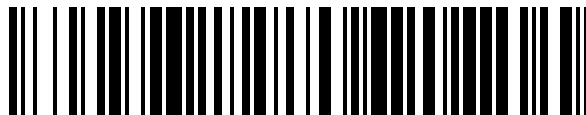


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 307 562**

21 Número de solicitud: 202332203

51 Int. Cl.:

B63B 35/32 (2006.01)

B63H 20/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

12.12.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.05.2024

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

(100.0%)

Avenida de Séneca, 2

28040 Madrid (Madrid) ES

72 Inventor/es:

LÓPEZ OROZCO, José Antonio;

GARCÍA PÉREZ, Lía;

BESADA PORTAS, Eva y

GIRÓN SIERRA, José M^a Ricardo

54 Título: **Estructura y sistema de propulsión para vehículo acuático de superficie (VAS)**

ES 1 307 562 U

DESCRIPCIÓN

Estructura y sistema de propulsión para vehículo acuático de superficie (VAS)

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un vehículo no tripulado para toma de muestras. De forma más concreta, se refiere a un nuevo diseño de vehículo autónomo de superficie (VAS) para uso en monitorización de aguas en entornos marinos y embalses.

10 Antecedentes de la invención

La calidad de las masas de agua dulce suscita la atención de autoridades y del público por múltiples razones. Entre ellas, destacan la obligación legal de asegurar la salubridad de las aguas para el consumo humano y la conservación y protección del medio ambiente. Además, son un recurso limitado, amenazado por el uso incorrecto y por numerosos factores ambientales. El cambio climático, con inundaciones y sequías extremas, exacerba su fragilidad y reduce la disponibilidad de aguas continentales de calidad.

Uno de los problemas más importantes es la aparición de gran cantidad de cianobacterias. Éstos afloramientos de cianobacterias (CB, del inglés Cyanobacteria Blooms) pueden darse en multitud de lugares como lagos, embalses o ríos, donde constituyen un peligro especialmente relevante para la salud pública y los ecosistemas debido a su frecuente producción de metabolitos tóxicos. Además, esto se ve incrementado por la vulnerabilidad actual de los recursos hídricos a los cambios medioambientales (como el calentamiento global, el crecimiento demográfico y la eutrofización del agua).

Tanto la legislación española como la europea, están revisando sus directivas en el sentido de un mayor control y gestión de las aguas continentales y, más concretamente, las dedicadas a uso humano. Esto hace que los métodos tradicionales de muestreo, con puntos fijos y recogida de muestras manuales con su posterior análisis en el laboratorio, se han insuficientes. En el caso de los puntos fijos de recogida de muestras, porque una localización determinada limita la eficacia de los datos adquiridos; y en el caso del análisis posterior en laboratorio, porque su alto coste, tanto económico como de recursos, lleva a tomar muestras en pocos instantes, por lo que se reducido número no permite obtener un modelo o conocimiento adecuado de la situación.

Por ello, la monitorización automática en tiempo real y la predicción y anticipación de problemas de diversos tipos de agua, constituyen un desafío para las autoridades responsables del mantenimiento de buenas condiciones de los distintos cuerpos de agua, ya que requieren más y mejores datos para implementar herramientas de decisión que les ayuden a minimizar los riesgos asociados a la exposición de CB y compuestos tóxicos.

Los vehículos autónomos de superficie (VAS) permiten realizar la monitorización de aguas en diversos puntos y con la frecuencia adecuada que exija la situación en cada momento.

Existen multitud de publicaciones sobre VAS como la de Othman, E.H. ("A review on Current Design Of Unmanned Surface Vehicles (UVSs)"). (*Journal of Advance Review on Scientific Research*, **2005**, 16 (2), 12-17) o Zhixiang Liu *et al.* ("Unmanned Surface vehicles: An Overview of development and challenges". *Annual Reviews in control*, **2016**, 41, 71-93) donde se enumeran diferentes VAS y sus características. También tratan sobre sistemas de navegación y control, sobre la aplicación a la que están dirigidos, sobre coordinación y cooperación entre diferentes

VAS, etc. Se ha descrito asimismo la tendencia en investigación sobre VAS (Barrera, C. *et al.* “Trends and Challenges in Unmanned Surface Vehicles (USV): From Survey to Shipping”. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, **2021**, 15 (1), 135-142) orientados a la seguridad, el control autónomo, guiado, etc. En todos los casos anteriores, el aspecto externo de los vehículos es muy parecido, como barcos tradicionales, pero con más sensores, y gobernados por un sistema de guiado, planificación y control por computador.

También en el mercado existe una variedad de vehículos autónomos de superficie (VAS) específicos para toma de muestras en entornos marinos y embalses. Así, existen multitud de vehículos autónomos marinos de superficie diseñados para tareas de vigilancia, inspección o monitorización tanto en aguas continentales como marina, para costas, puertos o incluso alta mar. Ejemplos pueden verse en compañías como *L3Harris* (<https://www.l3harris.com/all-capabilities/autonomous-systems>), *UTEK* (<http://utek.es/>), *Unique Group* (<https://www.uniquegroup.com/>), *Aquatic Drones* (<https://aquaticdrones.eu/autonomous-surface-vessel/>), etc. Todos estos vehículos son grandes barcos que están concebidos para realizar operaciones de vigilancia, monitorización o inspección de forma similar a como se hace tradicionalmente por humanos, pero controlados de forma remota con un sistema de control remoto y con un computador a bordo que permite realizar rutas de forma automática (normalmente basado en *waypoints* o seguimientos de trayectorias). Sin embargo, su forma y funcionamiento es intrínsecamente igual a la de un barco.

Además, se han descrito vehículos VAS pequeños de tipo catamarán. Así, Ferri. G. *et al.* (“The HydroNet ASV, a Small-Sized Autonomous Catamaran for Real-Time Monitoring of Water Quality: From Design to Missions at Sea” *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, **2015**, 40 (3), 710-726, doi: 10.1109/JOE.2014.2359361) describen el diseño de un VAS con una estructura bicasco que incorpora en el interior de cada casco, sistemas de abordaje y donde la propulsión mediante hélices no entubadas dispuestas en cada casco. El documento KR 10-2010-0008652 A, describe un VAS para adquirir datos de información del agua en zonas costeras, donde la propulsión se realiza mediante hélices entubadas integradas en cada uno de los dos cascos; G. Hitz *et al.* (“Autonomous Inland Water Monitoring: Design and Application of a Surface Vessel”, *in IEEE Robotics & Automation Magazine*, **2012**, 19 (1), 62-72, doi: 10.1109/MRA.2011.2181771) desarrollaron un VAS para monitoreo de recurso hídricos, específicamente, en relación a la proliferación de cianobacterias, con dos cascos que integran hélices entubadas; en el documento WO2021/178044 A2 se muestra un VAS para recogida de datos mediante sensores a bordo o bajo el agua, también con hélices, entubadas o no entubadas; Pairet, E. *et al.* (“Nukhada USV: a Robot for Autonomous Surveying and Support Underwater Operations”, [arXiv:2201.031688](https://arxiv.org/abs/2201.031688)) describen un VAS para estudio e inspección de aguas y apoyo de actividades submarinas, de tipo catamarán, donde la disposición y el diseño de los elementos propulsores permite una alta maniobrabilidad.

Existen también a nivel comercial VAS “pequeños” de tipo catamarán como el método **Z-boat 1250**, de *Teledyne Marine* (<http://www.teledynemarine.com/oceanscience>), de tipo catamarán clásico (cuerpo central y dos patines), con la propulsión trasera en los patines; **Trident ASV** de *CEE HydroSystems* (<http://ceehydrosystems.com/>), tipo catamarán también clásico con un cuerpo central y dos patines que lleva las hélices propulsoras en la parte posterior de los patines; un vehículo pequeño de 1.8 m de *Sea Robotics* (<http://www.searobotics.com/products/aonomous-surface-vehicles>) que es un ejemplo de catamarán clásico con propulsión trasera, por ejemplo.

A pesar de la gran cantidad de diseños descritos en la bibliografía y los comercialmente disponibles, sigue siendo de interés el desarrollo de nuevos diseños de VAS de bajo coste, versátiles y autónomos.

5 En la presente invención se describe un nuevo diseño de VAS de tipo catamarán con una nueva disposición de las hélices y patines de dota al VAS de una estabilidad y maniobrabilidad muy adecuada para el uso de sondas para monitorizar el estado de la calidad del agua.

Explicación de la invención

10 La presente invención muestra el diseño de los patines, la disposición de las hélices de propulsión y el cilindro central de muestra de un vehículo marino pequeño, VAS, para la toma de muestras de aguas superficiales continentales, tales como en lagos, embalses, ríos, balsas de contención, etc.

15 El diseño de la estructura y configuración del VAS es original y los aspectos que hacen que el vehículo se distinga de los existentes en el mercado, y que le dota de ventajas respecto a otros vehículos similares que se han mencionado anteriormente, son las hélices en los laterales exteriores de los cascos o patines, colocadas a la altura del centro de empuje del VAS en la eslora, y hacia proa, de arrastre y con control independiente, y el cilindro hueco central para toma de muestras y patines estrechos y profundos respecto al tamaño del VAS, que le permiten una gran maniobrabilidad y fácil control de la posición. El VAS necesita permanecer quieto en una posición mientras se realizan las medidas. Esto puede requerir varios minutos y el diseño de los patines, forma del VAS y disposición de las hélices permiten realizar un control de posición mucho más sencillo y con menor coste de energía que los tradicionales para mantenerlo quieto a pesar de corrientes o viento.

25 En las Figura 1 y 2, correspondientes a la vista lateral y frontal (proa) del VAS, se señalan todos estos elementos. Destacar que la tapa que protege toda la circuitería de control se ha hecho transparente para que se pueda observar el interior. Esta etapa se quita para poder manipular el interior, programar el vehículo, etc., y se pone para proteger del agua el interior del VAS. En la vista superior, Figura 3, se ha quitado la tapa para mostrar el interior, donde se pueden ver la zona para la instrumentación electrónica y los huecos de los patines, donde se inserta el lastre y las baterías del vehículo. La Figura 4, muestra la parte inferior del VAS y, como se puede ver, el cilindro es hueco y tiene acceso directo al agua.

35 El diseño del VAS permite que la navegación del vehículo tenga un comportamiento similar al de un dron aéreo, pero sobre el agua. La disposición de los patines profundos (en tipo catamarán) con dos hélices en sus flancos y adelantadas en un montaje original que permite una gran maniobrabilidad y estabilidad. La ventaja de este diseño es que resulta un vehículo muy estable, fácil de manejar y de mantener estable en una posición fija en estanques y embalses.

40 En su centro existe una abertura por la que se puede desplegar una sonda u otro dispositivo y bajarlo a diferentes profundidades. Esto permite adaptar el VAS para usar diferentes ondas multiparamétricas (comerciales o diseñadas por el usuario) para tomar y monitorizar diferentes parámetros de los embalses en diferentes puntos y/o alturas. Así mismo, por esta abertura se podrían acoplar otros dispositivos como un sistema de toma de muestras de agua para su posterior análisis. Todo el diseño del VAS está orientado a la abertura en un centro de este cilindro y que es también algo original y no se ha encontrado en la literatura en vehículos de estas características.

45

El novedoso diseño de la estructura del VAS y la disposición de las hélices son distintos a los vehículos tradicionales, porque la disposición de las hélices y la forma de los patines le confieren una maniobrabilidad y comportamiento más similar al de un “dron aéreo” (pero en el agua), que en un barco permitiendo una fácil estabilización y con un coste energético bajo; y porque en su

5 centro se sitúa un cilindro por el que puede subir y bajar una sonda o dispositivo que se quiera utilizar para monitorización. El diseño del VAS no tiene una forma típica de una embarcación (es prácticamente cuadrado); externamente tiene más parecido a una boya marina, aunque su comportamiento es el de un barco.

Este diseño aporta ventajas, ya señaladas previamente y que puedan resumirse en:

10 - Las hélices en los laterales y adelantadas, Figura 2, le proporcionan mayor maniobrabilidad y control. La disposición lateral de las dos hélices, Figura 1, controlables independientemente, permite maniobras que no se podrían realizar con un vehículo con timón y una hélice. Y es más maniobrable que la disposición tradicional de dos hélices en la parte posterior. Además, la mayor separación, a los costados, como se puede ver en la Figura 3, permite conseguir cualquier ángulo

15 de giro, incluso sobre sí mismo. El que estén un poco adelantadas, hace que la fuerza de las hélices sea tipo arrastre, en lugar de empuje, facilitando el control del VAS.

- Los patines profundos respecto al tamaño del VAS, Figura 1, donde se colocará el lastre y los elementos de mayor peso, hacen que el peso esté lo más bajo posible, lo cual permite bajar el centro de masas, y por tanto darle mayor estabilidad y reducir considerablemente la posibilidad

20 de un vuelco del VAS.

- El cilindro hueco, Figura 4, situado en el centro de masas del vehículo, permite una mayor estabilidad al bajar y subir la sonda frente a sistemas tipo grúa que bajan las sondas por la borda o por popa/proa ya que se evitan oscilaciones y la descompensación del VAS por el peso de la sonda. Esto es importante en el caso de vehículos pequeños y ligeros, para que sean portables,

25 donde la proporción entre el peso, la sonda y el VAS puede ser apreciable.

El diseño conjunto de las características anteriores dota al VAS de una mejora en la estabilidad, maniobrabilidad, control y estabilización en un punto fijo respecto a vehículos marinos de características similares, tipo catamarán. El hueco central permite adaptar distintos elementos de monitorización fácilmente y preparar el VAS para la aplicación que se desee, como, por

30 ejemplo:

- Monitorización con una sonda multiparamétrica, utilizando un control remoto (que incorpora) para medir en los puntos deseados de un embalse. Estos puntos se pueden programar como puntos objetivo (*waypoints*) de forma que las medidas las realice de forma automática y autónoma el VAS, pero también se pueden obtener de sistemas de planificación más complejos

35 que se están desarrollando.

- Toma de muestras en distintos cuerpos de agua. Acoplando un sistema adecuado para la adquisición de muestras se podría realizar esta tarea que ahora es ardua y compleja, de forma rápida y sencilla, abaratando apreciablemente los costes de operación.

- Formar parte de un sistema de Alerta Temprana. (EWS, del inglés *Early Warning Systems*) que

40 monitorice la calidad de agua o anticipe la aparición de CB un embalse. Los VAS permiten tomar muestras en diferentes puntos del embalse que pueden servir para generar modelos de predicción y alarma o para ratificar las predicciones que estos proporcionen.

- Por último, como cualquier otro vehículo marino de superficie, puede ser utilizado para tareas típicas, de batimetría, vigilancia, ...

En resumen, las características de este VAS permiten que se utilice para diversas aplicaciones en aguas tranquilas y que no requiera velocidades altas.

Breve descripción de los dibujos

5

Figura 1. Vista frontal del VAS (proa).

Figura 2. Vista lateral del VAS (babor).

Figura 3. Vista superior del VAS

Figura 4. Visto inferior del VAS

10 Figura 5. Vista general del VAS

Figura 6. Prototipo construido de VAS

En todas estas figuras los números indicados se refieren a los siguientes elementos:

(1) Tapa

(2) Hélice

15 (3) Patín

(4) Cilindro central

(5) Compartimento de la hélice

(6) Polea para la sonda

(7) Hueco del cilindro

20

Realización preferente de la invención

La presente invención se ilustra mediante el siguiente ejemplo que no pretende ser limitativo de su alcance.

25 Siguiendo el diseño descrito en la presente invención, se construye un prototipo de VAS de pequeño tamaño, mostrado en la Figura 6 (de unos 80 x 80 x 60 cm), de tipo catamarán con dos cascos paralelos estrechos, profundos y huecos por dentro, para llenar con lastre; presenta sendas hélices entubadas y de control independiente para el gobierno de la embarcación y su anclaje o posicionamiento dinámico; las hélices se sitúan en los laterales exteriores de cada

30 casco, tendiendo a su parte de proa. También presenta un sistema de recogida de muestras mediante un cabrestante en el centro de la embarcación para inmersión y ascenso, a través de un cilindro vertical hueco, de sondas para toma de muestras del agua. La finalidad del vehículo autónomo es para la monitorización y toma de muestras del estado y la calidad del agua mediante sondas, sumergidas en determinados puntos y profundidades del ecosistema acuático

35 considerado.

Su pequeño tamaño hace fácil transporte sin necesidad de utilizar vehículos grandes o adaptados. De igual forma, su bajo peso permite que dos personas puedan llevarlo fácilmente a la zona de agua donde se quiera desplegar, que típicamente son lugares donde normalmente no tienen acceso los vehículos motorizados.

REIVINDICACIONES

1. Vehículo autónomo de superficie (VAS) de tipo catamarán que comprende:
- dos cascos o patines huecos profundos respecto al tamaño del VAS para lastrarlos en su interior,
 - dos hélices entubadas de propulsión, actuadas eléctricamente.
 - un cilindro hueco central para toma de muestras,
 - un cabrestante central en el VAS para la bajada de sondas por el cilindro,
- caracterizado porque las hélices están dispuestas en los laterales exteriores de los cascos o patines, colocadas a la altura del centro del empuje del VAS en la eslora, y hacia proa, de arrastre y con control independiente.
2. Vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicación 1, que dispone además de una tapa que cubre la instrumentación electrónica.
3. Vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicación 1, donde los patines alojan lastre y baterías.
4. Vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicación 1, donde las sondas son, sondas multiparamétricas.
5. Vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicación 1, en donde el cilindro también se aloja un sistema de toma de muestras.
6. Vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicación 1, donde las dos hélices son controlables independientemente.
7. Uso del vehículo autónomo de superficie (VAS), según reivindicaciones anteriores, donde para monitorización de aguas superficiales continentales.

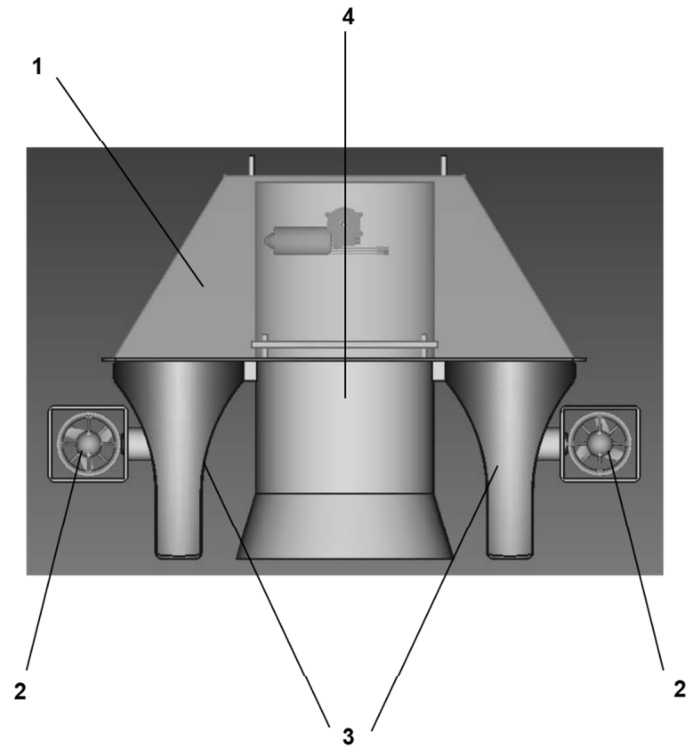


Figura 1

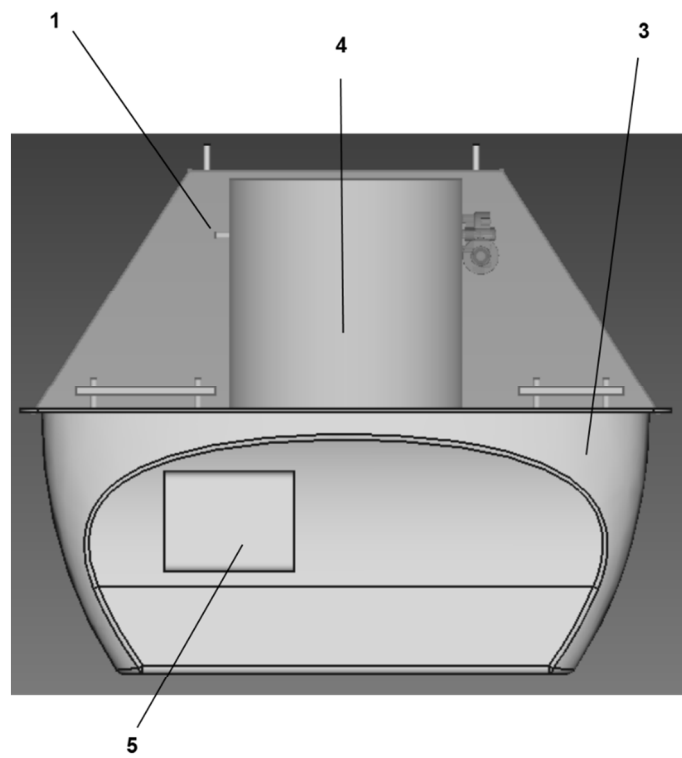


Figura 2

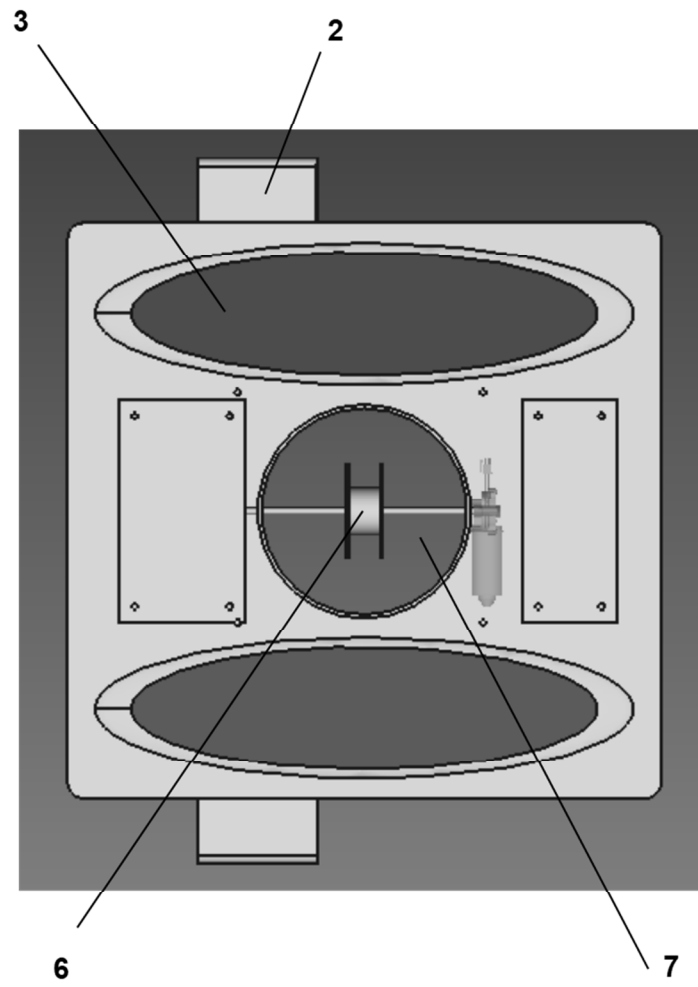


Figura 3

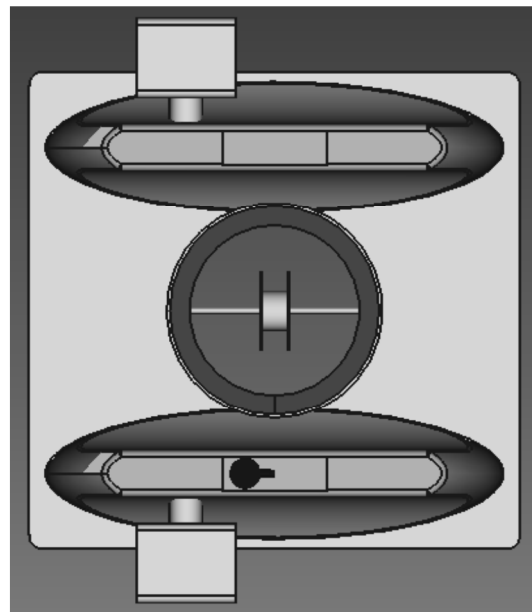


Figura 4

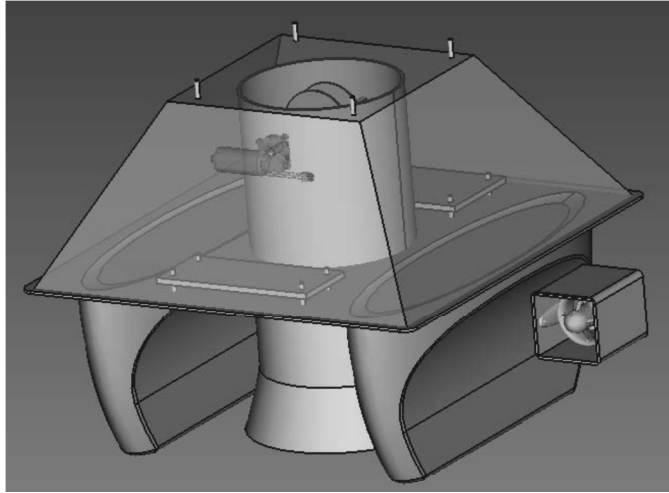


Figura 5

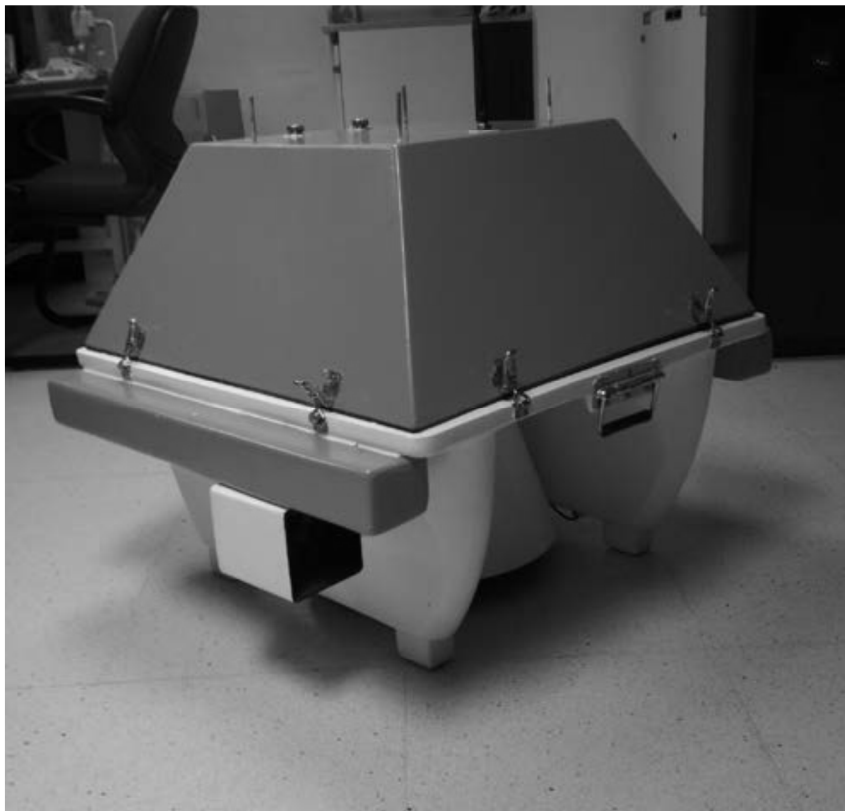


Figura 6