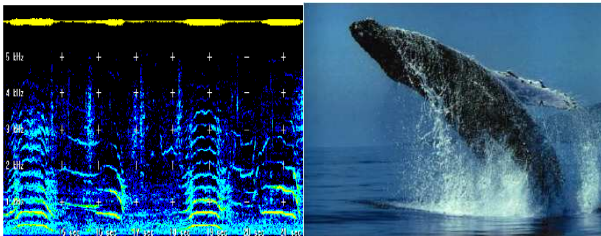


ACTIVIDADES INDUSTRIALES GENERADORAS DE RUIDO ACÚSTICO SUBMARINO

Sociedad Anónima de Electrónica Submarina (S.A.E.S.)
 Carretera de la Algameca, s/n, 30205 Cartagena, España
 Tlf. 34 968 508214 Fax: 34 968507713

1. INTRODUCCIÓN

El mar nunca ha sido un entorno silencioso. Siempre ha existido ruido en el mar: natural, como el de las olas, del viento y de la lluvia, biológico, como el que producen los seres vivos.



El ser humano, que no está adaptado al medio acuático, percibe con limitaciones el ruido ambiente submarino, resultándole silencioso y relajante. Esta limitada percepción le ha llevado a hacer un uso abusivo de sistemas perturbadores del entorno submarino sin prever las repercusiones que podría ocasionar.

Se podría considerar la contaminación acústica subacuática (Underwater Acoustic Pollution - UAP) como el exceso de ruido (entendido como sonido excesivo y molesto) provocado por el ser humano que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona y produce efectos negativos sobre la salud auditiva y física de los seres vivos que en ella habitan.

2. RUIDO SUBMARINO GENERADO POR ACTIVIDADES INDUSTRIALES

2.1 Ruido generado por el Transporte

Básicamente existen dos tipos de plataformas utilizadas para el transporte, las aéreas y las marítimas.

El sonido generado por las plataformas aéreas depende del tipo de máquinas que utilizan (pistón ó turbinas) así como de la trasmisión del sonido aire - agua. Los espectros del ruido generado por aviones y helicópteros generalmente están por debajo de los 500 Hz. El nivel de sonido submarino generado por aviones depende de factores como: frecuencia, profundidad del receptor, profundidad del agua, altitud y aspecto del avión, así como su intensidad sonora.

El ruido generado por los buques es el que más contribuye a la contaminación acústica submarina. Los niveles y frecuencias de los sonidos generados depende del tamaño y velocidad del buque, generándose ruido de banda ancha y de banda estrecha. Las fuentes típicas del ruido de banda ancha son las hélices / ejes (inferior a 100 Hz), ruido hidrodinámico y algunos sistemas de propulsión. Las fuentes típicas del ruido de banda estrecha son las bombas, motores, equipos de alimentación eléctrica y sistemas de propulsión.

2.2 Ruido generado en Dragados y Construcciones

Los dragados marinos, construcción de túneles y varias actividades de construcción en y cerca del mar crean ruido submarino. Los dragados se utilizan para profundizar canales y puertos, para crear plataformas terrestres o sumergidas y para minado submarino. El ruido generado puede exceder los niveles ambiente a largas distancias.

Malme y Krumhansl midieron ruido generado a 50 metros de una maquinaria de Robbins utilizada para construir un túnel de 8 metros. Los sonidos predominantes eran de banda ancha, estando los más fuertes por debajo de los 10 Hz, disminuyendo la energía al incrementar la frecuencia hasta 500 Hz. A mayor distancia, aparecieron fuertes componentes entre 30 Hz y 100 Hz debidos a efectos de resonancia relacionados con al profundidad del agua.

2.3 Ruido generado en Perforaciones y Producción de Gas y Petróleo

Las perforaciones se pueden realizar desde islas naturales o artificiales, plataformas o buques. Las perforaciones realizadas desde islas naturales o hielo generan un ruido muy bajo. El rango audible suele estar en los 2 km trabajando a frecuencias de 200 Hz. En aguas árticas pocas profundas, durante el invierno, se generan frecuencias por debajo de 350 Hz, atenuándose de 125 dB a una distancia de 130 m a 85 dB a una distancia de 2 km.

Las perforaciones desde islas artificiales producen un ruido notable pero sigue siendo bajo. Los tonos pueden llegar a ser detectados a 0,5 km sin perforación y 3,7 km perforando. Existe ruido asociado con el ensamblaje de elementos de las propias instalaciones,

por ejemplo tuberías conductoras, en las que se suele utilizar martillos industriales.

El ruido generado por plataformas de perforación no está muy estudiado. Se han realizado algunas medidas en las que se concluye que el ruido no es detectable con niveles del estado de mar > 3.

Las perforaciones se pueden realizar en dos tipos de buques, semisumergibles o buques de perforación. El ruido generado por buques de perforación es más alto. Depende del tipo de maquinaria que se utiliza y de la antigüedad de la misma.

El ruido en la producción de gas y petróleo es muy bajo debido a que estas instalaciones tienen poca superficie en contacto con el agua.

Actividad	Frecuencia (Hz)	Nivel dB ref. 1 μ Pa	Dist.
Perforaciones (Islas artificiales)	20 - 100 20 y 40 predominantes	8 - 10 dB por encima ruido fondo	5 km
Instalaciones en plantas	30 - 40 Y 100	131 - 135 100 - 106 Banda ancha	1 km
Plataformas perforación	5 (1,2 kHz más alta)	119 - 127	
Semisumergibles	29 y 70	125 y 154	13 - 15 m
Producción gas y petróleo	30 y 120	89 - 94	34 m

2.4 Ruido generado en Investigaciones Geofísicas

Las investigaciones geofísicas utilizan fuentes de sonido para generar ondas sísmicas. Este tipo de fuentes se caracterizan por generar un ruido de muy alta energía, baja frecuencia y corta duración. Este tipo de sonido es detectable a cientos de kilómetros de la fuente. Las fuentes más utilizadas son: cañones de aire (Air - Guns), Sleeve Exploders y cañones de gas (Gas - Guns) y Vibroseis.

Los Air - Guns son los más utilizados actualmente. Generan pulsos cada 10 - 15 s. En algunas áreas, la energía de baja frecuencia puede viajar a largas distancias a través de los sedimentos del fondo, volviendo a la fuente a través del agua. La velocidad del sonido es mayor en el sedimento del fondo que en el agua, de hecho, un receptor situado a una distancia, recibirá un pulso transmitido a través del fondo seguido del pulso transmitido a través del agua.

Los Sleeve Exploders y Gas - Guns se cargan con una mezcla de oxígeno y propano para generar el pulso sonoro. La señal resultante tiene características similares a las generadas por un cañón de aire pequeño. Al igual que ocurre con los Air - Guns, al aumentar la distancia disminuye el nivel y aumenta la duración del pulso, de manera que altas frecuencias (200 Hz) en el generador, llegan al receptor como bajas frecuencias (70 Hz).

Vibroseis es un método utilizado en el hielo basado en un array de dispositivos hidráulicos que lo golpean. La frecuencia de las señales utilizadas es de 10 - 70 Hz, aunque los armónicos pueden extenderse hasta 1,5 kHz. Las señales generadas son transitorios de 5 - 20 s pudiéndose generar señales con niveles de 187 dB ref 1

μ Pa @ 1 m a 50 Hz durante un barrido de 10 a 65 Hz. El factor de atenuación es de 22,5 dB/km a 10 Hz y de 31,5 dB/km a 60 Hz.

Tipo de Fuente	Profundidad (m)	Nivel dB ref 1 μ Pa @ 1 m
Array Air - Gun		
GSC 7900		259
ARCO 4000	10	255
GECO Array 3100	7,6	252
GSI Array Jonsson 200	6,1	249
SSL Array 1460	7,6	242
GECO 594 Subarray	8,2	235
Air- Gun Simple		
Pequeño	9,1	216
Mediano	9,1	225
Grande	9,1	232
Sleever Exploder		148 - 153 @ 8 km 115 - 117 @ 25 km
Gas - Gun		123 @ 0,9 km 117 @ 14,8 km

2.5 Ruido generado en SONARES ACTIVOS

Los sonares activos se basan en la emisión de un pulso y medida del eco que se produce cuando el pulso es rebotado en una superficie. Se pueden clasificar atendiendo al tipo en: sonares de profundidad variable, sonares de casco comerciales para pesca, para medir corrientes e investigación marítima, y militares para la detección de buques, para la detección de objetos y utilizados en armas como torpedos.

Las frecuencias de los sonares van desde los pocos cientos de Hz para sonares de búsqueda de largo alcance hasta varios cientos de kHz para sonares utilizados en la búsqueda de minas, holografía marina y en general sistemas que requieren discriminar pequeños objetos.

Los pulsos de los sonares pueden tener un nivel alto. Por ejemplo, los sonares utilizados para cartografiar el fondo marino generan un pulso de 210 - 230 dB ref 1 μ Pa @ 1 m. La duración del pulso puede ser de entre unos pocos μ s a algún segundo.

Tipo de SONAR	Frec (kHz)	Duración (ms)	Nivel (dB)
Profundidad Variable	12+		180
Perfil del Fondo	0,4-30	0,1-160	200-230
Barrido Lateral	50-500	0,01-0,1	220-230
Navegación	7-60	3-40	180-200
Militares			
Búsqueda y Vigilancia	2-57	4-1000	230+
Minas y detección de obstáculos	25-500	1-30	220+
Armas	25-200		200
Teléfono Submarino	5-11	Continuo	180-200

2.6 Ruido generado en Explosiones

Las explosiones submarinas producidas por el hombre son las más potentes a excepción de las erupciones volcánicas submarinas o terremotos submarinos. Los pulsos de presión producidos generan un ruido capaz de provocar daños físicos o la muerte de mamíferos marinos. Incluso pequeñas detonaciones

pueden ser detectables a cientos de km cuando se propagan en el canal sonoro. Cargas de profundidad (100 kg) detonadas en el canal sonoro profundo en Australia han sido detectadas en las Islas Bermudas.

2.7 Ruido generado en Estudios Oceanográficos Científicos

Algunos estudios científicos utilizan la energía acústica para estudiar las características del fondo y el agua, siendo aquellos utilizados para estudiar el fondo los que emplean mayor energía. También se utiliza la energía acústica para estudiar las pérdidas por transmisión del sonido y las propiedades de las masas oceanográficas.

Desde la WWII se han utilizado cargas de 0,9 kg para estudiar la propagación del sonido y características del fondo. Esta carga situada a 18 m de profundidad ó 244 metros genera un pico de presión a una distancia de 1 km de 208 dB ref 1 μ Pa, los pulsos de burbujas tienen una frecuencia de 8 Hz y 50 Hz y el impulso estimado a 1 km es de 7,1 Pa. En acústica tomográfica se utilizan proyectores que generan niveles de presión de 165 dB ref 1 μ Pa @ 1 m para dispositivos de corto alcance y 190 – 220 dB ref 1 μ Pa @ 1 m para dispositivos de largo alcance. Las frecuencias de trabajo se encuentran entre los 50 Hz y los 200 Hz.

La acústica termométrica está especializada en estudios de largo alcance obteniendo la temperatura de los océanos basándose en la medida de la variación de la velocidad del sonido. En 1991 se realizó el The Heard Island Feasibility Test. Se generaron tres tipos de señales centradas en 57 Hz proyectadas en el canal sonoro a una profundidad de 175 m, cada media hora durante 7 días. Se utilizó un array de transductores que generaba niveles de 220 dB ref 1 μ Pa @ 1 m. Con esos niveles, se detectaron 160 dB a 1 km, 137 dB a 72 km a profundidad 80 m y 120 dB a distancias de 100 – 1000 km, dependiendo de la profundidad de los receptores. Las señales fueron detectadas hasta una distancia de 17.000 km.

3. IMPACTO DEL RUIDO SUBMARINO EN LOS ANIMALES MARINOS

La contaminación acústica, en relación con los seres vivos, no precisa que se produzca un trauma acústico, basta con que impida el desarrollo de su comportamiento habitual. Esta contaminación les ahuyenta (disminución de capturas) y les hace cambiar sus rutas migratorias y en general su conducta, además de dificultarles su capacidad de percepción afectando a la comunicación, localización de presas, orientación, etc.

De entre todos los ruidos producidos por el ser humano, los que provocan daños temporales o permanentes no letales e incluso letales a la mayoría de mamíferos marinos son los de media frecuencia (1 – 10 kHz) y evidentemente los de mayor intensidad. Se considera que un nivel mayor de 160 – 165 dB provoca daños físicos en animales marinos. En la siguiente tabla

se muestra a una serie discreta de distancias las intensidades previstas según un valor estimado de distintas fuentes y para distintos tipos de propagación.

Fuente	Nivel dB ref 1 μ Pa @ 1 m	@ 1 km	@ 2 km	@ 20 km	@ 200 km
Propagación Cilíndrica					
Fuera Borda	162	132	129	119	109
SONAR MF media potencia (1 a 10 kHz)	220	190	187	177	167
SONAR LF (0,1 a 1 KHz)	230	200	197	187	177
SONAR MF (1 a 10 kHz)	235	205	202	192	182
Sondas Multi – haz y Paramétricas (HF > 10 kHz)	235	205	202	192	182
Explosiones	250	220	217	207	197
Cañones de aire	270	240	237	227	217
Propagación Esférica					
Fuera Borda	162	103	97	77	57
SONAR MF media potencia (1 a 10 kHz)	220	161	155	135	115
SONAR LF (0,1 a 1 KHz)	230	171	165	145	125
SONAR/MF, Paramétricas (1 a 10 kHz)	235	176	170	150	130
Explosiones	250	191	185	165	145
Cañones de aire	270	211	205	185	165

Los niveles de contaminación de un sonido particular y su impacto morfológico y fisiológico dependen del tiempo de exposición y de la intensidad de la señal recibida, así como de la especie. Los niveles y frecuencia utilizados para cada una de estas actividades es diferente para cada una de las especies. Por lo tanto una de las cuestiones prioritarias será conocer la intensidad y el tiempo mínimo de exposición a una emisión para que se produzca una disminución de la sensibilidad auditiva a esas frecuencias, bien de forma temporal como de forma permanente.

Además de los daños causados en el sistema auditivo, otros efectos físicos aún más nocivos son aquellos que provocan: hemorragias cerebrales, pulmonares, traumas en tejidos, varadas, etc. Por lo tanto, otra cuestión importante es conocer la distancia mínima a una fuente sonora para estar a salvo de cualquier de estos efectos, lo cual es una función del tipo de fuente, intensidad y posición, así como de las características de propagación.

Para mitigar estos efectos, alguna propuesta contempla una serie de buenas prácticas, como son las de: observar si existe presencia de mamíferos marinos al menos media hora antes de comenzar a transmitir, comenzar con emisiones de bajo nivel de potencia para progresivamente aumentarlo (soft starts) e interrumpir las emisiones si se confirma la presencia de cetáceos u otros mamíferos marinos dentro de la zona de influencia.