

SISTEMA INTELIGENTE DE SELLADO EN BOTELLAS OCEANOGRÁFICAS QUE GARANTIZA EL MUESTREO DEL AGUA A PROFUNDIDADES DESEADAS

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se relaciona con dispositivos para el muestreo de agua oceánica a profundidades deseadas.

DESCRIPCION DEL ESTADO DE LA TECNICA

10

La toma de muestras de agua a diversas profundidades es una necesidad de investigación que se utiliza para poder determinar las características físico-químicas del agua y su composición. Las características típicas que debe tener una botella de muestreo de aguas a profundidades se basan primordialmente en la capacidad de
15 toma de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio, pero en los últimos años, se ha adicionado la medición de parámetros como la temperatura, presión, profundidad, oxígeno disuelto entre otros a partir del uso de sensores.

20

El primer prototipo funcional de una botella de muestreo oceanográfica del agua se debe al científico Fiddjof Nansen, cuyo modelo fue posteriormente mejorado por el inventor Shale Niskin. La botella de Niskin realiza las mediciones de temperatura y presión de forma análoga empleando termómetros de mercurio. La profundidad se mide de forma mecánica a través del cálculo de la longitud de un cabo o cuerda utilizados para lograr el descenso del equipo (botella oceanográfica convencional) y
25 del uso de clinómetros para estimar el ángulo de inclinación del cabo, a través del cual, adicionalmente, se activa el dispositivo de cierre de la muestra de agua cuando se alcanza la profundidad deseada, mediante un mecanismo mensajero o testigo desde la superficie, que usualmente es una pieza metálica, generalmente de bronce para evitar la corrosión de la pieza, la cual tiene un orificio central ubicado de manera transversal que permite su deslizamiento a través de la cuerda o cabo que sostiene
30 la botella en la columna de agua.

35

Este dispositivo presenta sin embargo diversas desventajas técnicas entre las que se encuentran la falta de hermeticidad de la muestra, la imprecisión en el cálculo de la profundidad de inmersión y la incertidumbre respecto de la captura efectiva de la muestra.

40

Lo anterior ocurre ya que, dependiendo de las condiciones ambientales, particularmente las corrientes del medio acuático, en el momento de la toma de la muestra, se puede afectar la velocidad de descenso del testigo, lo cual puede impedir o retrasar la activación del mecanismo de cierre de las botellas y por ende la captura de la muestra de agua, por lo cual no se logra una precisión respecto del momento

botellas recolectoras se abren y se cierran después de que el agua de mar entre en las botellas recolectoras. Sin embargo, no garantiza un cierre hermético ya que se sigue utilizando un elemento elástico que cierran el o los cilindros de toma de muestras. Así mismo, no permite que el muestreo se realice en respuesta a situaciones fortuitas, como por ejemplo cambios abruptos de temperatura que pudiera llegar a ser un indicador de algún cambio en la columna de agua que requieren la toma de muestras en momentos específicos de la exploración. Siendo esto así, se limita a que las tomas de muestras de agua sean predeterminadas a unas profundidades establecidas.

Por otro lado, el documento WO11017734 divulga un dispositivo muestreador de fluidos sumergible que dispone un mecanismo a lo largo de la rejilla para recoger selectiva y secuencialmente una muestra de agua en varias estaciones. Por lo general, se monta un recipiente de recogida de muestras en cada estación y el mecanismo funciona para cerrar cada recipiente de muestra a lo largo de la gradilla. La invención es una plataforma robótica equipada con el muestreador de fluidos, en donde un muestreador de agua se instala fácilmente en vehículos submarinos autónomos (AUV) y vehículos submarinos operados a distancia (ROV), así como en estaciones submarinas fijas, de modo que el cierre de los recipientes de muestra se activa en función de la ubicación (latitud, longitud y profundidad) y los sensores ambientales o bajo control desde la plataforma. No obstante, este desarrollo, a pesar de presentar mecanismos complejos que pueden resultar de alto costo, no provee una disposición hermética e hidrodinámica que facilite la toma de muestras y no garantiza un cierre hermético y controlado mecánicamente que garantice la integridad de la muestra y la precisión y certeza del momento de la captura de la muestra.

El documento WO18104414 por su parte describe un dispositivo submarino para recolectar muestras, que comprende un cuerpo sellado que comprende una pluralidad de depósitos de muestreo capaces de contener una muestra, conectados fluidamente a una entrada de llenado por conexión fluídica, una pluralidad de válvulas de apertura capaces de abrir y cerrar la conexión fluídica entre la cápsula de muestreo y la entrada de llenado, un microcontrolador programable situado dentro de la cavidad sellada y capaz de controlar las válvulas de apertura, y un tubo de muestreo equipado con un colector, estando cada entrada de llenado conectada fluidamente al tubo de muestreo. Empero este dispositivo no cuenta con una comunicación en tiempo real con un operador en superficie y que le permita accionar el cierre de las botellas de forma espontánea por parte de un operador, lo que limita la toma de las muestras a profundidades previamente establecidas, y adicionalmente cuenta con un conjunto de válvulas y microcontroladores que resultan técnicamente complejos, lo que introduce un mayores requerimientos de mantenimiento y costo, sin que esto confluya en una mayor precisión y eficiencia en la captura de la muestra.

Por último, el documento WO17202140 describe un dispositivo de muestreo que consiste en un cilindro con pistón, el cual se retrae por acción del movimiento de un vástago. El vástago está unido por medio de un cable a un mecanismo de accionamiento el cual se encarga de halarlo. Los cilindros de muestreo tienen la peculiaridad de ser herméticos y sellados, por cuanto el agua solo ingresa cuando se activa el movimiento del pistón. El cual, al ser impulsado por cables, se mueve en solo sentido, ya dichos cables estos solo pueden estar en tensión, lo que se traduce en que una vez se captura el agua no se podrá desalojar la misma. Este dispositivo presenta, debido a la disposición de un pistón, dificultades para la toma muestras de volúmenes grandes, en adición a alta complejidad y elevados costos de fabricación y mantenimiento.

Por lo tanto, el estado de la técnica no divulga en primera instancia un dispositivo que garantice la toma de muestras de agua a profundidades deseadas, de manera que la muestra se conserve hermética en rangos elevados de presión y de modo que el mecanismo de cierre pueda ser accionado para la toma de diferentes muestras de agua, de forma electromecánica tanto predeterminada como y circunstancialmente, respondiendo al interés del operador o investigador y a los cambios de los parámetros físico químicos del agua que rodea el dispositivo mientras baja por la columna de agua.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención refiere un sistema inteligente de sellado en botellas oceanográficas que supera las desventajas técnicas de los mecanismos anteriores, tales como la botella Niskin y la roseta oceanográfica e incorpora unos mecanismos de cierre automatizados y motorizados capaces de funcionar inmersos en agua, con un rango de operación entre los 0 metros y los 100 metros de profundidad, pero con capacidad de funcionar hasta una profundidad teórica de 300 metros; que garantizan la toma de muestras en una columna de agua a profundidades deseadas a través del cierre de un dispositivo colector, que pueden ser activados de acuerdo a comandos preprogramados con la profundidad deseada, o comandos enviados en tiempo real de acuerdo a la necesidad de la investigación, de modo que se pueda controlar el cierre efectivo de la botella en el momento de muestreo deseado.

Para lo anterior el mecanismo de sellado o cierre de compartimientos de la invención incorpora un sistema integrado de electrónica que responde, bien sea a una metodología de campo que indique la toma de muestras a diferentes profundidades previamente establecidas (40 m, 100 m, 150 m por ejemplo) y esa información, previamente cargada en el programa o software controlador, active un mecanismo de cierre de tapas, en respuesta a la información obtenida en campo a partir de un sensor de profundidad; o, en donde la captura de la muestra de agua se realice

(profundidad) de la captura de la muestra, ni una certeza de que la captura tuvo lugar hasta que la botella se vuelve a subir a la embarcación, momento en el cual se hace necesario reiniciar el procedimiento.

5 Por otro lado, estas botellas también presentan desventajas relacionadas a la falta de hermeticidad de los medios de sellado, haciendo que parte o la totalidad de la muestra se pierda, ya que los sistemas actuales cuentan con mecanismos de cierre convencionales, basados en elementos elásticos que cierran el o los cilindros por presión y capturan la muestra sin que esto garantice la ausencia de filtraciones, lo
10 cual adicionalmente no permite una comprobación del cierre efectivo de la muestra.

Finalmente, el mecanismo de activación/disparo de los medios de sellado, comprenden un caucho que debe ser reemplazo cada cierto tiempo porque sufre desgaste y ruptura por enfrentarse a las condiciones adversas del medio acuoso, y en
15 ocasiones, puede romperse en medio de una operación de toma de muestras de agua, lo que no solamente conlleva nuevamente a imprecisiones e incertidumbres en el momento de la captura de la muestra sino también a posibles pérdidas de piezas o daños en el mecanismo. Lo anterior, entre otras desventajas que se han identificado en el estado de la técnica y se han vuelto determinantes en el campo técnico.

20 Por su parte, equipos más robustos y con tecnología más avanzada, como la llamada roseta oceanográfica, ampliamente usada en el estado de la técnica, permiten la toma de múltiples muestras a profundidades preestablecidas. Sin embargo, estas botellas incorporan mecanismos de cierre rústicos, que disponen particularmente de
25 un caucho estirado ubicado en la parte interna de cada tapa, el cual, al liberarse el mecanismo del seguro, libera las tapas y por acción del encogimiento del caucho, obliga a que las tapas sellen las cápsulas o compartimientos de muestreo. Este sistema no permite por lo tanto verificar si el cierre de las tapas fue efectivo o no, ni permite la toma de muestras de agua de forma imprevista.

30 En vista de lo anterior, nuevas mejoras a la botella de Niskin y en general a dispositivos para la toma de muestras oceanográficas se han realizado y patentado. Por ejemplo, el documento CN106017984 divulga un dispositivo inteligente de recolección de agua de mar a múltiples profundidades que consta de un soporte de
35 instalación, botellas recolectoras de agua de mar y una unidad de control sensorial. Antes de que el dispositivo de recolección de agua de mar se coloque en una profundidad de agua de mar específica, las botellas recolectoras de agua están en un estado cerrado, de modo que se evita que el interior del dispositivo de recolección de agua se contamine mientras se baja y, en consecuencia, el resultado de muestreo
40 sea afectado. Una vez que el dispositivo inteligente de recolección de agua de mar de múltiples profundidades alcanza las profundidades de agua deseadas, las señales de un sensor se reciben bajo el control de la unidad de control, las tapas de las

respondiendo a situaciones fortuitas que requieran la toma de muestras de agua en momentos específicos de la exploración, por ejemplo en caso de que se encuentren anomalías asociadas a la temperatura (indicador de alteración física) u otros parámetros, que requieran la toma de una muestra de agua para ser estudiados.

5 Para este fin la invención incorpora una variedad de sensores, preferiblemente de profundidad, temperatura, y orientación, y un ordenador que activa el sistema de cierre que permite la toma de una o varias muestras de agua en el o los momentos deseados, de manera que se conserve la hermética e integridad de la muestra en rangos de presión elevados.

10

Así mismo, la invención permite la incorporación de múltiples contenedores para la toma de múltiples muestras independientes y proporciona unos mecanismos de sellado electromecánicos en los extremos de dichos contenedores que, a partir del movimiento de una serie de engranajes, abren y cierran lo contenedores de muestra,

15 de manera independiente y respondiendo a las señales de un operador o a las condiciones del ambiente, permitiendo la captura de las muestras de agua.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

20 **La figura 1** corresponde a una vista frontal de la botella oceanográfica (1) conformada por una carcasa exterior de dos partes (2,3) de acuerdo a una realización preferida de la invención tiene una geometría hidrodinámica y unos agujeros (4) dispuestos a lo largo del cuerpo.

25 **La figura 2** corresponde a una vista frontal del recipiente hermético (48) que contiene el sistema integrado de electrónica (40) dispuesto en la parte superior (2) de la botella oceanográfica (1); y los mecanismos de cierre (20) y los contenedores para la toma de muestra (12) dispuestos en la parte inferior (3) de la botella oceanográfica (1) de acuerdo a una realización preferida de la invención.

30

La figura 3 corresponde a una vista frontal de la botella oceanográfica (1) de acuerdo a una realización preferida de la invención, en donde en su orientación de uso normal, dispone de un cable (6) y dos cáncamos (5) para atar el dispositivo a la embarcación y un cable (7) de comunicación ethernet.

35

La figura 4 corresponde a una vista isométrica de un conjunto muestreador (11) de acuerdo a una realización preferida de la invención que comprende un contenedor de muestra (12) con sus respectivos mecanismos de cierre (20) en cada uno de los extremos.

40

La figura 5 corresponde a una vista isométrica de una roseta muestreadora (10) de acuerdo a una realización preferida de la invención conformada por dos conjuntos

muestreadores (11) montados en unos soportes superior (8) e inferior (9).

La figura 6 corresponde a una vista en perspectiva frontal de uno de los mecanismos de cierre (20) de la botella oceanográfica (1) de acuerdo a una realización preferida de la invención

La figura 7 corresponde a un corte seccional de la vista en perspectiva frontal de uno de los mecanismos de cierre (20) de la botella oceanográfica (1) de acuerdo a una realización preferida de la invención.

La figura 8 corresponde a una realización del sistema de integrado de electrónica (40) de la invención y su conexión con el resto del dispositivo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Como se observa en las figuras 1 a 8 la invención refiere un sistema inteligente de sellado en botellas oceanográficas que garantiza el muestreo del agua a profundidades deseadas en donde la botella oceanográfica (1) comprende una carcasa exterior que está conformada por una parte superior (2) que protege un sistema integrado de electrónica (40) y una parte inferior (3) que protege una pluralidad de conjuntos muestreadores (11).

En una realización preferida de la invención que se muestra en las figuras 1 y 2 el cuerpo de la botella tiene una geometría hidrodinámica de modo que al momento de la captura de las muestras no sea afectado por la fuerza de las corrientes y alteraciones del entorno. Particularmente, la parte superior (2) tiene preferiblemente una geometría cónica y la parte inferior (3) tiene preferiblemente una geometría cilíndrica con agujeros (4) a lo largo del cuerpo que permiten el flujo de agua desde y hacia el interior de la botella (1) y a través de los contenedores de muestras (12), que previo a la toma de la muestra se encuentran abiertos y en comunicación hídrica con el medio. Estos agujeros (4) facilitan que el agua se renueve a medida que el dispositivo sube o baja a lo largo de una columna de agua.

En una realización preferida de la invención que se muestra en la figura 3 el dispositivo es sostenido desde la superficie (50) a través de un cable (6) y dos cáncamos (5) dispuestos en la base de la parte inferior (3), e incorpora adicionalmente un cable de comunicación ethernet (7) que conecta el sistema integrado de electrónica (40) con un computador (47) dispuesto en la superficie (50).

En una realización preferida de la invención la parte superior (2) está hecha de un material filamentosos, particularmente fibra de vidrio y la parte inferior (3) está hecha de un material plástico polimérico, particularmente PVC.

En una realización preferida de la invención las dos partes de la carcasa exterior (2,3) se acoplan entre sí mediante un mecanismo de rosca.

5 Como se muestra en la figura 4 la invención comprende unos conjuntos muestreadores (11), dispuestos en la parte inferior (3) de la botella (1), que comprenden al menos un contenedor para la toma de muestras (12) y al menos dos mecanismos de cierre (20) dispuestos en cada uno de los extremos de los contenedores para la toma de muestras (12).

10 En una realización preferida de la invención que se muestra en la figura 5 al menos dos conjuntos muestreadores (11), acoplados entre sí mediante unos soportes superior (8) e inferior (9), pueden agruparse con otros y formar una roseta muestreadora (10) dispuesta en la parte inferior (3) de la botella (1).
15 Alternativamente, la roseta muestreadora (10) puede estar conformada por entre 2 y 16 conjuntos muestreadores (11).

En una realización preferida de la invención los contenedores de muestra (12) son tubos cilíndricos de diámetro entre 25,4 mm y 76,2 mm y longitud entre 254 mm y
20 1524 mm.

Como se muestra en las figuras 6 y 7, la invención proporciona unos mecanismos de cierre (20) de los contenedores para la toma de muestras (12) que constan de un sistema de engranajes que, comandados electrónicamente, ponen o retiran un
25 tapón (21) que permite el ingreso, retención y salida de una muestra de agua en el contenedor (12) a profundidades deseadas.

Los mecanismos de cierre (20) que se encuentran contenidos en la parte inferior (3) de la botella oceanográfica (1) están formados por un conjunto de componentes que permiten el movimiento en un solo eje en ambos sentidos, y constan de una base
30 soporte (35) que da el soporte inicial en un extremo del mecanismo, y un segundo soporte (23) que se fija al contenedor de muestras (12) y sujeta todo el sistema gracias a unas varillas roscadas (31) que sirven adicionalmente como separadores para mantener la distancia optima de funcionamiento. El cierre hermético del
35 contenedor de muestras es posible gracias un tapón de caucho (21) y a un asiento para el tapón (22) fabricado en acero inoxidable.

Para la captura de la muestra, el movimiento de cierre del mecanismo se origina en un motor sin escobillas (32) y es transmitido mediante un tornillo sinfín (33) a un
40 engranaje tipo corona (34) que disminuye la velocidad del motor (32) y aumenta el torque en la medida de la reducción deseada según el motor que se seleccione. El engranaje (34) está acoplado a un husillo (29) de desplazamiento, que gira a través de una tuerca (36) generando un movimiento lineal debido a que la tuerca (36) está

montada en contacto con un deslizador (26) cuya rotación está restringida mediante unas guías (25) metálicas cuyo movimiento a su vez está restringido por unos soportes de guías (30). Este movimiento permite bajar (poner) y subir (quitar) el tapón (21) causando respectivamente el cierre y apertura de los conjuntos
5 muestreadores (11)

El mecanismo de cierre (20) cuenta con unos interruptores magnéticos (24,37) y un imán (27) montados en el deslizador (26) que funcionan como finales de carrera superior (37) e inferior (24) indicando los extremos del recorrido del movimiento del
10 mecanismo de cierre (20). Adicionalmente el mecanismo cuenta con un modulador de distancia (28) entre los interruptores magnéticos (24,37) que permite variar el recorrido deseado del tapón (21) para así ajustarse a otros contenedores (12) de diferentes dimensiones.

El mecanismo de cierre (20) es comandado electrónicamente mediante el sistema
15 integrado de electrónica (40) de la invención desde una computadora (47) dispuesta en la superficie (50) a través de un cable ethernet (7), mostrado en las figuras 3 y 8, para abrir y cerrar los conjuntos muestreadores (11) a las profundidades requeridas.

En una realización preferida de la invención, que se muestra en la figura 2, el sistema
20 integrado de electrónica (40) se encuentra en el interior de un recipiente hermético (48) en la parte superior (2) de la botella (1). Preferentemente el recipiente hermético (48) está fabricado con piezas en polimetilmetacrilato o polimetacrilato de metilo (PMMA), aluminio, acero inoxidable y caucho y contiene todos los
25 componentes del sistema electrónico (40) y el sistema de energía (43) del dispositivo.

De acuerdo con la invención, el sistema integrado de electrónica (40) comprende un ordenador de placa única (41), que en una realización preferida de la invención es
30 una Raspberry Pi 3, conectado a unos controladores de velocidad (42) que accionan los motores sin escobilla (32) en ambos sentidos de giro, y consecuentemente accionan los mecanismos de cierre (20). El sistema de electrónica (40) incluye también un sensor de temperatura (46), un sensor de presión (45) que se usa para calcular la profundidad a la que está el dispositivo y una unidad inercial (44) que le
35 permiten determinar la orientación del dispositivo mientras se encuentra sumergido. La alimentación eléctrica consta de una batería (43) para los motores (32) y el resto de la electrónica.

A partir de los sensores de profundidad (45), temperatura (46) e inercia o inclinación
40 (44) incorporados a la botella (1), el sistema integrado de electrónica (40) puede preprogramar y modificar en tiempo real las profundidades de interés a través de un

software (49) que se comunica con la superficie (50) desde una computadora portátil (47) para que se active el mecanismo de cierre mecánico (20) garantizando que la muestra de agua sea tomada a la profundidad de interés.

5 Gracias a este software (49) la información es transmitida vía ethernet (7) hasta la computadora de placa única (41) que se encarga de ejecutar la orden activando los controladores de velocidad (42) que transmiten la corriente a los motores del mecanismo de cierre (20) montados en conjuntos muestreadores (11). Cada conjunto muestreador (11) cuenta con dos mecanismos de cierre (20) y cada
10 mecanismo de cierre (20) cuenta con cuatro finales de carrera contruidos a partir de dos interruptores magnéticos superior (37) e inferior (24) y un imán (27), en donde estos finales de carrera permiten detectar la posición superior e inferior del tapón (21). Cuando el tapón llega a la posición baja, es decir de cierre, el imán (27) se acerca al interruptor magnético inferior (24) activando el final de carrera e
15 indicándole a la computadora de placa única (41) que ha colocado el tapón (21) impidiendo el paso del agua. Cuando el tapón llega a la posición alta, es decir de apertura, el imán (27) se acerca al interruptor magnético superior (37) activando el final de carrera e indicándole a la computadora de placa única (41) que ha retirado el tapón permitiendo el paso del agua.

20 El sistema se puede operar desde una embarcación menor o una embarcación con grúa, y necesita un cabo o cuerda (6) que evita la pérdida del dispositivo y un cable de datos (7) que permite obtener información en tiempo real en la superficie (50) mediante una conexión ethernet desde una computadora portátil (47) hacia el
25 ordenador de placa única (41) del sistema electrónico integrado (40) del dispositivo. Mientras el dispositivo baja por una columna de agua, los diferentes sensores (44,45,46) toman los datos del medio ambiente y los transmiten al ordenador (41) en donde, en primera medida, si el operador detecta alguna situación de interés puede accionar la señal de cierre de forma espontánea, antes de lo planificado, y en
30 dicho momento los mecanismos de cierre (20) superior e inferior de cada contenedor (12) y uno o varios conjuntos muestreadores (11) se cierran atrapando las muestras de agua en su interior.

Por otro lado, se puede programar el cierre y apertura de los conjuntos
35 muestreadores (11) en momentos (profundidades) predeterminados, en donde, a partir de la información tomada y transmitida por el conjunto de sensores (44,45,46) al ordenador de placa única (41) se confirma que la botella (1) se encuentra en alguna de las profundidades de interés previamente establecidas por el software de monitoreo y control (49), momento en el que la computadora de placa única (41)
40 genera de manera autónoma la señal de cierre que activa los mecanismos cierre (20) superior e inferior de cada contenedor (12) y uno o varios conjuntos muestreadores (11) se cierran atrapando las muestras de agua en su interior.

Con la invención se disminuyen las imprecisiones sobre la profundidad real en donde se realiza la toma de la muestra de agua o la distancia de inmersión del equipo en la columna de agua, y la incertidumbre sobre si la toma de la muestra tuvo efecto de manera exitosa. El dispositivo automatizado de cierre de las tapas y captura de muestra incluye adicionalmente mejoras relacionadas a la integridad de la muestra para su evaluación posterior.

Se debe entender que el sistema descrito por la presente invención no se halla limitado a las realizaciones descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles, en diferentes aspectos de la invención como los materiales, las dimensiones y proporciones de los elementos, entre otros, que no se apartan del espíritu de la invención.