo menos una sustancia de referencia a una muestra de agua y mezclar todos los componentes antes mencionados,
- (2) irradiar una parte de la mezcla obtenida en la etapa (1) con luz UV a una longitud de onda ubicada dentro del alcance de por lo menos 100 a 350 nm en una célula de irradiación,
- (3) medir la absorción de la mezcla irradiada obtenida en la etapa (2) con luz a una longitud de onda ubicada en el alcance de por lo menos 300-700 nm, preferentemente de 600 a 660 nm,
- (4) medir la absorción de otra parte de la mezcla no tratada, obtenida en la etapa (1), como mezcla de comparación a la misma longitud de onda que en la etapa (3) como medición de referencia, y
- (5) determinar directamente la descomposición de la sustancia de referencia como cantidad degradada de la sustancia de referencia a partir de la diferencia de los valores de medición obtenidos en la etapa (3) y (4).

Adicionalmente, la presente invención provee un dispositivo para la realización del procedimiento, que comprende un dispositivo de control para controlar el tratamiento óxido activo del agua, así como

- 1) por lo menos un recipiente de almacenamiento que contiene una solución de por lo menos una sustancia de referencia,
- 2) por lo menos un dispositivo mezclador para preparar una muestra de agua mediante la mezcla del agua con por lo menos una sustancia de referencia,
- 3) un aparato de irradiación UV de dos vías, en el que dentro de una cámara o célula (célula de irradiación) la muestra de agua proveniente del dispositivo mezclador se irradia con luz UV, y preferentemente con otra cámara (célula de comparación) se registra la intensidad de la luz UV, en el que el aparato de irradiación UV de dos vías presenta una longitud de onda emitida de 200 a 300 nm, y
- 4) un fotómetro de dos vías, en el que en una cámara o célula (célula de medición) se mide la absorción de la muestra de agua proveniente de las células de irradiación con luz a una longitud de onda ubicada dentro del alcance de por lo menos 351 a 800 nm, y en la otra cámara (célula de medición de comparación) se mide la absorción de la muestra de agua no tratada, proveniente del dispositivo mezclador (muestra de comparación) a la misma longitud de onda que en la célula de medición.

La ventaja de la invención aquí descrita consiste en la medición directa del comportamiento de eliminación de radicales de un agua mediante la descomposición de radicales de una sustancia de referencia, por ejemplo, azul de metileno. A través de este parámetro, la instalación puede ser controlada de manera más eficiente en relación a los costos operativos, ya que se determina de manera directa e inmediata el consumo momentáneo de radicales OH y no tiene que estimarse de manera indirecta. La determinación de este parámetro y su combinación con un segundo parámetro (estándar) (por ejemplo, medición UV-T) y el control resultante de esto de un sistema AOP ofrece ventajas sustanciales que hasta ahora no se conocían, puesto que hasta ahora no existía ningún concepto de control final.

El sistema de vigilancia online que aquí se describe se basa en el efecto de que una sustancia de referencia, tal como el azul de metileno, se puede degradar o descomponer mediante radicales hidroxilo. La tasa de descomposición está sujeta a la influencia del trasfondo orgánico e inorgánico del agua al que se haya añadido la sustancia de referencia.

La descomposición de la sustancia de referencia se efectúa en una cámara de irradiación, en la que se aplica una dosis de luz UV definida y se forman los radicales hidroxilo necesarios. La dosis UV se registra y se controla mediante el uso de una cámara de comparación, que está rellena con aire.

La tasa de descomposición de la sustancia de referencia puede determinarse mediante la medición de luz visible, en el caso de usarse azul de metileno como sustancia de referencia a una longitud de onda de 600 a 660 nm, una muestra de comparación (no irradiada con luz UV) y la muestra tratada. El resultado de esta medición es el potencial de eliminación de radicales (*radical scavenging potential*) de la matriz de agua.

Debido a que el rendimiento de un sistema de tratamiento óxido activo, tal como los procedimientos de oxidación avanzada, están sujetos de manera determinante a la influencia del trasfondo orgánico e inorgánico (potencial de eliminación) del agua, un sistema de vigilancia online, que utilizara el procedimiento descrito, tendría la capacidad de ajustar y controlar el sistema de tratamiento, lo que lleva al ahorro de costes operativos y asegura que se alcancen todos los objetivos del tratamiento.

Con el fin de controlar el tratamiento óxido activo del agua, bajo lo que se entiende en particular el tratamiento óxido activo, depuración y/o desinfección del agua, en particular mediante el uso de diferentes etapas de procedimiento, tales como irradiación UV, peróxido de hidrógeno u ozono o una combinación de éstos, así como una instalación para los campos de aplicación arriba mencionados, resulta apropiada la tasa de descomposición determinada a través del procedimiento de acuerdo con la invención como valor de control o valor de medición: De la tasa de eliminación de radicales determinada depende la dosificación de las etapas de procedimiento que participan en la formación de radicales (formadores de radicales), es decir, principalmente la irradiación del agua con radiación UV, la cantidad de peróxido de hidrógeno mezclada con el agua y/o la cantidad de ozono mezclada con el agua. Mientras mayor sea la tasa de eliminación determinada, mayor será también la dosificación de por lo menos un formador de radicales, y mientras menor sea la tasa de descomposición determinada, menor será también la dosificación de por lo menos un formador de radicales. A través de esta forma de control, se puede asegurar un uso o consumo óptimo y lo más económico posible de formadores de radicales o medios operativos, respectivamente.

Particularmente efectivos en el tratamiento óxido activo del agua y, por lo tanto, preferentes de acuerdo con la presente invención, son las combinaciones de los formadores de radicales empleados, es decir, respectivamente radiación UV y peróxido de hidrógeno, radiación UV y ozono, peróxido de hidrógeno y ozono, y radiación UV, peróxido de hidrógeno y ozono.

La luz UV descrita en la etapa (2) y usada para irradiar el agua tiene una longitud de onda de 100 a 350 nm, preferentemente de 150 a 300 nm, más preferentemente de 254 nm. La irradiación con luz UV de la muestra de agua, que puede contener, por ejemplo, peróxido de hidrógeno, sirve para producir radicales hidroxilo. Esta irradiación se efectúa dentro de un lapso de tiempo definido. Por ejemplo, un lapso de tiempo predeterminado puede ajustarse entre 1 segundo y 1 hora.

En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la intensidad de la luz UV usada en la etapa (2) puede determinarse y registrarse a través de una medición de comparación efectuada de manera simultánea por medio de una célula de comparación que está rellena con un gas, preferentemente con aire.

La selección de la longitud de onda de la luz, que se usa para medir la absorción de la mezcla irradiada que se obtiene en la etapa (3), depende de la sustancia de referencia empleada, en particular de su valor máximo de absorción, es decir, preferentemente se usa luz a una longitud de onda en la que se ubican los valores máximos de absorción de la sustancia de referencia. De acuerdo con la presente invención, se puede usar luz con una longitud de onda ubicada en el alcance de por lo menos 300-700 nm, preferentemente de 600 a 660 nm. La medición de la absorción se efectúa preferentemente por vía fotométrica.

La o las sustancias de referencia preferentemente son un material que absorbe en el espectro de luz visible a una longitud de onda ubicada dentro del alcance de 300 a 700 nm. De manera particularmente preferente se usa como sustancia de referencia el colorante azul de metileno.

Mediante la irradiación de la muestra de referencia y de la muestra tratada proveniente de la etapa (2), se mide la coloración del agua, que es producida por la sustancia de referencia. La irradiación se efectúa preferentemente

- (a) en la etapa (3) a lo largo de un período de tiempo predeterminable o predeterminado, por ejemplo, entre 1 segundo y 1 hora, y
- (b) efectuar en la etapa (4) la medición de manera cronológicamente paralela a la medición en la etapa (3), como se describe en (a).

La determinación de la descomposición de la sustancia de referencia incluye en particular la determinación de la tasa de descomposición de esta sustancia de referencia. La tasa de descomposición se puede determinar en particular mediante una aplicación de los valores diferenciales obtenidos en la etapa (5).

En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, las etapas (1) a (5) se efectúan preferentemente de manera cronológicamente consecutiva de acuerdo con la numeración, es decir, la etapa (2) sigue a la etapa (1), la etapa (3) sigue a la etapa (2), etc. Preferentemente, las etapas (3) y (4) se efectúan de manera cronológicamente paralela o sustancialmente paralela, para así poder reproducir las intensidades a las diferentes longitudes de onda de absorción de manera independiente de las condiciones instrumentales, tales como la absorción propia de la célula de medición.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención es particularmente apropiado para controlar sistemas empleados para el tratamiento óxido activo del agua, en particular el tratamiento óxido activo, la depuración y/o desinfección de agua. Los sistemas pueden estar formados por una combinación de los siguientes componentes, en lo que aquí se describe adicionalmente el parámetro a ser regulado:

- (a) la irradiación con luz UV en el alcance de 100 a 350 nm y el control de esta radiación,
- (b) la adición de peróxido de hidrógeno y el control de esta adición de peróxido de hidrógeno,
- (c) la adición de ozono y el control de dosificación de ozono.

5 El agua, que contiene la concentración actual de peróxido de hidrógeno, se dirige al dispositivo por medio de un by-pass. Si el agua debido al proceso no presenta un contenido de peróxido de hidrógeno, éste tendrá que ser añadido al agua por medio de una unidad mezcladora antepuesta al dispositivo.

El dispositivo para realizar el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende un dispositivo de control para controlar el tratamiento óxido activo del agua, así como

- 10 1) por lo menos un recipiente de almacenamiento que contiene una solución preferentemente acuosa de por lo menos una sustancia de referencia empleada de acuerdo con la presente invención,
- 2) por lo menos un dispositivo mezclador para mezclar preferentemente de manera homogénea el agua previamente descrita con por lo menos una sustancia de referencia (1),
- 15 3) un aparato de irradiación UV de dos vías, en el que en una cámara o célula (célula de irradiación) se irradia con luz UV la muestra de agua proveniente del dispositivo mezclador definido bajo (2) y en el que preferentemente en otra cámara (cámara de comparación) se registra la intensidad de la luz UV, y en el que el aparato de irradiación UV de dos vías presenta una longitud de onda de 200 a 300 nm, y
- 20 4) un fotómetro de dos vías, en el que en una cámara o célula (célula de medición) se mide la absorción de la muestra de agua proveniente de la célula de irradiación mencionada en (3) con luz a una longitud de onda ubicada en el alcance de por lo menos 351 a 800 nm, y en la otra cámara (célula de comparación) se mide la absorción de la muestra de agua no tratada (muestra de comparación), proveniente del dispositivo mezclador definido en (2), a la misma longitud de onda que en la celda de medición.

El dispositivo también puede comprender un sistema de tratamiento o sistema AOP, respectivamente, para el tratamiento oxidativos, en particular para el acondicionamiento oxidativos, la depuración y/o la desinfección de agua, y controlar este sistema de tratamiento.

## 25 **Descripción de las figuras**

El procedimiento de acuerdo con una forma de realización de la presente invención y los componentes instrumentales para esto, se describen en base a los dibujos con las figuras 1 a 4.

30 La figura 1 muestra el sistema AOP (AOP = Advanced Oxidation Process). El agua se mezcla con peróxido de hidrógeno y en este caso se hace pasar junto a una fuente de radiación UV (reactor UV). Igualmente, la radiación UV puede sustituirse por un sistema de ozono. Una parte del agua se desvía antes de la entrada del sistema de tratamiento al sistema de vigilancia online y se transfiere al subgrupo en la figura 2.

35 La figura 2 muestra la adición de azul de metileno. Una solución de reserva de azul de metileno se añade al agua y se mezcla de tal manera que la totalidad del azul de metileno se distribuye de manera homogénea en la muestra de agua. Una parte de esta mezcla se dirige para su irradiación con radiación UV al subgrupo en la figura 3. Otra parte de esta mezcla se dirige como muestra de referencia a la figura 4.

40 La figura 3 muestra un aparato de irradiación UV de dos vías, en el que en una cámara o célula la muestra de agua de la figura 2 se irradia con luz UV y en otra cámara (célula de comparación) se registra la intensidad de la luz UV. Después de la irradiación, la muestra de agua se dirige a la etapa 4 (figura 4).

45 La figura 4 muestra un fotómetro de dos vías, en el que en una cámara o célula se mide la absorción de la muestra de agua irradiada con radiación UV de la figura 3 a longitudes de onda de 600 a 660 nm, y en otra cámara se mide la absorción de la muestra no tratada de azul de metileno mezclado con agua (muestra de comparación) de la figura 2 con las mismas longitudes de onda.

Este procedimiento determina de manera directa la descomposición del azul de metileno por la diferencia en la absorción. Después de la medición, la muestra de agua se puede desechar o transportar nuevamente al sistema de tratamiento de agua.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar el potencial de eliminación de radicales momentáneo de un agua para controlar el tratamiento oxidativo del agua, que comprende determinar la descomposición de por lo menos una sustancia de referencia en el agua, en el que se prevén las siguientes etapas:
- 5 (1) Añadir por lo menos una sustancia de referencia a una muestra de agua y mezclar todos los componentes antes mencionados,  
 (2) irradiar una parte de la mezcla obtenida en la etapa (1) con luz UV a una longitud de onda situada en el intervalo de por lo menos 100 a 350 nm en una célula de irradiación,  
 10 (3) medir la absorción de la mezcla irradiada obtenida en la etapa (2) con luz a una longitud de onda situada en el intervalo de por lo menos 300-700 nm, preferentemente de 600 a 660 nm,  
 (4) medir la absorción de otra parte de la mezcla no tratada, obtenida en la etapa (1), como mezcla de comparación a la misma longitud de onda que en la etapa (3), como medición de referencia, y  
 (5) determinar directamente la descomposición de la sustancia de referencia como cantidad descompuesta de la sustancia de referencia basada en la diferencia de los valores de medición obtenidos en las etapas (3) y (4).
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los radicales son radicales hidroxilo.
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que para la formación de los radicales se usa peróxido de hidrógeno.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la sustancia de referencia es un material que en el espectro de la luz visible absorbe a una longitud de onda situada en el intervalo de 300 a 700 nm, preferentemente azul de metileno.
- 20 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente registrar de manera simultánea la intensidad de la luz UV en la etapa (2) mediante una medición de comparación con una célula de comparación.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que
- 25 (a) en la etapa (2) la irradiación se efectúa a lo largo de un período de tiempo preseleccionable de 1 segundo a 1 hora,  
 (b) en la etapa (3) la medición se efectúa a lo largo de un período de tiempo preseleccionable 1 segundo a 1 hora, y/o  
 (c) en la etapa (4) la medición se efectúa de manera cronológicamente paralela a la medición en la etapa (3).
- 30 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la determinación de la descomposición de por lo menos una sustancia de referencia comprende determinar la tasa de descomposición de esta sustancia de referencia.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 7, en el que por medio de una aplicación cronológica de por lo menos dos de los valores diferenciales obtenidos en la etapa (5) se determina la tasa de descomposición de por lo menos una sustancia de referencia.
- 35 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las etapas (1) a (5) se efectúan de manera cronológicamente consecutiva desde la etapa (1) hasta la etapa (5), realizándose preferentemente las etapas (3) y (4) s de manera cronológicamente paralela o sustancialmente paralela.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el tratamiento oxidativo comprende
- 40 (a) irradiar con luz UV en el intervalo de 100 a 350 nm y controlar está irradiación, y/o  
 (b) añadir peróxido de hidrógeno y controlar la adición de peróxido de hidrógeno, y/o  
 (c) añadir ozono y controlar la dosificación del ozono.
11. Dispositivo adaptado para realizar un procedimiento como se define en las reivindicaciones 1 a 10 y que comprende un dispositivo de control para controlar el tratamiento oxidativo de agua, así como
- 45 1) por lo menos un dispositivo de almacenamiento que contiene una solución de por lo menos una sustancia de referencia,  
 2) por lo menos un dispositivo mezclador para preparar una muestra de agua mezclando el agua con por lo menos una sustancia de referencia,  
 50 3) un aparato de irradiación UV de dos vías, en el que en una cámara o una célula (célula de irradiación) se irradia con luz UV la muestra de agua proveniente del dispositivo mezclador y preferentemente con otra cámara (célula de comparación) se registra la intensidad de la luz UV, en donde el aparato de irradiación UV de dos vías tiene una longitud de onda emitida de 200 a 300 nm, y  
 4) un fotómetro de dos vías, en el que en una cámara o una célula (célula de medición) se mide la absorción de

la muestra de agua proveniente de la célula de irradiación con luz a una longitud de onda situada en el intervalo de por lo menos 351 a 800 nm, y en otra cámara (célula de comparación) se mide la absorción de la muestra de agua no tratada, proveniente del dispositivo mezclador (muestra de comparación), a la misma longitud de onda que en la célula de medición.

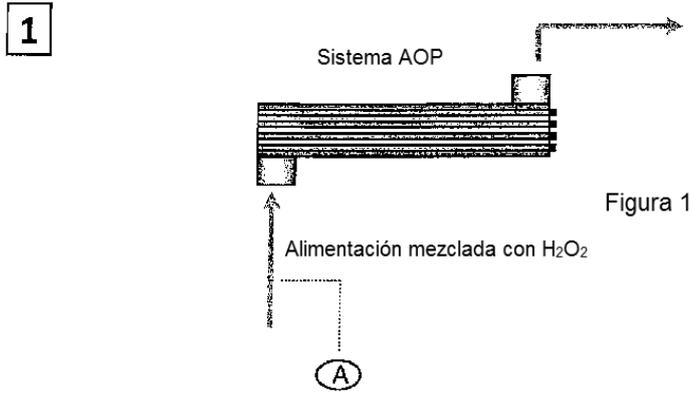


Figura 1

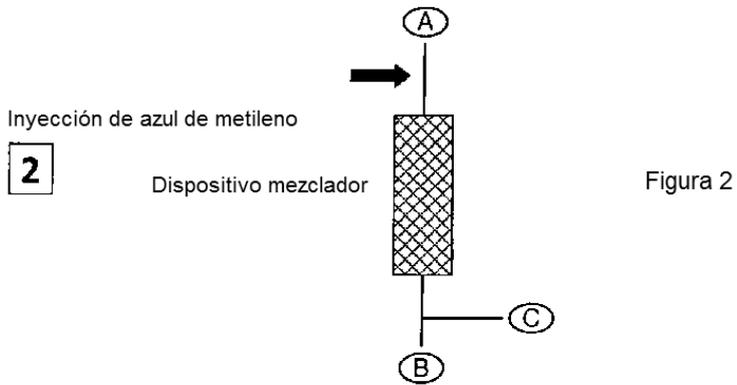


Figura 2

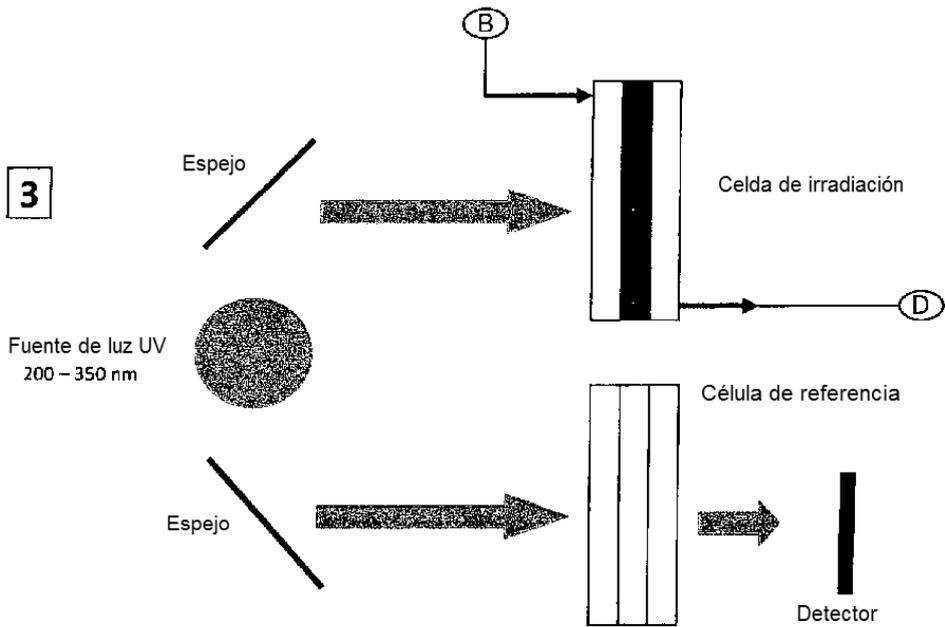


Figura 3

4

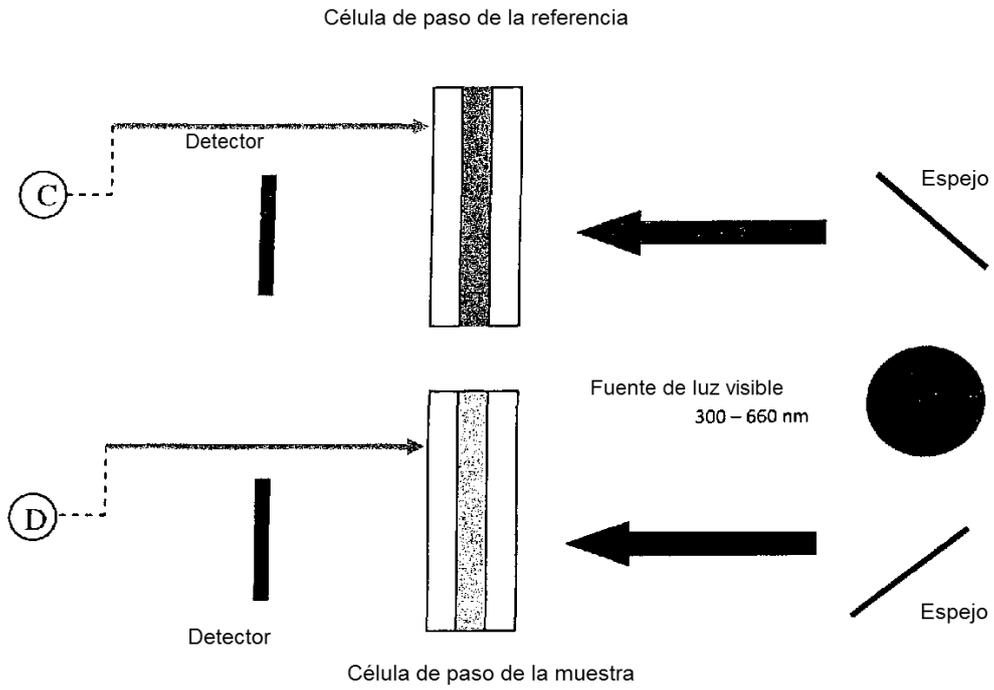


Figura 4