

CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un dispositivo para medición de analitos en matrices acuosas u oleosas, el cual se fundamenta en la aplicación de técnicas electroquímicas de análisis. Específicamente, la invención es un dispositivo de lengua electrónica con mecanismo robusto de autolimpieza, que se fundamenta en realizar diferentes tipos de voltamperometría y potenciometría, para la medición de parámetros fisicoquímicos y la concentración de un amplio espectro de analitos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el ámbito industrial, los métodos analíticos convencionales se catalogan como métodos instrumentales y métodos químicos. Hoy día, es más común el empleo de métodos químicos cualitativos y cuantitativos llevados a cabo en el laboratorio con el fin de realizar controles de calidad de materias primas, productos intermedios, productos finales o el monitoreo de cualquier otra corriente a lo largo de un proceso industrial; también es común y más ahora necesario, llevar a cabo análisis químicos con fines ambientales como por ejemplo en el caso de la caracterización de vertimientos como aguas residuales, en la generación de emisiones gaseosas o en la generación de residuos sólidos.

Los métodos instrumentales que ofrecen resultados en tiempo real no son prácticas convencionales, pues lo más común es llevar a cabo protocolos de muestreo con traslado a un laboratorio dentro o fuera del complejo industrial.

Ahora bien, en análisis aplicados al medio ambiente, sobre todo en caracterización de aguas, todos los parámetros que se deben medir y que influyen en la calidad de las aguas o en la calidad de matrices acuosas se deben realizar directamente en laboratorio. Esta necesidad requiere de métodos precisos para identificar el tamaño de la muestra, para llevar a cabo el muestreo, para la conservación de las muestras, su digestión y elección de métodos que finalmente permitan obtener resultados de la

caracterización con niveles de precisión óptimos. Todos estos protocolos generan tiempos de obtención de resultados muy largos que pueden estar entre uno y tres meses, incluso considerando la realización de análisis microbiológicos.

En algunas industrias como en la del petróleo, es deseable contar con tecnologías que permita caracterizaciones para monitoreo in situ, en tiempo real y multiparamétrico, dada la agilidad de las operaciones propias de dichas industrias, como la recuperación secundaria y terciaria de petróleo que requiere la caracterización inmediata de aguas y matrices acuosas, la detección inmediata de emisiones de ácido sulfhídrico que son muy riesgosas para la salud de los operarios, la caracterización de aguas residuales resultantes de las operaciones de superficie, entre otras.

En el estado de la técnica se encuentran algunos aparatos para la detección y medición de parámetros, tal como se puede identificar a continuación:

En el documento de patente No. NC2018/0007011 publicado en Colombia, se divulga un sensor para la detección y medición de sólidos suspendidos en agua, basado en las técnicas de transmitancia y retro dispersión, diseñado para la medición de sólidos suspendidos en aguas con presencia de hidrocarburos y mezclas de agua y otros fluidos. El sensor puede ser sumergido en el agua o insertado en tuberías de agua de baja presión.

El sensor divulgado comprende unas fuentes y receptores de radiación electromagnética, un sistema mecánico o encapsulado de polímero de bajo coeficiente de fricción, un sistema electrónico de procesamiento y control que entrega una salida de voltaje proporcional a la concentración de sólidos suspendidos en agua y un circuito de alimentación de energía del sistema basado en baterías recargables y fuentes de energía como paneles solares, generadores eólicos o redes eléctricas industriales.

En el documento de patente No. 20140100700 publicado en México, se divulga un sensor de lengua o nariz electrónica para analizar una muestra o detectar un objetivo. El sensor comprende un sensor en cuya superficie se encuentran una pluralidad de

zonas sensibles que comprenden cada una al menos un receptor, cada zona sensible puede emitir una señal medible generada por la interacción de al menos un constituyente de la muestra o de un objetivo con al menos un receptor, caracterizado porque comprende cuando menos tres zonas sensibles que difieren entre sí en términos de sus respectivas composiciones de receptor, cuando menos una de las zonas sensibles comprende una mezcla de al menos dos receptores diferentes, mientras que las otras dos zonas sensibles comprenden cada una al menos dos receptores.

A pesar de los intentos por superar los problemas antes mencionados, aún existe la necesidad de realizar esfuerzos para desarrollar nuevas tecnologías con las cuales se puedan llevar a cabo análisis in situ, de múltiples parámetros y analitos, de manera simultánea y en tiempo real, de modo que pueda obtenerse una caracterización del agua eficaz, rápida, económica y precisa.

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo de lengua electrónica que permite el análisis in situ, en tiempo real, y el monitoreo simultáneo de múltiples parámetros fisicoquímicos y analitos, en especial, metales pesados presentes en matrices acuosas u oleosas.

Otro objeto es proporcionar un dispositivo de lengua electrónica que posee un mecanismo especializado de captura de muestra, un mecanismo basado en técnicas electroquímicas para el análisis y un mecanismo robusto para la autolimpieza del dispositivo mediante métodos químicos, electroquímicos y mecánicos.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La presente invención se entenderá de mejor manera con referencia a las figuras.

En las figuras que acompañan este documento se ilustra, a modo de ejemplo, una realización del aparato y el método de la invención, pero sin limitar su alcance. En tales figuras, los códigos de referencia indican elementos idénticos o similares.

La figura 1 presenta una proyección isométrica del dispositivo que forma parte de la presente invención con una compuerta abierta.

La figura 2 presenta otra proyección del dispositivo que forma parte de la presente invención con la compuerta abierta.

La figura 3 presenta una proyección isométrica del dispositivo de la invención sin ilustrar la carcasa externa y señalando el conjunto de soportes internos y mecanismos para movimiento.

La figura 4 presenta la misma proyección isométrica del dispositivo de la invención, pero señalando el conjunto de reservorios para reactivos que forman parte de dicho dispositivo.

La figura 5 presenta la misma proyección isométrica del dispositivo de la invención, pero señalando el mecanismo de bombeo de los reservorios que forman parte de dicho dispositivo.

La figura 6 presenta la misma proyección isométrica del dispositivo de la invención, pero señalando el mecanismo de control de flujo que forma parte de dicho dispositivo.

La figura 7 presenta una vista superior del dispositivo de la presente invención con corte mediante plano paralelo al eje “x” y sin ilustrar la visualización de la parte superior de la carcasa externa.

La figura 8 presenta una proyección isométrica que detalla la estación de lijado que forma parte del dispositivo de la invención.

La figura 9 presenta una vista frontal con corte mediante plano paralelo al eje “y” que detalla la estación de lijado que forma parte del dispositivo de la invención.

La figura 10 presenta una vista lateral interna de los elementos del dispositivo de la invención que se encuentran cercanos a la pared lateral izquierda del encerramiento.

La figura 11 presenta una vista frontal con corte mediante plano longitudinal.

La figura 12 presenta la vista frontal notable al abrir la compuerta del encerramiento del dispositivo de la invención.

La figura 13 presenta una vista lateral derecha con un corte mediante plano transversal.

La figura 14 presenta una vista superior que detalla la caja de bombas para la nariz electrónica que forma parte de unas modalidades del dispositivo de la invención.

LISTADO DE ELEMENTOS DE LA INVENCION

El siguiente listado corresponde al conjunto de elementos que hacen parte de la presente invención. Al frente de cada elemento se indica el código de referencia incluido en el juego de figuras para su fácil identificación.

Dispositivo de lengua electrónica	1
Encerramiento	1.1
Paredes	1.1.1
Compartimiento interior	1.1.2
Compuerta	1.1.3
Bisagras	1.1.4
Mecanismo de ajuste de la compuerta	1.1.5

Manijas	1.1.6
Prensa estopa	1.1.7
Rodachinas	1.1.8
Conducto de ingreso de la muestra	1.1.9
Conducto de salida del encerramiento	1.1.10
Conjunto de soportes	1.2
Soportes para reservorios de reactivos	1.2.1
Abrazaderas para reservorios de reactivos	1.2.2
Soporte para nariz electrónica	1.2.3
Soporte para placas electrónicas	1.2.4
Soporte para reservorio del líquido de limpieza química	1.2.5
Conjunto de mecanismos para movimiento	1.3
Plataforma móvil en eje “x”	1.3.1
Varilla roscada en eje “x”	1.3.1.1
Acople para cambio en eje “x”	1.3.1.2
Rodamiento	1.3.1.3
Tope soporte	1.3.1.4
Motor para movimientos en el eje “x”	1.3.1.5
Rodamiento lineal	1.3.1.6
Varillas lisas en eje “x”	1.3.1.7
Plataforma móvil en eje “y”	1.3.2
Perfil estructural	1.3.2.1

Soporte estructural	1.3.2.2
Rodamiento	1.3.2.3
Varilla roscada en eje “y”	1.3.2.4
Tuerca de cuatro hilos	1.3.2.5
Acople para cambio en eje “y”	1.3.2.6
Motor para movimientos en el eje “y”	1.3.2.7
Reservorios para reactivos	1.4
Reservorio del líquido de almacenamiento de sensores	1.4.1
Reservorio de la solución buffer y electrolito soporte	1.4.2
Reservorio del líquido de limpieza electroquímica de sensores	1.4.3
Reservorio del líquido de limpieza química	1.4.4
Reservorio de nitrógeno	1.4.5
Regulador de flujo de nitrógeno	1.4.5.1
Mecanismo de bombeo de los reservorios	1.5
Bomba del reservorio del líquido de almacenamiento de sensores	1.5.1
Bomba del reservorio de la solución buffer y electrolito soporte	1.5.2
Bomba del reservorio del líquido de limpieza electroquímica de sensores	1.5.3
Bomba de succión desde el recipiente de medición de pH hasta el recipiente de análisis electroquímico	1.5.4
Bomba de succión desde los recipientes 1.7.2, 1.7.3 y 1.7.4 hasta la salida del encerramiento	1.5.5
Bomba del reservorio del líquido de limpieza química	1.5.6

Mecanismo de control de flujo de sustancias	1.6
Electroválvula para control de flujo de KCl desde el reservorio del líquido de almacenamiento de sensores al recipiente de medición de pH	1.6.1
Electroválvula para control de flujo de KCl al recipiente de análisis electroquímico	1.6.2
Electroválvula para control de flujo entre el recipiente de análisis de pH y el de análisis electroquímico	1.6.3
Electroválvula para control de flujo entre el recipiente de análisis de pH y la salida del encerramiento	1.6.4
Electroválvula para control de flujo de salida desde el recipiente para análisis electroquímico	1.6.5
Electroválvula para control de flujo de salida del recipiente de limpieza electroquímica	1.6.6
Electroválvula para control de flujo de salida del recipiente para almacenamiento de sensores	1.6.7
Electroválvula para control de flujo entre el reservorio de limpieza electroquímica y el reservorio de solución buffer y electrolito soporte	1.6.8
Electroválvula para control de flujo entre el reservorio de limpieza electroquímica y el recipiente para el almacenamiento de sensores	1.6.9
Electroválvula para control entre el reservorio de líquido de limpieza electroquímica y el recipiente para realizar análisis electroquímico	1.6.10

Conjunto de recipientes	1.7
Recipiente para análisis de pH	1.7.1
Tapa del recipiente para análisis de pH	1.7.1.1
Recipiente para análisis electroquímico	1.7.2
Tapa del recipiente para análisis electroquímico	1.7.2.1
Agitador magnético	1.7.2.2
Recipiente para limpieza electroquímica	1.7.3
Tapa del recipiente para limpieza electroquímica	1.7.3.1
Recipiente para almacenamiento de sensores	1.7.4
Tapa del recipiente para almacenamiento de sensores	1.7.4.1
 Estación de lijado	 1.8
Disco de lijado de material abrasivo con grano semi-grueso	1.8.1
Disco de lijado de material abrasivo con grano fino	1.8.2
Discos de material suave para remoción de virutas	1.8.3
Motor de la estación de lijado	1.8.4
 Dispositivos de medición	 1.9
pH-metro	1.9.1
Conjunto de electrodos	1.9.2
Acople del conjunto de electrodos	1.9.2.1
Nariz electrónica	1.9.3
Caja de bombas para la nariz electrónica	1.9.3.1
Bomba de succión	1.9.3.1.1

Bomba de exhalación	1.9.3.1.2
Electroválvula para gases	1.9.3.1.3
Placa electrónica para control de electrodos	s.1
Placa electrónica para control de pH-metro	s.2
Placa electrónica para control mecánico, hidráulico y de agitación	s.3
Placa electrónica para nariz electrónica	s.4
Minicomputadora	s.5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se relaciona con un dispositivo de lengua electrónica con mecanismo robusto de autolimpieza, para el análisis in situ, en tiempo real y monitoreo simultáneo de múltiples parámetros fisicoquímicos y analitos presentes en matrices acuosas u oleosas, todo ello debido a su amplio espectro de identificación de contaminantes; fundamentada la invención en el análisis electroquímico mediante técnicas de: voltamperometría de redisolución anódica y catódica, voltamperometría escalonada, voltamperometría de onda cuadrada, voltamperometría PAD “*Pulso amperométrico*”, voltamperometría cíclica y de redisolución de amplitud de pulso diferencial, y potenciométricas; así como también de medición de pH; dependiendo del tipo de muestra por analizar con el objetivo de obtener respuestas replicables para la implementación de modelos de machine learning. Esta invención integra todos los componentes químicos, mecánicos, electrónicos y de software de aplicación, necesarios para un desempeño continuo sin intervención humana.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Esta divulgación corresponde a la explicación detallada de algunas de las modalidades de la invención y no implica la limitación del alcance de la invención definida en las reivindicaciones.

Para una comprensión más completa de la presente invención, ahora se hace referencia a la siguiente descripción de un modo ilustrativo y no limitativo de la misma, tomada en conjunto con los dibujos acompañantes en los cuales los números de referencia indican elementos idénticos o semejantes en los dibujos correspondientes.

Para propósitos de comprensión de la invención, la expresión “*dispositivo*” se refiere a un mecanismo o artificio diseñado y construido para producir una acción prevista.

La expresión “eje *x*” hace referencia a un eje imaginario paralelo al eje de las abscisas convencional del plano cartesiano, el cual está dispuesto de manera horizontal y con el cual se facilita identificar la dirección de desplazamiento horizontal de algunos elementos dentro del dispositivo de la invención.

La expresión “eje *y*” hace referencia a un eje imaginario paralelo al eje de las ordenadas convencional del plano cartesiano, el cual está dispuesto de manera vertical y con el cual se facilita identificar la dirección de desplazamiento vertical de algunos elementos dentro del dispositivo de la invención.

En las figuras 1 y 2 se puede observar el dispositivo de lengua electrónica (1) tal como se apreciaría por un operario o usuario, mientras que las figuras 3 a 6 presentan dicho dispositivo de lengua electrónica (1) sin el encerramiento (1.1) con el propósito de comprender cada conjunto de componentes.

En términos generales y para facilitar la descripción de esta invención de alta complejidad, el sistema general que gobierna el dispositivo de lengua electrónica (1) está conformado por tres subsistemas principales:

1) un subsistema químico, conformado por todos los sensores, reactivos, y soluciones de limpieza, necesarios para lograr la voltamperometría y la potenciometría;

2) un subsistema mecánico que comprende el armazón estructural, el mecanismo dinámico de los componentes, la organización de los elementos hidráulicos necesarios para lograr desarrollar las etapas en el orden adecuado que implica el dispositivo de lengua electrónica, y el mecanismo implementado para la limpieza mecánica; y

3) un subsistema electrónico y de software, conectado con hardware y software de aplicación (SENSESCUBE® perteneciente al mismo propietario de esta invención), el cual abarca todos los componentes electrónicos de control de todos los demás subsistemas, la adquisición y manejo de señales y datos, el aprendizaje artificial del dispositivo, las respuestas arrojadas por el sistema y los mecanismos de interacción con el usuario. La definición completa de este subsistema se encuentra contenida en el documento de patente correspondiente titulado *“SISTEMA Y MÉTODO DE GESTIÓN Y CONTROL DE DISPOSITIVOS QUE EJECUTAN TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS PARA EL ANÁLISIS Y MONITOREO IN SITU EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y ANALITOS PRESENTES EN MATRICES ACUOSAS U OLEOSAS”*, que pertenece al mismo propietario.

A continuación, se describe con más detalle los subsistemas 1) y 2) que forman parte del dispositivo lengua electrónica (1).

SUBSISTEMA QUÍMICO

Los objetivos del subsistema químico son dos fundamentales: realizar el análisis de las muestras y garantizar la limpieza química y electroquímica de los componentes esenciales del dispositivo de la invención.

Para el caso de la realización del análisis de las muestras, este subsistema está conformado por una celda electroquímica compuesta por:

- una muestra o matriz a analizar;
- una línea de inyección de nitrógeno gaseoso proveniente de un reservorio de nitrógeno (1.4.5) y controlado por un regulador de flujo de nitrógeno (1.4.5.1);
- reactivos adicionales para mejorar la transferencia de electrones (electrolito soporte y solución buffer);
- un conjunto de electrodos (1.9.2) con los que se realiza la voltamperometría dependiendo del analito a medir.
- un electrodo para medición de pH (1.9.1); y
- un dispositivo para medición de temperatura.

A continuación, se detallan aún más cada uno de estos elementos:

Muestra

La muestra o matriz a analizar es la porción de materia seleccionada proveniente de un sistema externo el cual debe ser monitoreado y controlado. El sistema externo puede ser un espejo de agua, un equipo o línea de proceso industrial que contenga o transporte fluidos, o un fluido residual de los vertimientos provenientes de procesos industriales o minería.

Entre las muestras más comunes para ser objeto de análisis con el sistema y el dispositivo de la presente invención se encuentra el agua, como agua potable, aguas de procesos y las aguas residuales. Por otro lado, se encuentran las matrices oleosas como: el crudo de petróleo, el aceite o los lodos, sin embargo, estas matrices suelen ser altamente viscosas y poco conductivas, por lo cual se debe proceder a un proceso de extracción líquido-líquido con solventes orgánicos convencionales para evaluar la fase acuosa de la extracción y no la fase oleosa.

Para su correcto análisis, la muestra debe cumplir algunas condiciones con el fin de obtener respuestas electroquímicas fidedignas: un pH estable, una conductividad alta o considerable para que exista flujo de electrones en el medio y evitar matrices altamente viscosas para aumentar la vida útil de los electrodos que sirven como sensores en la medición. Por lo tanto, en electroquímica no es posible realizar la medición directamente sobre la muestra tal como ha sido extraída de su fuente, sino que es preliminarmente adaptada mediante la adición de nitrógeno gaseoso y otros reactivos para luego dar paso al análisis de parámetros, como a continuación se explica:

Inyección de nitrógeno

La invención posee una línea que inyecta nitrógeno a la muestra desde un reservorio de nitrógeno (1.4.5) controlado mediante un regulador de flujo de nitrógeno (1.4.5.1), tal como puede observarse en las figuras 4 y 11. Esta la línea de inyección de nitrógeno cumple la función crucial dentro de la celda de desplazar el oxígeno disuelto en la muestra, sobre todo en las matrices de agua ya que esta es un solvente altamente oxidable y reducible, lo cual puede generar ruido dentro del experimento debido a las reacciones redox propias de la muestra. Para evitar ese ruido, se inyecta nitrógeno gaseoso al 99% en un intervalo de tiempo de entre 3 a 5 minutos y así lograr el objetivo de desplazar el oxígeno disuelto en el agua y así aumentar la sensibilidad del experimento.

En la figura 13 también se observa el reservorio de nitrógeno (1.4.5) con su regulador de flujo de nitrógeno (1.4.5.1), el cual se conecta mediante manguera a la tapa (1.7.2.1) del recipiente para análisis electroquímico (1.7.2). En las secciones siguientes se realizan más especificaciones al respecto.

Reactivos adicionales

Los reactivos adicionales para la preparación de la muestra antes de ser sometida a análisis consisten en un electrolito soporte para mejorar el flujo de electrones generado y una solución buffer que regula el pH.

Convencionalmente, para realizar mediciones multiparamétricas las tecnologías hasta ahora conocidas requieren de diferentes electrolitos soportes y diferentes soluciones buffer y por esto, llevar a cabo las mediciones electroquímicas se limitan por ejemplo a medir plomo, cadmio, zinc. Caso contrario, con la invención se llevan a cabo mediciones multiparamétricas con un solo reactivo y por ello al momento de tener cuatro electrodos de trabajo y cuatro respuestas, no es necesaria la utilización de más reactivos, sino que, con ese electrolito, con esas soluciones químicas y las diferentes respuestas en los cuatro electrodos es posible obtener diferentes respuestas.

Electrolito soporte

Dado que la corriente generada en la reacción química corresponde a un flujo de electrones producido y transferido por las redacciones redox, un puente salino o puente de sal facilita la migración de electrones al contra electrodo. Por eso, el electrolito soporte es un reactivo esencial.

El electrolito soporte cumple con el objetivo de minimizar la resistencia eléctrica y promover la migración de electrones de la solución, es decir, aumentar significativamente la conductividad de la muestra. Es importante que el electrolito soporte no modifique las semi-reacciones generadas por los analitos y por ello debe ser una solución inerte.

Adicional a lo anterior, el electrolito soporte posee una función fundamental y es aumentar la selectividad de la técnica, mostrando con mayor facilidad los picos y analitos dentro de una muestra.

Los electrolitos soporte pueden modificar los potenciales criterio de los analitos, por lo cual se ha realizado una investigación ardua sobre cuál tipo de electrolito escoger y asociarlo a las ventanas de potencial.

En modalidades deseables de la invención, los electrolitos soporte empleados se seleccionan del grupo conformado por cloruro de potasio, acetonitrilo, TBAP (Perclorato de tetrabutilamonio), ácido sulfúrico y ácido nítrico. En modalidades aún más preferidas, el electrolito de cloruro de potasio se encuentra al 0,1 M.

Solución buffer

Las soluciones buffer o amortiguadoras cumplen con su objetivo fundamental de estabilizar el pH dentro de la celda electroquímica. Dadas las posibles reacciones generadas en la muestra, en donde se desprenden iones H^+ , iones hidroxilo OH^- u otros, la celda es susceptible a cambios de pH, lo cual modificaría constantemente las condiciones del experimento. El pH es un factor esencial para la potencialización de los picos generados dentro de la celda; si no se controla este factor, la reproducibilidad se ve afectada, así como los modelos generados por analítica.

En modalidades preferibles de la invención, la solución buffer es seleccionada del grupo conformado por acetato de sodio y amonio-amoniaco.

En la figura 6 se puede observar la presencia de un reservorio de la solución buffer y electrolito soporte (1.4.2) el cual provee estos reactivos para la preparación preliminar de la muestra.

Conjunto de electrodos

El conjunto de electrodos (1.9.2) es el conjunto de sensores que forma parte del dispositivo de lengua electrónica (1) de la invención, los cuales cumplen el papel de detección y medición de sustancias químicas.

Convencionalmente, los dispositivos de lengua electrónica solo poseen un electrodo de trabajo. Contrario a lo convencional y en una modalidad preferible de la invención, el dispositivo de lengua electrónica (1) de la invención está conformado por tres tipos principales de electrodos: -los electrodos de trabajo, -el electrodo de referencia y -el electrodo auxiliar o contra electrodo. Esta característica esencial proporciona una ventaja en la precisión del analito a medir.

Adicionar varios electrodos de trabajo de diferentes materiales conlleva avances innovadores. Por ejemplo, al tener cuatro electrodos de trabajo se logran patrones diferentes porque son electrodos de materiales diferentes que proporcionan cuatro respuestas por cada analito en un tiempo aproximado de 2 a 3 minutos. De esta manera, se obtienen diferentes patrones con lo cual se observa por ejemplo que un electrodo reacciona muy bien a zinc, plomo y cadmio; otro reacciona muy bien a cloruros, sulfatos y conductividad; el carbono es apropiado para metales y el antimonio es apropiado para otros cationes y aniones.

En modalidades deseables de la invención, los electrodos de trabajo pueden ser de bismuto, tantalio, rodio, iridio, aluminio y/o titanio; el electrodo de referencia puede ser electrodo saturado de calomelanos y el contra electrodo puede ser de carbono vítreo o grafito.

Con este arreglo de electrodos se obtiene una visión y barrido excelente en cuanto a todos los parámetros medibles en agua o matrices acuosas, para de esta manera lograr detección in situ, en tiempo real y con una gran precisión de los analitos, sin necesidad de recurrir a trabajos extra en un laboratorio. A continuación, se proporcionan más detalles de cada uno de los tipos de electrodos presentes en el dispositivo de la invención:

Electrodos de trabajo

En los electrodos de trabajo que están integrados en el dispositivo de lengua electrónica, sucede la deposición o unificación del analito sobre la superficie de dichos electrodos.

En una modalidad deseable de la invención, los electrodos de trabajo pueden ser de bismuto, tantalio, rodio, iridio, aluminio y/o titanio, como se mencionó previamente.

En una modalidad preferida de la invención, los electrodos de trabajo son de cuatro materiales diferentes: carbono vítreo, antimonio, oro y platino, y están cubiertos por un polímero aislante que protege cada uno de los materiales mencionados. Estos materiales cumplen con varias características dentro del sistema pues no son fácilmente oxidados o reducidos dentro del rango de potencial aplicado en la celda electroquímica; son buenos conductores de electricidad; generan una repetitividad dentro del experimento; son de porosidad muy reducida; son materiales inertes, lo cual significa que solo sirven para transferir electrones hacia o desde las especies a analizar; y no oxidan ni reducen el solvente o la solución buffer en donde se realiza el análisis electroquímico.

Convencionalmente, los electrodos de carbono normalmente están fabricados de grafito, sin embargo, este material no es deseable porque la estructura del grafito no permite una buena reproducibilidad de los muestreos, presenta una estructura porosa y por esta misma porosidad, su limpieza por medios mecánicos como el polichado, no es recomendable.

A diferencia del grafito, el carbono vítreo presenta propiedades cerámicas y vítreas, que lo hace un material altamente resistente a ataques químicos, matrices viscosas y altas temperaturas. El carbono vítreo es uno de los materiales con mayor ventana de

potencial pues su rango puede ir de -1 V a 1 V según el electrolito soporte o solución buffer utilizado.

El antimonio es un metal que presenta propiedades parecidas al mercurio, con la ventaja de ser un material amigable con el medio ambiente y no tóxico. El electrodo más utilizado en la electroquímica es el denominado electrodo de gota de mercurio, dado que es de los pocos materiales que poseen una ventana de potencial ampliamente negativa que va de -2 V a 0,5 V. Entre esas ventanas de potencial se logran identificar contaminantes como metales pesados y livianos, dado que sus potenciales de reducción se encuentran en dichos rangos. Sin embargo, el mercurio en condiciones ambientales se encuentra en estado líquido, lo cual imposibilita las limpiezas químicas o mecánicas. Por lo anterior, la invención incluye el antimonio en lugar del mercurio porque posee características similares y por las ventajas antedichas.

Los electrodos de oro y platino poseen propiedades deseables porque son metales inertes con alta conductividad y potenciales de oxidación mayores a 1,5 V, lo cual favorece el análisis de contaminantes/parámetros en el lado positivo del voltaje.

Frente al aspecto de no reducir ni oxidar el solvente o solución, es esencial analizar el tipo de solvente y sus puntos de oxidación y reducción. Por ejemplo, el electrodo de platino posee un punto máximo en el rango negativo de -0,7 V; en ese punto el agua comienza a reducirse produciendo hidrógeno e iones hidroxilo y por ende la corriente generada comienza a crecer de manera exponencial. En el lado positivo, el punto máximo es de +1,0 V, en donde el agua comienza a oxidarse para formar oxígeno. Sin embargo, el electrodo de carbono vítreo puede ampliar esa ventana de potencial entre -1 V a +1 V.

El dispositivo de lengua electrónica (1) que forma parte de la presente invención posee la facilidad de poner en estos cuatro espacios, diferentes materiales de electrodos sólidos dependiendo a qué matriz se va a aplicar. Los materiales antes identificados presentan muchas ventajas para las mediciones.

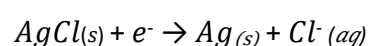
Electrodo de referencia

En el electrodo de referencia se tiene un punto de referencia o un potencial de reducción conocido. Este mantiene un potencial fijo pues, si en un electrodo de trabajo se lleva a cabo una reacción de reducción, en el otro se produce una de oxidación para compensación.

El electrodo de referencia proporciona un punto de referencia o un voltaje el cual va a ser fijo y estable. Si durante el análisis de muestra se aplica +0,5 V al electrodo de trabajo, se espera que toda esa energía se dirija a la creación de una caída de potencial entre la superficie del electrodo de trabajo y la solución. A diferencia del electrodo de trabajo, el electrodo de referencia no puede ser polarizable, es decir, cuando se le aplica un voltaje a la celda electroquímica, el electrodo de referencia debe proporcionar cualquier corriente que sea necesaria sin moverse del resto de potencial de reposo.

El electrodo de referencia ideal transferirá electrones tan fácilmente que, una nueva distribución de cargas nunca podrá acumularse en la interfaz de la solución del electrodo. Si mantiene su potencial, toda la energía aplicada irá desde la interfaz de la solución del electrodo hacia el electrodo de trabajo.

Los electrodos de referencia poseen incorporadas semi-reacciones producidas en sus capilares o cámaras. El electrodo de referencia usado en la invención es un electrodo de Ag/AgCl. Este electrodo tiene una semi-reacción de reducción del cloruro de plata (AgCl) a plata sólida y la forma oxidada iones de cloro libre. Tanto la forma oxidada como la reducida están en la superficie del alambre.



Según la ecuación de Nerst, la cual rige la relación entre la actividad de los analitos reducidos y oxidados con el voltaje criterio, establece para la reacción del electrodo de referencia:

$$E_{ref}=E^0_{Ag/AgCl}-0,05916 * \log \{A_{Cl}\}$$

Si $A_{Cl} = 1 \text{ M}$ de $E_{ref} = +0,222 \text{ V}$, en condiciones ideales. En la experimentación, el electrodo de referencia es llenado con cloruro de potasio (KCl) saturado para tener unas condiciones lo más cercanas posibles a la teórica, determinando que el $E_{ref} = +0,197 \text{ V}$.

En una modalidad deseable de la invención, el electrodo de referencia puede ser electrodo saturado de calomelanos.

Electrodo auxiliar o contra electrodo

Para llevar la corriente generada en el experimento, el único modo de realizar ese flujo es pasando a través del electrodo auxiliar o también llamado contra electrodo. Si el electrodo de trabajo está reduciendo algún analito específico, los electrones se moverán hacia la solución generando un desbalance, es por ello que algún componente adicional tiene que eliminar los electrones de la solución para mantener el equilibrio en la misma.

Si la tasa de transferencia de electrones en el electrodo de trabajo es solo del orden de nano Amperios, el electrodo de referencia probablemente pueda manejar eso sin cambiar su potencial de referencia. Si llega a ser mayor que eso, existe cierto riesgo de que distorsione el experimento y es mejor pasar la corriente con la ayuda de un electrodo auxiliar. En una modalidad deseable de la invención, el electrodo auxiliar es de platino. En una modalidad preferible de la invención, el electrodo auxiliar puede ser de carbono vítreo o grafito.

Limpiezas química y electroquímica

Como ya se ha mencionado, en los procesos de análisis de muestras, las superficies de los arreglos de electrodos que forman parte del dispositivo de la invención, están electrodepositando analitos y este hecho provoca el cambio del material de los electrodos junto con su morfología. Por ello, es indispensable aplicar limpiezas para que los arreglos de electrodos presenten una nueva capa de material de electrodo y con ello lograr una repetibilidad de los experimentos y garantizar su precisión.

Por lo anterior, el dispositivo de lengua electrónica (1) posee tres tipos de limpieza: química, electroquímica y mecánica. Las dos primeras se discuten a continuación, mientras que la última se discute en la sección que describe el subsistema mecánico.

Las limpiezas química y electroquímica son características esenciales requeridas para lograr la repetibilidad de la técnica de análisis implementada, para que los electrodos no lleguen a envenenarse y los datos arrojados por el sistema sean precisos. Por ello, el subsistema químico también se encarga de parte del mantenimiento de los electrodos del sistema, la limpieza química y electroquímica de los componentes y el almacenamiento de los electrodos. Bajo todos estos criterios, el subsistema integra soluciones para limpieza y almacenamiento de todos los elementos del dispositivo de lengua electrónica (1).

Esta característica es esencial en la invención y supera lo conocido hasta el momento en el arte previo, porque lo común es que los dispositivos convencionales posean solo un tipo de limpieza sin ningún tipo de automatización mientras que la presente invención incorpora los tres tipos de limpieza completamente automatizados.

En modalidades deseables de la invención, la limpieza química es una limpieza superficial que se realiza con una solución líquida de agua y alcohol, mientras que la limpieza electroquímica se lleva a cabo con ácido nítrico. En modalidades preferidas, el alcohol puede ser uno del grupo conformado por metanol y etanol.

La limpieza electroquímica incluye dos funciones: remover con ácido nítrico los electrolitos depositados en los electrodos y realizar la detección de sustancias dentro de los electrodos mediante voltamperometría cíclica. La detección de un pico luego de la voltamperometría cíclica indica la presencia de impurezas dentro del electrodo lo cual lleva a continuar con la limpieza electroquímica. Esta metodología permite verificar la efectividad de la limpieza. Así, es posible rectificar los electrodos y determinar si están aptos para el siguiente análisis.

Para la limpieza electroquímica se prefiere emplear soluciones acuosas de uno de los compuestos del grupo conformado por ácido nítrico, ferrocianuro de potasio 0,1 M, ácido sulfúrico 1 M, acetonitrilo/TBAP 0,1 M, siendo aún de más interés el ácido nítrico.

Medición de pH

El parámetro de pH influye notablemente en la electroquímica. Llevar a cabo esta medición es muy importante para mantener el registro de ese parámetro y determinar si hay detecciones abruptas de pH y de esta manera poder realizar un sistema de redundancia al momento que se cuenta con otro compuesto que puede regular el pH, como sucede con el electrolito soporte y la solución buffer.

Electrodo indicador (potenciometría)

El electrodo indicador o llamado también electrodo de ion selectivo, es aquel que interactúa con el analito a detectar. Cambia su potencial a medida que varíe la concentración del analito. Los electrodos de ion selectivo son sensores electroquímicos, que tienen una especificidad hacia un determinado tipo de ion, como lo es el pH-metro el cual tiene su especificidad al ion hidronio.

La parte esencial de un electrodo de ion selectivo es la membrana, idealmente permeable solo al ion por medir. Contiene sitios fijos o móviles que interaccionan con los iones en la disolución. La membrana separa dos disoluciones acuosas, la

disolución interna que está dentro de la cámara del electrodo y tiene una actividad fija del ion a medir y la disolución externa a la cual se le hará medición para determinar la cantidad de analito que se encuentra en la muestra.

Electrodo de referencia (potenciometría)

Tiene las mismas funciones que el electrodo de referencia de la voltamperometría.

Medición de temperatura

La medición de temperatura realizada con termocupla, permite la recolección de información relacionada con la temperatura de la muestra cuando ingresa al dispositivo que forma parte de la invención.

SUBSISTEMA MECÁNICO

El subsistema mecánico logra cuatro objetivos esenciales: proteger el dispositivo de lengua electrónica de los factores externos, implementar la movilidad de los componentes que forman parte del dispositivo de lengua electrónica, permitir el funcionamiento controlado del mecanismo hidráulico requerido para la provisión de sustancias químicas necesarias durante los análisis y garantizar la limpieza mecánica del arreglo de electrodos.

El primer objetivo está relacionado con el encerramiento (1.1) configurado para la protección del dispositivo de lengua electrónica (1) de factores externos que pueden estar presentes durante su traslado y operación en planta o campo. La configuración externa del dispositivo de lengua electrónica (1) será descrita en detalle en esta sección.

Para cumplir con el segundo objetivo, el subsistema mecánico consiste en dos mecanismos independientes; uno de ellos permite que el conjunto de electrodos (1.9.2) se pueda desplazar de forma vertical al interior del dispositivo de lengua electrónica (1) y el otro mecanismo permite que una plataforma móvil en eje “x” (1.3.1) que sostiene el conjunto de recipientes (1.7) para análisis de muestras, limpieza, almacenamiento y el mecanismo de limpieza mecánica (1.8), se desplacen de forma horizontal. De esta manera, se logra un dispositivo de lengua electrónica (1) con dos grados de libertad y posibilidad de interceptar las partes esenciales en varios puntos, logrando ubicar el conjunto de recipientes (1.7) y el conjunto de electrodos (1.9.2) en posiciones controladas según la etapa necesaria.

Para cumplir con el tercer objetivo, el subsistema mecánico ejecuta el mecanismo hidráulico necesario al interior del dispositivo de lengua electrónica (1), el cual mecanismo está conformado por un conjunto de reservorios para reactivos (1.4), mangueras, un mecanismo de bombeo de los reservorios (1.5), un mecanismo de control de flujo de sustancias (1.6) y sensores de nivel que controlan el paso de las soluciones, los reactivos, los líquidos de limpieza e incluso de la muestra, para lograr dosificar de manera precisa las proporciones de las sustancias y contribuir con la realización eficaz de las funciones de muestreo, limpieza y almacenamiento.

En cuanto al cuarto objetivo y tal como se mencionó en el subsistema químico, los arreglos de electrodos para análisis de muestra, no solo deben intervenir en la ejecución de la técnica de voltamperometría, sino que también participan en una limpieza mecánica para al final terminar en un almacenamiento seguro y garantizar la repetibilidad y confiabilidad de los análisis.

A continuación, se explica con más detalle la caracterización estructural y funcional de todos los componentes del subsistema mecánico:

Encerramiento

En las figuras 1 y 2 se puede observar una modalidad preferida del encerramiento (1.1) que forma parte del dispositivo de lengua electrónica (1) de la invención.

El encerramiento (1.1) cumple con el propósito de protección del dispositivo de lengua electrónica (1) y posee clasificación de seguridad con certificado IP66 (*“Ingress Protection” – Equipo hermético al polvo y protegido contra chorros de agua potentes, según la norma internacional EN 60529 (BS británica EN60529:1992; IEC europea 60509: 1989)*).

El encerramiento (1.1) es una carcasa a modo de caja conformada por paredes (1.1.1) planas, que presenta un compartimiento interior (1.1.2) en donde se alojan todos los componentes esenciales del dispositivo de lengua electrónica (1). La forma preferida del ensamblaje de las paredes (1.1.1) es en ortoedro o prisma rectangular hueco y con una de sus paredes a modo de compuerta (1.1.3) para abrir y cerrar. Esta compuerta (1.1.3) posee bisagras (1.1.4) y un mecanismo de ajuste de la compuerta (1.1.5) para cerrarla herméticamente.

Externamente, el encerramiento (1.1) posee unas manijas (1.1.6) para fácil portabilidad del usuario y dispuestas en las paredes (1.1.1) laterales; varios prensa estopa (1.1.7) en la pared (1.1.1) superior, unas rodachinas (1.1.8) en la pared (1.1.1) inferior, el conducto de ingreso de la muestra (1.1.9) en una de las paredes (1.1.1) laterales y el conducto de salida de la muestra del encerramiento (1.1.10) en la otra pared (1.1.1) lateral.

Tal como puede verse en las figuras 3 y 12, internamente, el encerramiento (1.1) posee en sus paredes laterales un conjunto de soportes (1.2) que proporcionan sujeción segura a los componentes. Este conjunto de soportes (1.2) está conformado por unos soportes para reservorios de reactivos (1.2.1), unas abrazaderas para reservorios de reactivos (1.2.2), un soporte para nariz electrónica (1.2.3), un soporte para placa electrónica (1.2.4) y un soporte para reservorio del líquido de limpieza química (1.2.5).

Mecanismo de desplazamiento

Tal como se ha mencionado, el mecanismo de desplazamiento tiene dos grados de libertad macros con mecanismo para desplazamiento vertical y mecanismo para desplazamiento horizontal. Esto, con el propósito de que las plataformas que posee el dispositivo de lengua electrónica (1) pueda subir y bajar además de desplazarse horizontalmente. A continuación, se especifican con más detalle los mecanismos.

En las figuras 3, 7, 11 y 13 se pueden apreciar los componentes esenciales del dispositivo (1) de la invención, en especial, se encuentra señalado el conjunto de soportes internos y mecanismos para movimiento (1.3).

Mecanismo de desplazamiento horizontal

La plataforma móvil en eje “x” (1.3.1) está vinculada con una varilla roscada en eje “x” (1.3.1.1) con sus respectivos rodamientos (1.3.1.3) y con un par de varillas lisas en eje “x” (1.3.1.7) mediante unos rodamientos lineales (1.3.1.6). Los finales de carrera de desplazamiento de la plataforma móvil en eje “x” (1.3.1) están definidos por unos toques soporte (1.3.1.4), cada uno de ellos dispuesto en cada extremo del conjunto de varillas antes mencionado. La varilla roscada en eje “x” (1.3.1.1) presenta un acople para cambio en eje “x” (1.3.1.2) justo en la conexión con el motor para movimientos en el eje “x” (1.3.1.5). Dicho motor para movimientos en el eje “x” (1.3.1.5) hace rotar la varilla roscada en eje “x” (1.3.1.1) para generar el movimiento de desplazamiento, mientras que las varillas lisas en eje “x” (1.3.1.7) proporcionan estabilidad y guía al desplazamiento de la plataforma móvil en eje “x” (1.3.1)

Mecanismo de desplazamiento vertical

La plataforma móvil en eje “y” (1.3.2) está soportada por un par de perfiles estructurales (1.3.2.1) verticales, los cuales están conectados en su extremo superior a unos soportes estructurales (1.3.2.2). Cada perfil estructural (1.3.2.1) unido con cada soporte estructural (1.3.2.2) posee forma de “L” invertida, así que cada “L” invertida

está ubicada una frente a otra y en el espacio entre ellas ocurre el desplazamiento vertical de la plataforma móvil en eje “y” (1.3.2). El final de carrera del eje “y” (1.3.2.3) se encuentra justo debajo de cada uno de los soportes estructurales (1.3.2.2).

A los soportes estructurales (1.3.2.2) se encuentran vinculadas verticalmente varillas roscada en eje “y” (1.3.2.5) con sus respectivos rodamientos (1.3.2.3). Cada varilla (1.3.2.5), en su extremo inferior a su vez está conectada a un motor para movimientos en el eje “y” (1.3.2.7) mediante un acople para cambio en eje “y” (1.3.2.6). Una tuerca de cuatro hilos (1.3.2.5) se encuentra asociada a cada varilla roscada en eje “y” (1.3.2.4) para la sujeción y el desplazamiento vertical de la plataforma móvil en eje “y” (1.3.2).

Los motores para movimientos en el eje “y” (1.3.2.7) accionan y mantienen un movimiento vertical de pH-metro (1.9.1) y del conjunto de electrodos (1.9.2) con el fin de ubicar y permitir el posicionamiento de ellos en el o los recipientes deseados.

Mecanismo hidráulico

Para cumplir con el tercer objetivo del subsistema mecánico respecto a lograr dosificar de manera precisa las proporciones de las sustancias y contribuir con la realización eficaz de las funciones de muestreo, limpieza y almacenamiento al interior del dispositivo de lengua electrónica, el mecanismo hidráulico abarca un conjunto de reservorios, recipientes, válvulas, bombas y motores, que se pueden apreciar en una modalidad de la invención en las figuras 3 a 7 y 10 a 14.

Debido a las múltiples sustancias que se manejan simultáneamente dentro del dispositivo de lengua electrónica (1), es necesaria la presencia de este mecanismo hidráulico específico para lograr eficacia en las líneas de conexión reservorio de almacenamiento – electroválvula – bomba – recipiente específico, según cada líquido y aplicación requerida.

En la figura 4 se puede observar la presencia de un conjunto de reservorios para reactivos (1.4) constituido por cinco reservorios que son los siguientes: un reservorio del líquido de almacenamiento de sensores (1.4.1), un reservorio de la solución buffer y electrolito soporte (1.4.2), un reservorio del líquido de limpieza electroquímica de sensores (1.4.3), un reservorio del líquido de limpieza química (1.4.4) y un reservorio de nitrógeno (1.4.5).

El reservorio del líquido de almacenamiento de sensores (1.4.1) es necesario para el almacenamiento de la solución empleada para la protección de los sensores cuando estos no se encuentran en análisis de muestras. La sustancia preferida para el almacenamiento seguro de los sensores es KCl 3 M. Por lo tanto, el reservorio líquido de almacenamiento de sensores (1.4.1) aloja KCl 3 M.

El reservorio de la solución buffer y electrolito soporte (1.4.2) almacena estas sustancias para tener disponible cada vez que se va a realizar la preparación de la muestra previo análisis electroquímico. Tal como se ha mencionado, en modalidades preferibles de la invención, la solución buffer es seleccionada del grupo conformado por acetato de sodio y amonio-amoníaco. Además, los electrolitos soporte empleados se seleccionan del grupo conformado por cloruro de potasio, acetonitrilo, TBAP (Perclorato de tetrabutilamonio), ácido sulfúrico y ácido nítrico. En modalidades aún más preferidas, el electrolito de cloruro de potasio se encuentra al 0,1 M.

El reservorio del líquido de limpieza electroquímica de sensores (1.4.3) almacena la sustancia disponible para limpieza electroquímica. El reservorio del líquido de limpieza química (1.4.4) almacena la sustancia disponible para la limpieza química de los demás recipientes que intervienen en el análisis de muestras. Finalmente, el reservorio de nitrógeno (1.4.5) almacena el nitrógeno gaseoso requerido para el desplazamiento de oxígeno de la muestra en preparación previa al análisis electroquímico.

El conjunto de los reservorios para reactivos (1.4) requiere de un mecanismo de bombeo de los reservorios (1.5) para garantizar el flujo de sustancias químicas y también está asociado a un mecanismo de control de flujo de sustancias (1.6).

En la figura 7, se puede observar que el mecanismo de bombeo de los reservorios (1.5) está conformado por el siguiente conjunto de bombas: una bomba del reservorio del líquido de almacenamiento de sensores (1.5.1), una bomba del reservorio de la solución buffer y electrolito soporte (1.5.2), una bomba del reservorio del líquido de limpieza electroquímica de sensores (1.5.3), una bomba de succión desde el recipiente de medición de pH y bombeo hasta el recipiente de análisis electroquímico (1.5.4), una bomba de succión desde los recipientes 1.7.2, 1.7.3 y 1.7.4 hasta la salida del encerramiento (1.5.5) y una bomba del reservorio del líquido de limpieza química (1.5.6).

En la figura 8 se puede observar que el mecanismo de control de flujo de sustancias (1.6) consiste en el siguiente conjunto de electroválvulas: una electroválvula para control de flujo de KCl desde el reservorio del líquido de almacenamiento de sensores al recipiente de medición de pH (1.6.1), una electroválvula para control de flujo de KCl al recipiente de identificación química (1.6.2), una electroválvula para control entre el recipiente de análisis de pH y el de análisis electroquímico (1.6.3), una electroválvula para control de flujo entre el recipiente de análisis de pH y la salida del encerramiento (1.6.4), una electroválvula para el control de flujo de salida desde el recipiente para análisis electroquímico (1.6.5), una electroválvula para control de flujo de salida del recipiente de limpieza electroquímica (1.6.6), una electroválvula para control de flujo de salida del recipiente para almacenamiento de sensores (1.6.7), una electroválvula para control de flujo entre el reservorio de limpieza electroquímica y el reservorio de solución buffer y electrolito soporte (1.6.8), una electroválvula para control de flujo entre el reservorio de limpieza electroquímica y el recipiente para el almacenamiento de sensores (1.6.9) y una electroválvula para control entre el reservorio de líquido de limpieza electroquímica y el recipiente para realizar análisis electroquímico (1.6.10).

En las figuras 7, 11 a 13, se observa que el conjunto de recipientes para análisis de muestras (1.7) está conformado por: un recipiente para análisis de pH (1.7.1) el cual posee una tapa (1.7.1.1); un recipiente para análisis electroquímico (1.7.2) el cual posee una tapa (1.7.2.1) y aloja en su interior un agitador magnético (1.7.2.2); un recipiente para limpieza electroquímica (1.7.3) el cual posee una tapa (1.7.3.1); un recipiente para almacenamiento de sensores (1.7.4) el cual posee una tapa (1.7.4.1).

El recipiente para análisis de pH (1.7.1) permite recibir la muestra para la identificación de pH, temperatura, limpieza química del pH-metro y almacenamiento final de este último. El recipiente para análisis de pH (1.7.1) es el único dispuesto fuera de la plataforma móvil en eje "x" (1.3.1).

El recipiente para análisis electroquímico (1.7.2), el recipiente para limpieza electroquímica (1.7.3) y el recipiente para almacenamiento de sensores (1.7.4), todos ellos se encuentran dispuestos en ese mismo orden consecutivo dentro del dispositivo de lengua electrónica específicamente sobre la plataforma móvil en eje "x" (1.3.1) tal como se observa en la figura 9.

El recipiente para análisis electroquímico (1.7.2) es el recipiente que recibe la muestra a ser analizada. Este recipiente posee varias entradas por tener muchas conexiones: conexión al recipiente del pH, conexión al reservorio de electrolito soporte y solución buffer, conexión al recipiente de limpieza química de solución de etanol y conexión a la línea de nitrógeno gaseoso. En este recipiente ingresa la muestra con su preparación previa, se realiza la agitación, recibe el arreglo de electrodos y en ella se lleva a cabo la voltamperometría.

El recipiente para limpieza electroquímica (1.7.3) cumple la función de recibir los electrodos una vez se termina el análisis de muestra y poder ser sometidos a limpieza para su recuperación superficial.

El recipiente para almacenamiento de sensores (1.7.4) es un recipiente aislado que cumple la función de almacenar los electrodos una vez que han sido completamente limpiados. Dado que el sensor de referencia no puede estar expuesto mucho tiempo a la intemperie, tiene que permanecer almacenado en este recipiente y sumergido en una solución de KCl 3 M. Se independizó el sistema de almacenamiento para poder garantizar el funcionamiento de los electrodos y tener ese almacenamiento libre de cualquier contacto con la muestra para evitar cualquier tipo de contaminación.

Mecanismo de agitación

En la figura 15 se observa la disposición de un mecanismo de agitación, el cual es un agitador magnético (1.7.2.2) en una de las modalidades preferidas de la invención. Este agitador magnético (1.7.2.2) se encuentra dispuesto directamente en el recipiente para análisis electroquímico de sustancias químicas (1.7.2). En modalidades aún más preferibles de la invención, el agitador magnético posee una pequeña cápsula que al ser accionada comienza su movimiento en el fondo de dicho recipiente.

Mecanismo de limpieza mecánica

La limpieza mecánica es la tercera limpieza necesaria a la cual debe ser sometido el conjunto de electrodos (1.9.2). La figura 9 permite observar la disposición de la estación de lijado (1.8) que corresponde al mecanismo de limpieza mecánica preferido en esta modalidad de la invención. Detalles de la configuración de la estación de lijado (1.8) se pueden apreciar en las figuras 8 y 9.

La estación de lijado consiste en un compartimiento a modo de caja abierta en la superficie superior, conformada en su interior por un disco de lijado de material abrasivo con grano semi-grueso (1.8.1), un disco de lijado de material abrasivo con grano fino (1.8.2), discos de material suave para remoción de virutas (1.8.3) y un motor

de la estación de lijado (1.8.4) para accionar el conjunto de engranajes que proporcionan transmisión de movimiento a los discos antes mencionados.

Los engranajes son los que presentan en su superficie los materiales abrasivos antedichos que permite el lijado de los electrodos para su limpieza. Este sistema de engranajes permite reducir notablemente el número de elementos motorizados y por ello, con un único motor es posible dinamizar la estación de lijado (1.8) y lograr el objetivo de limpieza mecánica.

Dispositivos de medición

El dispositivo de lengua electrónica (1) está conformado por los siguientes dispositivos de medición (1.9): un pH-metro (1.9.1) y un conjunto de electrodos (1.9.2). En algunas modalidades de la invención se incluye además una nariz electrónica (1.9.3), pero esto depende de los requerimientos de cada industria o campo. Con estos dispositivos, se puede realizar un amplio espectro de medición de parámetros en muestras, lo cual es una característica muy deseable.

En las figuras 11 a 13 se puede observar la disposición de los dispositivos de medición (1.9). En la plataforma móvil en eje “y” (1.3.2) se identifica un soporte para placa electrónica (1.4.4) la cual sostiene la placa electrónica principal que corresponde a la tarjeta electrónica de los electrodos (s.1), la placa electrónica para control de pH-metro (s.2) y la placa electrónica para control mecánico, hidráulico y de agitación (s.3). Es notable que el conjunto de electrodos (1.9.2) se encuentra conectado directamente a la placa electrónica para control de electrodos (s.1). De otra parte, la placa del pH-metro se encuentra almacenada también sobre la plataforma móvil en eje “y” (1.3.2) y el pH-metro conectado directamente.

Algunas modalidades de la invención pueden incorporar o no una nariz electrónica (1.9.3) con el fin de realizar identificación de sustancias en muestras gaseosas o en la fase gaseosa de una muestra líquida o líquida/oleosa. La presencia o ausencia de la

nariz electrónica (1.9.3) dependerá de los requerimientos en cada campo o industria en donde se requieran realizar las detecciones y monitoreos.

En cuanto a la nariz electrónica esta mide ácido sulfhídrico y metano, tiene similitudes a la nariz original desarrollada en una patente cuyo propietario es NUXTU S.A.S, y cuyo protocolo de comunicación es el mismo. Las etapas de inhalación, retención y purga son las mismas.

En las modalidades donde se incluye la nariz electrónica (1.9.3), esta se encuentra colocada independiente respecto de los demás dispositivos de medición antes señalados, dispuesta sobre un soporte para nariz electrónica (1.2.3) en una de las paredes laterales del interior del encerramiento (1.1) y conectada a la caja de bombas para la nariz electrónica (1.9.3.1) tal como se puede observar en la figura 13.

La caja de bombas para la nariz electrónica (1.9.3.1) incluye una bomba de succión (1.9.3.1.1) y una bomba de exhalación (1.9.3.1.2) las cuales cada una posee una electroválvula para gases (1.9.3.1.3) para el control de flujo de entrada y salida de gases. La caja (1.9.3.1) está conectada a la cavidad de la nariz electrónica (1.9.3) y tanto la disposición de la caja de bombas para la nariz electrónica (1.9.3.1) como de la nariz electrónica (1.9.3.1) en sí, se pueden apreciar en las figuras 3 a 7, 11 y 12.

El método de análisis y monitoreo que implica al dispositivo de lengua electrónica (1) se encuentra descrito en el documento de patente *“MÉTODO PARA EL ANÁLISIS IN SITU EN TIEMPO REAL Y EL MONITOREO SIMULTÁNEO DE MÚLTIPLES PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y ANALITOS PRESENTES EN MATRICES ACUOSAS U OLEOSAS”* perteneciente al mismo propietario.

Efectos técnicos

La invención presenta un conjunto de efectos técnicos notables y superiores respecto a lo convencional:

- La invención presenta alta sensibilidad, reproducibilidad y repetibilidad en la detección de metales pesados.
- La invención presenta confiabilidad y calidad de los resultados cuando se realiza detección en bajas concentraciones. Detecta disoluciones de analitos hasta de 1 ppm en las muestras analizadas, las cuales son concentraciones notablemente bajas. Este efecto logrado es de mucho interés en la detección de metales pesados en muestras acuosas. Por ejemplo, si se corre una prueba de voltamperometría de disolución anódica, claramente se puede diferenciar una muestra que contiene 1 ppm de cromo respecto a otra que contiene 2 ppm de cromo.
- Medición multiparamétrica más amplia de contaminantes como son los metales pesados en medios acuosos, logrado por la presencia de al menos tres electrodos: al menos un electrodo de trabajo, un electrodo de referencia y un contra electrodo.
- Cada electrodo de trabajo realiza la misma técnica de voltamperometría definida según el espécimen, para el análisis de la muestra y genera una respuesta asociada a la concentración del contaminante en función de los parámetros de la técnica implementada.
- El subsistema químico para análisis electroquímico posee un mecanismo interno con tres grados de libertad de movimiento, pues consta de traslación horizontal para los recipientes de muestreo, limpieza electroquímica y almacenamiento y para el sistema de limpieza mecánica; consta de traslación vertical para los sensores de la lengua y el sensor de pH; el mecanismo de limpieza mecánica consta de un grado de libertad en rotación para generar el movimiento de lijado al que se van exponer los electrodos.
- La invención es capaz de ejecutar múltiples técnicas de voltamperometría pues extiende su alcance de análisis electroquímico a analitos fisicoquímicos en matrices acuosas y oleosas en las cuales la voltamperometría de redisolución anódica no

obtiene respuesta concluyente. Así, el dispositivo implementa otras técnicas como la voltamperometría cíclica, escalonada o de pulso diferencial.

- Sistema automatizado de muestreo pues implementa la captación automática de la muestra, el transporte dentro del dispositivo de lengua electrónica, la medición de propiedades físicas y la medición de concentraciones por voltamperometría de redisolución anódica sin ningún tipo de intervención humana durante la operación del dispositivo de lengua electrónica.
- Dispositivo de lengua electrónica automatizado, con mínima intervención humana, para el almacenamiento de todos los sensores, pues algunos sensores como el pH-metro y el electrodo de referencia, deben ser protegidos en todo momento pues su exposición a la intemperie provoca la deshidratación de la solución que aloja interiormente, por ello el dispositivo cuenta con un mecanismo de control que almacena el conjunto de electrodos y reduce la exposición esta exposición al mínimo tiempo posible.
- Estrategia de auto-limpieza automática de los electrodos y demás componentes que tienen contacto con la muestra analizada, gracias a elementos de software y hardware interconectados, con algoritmos de inteligencia artificial y machine learning, lo cual evita la intervención humana. La estrategia de limpieza al ser química, electroquímica y mecánica, garantiza el funcionamiento óptimo de los electrodos y atacar todo tipo de ensuciamiento al interior del dispositivo de lengua electrónica.
- Monitoreo y análisis electroquímico continuo en tiempo real facilitado también porque la invención posee un mecanismo de acople a tuberías, un mecanismo de contención de derrames (tanque de residuos) y un mecanismo de purga que permite que se pueda conectar a plantas industriales o campos que trabajen en continuo para lograr un análisis in situ donde sea necesario.

- Se logró implementar una conexión directa con los electrodos, en vez de usar cables; de esta manera, se disminuye el ruido o interferencia de la respuesta de salida.

Muchas modificaciones y otros modos de realización de la invención pueden ser llevados a cabo por una persona normalmente versada en la técnica del sector tecnológico correspondiente, según el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos relacionados. Por lo tanto, se entiende que la invención no se limita a los modos de realización específicos divulgados, y que las modificaciones y modos de realización están destinados a incluirse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Aunque las modalidades de la presente invención se han descrito anteriormente con referencia a los dibujos anexos, un experto en la materia debe entender que la presente invención puede ser modificada en varias formas detalladas sin apartarse del concepto técnico y aspectos esenciales de la presente invención. Por ejemplo, aquellos expertos en la materia pueden cambiar un material, un tamaño y similares de cada componente de acuerdo con un campo de aplicación, o pueden combinar o desplazar modalidades en formas no claramente descritas en las modalidades de la presente invención. Sin embargo, dichas alteraciones no se desviarán del alcance de la presente invención. Por

lo tanto, se debe entender que las modalidades descritas anteriormente son ilustrativas en todos los aspectos y no son limitantes y se deben incluir las modalidades modificadas en el concepto técnico definido por las reivindicaciones de la presente invención.

* * * * *

