

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RUIDOS PROPIOS DE UN GLIDER PARA APLICACIONES DE MONITORIZACIÓN DE RUIDO SUBMARINO SEGÚN LA DIRECTIVA 2008/56/EC (MSFD)

Andrés Felipe Arias Alfonso^{1}*
Neus Pérez Gimeno²
Sergio Morell Monzó¹
Isabel Pérez Arjona¹
Víctor Espinosa Roselló¹

¹ Universidad Politécnica de Valencia

² Universidad de Cádiz

RESUMEN

Los gliders son vehículos autónomos que se impulsan mediante el cambio en su flotabilidad en lugar de hacerlo con hélices. Esto hace que sean vehículos silenciosos, lo cual los ha convertido en una opción de interés para aplicaciones de monitorización acústica en el océano. Sin embargo, los mecanismos y sensores del vehículo generan ruidos que pueden afectar los datos acústicos registrados. En este artículo, se investiga los ruidos propios de un glider y su aplicabilidad para mediciones de ruido ambiental según la MSFD. Se realizó una caracterización mediante los datos obtenidos en una campaña de medición en el mar al sur de la isla de Gran Canaria, España. Para esto, se utilizó un glider Slocum G2 de Teledyne y un sistema PAM OceanObserver de JASCO. Se analizó la posible influencia de estos en las bandas por tercios de octava relacionadas con el descriptor D11.2 de la Directiva 2008/56/EC (MSFD) para ruido de tipo continuo. Los resultados mostraron que existe una incidencia directa de los ruidos generados por los mecanismos del vehículo principalmente en la banda de 63 Hz. Se demostró que al realizar la extracción de los ruidos, se logra mitigar la influencia de los ruidos en las bandas por tercios de octava de interés.

ABSTRACT

In the present work, a characterization of the noises of a glider was carried out using the data obtained in a measurement campaign in the sea south of the island of Gran Canaria, Spain. For this, a Slocum G2 glider from Teledyne and a JASCO OceanObserver PAM system were used. The possible influence of these on the third-octave bands related

to descriptor D11.2 of Directive 2008/56/EC (MSFD) for continuous noise was analyzed. The results showed that there is a direct impact of the noise generated by the vehicle mechanisms mainly in the 63 Hz band. It was shown that by extracting the noise, the influence of the noise in the bands is mitigated by thirds of octave of interest.

Palabras Clave— Ruidos propios del glider, PAM, MSFD.

1. INTRODUCCIÓN

Los gliders o planeadores subacuáticos, son plataformas autónomas móviles las cuales se impulsan a través del océano mediante el cambio en su flotabilidad en lugar de hacerlo mediante una hélice. Al cambiar la flotabilidad del vehículo, con ayuda de las alas se transforma la fuerza vertical en desplazamiento horizontal (hacia adelante) [1]. Cuando posee una flotabilidad negativa, el glider desciende hasta una profundidad máxima pre-definida a partir de la cual cambia a una flotabilidad positiva y empieza de nuevo el ascenso hasta una profundidad mínima pre-establecida. Esto hace que este tipo de vehículos sean considerados silenciosos y de bajo consumo energético en comparación de otras plataformas móviles que se impulsan a través de hélices, por ejemplo, los ROV's o algunos AUV's [1][2][3][4]. Gracias a estas características "silenciosas" de este tipo de vehículos se han convertido en una de las opciones más interesantes para la implementación de sistemas de monitoreo acústico pasivo (PAM) [3].

Durante su desplazamiento, el glider realiza una trayectoria tipo diente de sierra, lo cual permite realizar un muestreo tanto horizontal como verticalmente [2]. El glider

* **Autor de contacto:** anaral3@upv.es

Copyright: ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

se programa para que al realizar un cierto número predefinido de perfiles tipo diente de sierra o “yo’s” (descenso y ascenso), salga a la superficie con el fin de transmitir y recibir diferentes datos de navegación [4]. Mediante esta comunicación, se puede saber cuáles son las condiciones de los diferentes sistemas críticos del vehículo. También, el glider puede fijar su posición con el fin de recalcular el rumbo de la misión. Además, el operador del vehículo también puede realizar cambios en el rumbo y se puede realizar la transmisión en tiempo real de los datos de los sensores instalado [5]. De esta forma, cuando se instalan sistemas PAM en gliders se tiene la posibilidad de medir la variabilidad del ruido a lo largo de grandes extensiones de un área de estudio en el océano [6]. También, al variar su posición, estos vehículos se consideran mínimamente invasivos en la detección de cetáceos debido a su reducida huella acústica y su reducida velocidad (aprox. $0,27 \text{ m/s}$). Por lo tanto, no generan impactos negativos al momento de realizar tareas de monitoreo acústico pasivo [7].

A la hora de evaluar el uso de un planeador subacuático o glider integrando un sistema PAM, es necesario considerar el ruido propio inherente al sistema de propulsión del vehículo y el efecto que este puede tener sobre los datos adquiridos. Al no poseer turbina o hélice, el glider posee un bajo ruido en condiciones normales de operación en comparación de otros vehículos submarinos. Aun así, los ruidos propios producidos por el glider pueden ser registrados por el sistema PAM instalado a bordo, potencialmente enmascarando los ruidos externos de origen antropogénico, biológico, y natural que se encuentren en el ambiente marino [2][6].

Se ha podido determinar que las principales fuentes del ruido del glider están relacionadas con el movimiento del pistón de bomba de flotabilidad, el movimiento del paquete de baterías asociado al control de pitch, el movimiento del timón para las correcciones de trayectoria, y el inflado de la vejiga de aire en superficie. En el caso de los sensores, los que principalmente pueden producir ruidos son el perfilador de profundidad, temperatura y conductividad o CTD, y el altímetro [1][7]. Por otro lado, se tiene que el ruido hidrodinámico es mínimo cuando el glider se desplaza a velocidades menores a $0,5 \text{ m/s}$. Por este motivo, los diferentes mecanismos móviles del glider son los principales generadores del ruido propio de este tipo de vehículos. Estos ruidos se presentan brevemente cuando los mecanismos de ajuste de flotabilidad y trayectoria son activados durante el desplazamiento del vehículo [2].

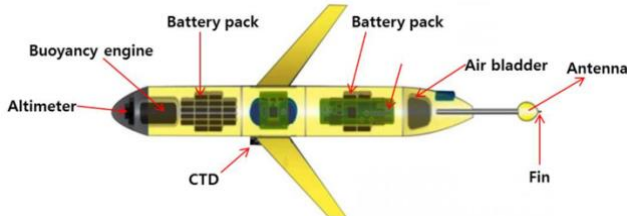


Figura 1. Componentes básicos del glider. Tomado de [2].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Instrumentación

En el presente estudio, se utilizó el sistema PAM OceanObserver de la empresa JASCO Applied Sciences, integrado a un planeador subacuático SLOCUM G2 de la empresa Teledyne Webb Research, ambos disponibles a través del Servicio Integral de Tecnología Marina (SITMA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

El glider utilizado tiene una capacidad máxima de operación en profundidad de 1000 m y es propulsado por el cambio de flotabilidad logrado a través de una vejiga de aceite ubicada en la sección frontal del vehículo. La fuente de alimentación del vehículo se da a través de un paquete de baterías de litio que tienen una vida útil entre 4 y 12 meses, según las condiciones de operación. La velocidad promedio horizontal del glider para un ángulo de 45° de ataque es de aproximadamente 35 m/s . El vehículo tiene un peso de 54 kg y cuenta con sensores de CTD, GPS, modem de Radio Frecuencia, altímetro y el sistema de comunicación Iridium, contando además del sensor acústico.

Con relación al sistema de monitorio utilizado, en la sección dorsal media del planeador se tiene instalado el hidrófono M36 de la empresa GEOSPECTRUM con una sensibilidad de $-165 \text{ dBV ref } 1 \mu\text{Pa}$ a 250 Hz . Este se encuentra conectado mediante un cable al muelle científico del glider, lugar en donde se ubica la placa madre del sistema PAM Ocean Observer de JASCO. El preamplificador del sistema PAM utilizado posee un piso de ruido eléctrico de aproximadamente $30 \text{ dB ref } 1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$. La frecuencia de muestreo utilizada por el sistema fue de 512 kHz y con una resolución de 24 bits. El sistema PAM Ocean Observer tiene una capacidad de almacenamiento de 6 TB (12 tarjetas SD de 512 GB de espacio interno). El convertidor Análogo – digital o ADC utilizado por el sistema, está compuesto por un filtro antialiasing de tercer orden a una frecuencia de corte de 200 kHz , y con una ganancia fija de 0 dB. La respuesta en frecuencia del ADC va desde los $2,4 \text{ Hz}$ hasta los 200 kHz , con una caída de aproximadamente 3 dB en las frecuencias de corte mencionadas [8].



Figura 2. Glider Slocum G2 de Teledyne Webb Research con el sistema PAM OceanObserver de JASCO Applied Science instalado en la sección media donde se ubica el muelle científico. Se puede apreciar en la imagen el hidrófono M36 instalado en la parte dorsal del glider.

2.2. Campaña de medición realizada en el mar

Para la caracterización de los ruidos propios del glider bajo condiciones normales de operación, se realizó una prueba en mar abierto al sur de la isla de Gran Canaria. La zona de medición seleccionada se encuentra al sur de la zona de protección declarada por la Red Natura 2000. Se denomina como la franja marina de Mogán y es protegida por la Orden ARM/2417/2011, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación (Figura 3) [9]. La medición se realizó por fuera de la Plataforma continental aproximadamente a 15 km del puerto de Puerto Rico. La batimetría promedio de la zona de medición estuvo alrededor de los 1000 metros.

El glider fue desplegado en la zona de medición en la mañana del 08/04/21 y fue recogido en la mañana del 09/04/21, para una duración total de aproximadamente 24 horas. Durante la misión, el glider realizó un total de diez salidas a superficie. Antes de cada llegada a superficie para establecer comunicación con el satélite y realizar el envío y recepción de datos, el glider realizó 3 “yo’s” siguiendo una trayectoria vertical tipo diente de sierra (Figura 4). La profundidad mínima alcanzada por el glider durante su navegación fue de 50 m, y alcanzó una profundidad máxima 600 m. Esta profundidad fue determinada previamente teniendo en cuenta las características batimétricas del fondo marino en la zona de medición, en donde las profundidades se encontraban en promedio a 1000 m. El glider se desplazó a una velocidad horizontal promedio de $0,35 \text{ m/s}$ cubriendo una distancia de aproximadamente 16,2 km en la horizontal. Durante cada salida a superficie, el glider demoró en promedio 32 minutos en superficie mientras se realizaba la comunicación con el satélite. En estos intervalos de tiempo, el sistema PAM OceanObserver detuvo automáticamente la grabación, y, por lo tanto, no se tuvo registro de datos acústicos durante estos intervalos de tiempo.



Figura 3. Zona de protección declarada por la Red Natura al sur de la isla de Gran Canaria (morado) y zona de medición (amarillo).

Durante la misión estuvieron activos todos los sensores y mecanismos del glider. El sensor CTD estuvo activo durante toda la misión, y por lo tanto, el ruido generado por este sensor estuvo presente en todos los datos registrados. El control de pitch fue ajustado para mantener un ángulo fijo de ascenso y descenso durante la navegación, impidiéndole al vehículo ajustar el ángulo de forma automática para corregir su trayectoria durante la navegación. Por otra parte, el sistema de adquisición de datos se ajustó para grabar con una frecuencia de muestreo de 512 kHz. De esta forma, se obtuvieron aproximadamente 70 GB de datos acústicos registrados durante la misión. Cada archivo de audio de una duración de 30 min (2,76 GB), con excepción de los archivos grabados cuando el glider llegó a superficie, cuya duración fue en promedio de 15 min antes de detener la grabación para la transmisión de datos (aprox. 10% de los datos de toda la medición).

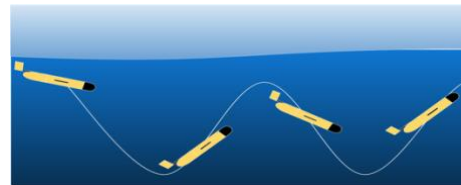


Figura 4. Movimiento vertical característico de los planeadores subacuáticos o gliders. A cada descenso y posterior ascenso se le denomina “yo”. Perfil tipo diente de sierra. Tomado de [10].

2.3. Procesamiento de los datos

Los datos registrados durante las mediciones se descargaron en una computadora y se procesaron mediante MATLAB. Para obtener una descripción de las señales adquiridas en el dominio del tiempo y de la frecuencia, se obtuvieron los espectrogramas para segmentos de 3 minutos. Mediante los espectrogramas es posible obtener una descripción general de los diferentes eventos acústicos registrados durante las grabaciones. Los eventos con mayor densidad de energía pueden ser claramente identificados en el espectrograma según sea la paleta de colores seleccionada. Mediante el análisis gráfico de los espectrogramas, es posible estudiar las características de los datos acústicos registrados con el sensor, específicamente, los ruidos emitidos por los propios mecanismos y sensores del glider. Para obtener los espectrogramas, se aplicó una ventana tipo kaiser con una resolución en frecuencia de 5 Hz, lo que implica una ventana de un tamaño de 102400 muestras. Para cada ventana se calculó la STFT, con un solapamiento de 50 % entre los segmentos. Luego, a partir de los valores obtenidos para la STFT, se obtuvo la densidad espectral de potencia de las señales (PSD).

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS RUIDOS PROPIOS DEL GLIDER PARA LA PRUEBA REALIZADA EN EL MAR

Durante toda la campaña de medición el sensor CTD estuvo activo. Este sensor produce un ruido durante toda la medición, y, por lo tanto, fue necesario realizar un análisis detallado de las características del ruido producido por este sensor. Así, la combinación del ruido ambiental y el ruido producido por el CTD se considera para el presente análisis como el ruido de fondo de referencia para la comparación con los otros ruidos producidos por los sensores y mecanismos del glider.

3.1. Análisis del ruido generado por el CTD

De los espectros en frecuencia obtenidos para el ruido generado por este sensor bajo las diferentes 3 condiciones (Figura 5), es posible determinar que se conserva una estructura similar en la respuesta en frecuencia en el rango entre 0.1 y 10 kHz. Por otro lado, por debajo de este rango se evidencia una variación del espectro obtenido para este ruido en profundidad en comparación con las otras dos condiciones analizadas. Principalmente, se observa que, para el ruido del CTD generado en profundidad máxima, los niveles en el rango de baja frecuencia son mucho mayores que los obtenidos para el ruido generado durante el descenso/ascenso y en superficie. Aun así, no es posible determinar si estos niveles sonoros se deben al ruido generado por el CTD o son los niveles de ruido ambiental característicos de la zona de medición y son generados por otro tipo de fuentes de ruido, especialmente los ruidos de origen geodinámico [6].

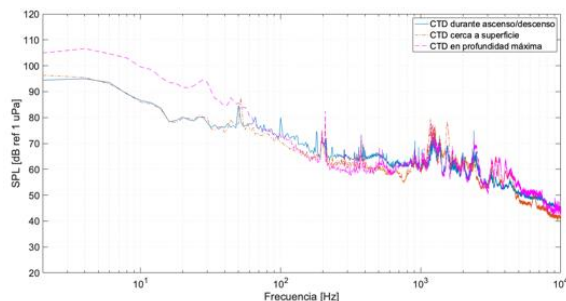


Figura 5. Comparación del promedio de los espectros en frecuencia del ruido generado por el CTD bajo diferentes condiciones: durante el ascenso/descenso, cerca de la superficie, y en profundidad máxima.

3.2. Análisis de los ruidos propios del glider durante el ascenso y el descenso

En el ascenso y el descenso del glider durante la prueba realizada en el mar, se pudieron detectar diferentes tipos de ruidos de los cuales fue posible identificar el ruido generado por el movimiento de la aleta del timón en popa (Figura 6a), el ruido generado por la bomba de aire (Figura 6b), y el ruido generado por el altímetro (Figura 6a). Además, se presentó también en diferentes ocasiones un ruido de tipo impulsivo y de origen artificial del cual no fue posible identificar el mecanismo que lo produjo (Figura 6a). Los ruidos se presentaron de forma aleatoria sin presentar ningún tipo de periodicidad o patrón temporal. Durante la navegación del glider, el ruido que se detectó un mayor número de veces fue el del movimiento de la aleta de popa, seguido por el ruido impulsivo de origen desconocido. El ruido que se detectó una menor cantidad de veces fue el generado por la bomba de aire, el cual se presentó de manera ocasional y no fue constante dentro de las mediciones realizadas. Por último, el ruido generado por el altímetro solo se presentó en algunos intervalos de tiempo de algunos de los registros y el tiempo promedio en el que estuvo presente fue de 30 segundos.

El ruido generado por el movimiento de la aleta de popa es de corta duración (< 1s) y su contenido energético se ubica principalmente en el rango de baja frecuencia, entre 10 y 100 Hz. En la Figura 7a se puede observar que la frecuencia fundamental de este ruido se encuentra alrededor de los 28 Hz, alcanzando un nivel de aproximadamente 118 dB. En el caso del ruido generado por la bomba de aire fue de corta duración (< 1s) y no duró el tiempo suficiente para alcanzar un estado estacionario. En la Figura 6b se observa que a partir de los 20 Hz hasta los 6 kHz los niveles del ruido generado por la bomba de aire son mayores a los niveles del ruido de fondo de referencia. Por último, el ruido producido por el altímetro produce un ruido transitorio repetitivo de banda ancha similar a los “clicks” utilizados por los delfines para tareas de eco localización (Figura 7b) [1]. Este ruido tiene impacto a partir de los 500 Hz hasta los 10 kHz, para el rango de frecuencia analizado. Por debajo de los 500 Hz, los niveles que predominan son los generados por la combinación del ruido ambiente propio característica de la zona de medición, y el ruido generado por el CTD.

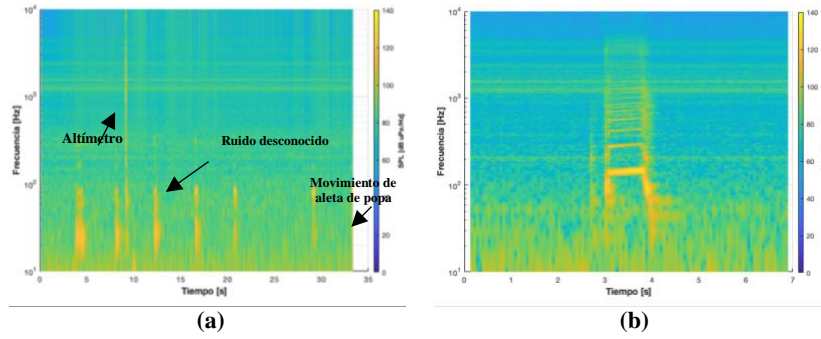


Figura 6. Espectrogramas de 2 segmentos de audio de las grabaciones realizadas en la campaña de medición en los cuales se pueden observar los ruidos detectados durante el ascenso y el descenso. (a) segmento en donde se presentaron ruidos de la aleta del timón de la cola, un ruido de origen desconocido, y el altímetro; (b) ruido generado por la bomba de aire.

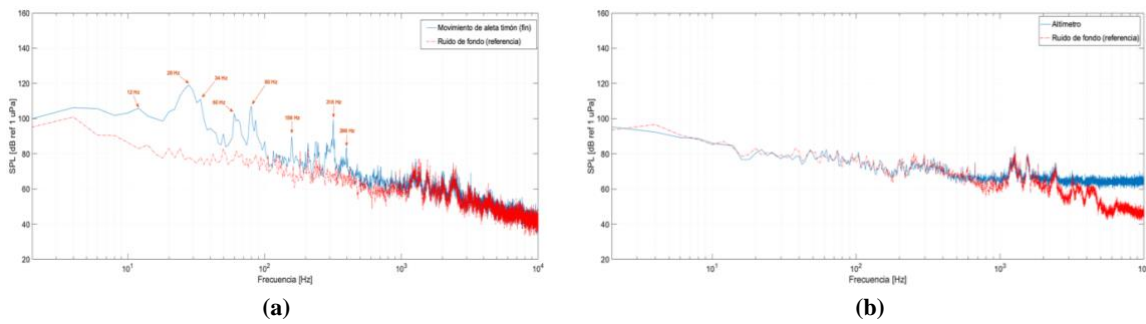


Figura 7. Espectros en frecuencia de los ruidos generados por el glider durante el ascenso y el descenso. (a) ruido generado por el movimiento de la cola del timón en popa (fin); (b) ruido generado por el altímetro

3.3. Análisis de los ruidos propios del glider durante el ascenso y el descenso

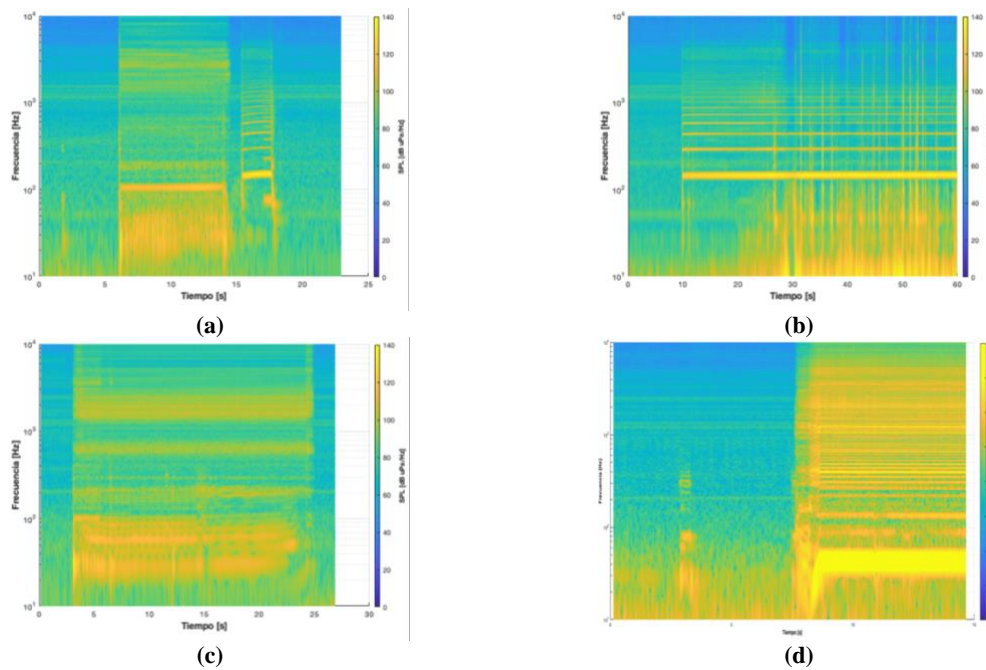


Figura 8. Espectrogramas de los ruidos detectados en profundidad máxima y mínima, y en superficie. Arriba - ruidos generados en superficie: bomba de aire y cambio de pitch (a) y bomba de aire (b). Abajo - ruidos generados en profundidad máxima o mínima: cambio de pitch (c) y bomba de flotabilidad (d).

La bomba de aire se activó cada vez que el glider llegó a superficie. Para el ruido generado por el llenado de aire de la bomba de aire, se obtuvieron niveles cercanos a los 120 dB en su frecuencia fundamental que se encuentra alrededor de los 150 Hz. También, se pueden apreciar armónicos superiores a la frecuencia fundamental que llegan hasta los 10 kHz, con picos de nivel por encima de los 100 dB. Además, se evidencia un alto contenido energético en las frecuencias por debajo de los 10 Hz, alcanzando niveles por encima de los 120 dB en las frecuencias por debajo de los 5 Hz (Figura 8b).

La bomba de flotabilidad se activó cada vez que el glider alcanzó la profundidad máxima y mínima durante su desplazamiento. El ruido generado por la bomba de flotabilidad es el ruido que tiene mayor incidencia en términos de nivel sonoro en comparación con los demás ruidos detectados. Este ruido tuvo incidencia sobre todo el ancho de banda considerado para el presente análisis (0 a 10 kHz), estando 30 dB en promedio por encima del ruido de fondo de referencia. La frecuencia fundamental de este ruido se encuentra alrededor de los 44 Hz, alcanzando un nivel cercano a los 150 dB y presentando diferentes armónicos a partir de esta frecuencia por encima de los 120 dB (Figura 8d).

El mecanismo asociado al cambio de pitch en el glider se activó en profundidad máxima, mínima y cada vez que el glider salió a superficie. El ruido generado por el cambio de pitch posee un ancho de banda que afecta todo el rango de frecuencias considerado (Figura 8a y 8c). En el rango entre 25 y 125 Hz, se pueden encontrar picos de nivel por encima de 100 dB, alcanzando diferencias de hasta 30 dB con respecto a los niveles del ruido de fondo de referencia.

3.4. Comparación de niveles obtenidos con ruido y sin ruidos del glider para las bandas de interés de la MSFD 11.2

Con el fin de analizar el impacto que pueden tener ruidos generados por el glider en los niveles de ruido obtenidos para los indicadores del ruido ambiental submarino en las bandas por tercios de octava de 63 y 125 Hz, se obtuvieron los niveles de las señales registradas mediante el sistema PAM incluyendo los ruidos propios del glider, y los niveles luego de extraídos estos ruidos de las señales. Además, se incluyeron las bandas por tercios de octava de 2 y 5 kHz con el fin de seguir las recomendaciones dadas desde los proyectos QUIETMED y BIAS [11][12].

En la **Error! Reference source not found.** se puede observar que la banda de 63 Hz es la que se ve afectada en mayor medida por los mecanismos generadores de ruido activados durante la navegación, especialmente por la activación de la aleta de popa la cual es la que se presenta con mayor frecuencia durante el ascenso y descenso del planeador. En el caso de la banda de 125 Hz, solo se presentó un instante de tiempo en el que los niveles de la señal que

contiene los ruidos del glider son mayores a los niveles obtenidos para la señal sin ruidos propios. Esto muestra que el impacto de los mecanismos generadores de ruido activados durante este segmento de audio es mucho menor en esta banda en comparación con la banda de 63 Hz.

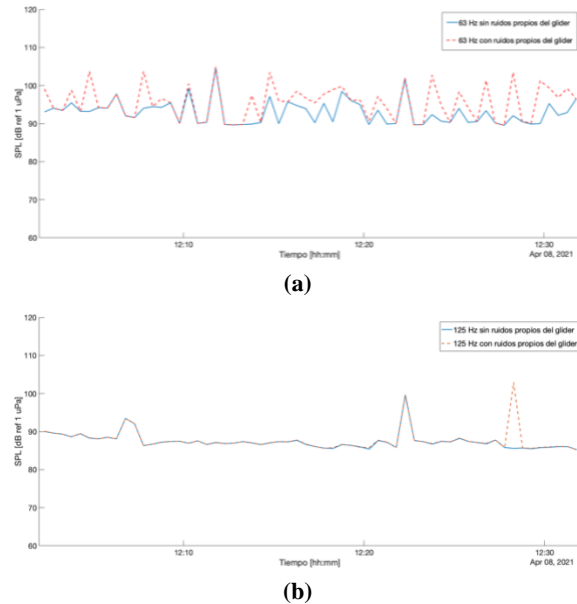


Figura 9. Niveles de ruido obtenidos de las señales con y sin ruidos del glider para las bandas por 1/3 de octava de 63 Hz (a) y 125 Hz (b). Niveles correspondientes al archivo de audio de 30 minutos de duración, grabado el 08/04/2021 desde las 12:02:17 a las 12:32:17 (hora local) durante la prueba realizada en el mar al sur de la isla de Gran Canaria

4. CONCLUSIONES

Para este trabajo se propuso una caracterización acústica de los ruidos emitidos por los diferentes mecanismos y sensores de un glider Slocum G2 de Teledyne Webb Research, con el fin de evaluar la viabilidad de este tipo de plataformas para la evaluación del ruido ambiental.

Para los ruidos generados por los diferentes mecanismos y sensores del vehículo, se evidenció que durante los momentos en los que en glider se encuentra en profundidad máxima, mínima, y en superficie, es imposible obtener datos acústicos útiles de fuentes de ruido diferentes al propio glider. Durante estos intervalos de tiempo, se activan los mecanismos de la bomba de flotabilidad, la bomba de aire, y el control de pitch. Todos estos mecanismos presentan incidencia sobre todas las bandas por tercios de octava de interés para el cálculo de los indicadores de ruido (63, 125, 2000, y 5000 Hz). De esta manera, los niveles obtenidos en las bandas de interés mientras estos mecanismos estén activos serán básicamente los niveles de ruido de cada uno de estos mecanismos y no los emitidos por otras posibles fuentes de interés que componen el ruido ambiente submarino.

Por otro lado, durante toda la prueba realizada en el mar, el sensor CTD estuvo activo. Se realizó un análisis del ruido emitido por este sensor, caracterizándolo durante los tres momentos de interés planteados: ascenso/descenso, profundidad máxima, y cerca de la superficie. Aunque hubo una variación en los niveles obtenidos por debajo de los 100 Hz en los tres momentos de interés, el ruido conservó su espectro característico. De esta manera, fue posible identificar las componentes principales del ruido emitido por el CTD. Además, se analizó la posible incidencia del ruido generado por el CTD en los niveles obtenidos en las bandas por tercios de octava de interés. Según el espectro del ruido, se observó que existe una posible incidencia sobre estas bandas, con lo cual, no es posible determinar si este ruido puede enmascarar posibles fuentes de ruido ambiental submarino. Para poder tener una verdadera referencia de la afectación generada por este sensor en los niveles de ruido obtenidos en las bandas de interés, es necesario realizar una medición con este sensor apagado, o tener datos de una estación fija en la misma zona de medición para poder comparar los niveles obtenidos y determinar si existe o no una real incidencia sobre estas bandas.

Durante la etapa de ascenso y descenso, se pudo comprobar que se generan aleatoriamente ruidos de los diferentes mecanismos. El que se activó con mayor frecuencia fue el de la aleta del timón en popa, produciendo un ruido de corta duración. La activación de la bomba de aire fue ocasional y de también de corta duración. Según las características en frecuencia encontradas de los ruidos emitidos por estos mecanismos, se pudo evidenciar que existe una incidencia sobre las bandas por tercios de octava de interés, y, por lo tanto, estos ruidos deben ser filtrados o extraídos para evitar que influyan en los niveles de ruido ambiental obtenidos a partir de las mediciones realizadas. Para este trabajo, esto se logró mediante la extracción automática de los segmentos contaminados con los ruidos propios del glider.

En el caso del ruido de origen desconocido, según la cantidad de veces que se presentó, se da la posibilidad de que sea generado por algún mecanismo interno del glider. Este ruido no posee ningún tipo de patrón temporal ni parece estar asociado a alguno de los mecanismos generadores de ruido analizados desde el presente trabajo. También cabe la posibilidad de que estos ruidos sean provocados por el golpe del sensor con sedimentos presentes en el agua mientras el glider se desplaza.

Mediante la comparación realizada entre los niveles de ruido obtenidos en las bandas por tercios de octava de interés con y sin los ruidos generados por el glider durante la navegación, se pudo encontrar que, para un tiempo de integración de 30s, los ruidos del glider tienen incidencia en los indicadores de ruido obtenidos, especialmente para la banda de 63 Hz que es en la que el ruido generado por la aleta del timón tiene mayor impacto. En el caso de las demás bandas (125, 2000 y 5000), aunque el impacto es menor,

puede existir una influencia de los ruidos propios del glider en los niveles de ruido ambiental.

5. REFERENCIAS

- [1] J.-H. Lee, S.-H. Ko, S.-K. Jung, y J.-W. Hyeon, "Tertiary Waves Measured during 2017 Pohang Earthquake Using an Underwater Glider", *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 18, 2019.
- [2] L. Liu y L. Xiao, "Extraction and analysis of line spectrum characteristics of underwater glider self-noise", en *2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)*, 2017, pp. 1-4.
- [3] C. Jiang, J. Li, y W. Xu, "The Use of Underwater Gliders as Acoustic Sensing Platforms", *Appl. Sci.*, vol. 9, n.o 22, 2019, doi: 10.3390/app9224839.
- [4] H. Matsumoto, J. H. Haxel, R. P. Dziak, D. R. Bohnenstiehl, y R. W. Embley, "Mapping the sound field of an erupting submarine volcano using an acoustic glider", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 129, n.o 3, pp. EL94-EL99, 2011, doi: 10.1121/1.3547720.
- [5] N. O. Center, "Gliders", <https://www.noc.ac.uk/facilities/marine-autonomous-robotic-systems/gliders>. (accedido feb. 25, 2021).
- [6] T. K. Chandrayadula, C. W. Miller, y J. Joseph, "Monterey Bay ambient noise profiles using underwater gliders", *Proc. Meet. Acoust.*, vol. 19, n.o 1, p. 70031, 2013.
- [7] J. Sun et al., "Self-Noise Spectrum Analysis and Joint Noise Filtering for the Sea-Wing Underwater Glider Based on Experimental Data", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 42960-42970, 2020.
- [8] J. Moloney et al., "Observer/AMAR G4 Passive Acoustic Monitoring System for Autonomous Maritime Observation", en *2018 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicle Workshop (AUV)*, 2018, pp. 1-9.
- [9] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Orden ARM/2417/2011, de 30 de agosto, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conser. España, 2011, p. 751.
- [10] C. Hockley y B. Butka, "Going Deep to Go Far: How Depth Impacts Seaglider Range", *Earthzine*, 2011. <https://earthzine.org/going-deep-to-go-far-how-dive-depth-impacts-seaglider-range/#:~:text=Seaglider range versus operational depth&text=Typically%2C to complete one cycle,an hour of forward motion>. (accedido feb. 05, 2021).
- [11] Millares, R., A. Popit, G. Zupancic, P. Ruiz, A. Novelino, y M. Tasker, "D3.2 Best practices guidelines on signal processing algorithms for the pre-processing of the data and for obtaining noise indicators", 2018.
- [12] K. Betke et al., "BIAS STANDARDS FOR SIGNAL PROCESSING AIMS, PROCESSES AND RECOMMENDATIONS", 2015.

