

MÉTODO PARA MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA MEDIANTE CAPTACIÓN DE MUESTRAS CON DRONES PROGRAMABLES Y TELEDETECCIÓN MULTIESPECTRAL.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La invención se refiere a la captación de muestras de agua para caracterización medioambiental a través de drones programables, en combinación con técnicas de teledetección multiespectral para la caracterización íntegra del área inundada por cuerpos de agua naturales vulnerables o artificiales para la captación de efluentes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las técnicas para captación de muestras de agua con fines de análisis y caracterización medioambiental puede ejecutarse en diversos ambientes y condiciones, se pueden muestrear entonces aguas meteóricas (de proveniente de fenómenos atmosféricos), superficial (de espejos permanentes en cuerpos de agua lóticos -ríos- o lénticos -lagunas, lagos, ciénagas, embalses o marismas-), subterráneas o en ambientes marino-costero. En el caso de los cuerpos de agua lénticos, el muestreo se realiza, por lo general, con técnicas manuales, semiautomáticas o automáticas, teniendo en cuenta los parámetros a ser evaluados (físicoquímicos, microbiológicos, concentración de metales pesados, etc) mediante dispositivos capaces de captar la muestra para su posterior análisis en ensayos de laboratorio certificados o mediante equipos con instrumentación electrónica suficiente para la medición y registro de parámetros particulares.

En estos últimos casos (dispositivos y equipos para medición y registro en cuerpos de agua lénticos), la selección de los puntos de muestreo están supeditados a la accesibilidad del sitio (desde embarcaciones o mediante personal que pueda tomar la muestra directamente en el sitio), la intervención antrópica pre-existente (efluentes o descargas de aguas residuales, urbanas, agrícolas o industriales), las condiciones medioambientales (presencia de vida autóctona que resguardando su hábitat), riesgos biológicos (en cuerpos de aguas contaminados o lagunas

artificiales para descarga de efluentes para su tratamiento según normativa y buenas prácticas ambientales), etc.

Gracias a todas estas variables, se tienden a analizar sitios representativos a través de puntos particulares, en grandes áreas de influencia para el estudio medioambiental que precisan de un conocimiento previo de la hidrodinámica del sitio y su interacción con los demás elementos presentes. En el mejor de los casos, la cantidad de puntos de muestreo (periódicos, permanentes, fijos -red de puntos o pozos instrumentados-) tiende a ser de una cantidad de puntos representativo de un fenómeno particular que se requiere medir o con escaso alcance espacial, es decir, sin una distribución equiespacial en todo el espejo de agua o complementando los resultados con simulaciones en ambiente virtual con técnicas numéricas computacionales agrupadas en la disciplina de Mecánica de Fluidos Computacional (Elementos Finitos, Volúmenes Finitos, Modelos de Turbulencia, etc)

Debido a la alta especialización de los conocimientos requeridos para este tipo de análisis y a su limitación espacial (no es adecuada para grandes cuerpos de agua con múltiples interacciones que complejizan el modelo matemático de simulación) se ha recurrido a las técnicas de teledetección en distintas longitudes de ondas del espectro electromagnético (visible, no visible, térmico, etc) lo cual permite relacionar la respuesta reflectiva (reflectancia) del agua superficial con parámetros físicoquímicos o microbiológicos específicos, mediante distintas técnicas de análisis (Empíricas, Semi-empíricas, Analíticas o Asistidas por Inteligencia Artificial) que permiten extrapolar los resultados de análisis en sitio o de laboratorio con dichos valores de reflectancia mediante técnicas de inversión analítica o de análisis estadístico.

Gracias a que la captación de distintas longitudes de onda puede realizarse por uno o varios sensores, en diversas plataformas de observación (aviones, helicópteros, avionetas o satélites) es posible visualizar grandes áreas, pero aún con limitaciones debidas a las condiciones atmosféricas (que imposibilitan el vuelo de aeronaves tripuladas) o geoespaciales (relacionadas con la frecuencia orbital de los satélites que portan los sensores adecuados o las condiciones de nubosidad del sitio al

momento del barrido del satélite utilizado) sin mencionar los costes asociados a estas técnicas de teledetección tradicional o la resolución (Ground Sample Distance -GSD- o Distancia de Muestra del Terreno) que pueden ser mayores a las Decenas de metros por píxel de imagen disponible sea pública (LANDSAT, SENTINEL, MODIS) o de pago (Quickbird), esta últimas con mejor resolución, pero nunca menores a varios metros de terreno por píxel.

Por todo ello, han surgido técnicas emergentes basadas en el uso de Vehículos Áereos No Tripulados -VANT- comúnmente conocidos como drones, tanto para la captación de muestras como para la teledetección en distintas longitudes de onda.

La patente US20220090992A1 (aún en estado pendiente de otorgamiento) describe un un aparato de muestreo acoplable de forma desmontable para su uso con un dron que tiene un elemento de alojamiento, un elemento de flotación, al menos dos elementos de conexión, una estructura plegable y al menos un sensor extraíble y extensible. El elemento de recolección incluye al menos 2 recipientes cilíndricos, el armazón colapsable se extiende desde la superficie inferior del miembro de flotación y puede ser sumergible, los recipientes cilíndricos incluyen aire comprimido para el desplazamiento del agua cuando se toma una muestra. El dron puede separarse del aparato de muestreo durante el muestreo bajo el agua en caso de emergencia, el sensor puede medir el pH, la turbidez, la temperatura y el oxígeno disuelto.

Por otra parte, la patente WO2021072242A1 (en estado publicación) describe un dispositivo de muestreo de agua que compensa las fuerzas de flotabilidad y equilibra el peso en un vehículo aéreo no tripulado durante el vuelo y durante el proceso de recolección de muestras de agua. El dispositivo de muestreo de agua puede acoplarse y retirarse de un vehículo aéreo no tripulado incluso durante el vuelo con un esfuerzo mínimo. El dispositivo de muestreo de agua brinda la capacidad de realizar la recolección de muestras de agua en ubicaciones remotas mediante el uso de un dron.

En la patente CN112697511A (en estado pendiente de otorgamiento) describe una plataforma de recogida de muestras de agua acoplada a un vehículo aéreo no tripulado, La cabina de recolección de muestras de agua comprende un tanque de

almacenamiento de agua, un conjunto de recolección de muestras de agua y una interfaz de recepción de energía para vehículos aéreos no tripulados. El dron es de múltiples motores y cuando se combina las características del tanque de almacenamiento el dron es estable en actitud de vuelo y flexible, el dispositivo se puede usar para recolectar muestras de agua de grandes lagos poco profundos, embalses y aguas poco profundas en alta mar. Además, la aeronave no tripulada también cuenta con un módulo de adquisición de imágenes para fotografiar el entorno de la superficie del agua.

En el caso de la patente concedida US11391650B2, da a conocer un método y/o aparato para realizar muestreos de agua utilizando un dron o un vehículo aéreo no tripulado (UAV), el aparato adjunto puede ayudar a uno o más usuarios a recolectar muestras o recolectar datos sobre un cuerpo de agua. Comprende un accesorio que une el dispositivo al UAV, puede tener la forma de una placa acoplable, configurable para su acoplamiento a cualquier tipo de UAV multirrotor, el accesorio puede permitir que el UAV lleve una capacidad de carga útil de 6 kg. El dispositivo de muestreo está conectado a través de una línea, y se baja desenrollando la línea de un carrete. El dispositivo de muestreo se baja y se recupera a la velocidad especificada según las instrucciones. Un dispositivo de corte de línea puede cortar la línea si el dispositivo de muestreo se queda atrapado en una obstrucción.

Existen además diversos dispositivos para toma de muestras acoplables a drones de uso industrial (como el dispositivo NERO Poli de origen Australiano; El Speedip acoplable a un dron tipo multirrotor, el cual ‘cuelga’ de la aeronave al posarse sobre el punto de muestreo, comercializado por sorability.com; el dispositivo SplashDrone 4 WQMS que es un sistema acoplable a un drone a prueba de agua; El Water Sampling Drone que tiene un funcionamiento similar al Speedip mediante una botella colgante para llenado por gravedad comercializado por TerraSana Consultants; el sistema NixieDip comercializado por la compañía homónima con sede en Canadá, el cual consiste en una botella colgante para drones industriales; también existe un dispositivo colgante con computador a bordo para planificación y adquisición de muestras mediante una botella muestreadora comercializado por SPH Engineering, disponible en Europa en dos versiones: el sistema de muestreo

para acoplarlo a un dron industrial y el sistema con computador y software de planificación). Ninguno de estos sistemas ofrece el uso de técnicas de teledetección para combinarlo con los datos captados a través del análisis de la muestra de agua.

Asimismo, existen líneas de investigación en desarrollo (Koparan, C. 2016; Koparan, C. et al, 2018; Koparan, C., et al 2020) que implican el diseño, calibración y ajuste de un sistema de muestreo 'adaptativo' es decir, que muestrea según parámetros registrados en sitio fuera de los valores de norma o previamente configurados en una ruta de vuelo específica. Nuevamente, se trata de un dispositivo acoplable a un UAV o Dron para una mayor versatilidad en la técnica del muestreo. También en Ore, J.-P. et al 2015 exploran un dispositivo de muestreo aunque sin publicaciones recientes que indiquen un mayor desarrollo o solicitud de protección intelectual.

En el ámbito de la actual invención, se pretende superar el uso restringido sólo a la toma de muestras incluyendo técnicas de teledetección multiespectral así como herramientas de procesamiento fotogramétrico y análisis ráster para obtener mapas de índices multiespectrales que caractericen el estado de la calidad del agua del cuerpo estudiado a Ultra-Alta resolución (GSD -Ground Sample Distance- o Distancia de Muestra del Terreno menores a 10 cm por cada píxel de los ortofotomapas de reflectancia captados) ofreciendo una mejor definición de las condiciones medioambientales del área de estudio, haciendo la innovación aplicable a cuerpos de agua naturales o artificiales, eliminando además la indisponibilidad de imágenes al momento de tomar las muestras (como puede ocurrir con los datos satelitales) así como los riesgos o costos logísticos asociados a la captación de éstas.

Según el estado del arte y las invenciones registradas a la fecha, el uso combinado de las técnicas expuestas es inédito y se restringe a toma de muestras por métodos tradicionales (con el uso de lanchas y botellas de captación manual, i. e. Botellas Van Dorn) combinando los datos de reflectancia de satélites cuyos productos son de uso público (constelación de satélites LANDSAT o SENTINEL) con un gran alcance en área de las escenas obtenidas en cada imagen pero con resoluciones muy pobres (30 metros por píxel en el caso de LANDSAT o 10 metros por píxel en el

mejor de los casos en el satélite SENTINEL). Esto nos permite afirmar que la invención es inédita tanto en nacional como internacionalmente.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

La invención plantea el uso de un dron de carga ligera, al cual se acopla un dispositivo de toma de muestras mediante succión de agua con un mecanismo de desplazamiento positivo (bomba peristáltica) de diseño propio, con sensores de llenado y un dispositivo electrónico de control del llenado así como de activación remota del mismo. Adicionalmente, una segunda aeronave, esta vez de uso industrial (disponible comercialmente), realizará la captación de imágenes en distintas longitudes de onda del espectro electromagnético (tanto en el rango óptico o visible con una cámara RGB así como en 4 bandas espectrales -Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo Cercano) de todo el espejo del agua o región del cuerpo a ser investigado, poco antes o después de la captación de las muestras por el dron de carga ligera '*Maxdrone Escarabajo*'. Por último, se realiza el procesamiento de las imágenes tomadas mediante software fotogramétrico para la obtención de distintos ortofotomapas (tanto RGB como de reflectancia en las distintas longitudes individuales captadas) para, mediante un análisis estadístico de regresión, obtener un modelo (índice multiespectral) que reproduzca, a través del procesamiento de los datos ráster de los ortofotomapas de reflectancia procesados, los valores del parámetro de interés previamente definido con análisis de laboratorio de las muestras captadas por el dron con el contenedor en las ubicaciones registradas por el dron de carga ligera, para extrapolar las condiciones debido a este parámetro a todo el área captada por las imágenes espectrales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El uso de dispositivos para toma de muestras usualmente ha implicado logística naviera de alto costo (embarcaciones motorizadas) que hacen difícil la periodicidad necesaria en el seguimiento de los cuerpos de agua, ya que estos modifican su composición según la estación climática del año (seca o lluviosa en el caso de Colombia) o de las intervenciones antrópicas (modificaciones de los caudales

tributarios mediante compuertas reguladoras de flujo o descarga de efluentes residenciales o industriales) que el cuerpo en cuestión sufre.

Por ello la invención plantea el uso de drones para la captación de las muestras de agua, minimizando o eliminando el uso de embarcaciones para la captación de muestras, mejorando la georeferenciación (ubicación del punto de muestreo) de las mismas así como el riesgo biológico asociado a la toma de muestras en cuerpos de agua contaminados con agentes microbiológicos tóxicos o concentraciones intolerables para el cuerpo humano de otro tipo de agentes o concentraciones de tipo radioactivo.

Asimismo, el uso novedoso de las técnicas de teledetección combinando el uso de imágenes multiespectrales con drones obteniéndose ortofotomapas de reflectancia, los cuales pueden procesarse a través de combinaciones de bandas o análisis de los datos ráster para obtener una caracterización a resoluciones inéditas (pocos centímetros por píxel de imagen procesada) que permitirán además, un monitoreo más constante, incrementando por medio de la disminución de costes asociados y mejoramiento de la ubicación de las muestras, la fiabilidad del modelo obtenido para el parámetro de estudio previamente seleccionado.

La técnica planteada, implica el uso de análisis estadístico de regresión lineal (simple o múltiple) para la obtención de índices multiespectrales que, luego de ubicado el punto de muestreo en el mapa de reflectancia ortorectificado, hace posible extraer los valores de cada reflectancia captada, pudiendo así relacionarla con el valor de laboratorio del parámetro de interés medido (sea este fisicoquímico, microbiológico o de otro tipo), esto se repite en diversos puntos de muestreo los cuales se ven incrementados gracias al uso del dron de carga ligera con el contenedor de muestras, producto de las ventajas mencionadas anteriormente.

Todo esto permite obtener modelos estadísticamente fiables, basándonos en la cantidad de puntos de muestreo y resolución de los mapas de reflectancia obtenidos mediante procesamiento fotogramétrico, análisis estadístico y procesamiento ráster con índice multiespectral.

En resumen, la invención debe cumplir con los siguientes pasos:

1. Proporcionar un dron programable;
2. Solicitud de servicio de estudio para cuerpo de agua de interés, mediante correspondencia física o solicitud en línea, con plataforma web diseñada para estos fines.
3. Definición de la cantidad de puntos de muestreo, programación de las misiones de vuelo para captación de las muestras mediante un dron de carga ligera tipo 'Maxdrone Escarabajo' equipado con contenedor para captación remota o varias aeronaves con varios contenedores.
4. Planificación del vuelo para captación de imágenes RGB y multiespectrales, en condiciones adecuadas, sean operativas (velocidad de la aeronave, solapamiento de las imágenes y altura vuelo), meteorológicas o de radiación solar, para elaborar mapas de reflectancia con niveles óptimos de energía captados por los sensores de abordo (carga de pago, i.e. Cámaras RGB y Multiespectrales) del dron utilizado para tales fines.
5. Muestreo de los puntos previamente programados, en un lapso de tiempo no mayor a 2 horas antes o después del vuelo para captación de las imágenes RGB y multiespectrales.
6. Análisis de laboratorio de las muestras captadas, definiendo los valores reales del parámetro de interés a ser estudiado en cada ubicación de muestreo.
7. Procesamiento Fotogramétrico de las imágenes tomadas, para obtención de ortofotomapas, tanto RGB como en las distintas bandas espectrales disponibles en el sensor de la aeronave.
8. Análisis estadístico de regresión, utilizando como variables independientes los valores de reflectancia individuales en cada punto de muestreo y como variables dependientes los resultados de laboratorio del parámetro de calidad de agua que ha sido definido con anterioridad y medido en laboratorio certificado para tales análisis. Obteniéndose así un índice espectral que puede ser aplicado en aquellas áreas donde no se tomaron muestras pero sí se obtuvieron valores de reflectancia.

9. Procesamiento ráster de los mapas de reflectancia, combinando los valores individuales de los distintos mapas de reflectancia obtenidos, según el modelo de regresión resultado del paso inmediato anterior.
10. Obtención de mapas de concentración del parámetro de interés, gracias a la aplicación del índice multiespectral y el procesamiento ráster, dicho mapa puede ser manipulado para reflejar concentraciones individuales (en cada punto de la ortoimagen así obtenida) como un mapa de isolíneas de concentraciones en un rango de valores predefinidos e incluso, un mapa con las áreas donde la concentración del parámetro de interés esté fuera de los estándares nacionales o internacionales.

El dron es capaz de muestrear hasta un (1) litro de muestra por vez, está equipado además con flotadores acoplados a los brazos de propulsión como medida antivuelco y posee una cámara FPV para seguimiento de la captación de muestras vía remota así como registro de las condiciones visuales en sitio al momento de cada muestreo (**ver Figura 01 con los componentes descritos**).

Asimismo y gracias a la digitalización del procesamiento de todas las imágenes, estas son objetos virtuales compatibles con métodos de intercambio vía web o correo electrónico, mediante formas comunes de compartición de archivos cifrados.

VENTAJAS DE LA INVENCION

La implementación del método para monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y teledetección multiespectral propuesto permite las siguientes ventajas:

- Eliminación del 100% de los riesgos operacionales de condición insegura (uso de embarcaciones) o biológicos (exposición a radiación o agentes biológicos nocivos) en el proceso de toma de muestras de agua, automatizando todo el proceso de captación de las muestras.
- Incremento en la precisión de la ubicación de los puntos de muestreo, mediante el uso de un GPS a bordo del dron de carga ligera, el cual permite la georreferenciación exacta de cada punto previamente programado.

- Incremento de la cantidad de puntos de muestreo, gracias a la escalabilidad del método (incrementando la cantidad de aeronaves) y a la automatización de todo el proceso.
- Incremento de la resolución de los ortofotomapas procesados (de decenas de metros por píxel a incluso pocos centímetros por píxel), gracias al uso de drones que tienen sensores de mayor tamaño y que captan las imágenes a menor altura que las técnicas satelitales, permitiendo asimismo la captación de imágenes a demanda, posibilitando un análisis periódico de áreas vulnerables o cuerpos de agua de particular interés público o privado.
- Incremento en la confiabilidad del modelo estadístico obtenido gracias al muestreo en una mayor cantidad de sitios por el uso del dron de carga ligera tipo 'Maxdrone Escarabajo' con el contenedor de muestras acoplado, así como la obtención de ortofotomapas de Ultra-Alta Resolución.
- Disminución de la perturbación de la toma de muestras mediante el acuatizaje del dron que, combinando con el mecanismo de succión de desplazamiento positivo (bomba peristáltica) mantiene las características de la muestra de agua a nivel superficial, en comparación con otros métodos donde la corriente de aire descendente de la aeronave equipada con un muestreador acoplable, induce turbulencias en la superficie del espejo de agua, condicionando su uso a parámetros que no se vean afectados por este tipo de interacción con el medio acuático (no es posible esperar este comportamiento en casos críticos como por ejemplo, cuerpos contaminados con manchas de combustible)

Estas ventajas, tal cual han sido verificadas, no es posible obtenerlas con otros dispositivos patentados, ya que incluso con el uso de aquellos, no es posible siempre combinarlos con técnicas de teledetección multispectral como se ha planteado en la presente invención.

RESUMEN

Un método para monitoreo de cuerpos de agua, mediante drones programables y contenedores acoplados para succión de muestras, así como la integración de técnicas de teledetección multiespectral a los fines de caracterizar toda el área de interés del espejo de agua, esto gracias a la ejecución programada de la toma de muestras en los puntos de interés, registrando su posición para luego de analizar las muestras determinando el parámetro de interés en laboratorios certificados, utilizar estos resultados como variables dependientes en las ubicaciones registradas y tomando en dichas ubicaciones los valores de reflectancia obtenidos gracias a la captación de imágenes ópticas (RGB) y multiespectrales georreferenciadas, donde los valores de reflectancia asociados a cada ubicación se utilizarán como variables independientes de un modelo de regresión lineal determinado con técnicas numéricas usuales, obteniéndose mapas con valores de concentración del parámetro gracias al uso del modelo de regresión como un índice multiespectral en el procesamiento de los datos ráster provenientes de los mapas de reflectancia. Esta invención permite la caracterización de toda el área mapeada a niveles de Ultra-Alta Resolución (GSD menores a 10 cm/píxel) y con una fiabilidad mayor gracias a la cantidad de puntos muestreados en mayor cantidad que las técnicas disponibles y en zonas donde no es posible acceder por limitaciones físicas (riesgos operacionales o biológicos) o logísticas (costos de las operaciones marinas o navieras)

REIVINDICACIONES

1. Un método para monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral:
 - a) Proporcionar un dron programable;
 - b) Recibir una solicitud verbal, presencial, telefónica, por redes sociales y/o por internet en la página web con los datos del cliente requeridos los sitios de análisis solicitados;
 - c) Configurar una ruta de vuelo del dron desde el punto de partida hasta el punto de captación, siendo este último, aquel donde se tomará la muestra;
 - d) Activar el mecanismo de succión de manera remota por medio del control del dron programable con el contenedor acoplado;
 - e) Retornar a Tierra con la muestra para su preservación y posterior traslado;
 - f) Realizar las operaciones previas en todos los puntos de muestreo previamente planificados;
 - g) Trasladar las muestras y requerir los análisis correspondientes para determinar el (los) parámetro (s) de interés, a los fines de caracterizar el cuerpo de agua en los puntos de muestreo;
 - h) Ejecutar la misión para captación de imágenes ópticas (RGB) y Multiespectrales con dron comercial o industrial equipado con carga de pago adecuada (cámaras ópticas y multiespectrales), en un plazo prudencial de tiempo antes o después de la captación de muestras con dron programable;
 - i) Procesar las imágenes RGB y multiespectrales mediante software fotogramétrico para obtención de ortofotomapas RGB y espectrales georreferenciados;
 - j) Realizar análisis de regresión con los datos de laboratorio (variable dependiente) y de reflectancia (variables independientes) para obtener un modelo estadístico basado en estas variables, dicho modelo será el índice multiespectral definido para procesamiento de los datos ráster;
 - k) Procesamiento ráster de los datos de reflectancia de los mapas espectrales obtenidos, caracterizando todo el cuerpo de agua o la región de interés mediante las imágenes captadas antes o después de la captación de muestras de agua.

2. El método para el monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral de acuerdo con la reivindicación 1, donde el paso de captar las imágenes debe estar de acuerdo con la respuesta lumínica del parámetro físicoquímico o microbiológico a ser determinado por el modelo estadístico.
3. El método para el monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesamiento de las imágenes debe ser ejecutado con software adecuado y el análisis estadístico según técnicas numéricas de acuerdo con el estado del arte.
4. El método para el monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral de acuerdo con la reivindicación 1, donde los análisis de las muestras de agua para la determinación del parámetro de interés (Físicoquímicos, Microbiológica o algún otro con respuesta lumínica -reflectancia- que pueda ser percibida por cámaras RGB o Multiespectrales) debe ser ejecutado por laboratorios de calidad de agua certificados para tales fines.
5. El método para el monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral de acuerdo con la reivindicación 1 donde el dron tiene acoplado un contenedor para captación de muestras de agua, con sensores de llenado, mecanismo de succión de desplazamiento positivo (bomba peristáltica) y activación remota de dicho mecanismo.
6. El método para el monitoreo de cuerpos de agua mediante captación de muestras con drones programables y Teledetección Multiespectral de acuerdo con la reivindicación 1 donde el dron tiene una cámara de vista en primera persona (FPV) y flotadores antivuelco.

FIGURAS

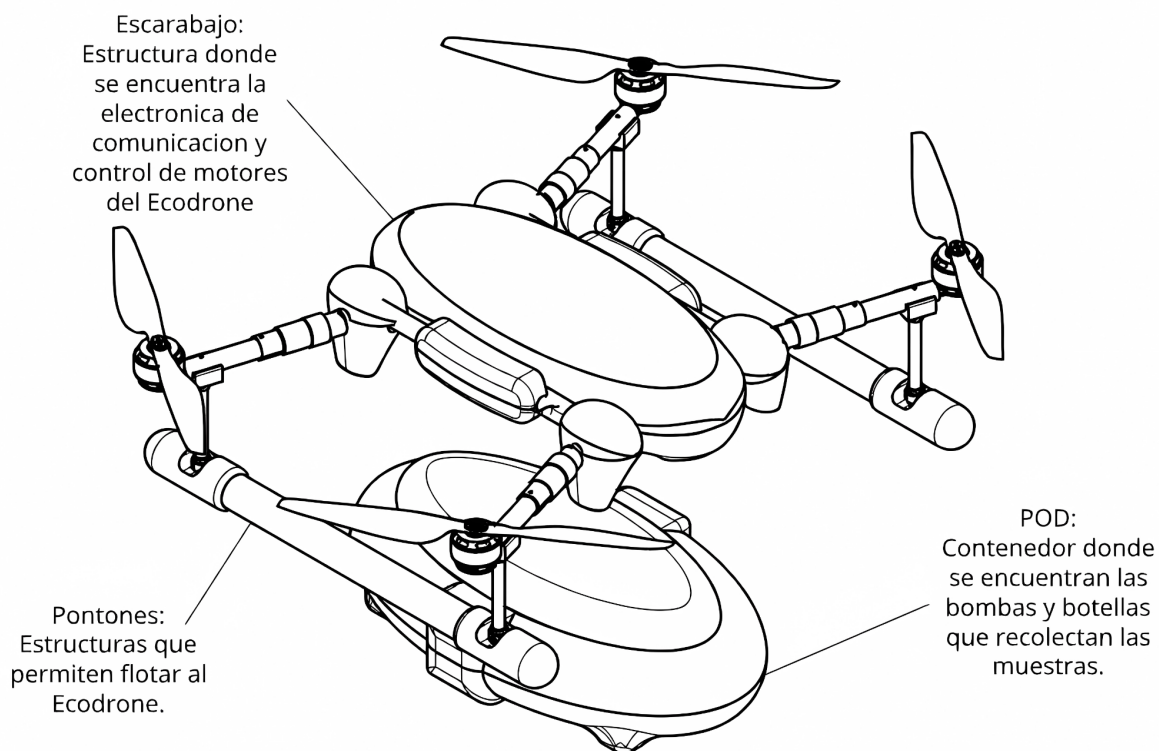


Figura 01. Componentes del Dron Programable tipo 'Maxdrone Escarabajo' equipado con pontones para flotación y antivuelcos además del POD contenedor capaz de realizar la recolección de muestras de agua.