



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MEDIOAMBIENTE
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

**GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL CONTROL DEL RUIDO
SUBMARINO**

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN
GESTIÓN AMBIENTAL

MAURICIO DE LA ROSA

Profesor Guía: Mg. Ing. Jairo Valencia Muñoz

22 DE NOVIEMBRE DE 2021

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis acerca del fenómeno del ruido submarino junto con la recopilación de información relevante para poder desarrollar de manera clara los objetivos dispuestos para comprender y enfrentar de la mejor manera posible la gestión del ruido submarino, ya que, al ser una problemática relativamente nueva, sólo en algunos países se han implementado instrumentos de gestión para abordar de una manera adecuada esta problemática. Así mismo se analizaron distintos elementos ya ejecutados para llevarlos a la realidad nacional que en la fecha de realización de este trabajo aún no hay una normativa de tipo legal que regularice las actividades de ruido submarino en las costas de Chile.

Capítulo 1: Introducción a la problemática, junto con un glosario para comprender el lenguaje técnico del cual se está abordando, se realizó un enfoque de cómo se transmite el sonido en distintos medios ya que se comporta de manera distinta en la atmosfera y en el agua.

Capítulo 2: Se abordó la problemática de la cual se va a tratar en la mayor parte del trabajo y porque es importante lograr enfatizar los esfuerzos para resolver en buena parte los objetivos propuestos.

Capítulo 3: Posicionamiento del objetivo general y específicos del informe

Capítulo 4: Metodología utilizada, la cual comienza con un levantamiento de información y la manera de abarcar cada objetivo.

Capítulo 5: resultados obtenidos gracias a la información recabada, en este capítulo se muestran concretamente cuales son los daños producidos mediante fuentes antropogénicas junto con medidas de gestión y ejemplos reales de los daños que se producen.

Se incluye un análisis de la realidad nacional además de un cuerpo legal que sirve como un camino para avanzar junto al rol del estado de Chile en esta materia

Capítulo 6: presentación final de propuesta para la gestión de ruido submarino, usa como base la “Guía para la redacción y evaluación de impactos por ruidos y vibraciones en el SEIA” para transportar ciertos tópicos para el ruido submarino

Capítulo 7: Interpretación y extrapolación de los resultados, resolver si la hipótesis planteada al principio fue la correcta.

Capítulo 8: Se plantea el cierre de la investigación junto a reflexiones y crítica acerca de la investigación junto con sus resultados y reflexión por parte del autor en torno a los límites y el alcance del proyecto

Capítulo 9: Principales fuentes de información de las cuales se realizó la investigación del trabajo

Capítulo 10: Información extra que abarca información específica

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Introducción al sonido	3
1.2	Comparativa niveles mar y aire	4
1.3	Transmisión del sonido en el mar.....	5
2	PROBLEMA	8
3	OBJETIVOS.....	9
3.1	OBJETIVO GENERAL	9
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4	METODOLOGÍA.....	10
5	RESULTADOS	12
5.1	Fuentes de ruido marino	12
5.2	Fuentes de ruido antropogénico.....	16
5.3	Estrategias para el control del ruido submarino.....	19
5.3.1	Propuestas de medidas OMI	20
5.3.2	Ecosondas.....	22
5.3.3	Hincado de Pilotes.....	22
5.4	Infraestructura portuaria.....	23
5.5	Medidas de mitigación	25
5.5.1	Eficiencia energética.....	25
5.5.2	Normativas y referencias	26
5.5.3	Generalidades al momento de realizar mediciones	27
5.5.4	Control del ruido submarino en el océano.....	28
5.6	Cuerpo legal.....	32
5.7	Realidad Nacional	33
6	GUÍA PARA LA GESTIÓN DE RUIDO SUBMARINO	36
7	DISCUSIONES	55
8	CONCLUSIONES.....	56
9	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
10	ANEXO	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Refracción del sonido en el agua de mar.	5
Figura 2. Eco localización.	6
Figura 3. Esquema donde se puede apreciar la vejiga natatoria de un pez.....	7
Figura 4. Máquina de dragado en faenas.....	17
Figura 5. Efecto del ruido generado por buques sobre cetáceos.....	18
Figura 6. Faena de hincado de pilotes.	19
Figura 7. Hélice de puntas cargadas (Contracted and Loaded Tip -CLT- de SISTEMAR)	21
Figura 8. Ubicación del lugar en donde se realizarán las obras	23
Figura 9. Imágenes de hidrófonos.....	29
Figura 10. Gliders de planeador submarino	30
Figura 11. Funcionamiento de la tecnología Gliders submarino	30
Figura 12. Imagen de una boya en tiempo real.	31
Figura 13. Imagen de boyas en tiempo real más gliders de planeador submarino trabajando conjuntamente.....	31
Figura 14: Comité operativo para el fortalecimiento de la gestión del control de ruido submarino y la prevención de sus impactos en la biodiversidad.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la base de datos.	10
Tabla 2. Daños y efectos de las ondas de sonido en la fauna marina.	13
Tabla 3. Base de datos información sobre ruido submarino.	14
Tabla 4. Estaciones costeras de monitoreo en Chile con la institución a cargo.....	29

1 INTRODUCCIÓN

En el océano existen diferentes fuentes de ruido natural, entre ellas podemos encontrarnos con olas, viento, lluvia de origen natural. A su vez se ha detectado que la actividad humana en el océano puede afectar de manera negativa el comportamiento de los mamíferos como lo puede ser por ejemplo el tráfico de embarcaciones que afecta tanto como en la generación de ruido como físicamente a estos animales.

En la actualidad el ruido submarino de tipo antropogénico y sus efectos adversos sobre fauna marina, constituye una problemática en aumento. A nivel nacional, existen recientes recomendaciones sobre criterios y documentos internacionales de referencia para evaluar este contaminante en proyectos que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), dando cumplimiento a lo estipulado por el D.S. N°40/12 MMA.

Desde hace poco tiempo se está tomando conciencia acerca de la presencia del ruido en el océano, existen muchas actividades cotidianas realizadas por el ser humano que irrumpen e impactan de forma negativa a los mamíferos marinos, el rango auditivo de estos animales es distinto al de los seres humanos, además de que el sonido se propaga de forma mucho más fácil en el mar.

Hay dos razones principales por las que no se pueden transformar directamente los niveles sonoros en el mar y en el aire:

La primera se debe a que las variaciones de la densidad y velocidad del sonido en cada medio provocan cambios en la transmisión de la presión acústica. Para corregir estos efectos hay que sumar 36 dB al nivel medido en aire.

La segunda razón viene dada por los distintos niveles de referencia utilizados para calcular el nivel de las señales en agua (re. 1 μ Pa) y en aire (re. 20 μ Pa), que se traduce a 26 dB.

Por tanto, para expresar un nivel medido en aire a su equivalente matemático en agua deben sumarse 62 dB.

Sin embargo, el gran desconocimiento existente, sobre las adaptaciones de la fisiología acústica de la fauna marina para recibir el sonido, hace que lo más prudente sea no realizar extrapolaciones sobre los impactos que los mismos niveles de sonido podrían tener en mar y aire (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente España, 2012).

Un buen ejemplo de cómo se aborda la gestión de ruido submarino es España, que cuentan con un cuerpo legal sólido en materia de prevención, precaución, cuidado, zonas de conserva, tratados firmados con la Unión Europea lo que significa una estructura estatal enorme junto con fiscalización internacional , lo que en consecuencia logra crear una red de protección e innovación para enfrentar los desafíos de las nuevas maneras en las que hay que convivir por ejemplo con el tráfico marino de las embarcaciones que es una atenuante que no va a disminuir, por lo que se tienen que tener conceptos claros y definidos de como actualizar las normativas de uso del medio de transporte y usar la tecnología a favor de reducir los impactos de ruido de origen antropogénico

1.1 Introducción al sonido

A continuación, se presenta al lector no especializado con la materia, las características más relevantes del sonido, para facilitar la comprensión del documento. Para ello se introducirá un breve glosario con los contenidos más comunes de la ingeniería acústica

- **Presión:** La presión sonora o acústica es producto de la propia propagación del sonido. La energía provocada por las ondas sonoras genera un movimiento ondulatorio de las partículas del aire, provocando la variación alterna en la presión estática del aire (pequeñas variaciones en la presión atmosférica).
- **Energía:** La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.
- **Potencia:** En física, potencia (símbolo P) es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.
- **Intensidad:** El término intensidad se define como el grado o nivel de una fuerza que se aplica sobre un objeto natural o sobre un dispositivo mecánico.
- **Sonoridad:** El término sonoridad puede referirse a: La sonoridad como medida perceptual de la intensidad de un sonido, Calidad de la sensación auditiva que permite apreciar la mayor o menor intensidad de los sonidos.
- **LAeq:** Índice de ruido continuo equivalente, es el nivel de presión sonora equivalente ponderado (A), en decibelios, determinado sobre un intervalo temporal de t segundos
- **Nivel de exposición sonora:** se define como el nivel constante que, mantenido durante un periodo de un segundo, tiene la misma energía ponderada A que el ruido está produciendo durante el periodo de medida. Es, por tanto, un LAeq normalizado a la duración de 1 segundo.
- **Nivel de presión sonora:** El nivel de presión sonora determina la intensidad del sonido que genera una presión sonora, se mide en decibelios y varía entre 0 dB umbral de audición y 120 dB umbral de dolor
- **Decibel:** El decibelio o decibel con símbolo dB, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, o tensión y potencia eléctrica.
- **Propagación del sonido (en el agua):** los sonidos se propagan con mayor rapidez y menor pérdida de energía que en el aire; las ondas sonoras y ultrasónicas se transmiten en el mar a una velocidad entre 1 400 y 1 600 metros por segundo, mientras que en la atmósfera la velocidad de propagación es de 340 metros por segundo.
- **Frecuencia:** Es el número de veces que una onda completa un ciclo en un segundo. Sus unidades son ciclos por segundo o Hertzios (Hz). Los humanos

describimos los sonidos como graves o agudos según sean de frecuencias bajas o altas, respectivamente. El rango humano de audición se encuentra entre las frecuencias de 20 Hz y 20 kHz (kilohertzios)

- **Nivel de presión acústica en ponderación A, o nivel de ruido:** La cantidad de ruido medida por un sonómetro en el que la respuesta de frecuencia es ponderada conforme
- **Ruido:** todo sonido que pueda provocar una disminución de la facultad auditiva, perjudicial para la salud o peligroso de cualquier otro modo
- **Sonido:** Energía transmitida por ondas de presión que se puede propagar a través de un medio elástico como el aire o agua, que es la causa objetiva de la sensación auditiva

1.2 Comparativa niveles mar y aire

El sonido es producido por el movimiento vibratorio de las moléculas de una sustancia elástica. La energía mecánica de propagación del sonido se absorbe en el medio por el cual se propaga, y que puede ser gaseoso, líquido o sólido, produciéndose una variación en la intensidad del sonido, que es mayor o menor según el medio en el que se absorbe. Esta absorción se debe a la fricción de las ondas con el medio, y a su transformación en calor.

La velocidad de propagación del sonido en el océano varía con la profundidad, la temperatura y la salinidad.

En el agua, los sonidos se propagan con mayor rapidez y menor pérdida de energía que en el aire; las ondas sonoras y ultra sonoras se transmiten en el mar a una velocidad entre 1 400 y 1 600 metros por segundo, mientras que en la atmósfera la velocidad de propagación es de 340 metros por segundo. Esto se debe a que el agua del mar no se encuentra comprimida, no se puede reducir a un menor volumen, por lo que la absorción de las ondas sonoras es mínima, contrariamente a lo que sucede en la atmósfera, en donde los sonidos se absorben a distancias muy cortas (Biblioteca digital, 2019).

Por las características del agua del mar la velocidad de propagación del sonido cambia de acuerdo con las variaciones de temperatura, salinidad y presión. Cuantas más altas sean estas características del agua, tanto mayor será su velocidad. Por ejemplo, en agua dulce, a una temperatura de 30°C, es de 1 509 metros por segundo, mientras que en el agua del mar, con la misma temperatura, pero con una concentración de sales de 35%, será de 1 546 metros por segundo (propagación del sonido en el mar , 2019). El efecto de la temperatura es considerablemente mayor que el de la salinidad y la presión en las aguas superficiales, debido a que en ellas

alcanza sus máximos valores y presenta rápidas variaciones; pero conforme aumenta la profundidad, la acción de este factor pierde importancia.

La superficie y el fondo del mar, así como cualquier objeto sumergido de tamaño considerable provocan la reflexión del sonido, mientras que los estratos que forman el agua del mar son los responsables de que cambie la velocidad del sonido, provocando que la dirección de las ondas se desvíe dando lugar a la refracción (ver figura 1).

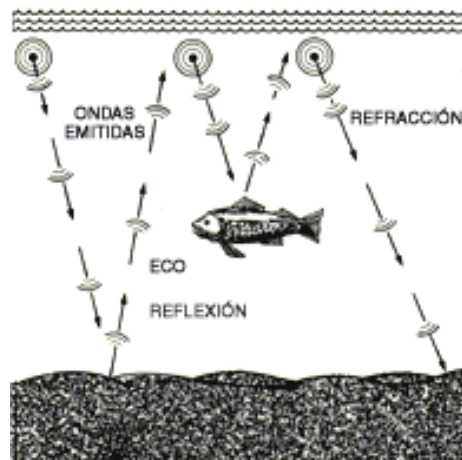


Figura 1. Refracción del sonido en el agua de mar.

1.3 Transmisión del sonido en el mar

Ejemplos de “ruido ambiental “en el océano se podrían nombrar las oleadas, lluvias, vida marina, además de los barcos y sonares militares son productores de ruido que se puede encontrar en el mar.

Como se ha establecido el agua es un medio eficaz para poder transmitir el sonido ya que puede recorrer grandes distancias. En el medio marino el olfato o la vista no son importantes ya que los mamíferos marinos se pueden comunicar entre sí a grandes distancias a través de sonidos

Dependiendo de la fuente de origen de la cual se esté generando algún ruido y ésta se esté alejando, más baja será la intensidad, debido a que el sonido se dispersa y buena parte es absorbida por el mar.

Los usos cotidianos en donde el ser humano puede generar ruido pueden ser asociados a localización de objetos, ya sea submarinos o naufragios, ubicar animales, la creación de mapas, investigación o determinar la profundidad de el mismo, la localización de animales ha sido muy importante ya que ha sido favorable para especies en peligro de extinción puesto que se puede catar su presencia y realizar seguimientos, además de evitar colisiones con embarcaciones grandes. El sonido viaja más rápido en las aguas más cálidas que en las frías, así que también

nos puede servir para medir la temperatura de las aguas, así como estudiar sus corrientes.

En cuanto a los animales marinos, ellos utilizan los sonidos para realizar distintas actividades ya sea para percibir su entorno, comunicarse, buscar comer y protegerse bajo el agua. Entre otras. Un buen ejemplo sería el de las ballenas jorobadas, las cuales crean sonidos similares a las melodías para comunicarse a kilómetros de distancia, su justificación sería para encontrar presas, evitar obstáculos o alertar de peligro.

La eco localización, es otro de los atributos que poseen especies como los cetáceos dentados por ejemplo el delfín. Estos producen un ruido que se proyecta a través del agua y que, al rebotar en un cuerpo sólido, produce una imagen mental en sus cerebros que les permitirá detectar peligro, alimento o la presencia de algún compañero (ver figura 2).

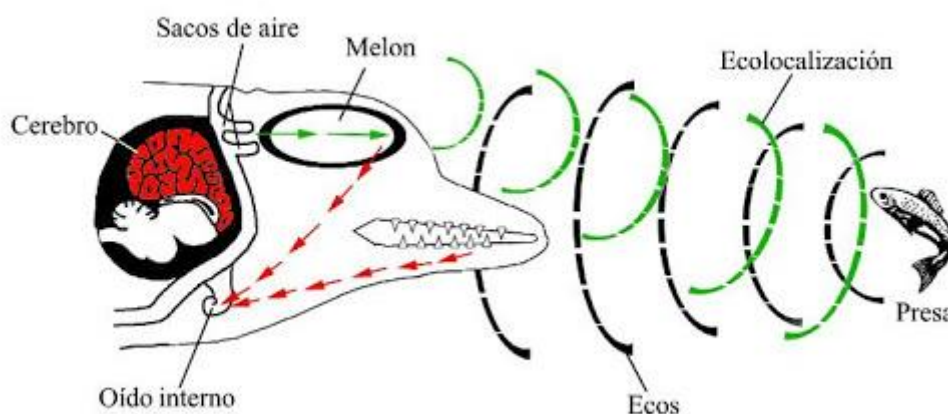


Figura 2. Eco localización.

La fisiología de los animales marinos es única para producir, detectar e interpretar los sonidos bajo el agua, algunas especies, como por ejemplo la tortuga marina, no tienen buen oído en el aire, pero sí en el agua.

El aumento del sonido de fondo y otras fuentes de sonido pueden tener un impacto en animales marinos en forma de alteraciones en su comportamiento, enmascarando sonidos importantes, aumentando los niveles de estrés fisiológico o pérdida de audición.

En peces también afectan los sonidos o ruidos frecuentes, una prueba de esto es la declaración de la investigadora y docente del departamento de ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción y Magister en Ecología Marina, Paula Ruiz quien en una declaración en el Diario de Concepción en mayo 2021 dice *“En peces, por ejemplo, pueden sentir las ondas de*

sonido por medio de la vejiga natatoria, órgano que les permite mantener la flotabilidad. Esta cavidad está llena de aire y con ruidos muy intensos o frecuentes podría explotar” (Quiero, 2021) (ver figura 3).

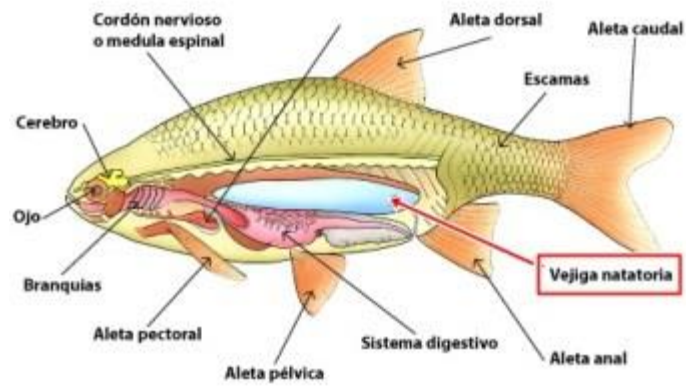


Figura 3. Esquema donde se puede apreciar la vejiga natatoria de un pez.

2 PROBLEMA

Los mamíferos marinos dependen y se comunican con los sonidos, ya que para ellos el sentido del oído como el más importante.

El sonido en el agua se propaga más fácil que en el aire (4,5 veces), estos mamíferos utilizan las ondas sonoras para poder comunicarse a largas distancias. El “ruido” del tráfico marino producido por el hombre también se propaga de la misma manera, esto produce que ambas interacciones de ruido a lo largo del tiempo con datos desde 1960 hacia adelante las fuentes de ruido y el ruido submarino haya aumentado 3db por década (Aqua, 2021), lo que afecta en la reducción de la distancia de comunicación de las ballenas.

Los impactos que se producen entre los ruidos generados por actividad humanas y los usos biológicos (mamíferos marinos) pueden derivarse en la alteración hábitos, variación de la vocalización, abandono, desorientación, pérdida auditiva, varamientos, muertes.

A si mismo se debe tener en cuenta las fuentes de mayores impactos de ruidos en los principales puertos (tronaduras, estudios geofísicos, tráfico marítimo, etc.)

Hay que hacer un énfasis que en la actualidad (2021) en Chile no existe normativa, ley o estrategia para para el control y gestión de esta problemática.

Entre los años 2019 y 2020 se comenzaron a realizar reuniones del Ministerio del Medio Ambiente a través de un comité en donde se encuentran distintas organizaciones, universidades entre otros para enfrentar la problemática (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Es por esto que en este trabajo se busca abordar la gestión ambiental en los océanos mostrando una estructura de trabajo para el orden de los factores que se tienen que tener en cuenta para la fiscalización, reparación, monitoreo e infraestructura necesaria para cubrir la demanda dependiendo de las obras o labores que se detecten que puedan ocasionar un mayor foco de ruido submarino.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la gestión y control del ruido submarino, así como la prevención y difusión de sus impactos en la biodiversidad

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento de información científica y técnica en materia de ruido submarino.
- Identificar las fuentes de emisiones antropogénico que puedan causar mayor daño a mamíferos marinos.
- Realizar propuestas de control.

4 METODOLOGÍA

Para poder abarcar de mejor manera los objetivos de este trabajo, se abordaron los objetivos de la siguiente forma:

Obj. Esp. 1. Realizar un levantamiento de información técnica y científica en materia de ruido submarino.

Se realizó un levantamiento de información científica y técnica tanto de fuentes nacionales como internacional en países donde esta problemática esté solucionada o con un camino ya avanzado. Se optó por fuentes desde un rango de 10 a 15 años de información ya que eso contempla una gran cantidad avanzada de estudios hasta a la fecha. El producto final con el que se espera completar este objetivo es una base de datos con toda la información recabada para el uso de cualquier persona o entidad que esté interesada en conocer acerca de este tema, tenga esta base de datos como recurso de información y de consulta.

Las actividades a realizar para la recopilación de datos fueron las siguientes:

- Recopilación y revisión de información bibliográfica referente al tema de estudio.
- Obtener información relacionada con los efectos negativos en mamíferos marinos.
- Determinar procedimientos de medición para el medio submarino.
- Recopilar información con respecto a las medidas de mitigación efectivas para controlar el ruido submarino.

Una vez recopilada toda la información se pasó a la creación de una base de datos como se muestra en la tabla 1, que servirá como un insumo para el análisis y discusión de este tema.

Tabla 1. Estructura de la base de datos.

ID	Nombre documento	Autor(es)	Año	Breve Reseña	Link

Obj. Esp. 2. Identificar las fuentes de emisiones antropogénicas que puedan causar mayor daño a mamíferos marinos.

Se revisaron proyectos ingresados al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) relacionados a actividades portuarias. La justificación de revisar estos proyectos de infraestructura portuaria (recientes) es verificar si hay alguna mención a la

generación de ruido submarino, si se considera alguna medida de mitigación o simplemente como aún no hay una regulación nacional con respecto al tema se pasa por alto y simplemente no se considera.

A continuación, los puntos más importantes que se realizaron para poder llevar a cabo este objetivo

- Se procedió a identificar cuáles son las fuentes de ruido producidas por seres humanos que son más propensas a generar altos niveles de decibeles.
- Con la información conseguida se logró manifestar cuales son las actividades/trabajos que se realizan en los puertos que son más proclive a la generación de ruido que puede repercutir de manera negativa en el océano.
- Al conocer la cantidad de decibeles emitidos por las distintas maquinarias utilizadas para trabajos en un puerto, se procedió a calcular cuántos decibeles repercuten en el océano para poder determinar un registro de las emisiones emitidas para posteriormente poder tener un registro de niveles de ruido emitidos para poder generar medidas de mitigación que se desarrollaran en el objetivo específico 3.
- Para la estimación de todos estos datos se tomará como ejemplo la modernización y ampliación del puerto de Coquimbo, actualmente en etapa de construcción.

Obj. Esp. 3. Realizar propuestas de control

Con la información recabada se procedió a realizar propuestas de control que permita dar soluciones y recomendaciones a las deficiencias encontradas en el proceso de monitoreo y control del ruido submarino.

Se realizó un catastro de la infraestructura que posee el estado de Chile para poder monitorear las distintas actividades que ocurren en el océano, y junto con ello se agregaron propuestas para mejorar el monitoreo de ruido submarino, junto con mejoras en cuanto a tecnologías, y propuestas para poder avanzar en el ámbito legal a lineamientos que se deben considerar para normas de calidad secundarias para el control y gestión del ruido submarino

Con esta información se propusieron medidas de control y gestión del ruido submarino para nuestro país.

5 RESULTADOS

5.1 Fuentes de ruido marino

La gran variedad de sonidos que se pueden encontrar en el océano, procedentes tanto de la biota como del medio, se pueden dividir o distinguir entre los sonidos naturales del océano de los cuales podemos encontrar el sonido de las olas, movimientos sísmicos, volcanes submarinos, de los cuales obviamente pueden generar impactos de distinta índole en la fauna marina, además de incluir los sonidos generados por los mismos animales.

Dentro de los sonidos animales existen algunos de gran intensidad instantánea, como los chasquidos de los cachalotes, que constituyen una de las fuentes de sonido animal de mayor potencia. Sin embargo, estos chasquidos son muy cortos y los niveles de energía que acarrearán son mucho menores que de los sonares humanos de alta intensidad, por lo que la comparación de ambas fuentes sonoras no es razonable (Madsen, 2005).

Cabe señalar que la actividad humana ha cambiado las condiciones marinas en las últimas décadas y la contaminación acústica proveniente del ser humano ha estado produciendo cambios de importancia en el ambiente acústico normal en zonas amplias marinas.

Los sonidos o “ruidos” que rondan en la biota marina pueden impactar de manera aguda o crónica, los riesgos pueden incluir riesgo de daños o lesiones auditivas inmediatas o del cuerpo. Un ejemplo de esto es el Camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*), en el caso de los machos no se pueda desarrollar completamente y disminuya la forma de apareamiento lo que hace que la calidad de los huevos sea más baja y cae la posibilidad de sobrevivencia de las nuevas generaciones. En el caso de las hembras al estar expuestas a ruidos fuertes o constantes prefieren usar todo el presupuesto energético en la reproducción o en generar huevos más grandes y con más contenido nutritivo, y ello hace que dejen de lado la energía que disponían para sus funciones fisiológicas (Diario Concepcion, 2021).

Las distintas especies marinas pueden reaccionar bien o normal a las frecuencias de las cuales están acostumbradas, y a aquellas frecuencias de las cuales son más sensibles se puede dar el caso de afecciones fisiológicas a la audición cuyos cambios pueden ser temporales o permanentes causado por altas presiones acústicas. El mal producido por la exposición a estos ruidos (tanto directa como indirectamente) conllevan a cambios de comportamiento, desorientación cuyos daños pueden llevar incluso a la muerte (Rommel *et al.*, 2007; Guerra *et al.*, 2004;

Fernández *et al.*, 2005; Cox *et al.*, 2006) o bien a través de cambios en la calidad del hábitat que pueden generar estrés (Wright *et al.*, 2008).

A continuación, la tabla 2 muestra los distintos tipos de daños y efectos

Tabla 2. Daños y efectos de las ondas de sonido en la fauna marina.

Tipo de Daño	Daño Directo	Daño Indirecto
Daños fisiológicos	Daños graves a estructuras auditivas (Ketten, 1995).	Daño a tejidos corporales por la presión acústica (Mc Cauly <i>et al.</i> , 2004)
	Desorientación causada por daños en los órganos del equilibrio, que puede originar efectos secundarios, incluyendo impactos letales (por ejemplo, asfixia en calamares gigantes, Guerra <i>et al.</i> , 2004)	Cambio temporal o permanente del umbral de sensibilidad, reducción irrecuperable de la sensibilidad auditiva a ciertas frecuencias (Nachtigall, 2004; Lucke, 2008)
	Daño a los tejidos vitales causados por un embolismo gaseoso y graso (Jepson <i>et al.</i> , 2003; Fernández <i>et al.</i> , 2005) que podría producirse por una reacción de escape (Fernández <i>et al.</i> , 2005; Cox <i>et al.</i> , 2006; Rommel <i>et al.</i> , 2007)	Reacciones de alerta (contracciones musculares reflejas) (Götz, 2007)
Tipo de daño	Efecto	
Daño perceptivos	Solapamiento y enmascaramiento de sonidos biológicos relevantes por ruidos de origen antrópico, incluyendo sonidos comunicativos, ecolocalización (biosonar), sonidos asociados con la localización de las presas, evitación de depredadores o colisiones con embarcaciones (Payne y Webb, 1983; Aguilar de Soto <i>et al.</i> , 2005)	
Daño comportamentales	Interrupción de comportamientos normales, por ejemplo, alteración de ritmos respiratorios y de inmersión, movimientos anómalos, evitación de áreas, Cambios en rutas migratorias, etc. Estos efectos se pueden dar a decenas de kilómetros desde la fuente de emisión (revisados en Richardson <i>et al.</i> , 1995)	
Daños crónicos	Stress con consecuencias potenciales de inmunodepresión y reducción de Viabilidad reproductiva. Incremento del gasto energético (Wright <i>et al.</i> , 2008). Repercusiones poblacionales a largo plazo: insuficientemente conocidas debido a la falta de estudios dedicados a lo largo de un periodo suficiente de tiempo.	
Daños ecológicos directos	Reducción de la población de la especie afectada, lo que podría ser muy Significativo si la población local es reducida.	
Daños ecológicos indirectos	Pérdida de calidad del hábitat. Reducción en la disponibilidad de presas y por tanto de la actividad trófica.	

A continuación, se presenta la tabla 3 con la base de datos de las fuentes de información que se revisó para la investigación y realización de este trabajo.

Tabla 3. Base de datos información sobre ruido submarino.

ID	Nombre Documento	Autor(es)	Año	Breve reseña	Link
1	Echo Program Slowdown Trial-interim Findings	Heise, K:A, Barrett Lennard	2018	Protocolo para la disminución de la velocidad de embarcaciones al llegar a puertos	https://www.portvancouver.com/wp-content/uploads/2018/03/Interim-Findings-of-the-Vessel-Slowdown-Trial-Updated-March-1-2018.pdf
2	Ruido subacuático: fundamentos, fuentes, cálculos y umbrales de contaminación ambiental	Antonio Ruiz Mateo	2017	Propagación del ruido en el mar y su afección a los animales marinos	http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/28
3	Contaminación acústica marina: la amenaza invisible que pone en peligro a los cetáceos	Maria Yolanda Errazuriz	2019	Estudio acerca de la propagación del sonido y como este afecta a los cetáceos	https://laderasur.com/articulo/contaminacion-acustica-marina-la-amenaza-invisible-que-pone-en-peligro-los-cetaceos/
4	Estudios de impactos y repercusiones de las acciones humanas en el océano	James Crawford	2020	Recopilación y análisis de ruidos intensos producidos por el hombre en el medio marino por el uso de explosivos construcción, investigación, etc.	https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando
5	Elaboración de una guía técnica para la evaluación de impacto producido por ruido subacuático	Susannah Buchan	2018	Investigaciones varias que reflejan todo el impacto y medidas de mitigación que se pueden aplicar para aminorar la problemática del ruido submarino	http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uid=a058e2ad-9994-4fbe-b3b6-1788778eb1d7&fname=Inf%20Final%20608897-55-LE%20v3.pdf&access=public
6	Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina	Ministerio de agricultura y alimentación y medio ambiente	2012	Planteamiento s logrados y tratados internacionales junto con aplicaciones prácticas para abarcar la problemática	https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/doc-tecnico-impactos-mitigacion-contaminacion-acustica-marina_tcm30-157028.pdf
7	Underwater Piling Noise Guidelines	Departamento de planificación ,transporte e infraestructura ,gobernación de Australia del sur	2012	Lineamientos para asegurar rutas para el transporte de ballenas en las costas	https://www.dpti.ssa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/88591/DOCS_AND_FILES-7139711-v2-Environment_-_Noise_-_DPTI_Final_word_editing_version_Underwater_Piling_Noise_Guide.pdf

8	Estrategia de seguimiento de ruido submarino y programa de seguimientos asociados	Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico España	2018	Visión global de actividades que generan ruido con el fin de conocer el nivel y tendencias de ruido en las costas de España	https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-equimientorsyprogramasasociados_tcm30-518610.pdf
9	Guidance to manage the risk to marine mammals from man-made sounds surces in irish waters	Departament o de patrimonio .Irlanda	2014	Conjunto de información que muestra el daño causado por el hombre a mamíferos marinos	https://www.npws.ie/sites/default/files/general/Underwater%20sound%20guidance_Jan%202014.pdf
10	Maritime labour Convention	Conferencia Internacional Labour	2006	Conferencia en donde se realizaron reglamentos y normas a considerar para combatir e ruido submarino	https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/document/s/normativeinstrument/wcms_090250.pdf
11	Technical Guidance for assesing the effects of anthropogenics sound on marine mammal hearing	Departament o de comercio EEUU	2016	Umbrales de acústica subacuática para la aparición de cambios de umbrales permanentes y temporales.	fisheries.noaa.gov/resource/document/technical-guidance-assessing-effects-anthropogenic-sound-marine-mammal-hearing
12	Adopción del código sobre niveles de ruido a bordo de los buques	Directemar	2012	Código sobre niveles de ruido a bordo de buques adoptado de normas internacionales para la protección contra el ruido.	https://www.directemar.cl/directemar/site/artic/20170307/asocfile/20170307085021/337_91.pdf
13	Directrices para reducir el ruido submarino debido al transporte marítimo comercial y sus efectos adversos en la fauna marina	Organización Marítima Internacional	2014	facilitar orientaciones sobre la reducción del ruido submarino debido al transporte marítimo comercial, y siguiendo la recomendación formulada por el Subcomité de proyecto y equipo del buque	https://www.cdn.imo.org/localresources/es/MediaCentre/HotTopics/Documents/MEPC.1-Circ.833.pdf

5.2 Fuentes de ruido antropogénico

Algunos mamíferos marinos pertenecientes al territorio nacional contemplan un rango de frecuencia entre los 1hz a 20khz con niveles de 100 a 180 dB, (Crawford, 2020) incluyendo el sistema de eco localización que operan en un rango de 20 Hz a 150 kHz cuyos niveles pueden alcanzar los 210 dB, mientras hay otras especies que no utilizan el sistema de eco localización cuya frecuencia se mueve en un rango de 12 Hz a 18 kHz, pero eso no implica que las actividades generadas por el hombre no las afecten.

Existen varios dispositivos que regularmente utiliza el ser humano para realizar sus actividades en el océano que generan un daño a los mamíferos que habitan ahí y alteran su calidad de vida, un ejemplo de esto es el dispositivo de acoso acústico (Acoustic Harassment Devices, AHD) cuyo propósito es generar un ruido para ahuyentar a algunos tipos de mamíferos de la actividad de la pesca con el fin de mantenerlos alejados de las redes y jaulas para peces.

La actividad de la acuicultura se ve constantemente amenazada o rodeada por distintos mamíferos marinos por lo que se desarrolló el AHD para impedir que se acerquen a los peces mientras se realiza la pesca. El problema está que la generación de ruido emitido por el AHD es muy alta, rondando entre los 190 a 205 DB de forma omnidireccional con frecuencias del rango entre 10 a 25 KHz. La generación de ruido es tan alta que genera daño y dolor para focas, marsopas, delfines entre otros mamíferos que puedan estar expuestos en un área de alrededor de 3000 m² de estos dispositivos (Crawford, 2020).

A continuación, alguna de las actividades humanas más frecuentes que ocasionan ruido submarino:

- **Ruido producido por dragado y construcciones:** El dragado es la operación que consiste en la limpieza y el ahondamiento de un cuerpo de agua, a partir de la remoción de rocas y sedimentos. El barco dragador y la maquinaria empleada para la excavación y movimiento de material (ver figura 4). Los niveles de fuente registrados van desde 160 a 180 dB re 1 μ Pa 1 m, entre 50 y 500 Hz (Crawford, 2020).



Figura 4. Máquina de dragado en faenas.

- **Ruido producido por la perforación y explotación de petróleo y gas:** El rango de sonido generalmente alcanza a 2 km del área de trabajo, a frecuencias de 200 Hz.

En las aguas árticas donde hay poca profundidad se generan frecuencias por debajo de los 350 Hz. Las perforaciones asociadas a este tipo de actividad se pueden realizar en dos tipos de embarcaciones, semi sumergibles y naves de perforación. El ruido generado por los buques de perforación es mayor, dependiendo del tipo de maquinaria utilizada y del modelo, el ruido en la producción de petróleo y gas es muy bajo porque estas instalaciones tienen poco contacto con las aguas superficiales.

La emisión generada por esta fuente se conoce como un ruido de nivel moderado, continuo y omnidireccional en bajas frecuencias. Los niveles de fuente registrados se encuentran dentro del rango 145-190 dB (Crawford J. , 2020).

- **Ruido generado por buques de superficie:** las embarcaciones grandes como los buques son los que más generan ruido, cuyos niveles van variando dependiendo del tamaño y velocidad en la cual se estén movilizándose. Los buques antiguos generan más ruido que los buques nuevos y, como es de esperarse, las naves de mayor tamaño generan más ruido que las pequeñas. Por ejemplo, un súper petrolero a 6,8 Hz podría ser detectado a una distancia entre 139 y 463 km. (ver figura 5).

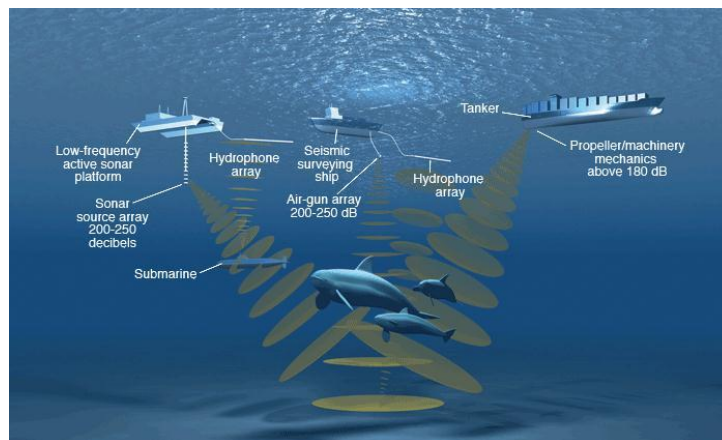


Figura 5. Efecto del ruido generado por buques sobre cetáceos.

- **Ruido generado en investigaciones geofísicas:** por lo general los trabajos de geofísica utilizan ondas sísmicas. Este tipo de sonido es detectable a cientos de kilómetros de la fuente, dentro de los instrumentos utilizados como fuente de generación de fuentes de ruido se pueden encontrar: pistolas de aire comprimido, dispersores de fundas, pistolas de gas y vibroseis. Los explosores de fundas y las pistolas de gas, que funcionan en base a una mezcla de oxígeno y propano, pueden generar ruido en frecuencias altas (200 Hz) en el generador y frecuencias bajas (70 Hz) en el receptor. Mediante el sistema vibroseis, el cual es utilizado generalmente en el hielo, se genera ruido en frecuencia entre 10 a 70 Hz, pudiendo generar ruido de hasta 187dB (Crawford C. , 2020).
- **Ruido generado por sonares activos:** Las frecuencias de los sonares van desde unos pocos cientos de Hz, como aquellos utilizados por los sonares de búsqueda de largo alcance, hasta varios cientos de kHz, como aquellos sonares que son utilizados en la búsqueda de minas, cartografía marina y, en general, aquellos sistemas que requieren discriminar objetos pequeños. Los sonares comerciales que son más frecuentes para la pesca operan con un rango de 12Khz y llegar a un nivel de entre 120 a 135 db. Por otro lado, los sonares de uso militar pueden llegar a los 235 dB, que al llegar a propagarse a cientos de millas a la profundidad del mar pueden alcanzar los 135 dB (J.C., 2020).
- **Hincado de pilotes:** en esta área se generan bajas frecuencias bordeando los 20Hz con un alto nivel de presión acústica que puede alcanzar o incluso superar los 177 dB (Fernandez, 2019). estas frecuencias pueden viajar a través del mar incluso a los 10 km de profundidad de la fuente de emisión de ruido, En el caso de los pilotes hincados destinados a instalaciones portuarias (ver figura 6), por la duración de este tipo de trabajos, podrían generar, potencialmente, daño auditivo permanente o temporal en zonas cercanas a la fuente y alteraciones en el comportamiento de mamíferos marinos en zonas lejanas ubicadas a kilómetros de distancia.



Figura 6. Faena de hincado de pilotes.

- **Tronaduras:** El ruido generado por la realización de tronaduras, asociado a pulsos de baja frecuencia, puede ser percibido por una gran y diversa cantidad de especies marinas, debido a la magnitud del nivel de presión acústica generado en la columna de agua. Esta actividad se encuentra considerada como una de las de mayor potencial dentro de las fuentes de ruido antropogénico. Los decibeles que se pueden percibir (teniendo en cuenta la duración y cantidad de explosivo) pueden rondar entre los 250 a 300 dB (C.C., 2020).
- . Incluso las pequeñas explosiones se pueden percibir a cientos de kilómetros de distancia.
- **Dispositivos de hostigamiento:** Existen dispositivos ampliamente utilizados en el ámbito de la acuicultura conocidos como AHD (Acoustic Harassment Devices) que generan sonidos bajo el agua, con el propósito de espantar a los mamíferos marinos de las jaulas de peces o redes de pesca. Las frecuencias que bordean este tipo de acciones están entre los 10 a 25 kHz y llegar a los 190 a 205 dB (Revista Marina, 2020).

5.3 Estrategias para el control del ruido submarino

Distintas organizaciones, universidades, el mundo científico entre muchas organizaciones pueden colaborar en conjunto para crear protocolos de mitigación con perspectivas realistas para reducir entre otros factores (además de reducir los niveles de ruido hacia el océano producido por actividades humanas) la mortalidad.

A continuación, se ejemplifican propuestas a ciertos criterios para poder reducir de manera efectiva los impactos a la fauna marina.

5.3.1 Propuestas de medidas OMI

Es imposible pensar en mitigar el ruido natural provocado por la naturaleza del mar. Incluso a pesar de que este mismo ha aumentado con el paso de los años, sin embargo, distintas organizaciones internacionales como la organización marítima internacional (OMI) y la fundación internacional por el bienestar animal (IFAW) han estado trabajando en medidas para la reducción de emisiones de las embarcaciones además de las ventajas que estas pueden tener tanto en el ámbito de impacto ambiental como económico.

Los resultados obtenidos mostraron una efectividad bastante positiva en cuanto a reducción de las emisiones de ruido producida por buques de carga, de los cuales se encuentran mejores técnicas a los buques ya construidos y diseños para los nuevos buques por construir, esto siempre (por el momento) bajo un carácter voluntario, pero teniendo beneficios tributarios de ser aplicados.

Dentro de los resultados técnicos asociados a los resultados se puede apreciar la reducción de ruido producido por los barcos que se sumaron a las estas iniciativas. En tan sólo 3 dB (en el 16% de los buques, que superan en una desviación típica el nivel medio de emisión a bajas frecuencias, estimado en 175 dB re 1 μ Pa), resultaría en una reducción significativa (un 40%) del área en la cual se estudió los niveles de ruido a niveles de ruido medios (120 dB). Si la reducción de los niveles de emisión de este 16% de los barcos, los más ruidosos, fuera de 6 dB, el área ensonificada a 120 dB se reduciría en un 60%.

Los buques que emiten mayor una mayor contaminación acústica pueden bajar los niveles de sus emisiones de maneras considerables, por lo mismo es importante promover las aplicaciones para reducir los niveles de ruido hacia el océano además para tener una mejora en la eficiencia de los motores de los buques.

Para el año 2014 la OMI redactó y aprobó un documento en el cual se implementan algunos mecanismos para reducir los niveles de ruido de los buques de carga, las principales fuentes se enfocan en los aspectos de construcción de los buques y enfocados en las fuentes de ruido primario los cuales son: Las Hélices, la forma del casco la maquinaria a bordo, así como distintas recomendaciones asociadas a reducir los niveles de ruido en donde se incluyen el mantenimiento y limpieza de estos mismo elementos.

De las fuentes de ruido más importantes que con la que se puede frecuentar está asociado al provocado por la cavitación hélice de los barcos, esta genera ruidos en una banda ancha de frecuencias y picos discretos en los armónicos de la frecuencia

del paso de la pala en el espectro acústico submarino (Organización Marítima Internacional, 2020).

Las directrices formuladas por la OMI también incluyen definiciones y normas para la medición de ruido submarino.

En la actualidad existen varias medidas que pueden optar las embarcaciones para reducir su generación de ruido en los océanos a través de programas de acción que se implementen en los puertos. Dichas acciones pueden consistir en:

En cuanto al diseño de las hélices, estas están diseñadas para condiciones “normales” del uso en el océano. Y no siempre se cumplen estas condiciones lo cual hace que el diseño genere un mal funcionamiento y haya un aumento de las vibraciones y el ruido, por esto mismo se sugiere llevar un registro de las condiciones en la cual se desplaza un buque con carga máxima junto con la velocidad constante a la que viaja y flujo determinados, para así posteriormente tener las condiciones reales de uso de ese buque en específico para poder adaptar la hélice a ese funcionamiento.

En España la empresa SISTEMAR ha innovado en un diseño especial de hélices denominado CLT (Contracted and loaded tips), este diseño ha logrado reducir de manera significativa las vibraciones emitidas por la hélice, además del consumo de propulsión en el cual se vio reflejado un ahorro del 11,5% del combustible a una velocidad constante en el mar (SISTEMAR, 2012).

A continuación, se mostrarán los distintos diseños de las hélices para disminuir las vibraciones y el ruido de grandes embarcaciones (ver figura7).



Figura 7. Hélice de puntas cargadas (Contracted and Loaded Tip -CLT- de SISTEMAR)

Otro punto en concordancia tiene relación con realizar un tratamiento acústico con materiales aislantes en la parte de sala de máquinas para así poder reducir las emisiones sonoras y vibraciones dentro del barco además desde el casco hacia el mar.

5.3.2 Ecosondas

Una fuente de ruido que no se toma mucho en cuenta tiene que ver con las Ecosondas, las cuales tienen un funcionamiento similar al de los sonares el cual es transmitir fuertes impulsos sonoros para luego captar y clasificar los ecos que servirán para ubicar la situación del objeto que los produce, por lo mismo se recomienda restringir el uso de estas en frecuencias por sobre los 150Khz, esta medida se aplica ya que se reduce el alcance espacial de los sonidos ,como su impacto en la fauna marina de la cual se esté rodeando , se estima que no existen muchas especies marinas sensibles a más de 120 KHz.

La otra característica de los ecosondas es su uso, ya que generalmente su funcionamiento es de manera ininterrumpida, muchas de las veces sin la necesidad real de su implementación. un ejemplo de esto son las medianas y pequeñas embarcaciones que deben utilizar los ecosondas para maniobras específicas como el fondeo o acercamiento a aguas someras o localizar zonas de pesca.

Se hace necesario implementar una campaña para concientizar el uso de los ecosondas o regularizar su uso ya que los daños que pueden provocar son directos en cuanto a contaminación acústica marina.

Siendo la OMI un organismo técnico especializado de Naciones Unidas (ONU) a cargo de la regulación internacional para fortalecer la seguridad del transporte marítimo, Chile al pertenecer a la ONU y al tener tratados internacionales firmados Se pueden incluir las acciones previamente descritas para crear un plan nacional en el cual se puede desembocar realizar un plan de regularización para comenzar a atenuar el ruido producido por el tráfico marino, por lo cual el producto final puede terminar en una ley que regule las emisiones de sonido acústico o en un decreto supremo.

5.3.3 Hincado de Pilotes

Una de las actividades de las cuales se produce una cantidad alta de decibeles en trabajos de infraestructura portuaria es el Hincado de pilotes, esta actividad consiste en que el Hincado se realiza con una máquina que levanta cada unidad la apoya de punta sobre el suelo y la fuerza o clava por medio de la caída de una maza desde una altura estimada, golpeando sobre la cabeza del pilote(simulando el ejercicio que se hacer con un martillo y un clavo) , esto se repite varias veces hasta que esté enterrada en a profundidad requerida.

En la actualidad la tecnología nos permite utilizar la técnica del pilote prefabricado, lo cual consiste en la realización de este mediante la hinca en el terreno de

elementos prefabricados de hormigón de sección cuadrada, aplicando los impactos con una energía controlada.

Lo importante que hay que tener en cuenta con este proceso es colocar uniones entre los diferentes tramos de pilote mediante juntas metálicas, lo cual permite una longitud ilimitada, lo cual permite que la perforación del suelo para que el pilote quede a la profundidad del diseño., además de la fabricación de los pilotes, estos pueden ser de distintos materiales como hormigón prefabricados, perfiles de acero, de tuberías, etc.

Junto con esto los equipos de mayor eficiencia se utilizan los denominados martillos hidráulicos y masa variable de entre 5 a 7 toneladas los cuales tienen una baja de 10 decibeles más silenciosos y 15% más productivos (Keller, 2020).

5.4 Infraestructura portuaria

A continuación, se mostrará una actividad de modernización de infraestructura portuaria en donde se tomarán en cuenta las actividades recurrentes que se realizan comúnmente y se hará un cálculo de “suma de decibeles” en el cual se puede estimar el daño de propagación de sonido en decibeles hacia el océano. para posteriormente proponer medidas de mitigación en el objetivo específico 3.

En la región de Coquimbo existe el proyecto de modernización del puerto más mejoramiento y ampliación del mismo (ver figura 8) para 2 nuevos sitios de atraque esto producto del tsunami que hubo en la zona el año 2015 reduciendo su capacidad de funcionar y verse en la obligación de modernizar sus instalaciones, el proyecto fue aprobado en mayo de 2020 y su construcción comenzó en noviembre del mismo año (SEIA, 2020).



Figura 8. Ubicación del lugar en donde se realizarán las obras

En la actualidad el puerto de Coquimbo según cifras entregadas el año 2019 llegan aproximadamente 59 naves, lo cual se espera que ese número suba a aproximadamente 161 con lo que se espera alcanzar a 2.4 millones de toneladas al año (Armaza, 2020).

Para tener en cuenta estas dimensiones, el puerto de Valparaíso en este año 2021 hasta el mes de septiembre se ha movilizó más de 6.8 millones de toneladas de carga (Puerto Valparaiso, 2021).

Se estima que dentro de las faenas que se realizarán en la modernización del puerto de Coquimbo involucran hincado de pilotes y tronaduras las cuales pueden durar entre 1 a 2 años. Además de incluir el nivel de ruido producido por el dragado y construcciones

Los decibeles al estar en una escala logarítmica no se pueden sumar de la manera común, por lo que hay que recurrir a la siguiente formula:

$$L_{suma}(dB) = 10 \log \left[\frac{\sum P_i^2}{P_0^2} \right]^{1/2} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_i}{10}} dB$$

$$L_p = 10 \log(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10})$$

Ecuación 1. Fórmula para realizar suma de decibeles.

Con esta fórmula se procedió a realizar el ejercicio de cuantos decibeles se producen con las actividades de hincado de pilotes más tronaduras en trabajos de infraestructura portuaria, junto con esto se añadieron el total de decibeles que impactan en el océano.

Tomando el ejemplo anterior de los trabajos en el puerto de Coquimbo en donde se realizarán por un promedio de 1 año y medio trabajos de hincado de pilotes más tronaduras y dragado y construcciones, entendiendo que el hincado de pilotes puede llegar a niveles de 177 decibeles, las tronaduras a 250 dB y el dragado 160 decibeles la suma no será directa, es decir, el resultado no será 177+250+160=587 decibeles.

Más bien usaremos la formula anterior mente expuesta con lo que quedará de la siguiente manera:

$$L_p = 10 \log \left(10^{(177/10)} + 10^{(250/10)} + 10^{160/10} \right) = 250 dB$$

Ecuación 2. Fórmula para suma de decibeles con los datos llenados para obtener un resultado

A ese resultado hay que sumarle su equivalente matemático a nivel de agua que son 62 dB lo que daría un total de 312 dB emitidos hacia el océano.

Este mismo ejercicio se puede realizar una vez los trabajos estén terminados y el puerto esté funcionando en su totalidad en donde se le pueden agregar los niveles de ruido producidos por los sonares, lanchas, embarcaciones, etc.

5.5 Medidas de mitigación

Cierta medida de mitigación sería comenzando a realizar un mapeo de las zonas en donde con frecuencia transitan mamífero marinos como las ballenas y las zonas en donde viven estos animales y donde haya una alta densidad poblacional de ellos, junto con las zonas en donde se hayan registrado varamientos, además de realizar una coordinación entre el periodo de tiempo en donde se puede realizar un tipo de pesca en específico y cuando hay periodo de vedas (apareamiento), poder realizar un catastro y un registro de las zonas más frecuentes en donde se encuentren realizando estas actividades y poder ya sea fijar rutas específicas para embarcaciones de carga pesada o coordinar con tiempo si se va a realizar una trabajo de maquinaria pesada , saber cómo y en que época sería mejor realizarlo incluyendo estos tiempos en el informe de impacto medioambiental.

Por lo mismo es importante desarrollar de manera paralela las investigaciones necesarias acerca de las distintas maniobras o actividades del ser humano en el océano, ya sean estas, actividades navales, transporte de carga, tronaduras, etc. Para que tanto las actividades de gran impacto como el desarrollo de infraestructura portuaria esté incluido en su declaración en el SEIA (servicio de evaluación de impacto ambiental), ya sea este u otro organismo encargado) además de la educación de las personas en torno a la problemática.

Un dato a tener en cuenta es la aprobación que realizó el parlamento europeo el año 2004 en el cual se pidió una moratoria por la actividad de los sonares militares activos de alta densidad ya que estudios preliminares acusan varamientos, desorientación y muertes asociadas por causa de estos sonares, la resolución pide regular los niveles de ruido en los océanos, vigilar investigar e informar eventos de mortalidad asociados a los sonares (Congreso mundial de la naturaleza, 2020).

5.5.1 Eficiencia energética

producir un segundo dispositivo para aumentar la eficiencia y reducir el ruido de la hélice mediante la solución EnergoFlow. La cual consiste en un conjunto de cuchillas de estator fijadas a un lado del casco para dirigir el flujo de agua hacia la hélice (en términos técnicos, un 'estator de pre-remolino'). Esto reduce la "cavitación

de la lámina” causada por las puntas de la hélice. Al Implementar una tapa de la hélice de los buques, que parece una pequeña hélice adicional montada detrás de la hélice real, y se diseñó inicialmente para aumentar la eficiencia de la hélice en aproximadamente un 2% al regenerar la energía perdida en la cavitación del cubo y como efecto secundario, también hace que la hélice sea más “silenciosa” (Portal portuario, 2019).

Datos revisados por la organización de Fondo Internacional para el bienestar animal (IFAW) y Ocean Careé arrojaron una serie de datos que el descenso de velocidad de los buques a medida que se vayan acercando a puerto contribuiría a una “reducción significativa” del ruido submarino. De ser aplicada esta medida se podría monitorear de manera fácil y rápida, además de generar una igualdad de condiciones a todo tipo de embarcaciones de distintos sectores de esta manera no se “penalizará a nadie de manera indebida” (Atresmedia, 2021).

Además del contaminante sonoro, la reducción de la velocidad de las embarcaciones puede contribuir a la disminución de ballenas muertas producto de colisiones

La compensación para quienes adhieran a estas medidas se ofrecerán descuentos en cuotas portuarias a buques de carga comercial que cumplen con las mejores prácticas voluntarias ambientales.

5.5.2 Normativas y referencias

El año 2012 nació la Norma ISO (ISO/PAS) 17208-1: Acústica. Cantidades y procedimientos para la descripción y medición del sonido submarino procedente de buques. Parte 1: Requisitos generales para mediciones en aguas profundas. La cual está revisada y actualizada el año 2016.

En esta se describen metodologías para realizar mediciones, procedimientos para medir presión acústica bajo el agua en embarcaciones. esta norma fue creada en conjuntamente por el Instituto Estadounidense de Normalización y la Sociedad Acústica de los Estados Unidos de América (ANSI/ASA) S12.64-2009.

Paralelamente a esto también se elaboró la norma ISO/DIS 16554 Barcos y Tecnología marina - Protección del medio marino - Medición y generación de informes de sonido submarino que irradia desde barcos comerciales. En este aspecto esta norma da los lineamientos a los propietarios, astilleros, inspectores, todas las herramientas para realizar un método de medición para el ruido submarino procedente de buques mercantes para la fase final de la entrega de los buques, en otras palabras, esta norma es para la fase de construcción, reparación o modernización de los buques antes de salir a alta mar.

A continuación, se señalarán algunos puntos que se pueden tomar en cuenta a la hora de componer los elementos de una eventual norma en Chile.

- En cuanto al diseño de las hélices, estas deben tener un diseño cuyo fin sea reducir la cavitación de estas (la cavitación es cuando una hélice gira sus aspas expulsan el agua hacia atrás, dejando un vacío que es inmediatamente ocupado por nuevas moléculas líquidas la cual se manifiesta en un aumento del número de revoluciones (giro en vacío) ruidos, vibraciones y formación de espuma en la popa).
- Incluir la misma limpieza periódica de las hélices produce que se eliminen contaminantes marinos, lo cual reduce la rugosidad y contribuye a aminorar la cavitación de la hélice.
- La reducción de la velocidad de las embarcaciones tiene efectos significativos a la hora de disminuir el ruido submarino, esto tiene relación con hélices de paso variable, el funcionamiento de la eficiencia energética además La reducción de la velocidad o las decisiones relativas a la derrota del buque destinadas a evitar las zonas marinas sensibles, incluidas las rutas migratorias y los hábitats conocidos, ayudarán a reducir los efectos adversos en la fauna marina (Organización Marítima internacional, 2014).

Junto con estos puntos se añadirán algunos aspectos técnicos para tener en cuenta a la hora de definir criterios.

5.5.3 Generalidades al momento de realizar mediciones

A continuación, se presentarán estructuras para poder monitorear los niveles de ruido que se producen hacia el océano, una consistirá en medir las condiciones en las que se encuentra la embarcación antes de salir de puerto o cuando llegue a puerto y revisar si este está cumpliendo con las medidas que se sugieren en el capítulo 5.2 en adelante, de manera de poder colaborar un protocolo de puertos para la llegada y salida de embarcaciones y poder conocer cuántas de estas están adoptando los protocolos para la disminución de ruido.

Se revisarán y medirán los niveles acústicos de los buques y se registrarán bajo las siguientes condiciones.

- Toda la maquinaria del buque tiene que estar encendida, los propulsores principales tienen que estar a velocidad normal de viaje junto con las hélices en posición de navegación, junto con las máquinas auxiliares y equipos de navegación durante todo el periodo de la medición
- Equipos de ventilación, climatización se deben encontrar funcionando de manera normal.

- El funcionamiento del buque debe estar en condiciones normales (navegación) con todas sus operaciones activadas durante todo el momento de las mediciones.
- Se debe crear un criterio de “condiciones normales” al momento de realizar las medidas tener en cuenta el estado del agua, si hay lluvia, fuerza del viento o cualquier otro tipo de componente climatológico que pueda afectar las mediciones, algo de esto se podría incluir en el actual D.S38/11 el cual tiene las reglas generales de medición en la atmosfera (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).
- Tal como lo muestra el D.S38/11 para la medición el sonómetro debe estar en modalidad “respuesta rápida”. Para obtener los resultados confiables, las personas que trabajan en el buque debe estar en su puesto de trabajo para emular condiciones normales de navegación. El uso de las modalidades del sonómetro estas quedan claras en el D.S38/11 pero de igual manera si el lector le interesa saber la diferencia entre las distintas modalidades de uso del sonómetro (rápido, lento, impulso) y entender las curvas de ponderación (A, C, Z) revisar Anexo 1.
- De las principales fuentes de ruido de las embarcaciones estas provienen, y deben ser medidas, en: turbinas principales por cada nivel, engranajes principales, turbosoplantes, purificadores, alternadores y generadores eléctricos, plataforma de encendido de calderas, ventiladores de tiro forzado, compresores y bombas de carga.

Todos estos elementos son grandes generadores de ruido y vibraciones que repercuten directamente en el océano, por lo mismo al final del punto 5.4 se sugiere un tratamiento acústico dentro del barco para reducir estas emisiones.

Estas generalidades son sólo una perspectiva del total de medidas que se debe tener en cuenta tanto como protocolo como en implementos técnicos al momento de medir se sugiere revisar tanto el D.S38/11 como bibliografía para una mayor información técnica (DIRECTEMAR, 2014).

5.5.4 Control del ruido submarino en el océano

En la actualidad en Chile existen 16 estaciones costeras para monitoreo del territorio oceánico del país y para investigación científica, dentro de las instituciones a cargo de estas estaciones se encuentran 12 universidades, 2 a cargo del Instituto de fomento pesquero(IFOP), y 2 por el Instituto antártico chileno (INACH).

A continuación, se muestra una tabla 4 con todas las estaciones costeras en Chile (Nacional-Chile, 2020).

Tabla 4. Estaciones costeras de monitoreo en Chile con la institución a cargo.

Estaciones costeras	Institución a cargo
Centro costero de investigaciones Marinas, Guayacán	Universidad Católica del Norte
Centro costero de investigaciones marinas, Tongoy	Universidad Católica del Norte
Estación de Biología marina Montemar.	Facultad de Ciencias del Mar y de recursos naturales Universidad de Valparaíso
Centro de investigación marina Quintay (CIMARQ)	Universidad Andrés Bello
Estación Costera de Investigaciones Marinas ECIM, Las cruces	Pontificia Universidad Católica de Chile
Estación de Biología Marina de Dichato	Universidad de Concepción
Estación Costera de Biología Marina Abate Juan Ignacio Molina	Universidad Católica de la Santísima Concepción
Laboratorio Costero de Recursos Acuático de Calfuco	Universidad Austral de Chile
Estación Marina CEACIMA	i-mar, Universidad de los Lagos
Estación Experimental Quempillén	Universidad Austral de Chile
Centro Maricultira Hueihue	Instituto de Fomento Pesquero
Centro tecnológico para la Acuicultura Putemú	Instituto de Fomento Pesquero
Laboratorio e Oceanografía costera Tortel	Universidad de Concepción ,COPAS Sur-Austral,CIEP,Municipalidad de Tortel
Centro de Cultivos Marinos Bahía Laredo	Universidad de Magallanes
Base Profesor Julio Escudero , En Bahía Fildes de la isla Rey Jorge	Instituto Antártico Chileno
Base Yelco ,en Bahía South de la isla Doumer	Instituto Antártico Chileno

Con toda la infraestructura mencionada anteriormente se puede aprovechar para poder realizar monitoreos en tiempo real acerca de las distintas actividades que ocurren en el océano a través de técnicas de monitoreo acústico pasivo que nos permite realizar estudios de sonidos biológicos en el océano.

Una de las herramientas para realizar estos estudios serán los hidrófonos (ver figura) que servirán para escuchar pasivamente sin interferir agresivamente emitiendo alguna clase de sonido que puede provocar por ejemplo un ecosonda.



Figura 9. Imágenes de hidrófonos

Conforme ha ido avanzando la tecnología, aparte de usar los hidrófonos para poder escuchar al océano, actualmente se están utilizando otros dispositivos para el

monitoreo submarino como son los Gliders de planeadores submarinos (ver figura 10)

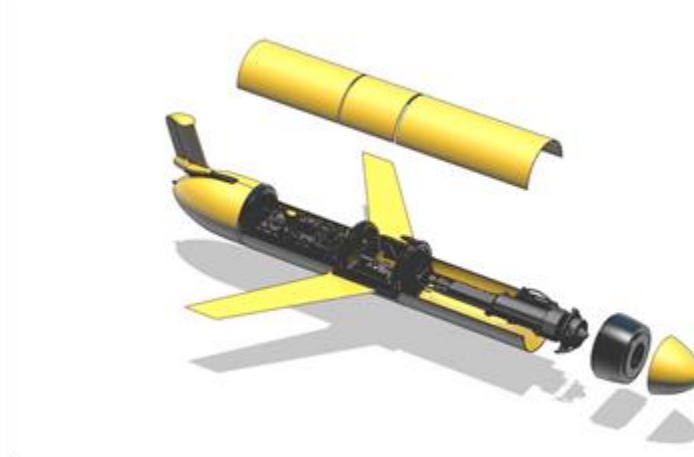


Figura 10. Gliders de planeador submarino

Estos dispositivos pasan un tiempo determinado en el océano y a través de una señal enviada a un satélite se puede monitorear en tiempo real lo que está sucediendo (ver figura 11).

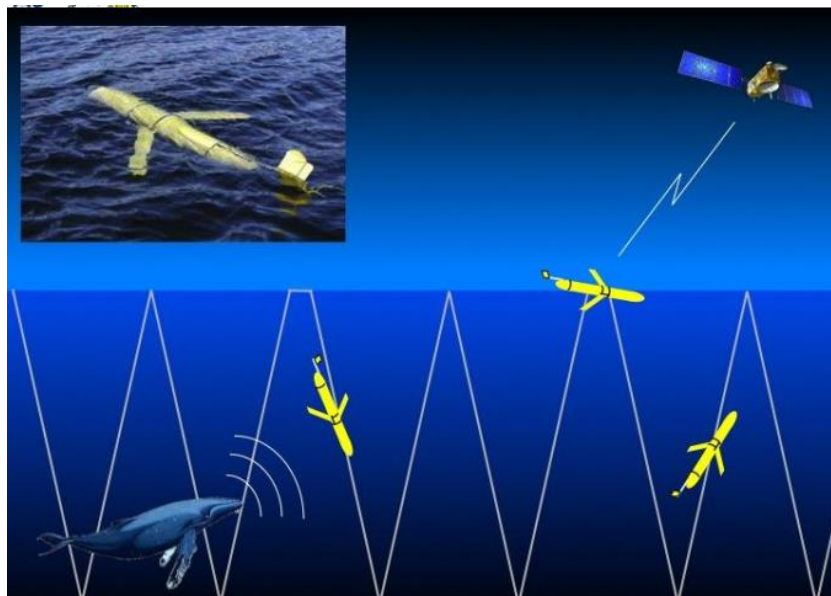


Figura 11. Funcionamiento de la tecnología Gliders submarino

La tecnología de las boyas es parecida, la diferencia es que estas pasan parte de su tiempo o tiempo completo en la superficie, se conectan a los satélites y transmiten la información en tiempo real (con un retardo de entre 20 minutos a una o dos horas en ocasiones) (ver figura 12).



Figura 12. Imagen de una boya en tiempo real.

Junto con esto se puede apreciar el sistema completo de monitoreo con tecnología de boyas más los gliders (ver figura 13)

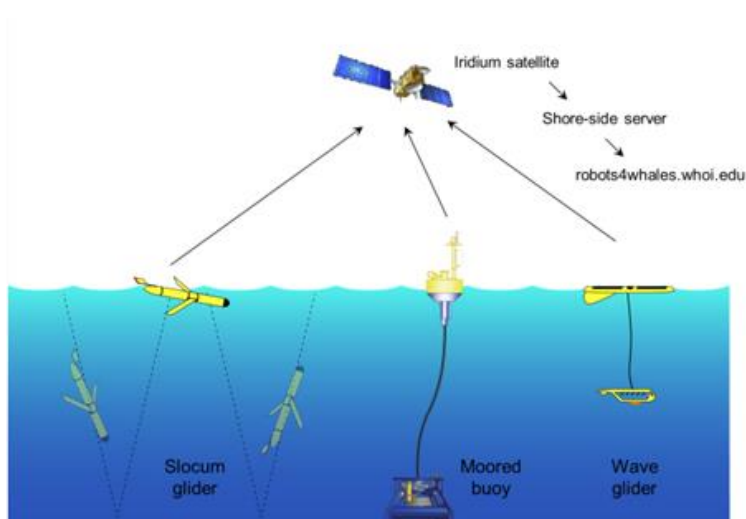


Figura 13. Imagen de boyas en tiempo real más gliders de planeador submarino trabajando conjuntamente.

Finalmente, para concluir Se identificaron los distintos instrumentos de medición, junto con su instalación y modo de ejecución Se propuso estaciones de monitoreo para las mediciones de ruido submarino.

Estas estaciones funcionarán en puntos estratégicos para poder, entre otras cosas poder monitorear el paso de mamíferos marinos y así poder crear zonas exclusivas para estos animales, junto con esto se instalará los instrumentos de medición para la correcta fiscalización de los trabajos realizados por el hombre.

5.6 Cuerpo legal

Respecto del tema, es necesario tener presente, que el ruido submarino no tiene un reconocimiento legal en el Decreto Supremo 38, norma actualmente vigente en territorio nacional, que regula al ruido en términos generales como contaminante atmosférico. Por lo mismo se puede señalar que la regulación de la ley 19.300 por su año de promulgación y la ausencia de reformas posteriores, tampoco contempla al contaminante mencionado.

No obstante, el artículo segundo de la ley 19.300 en su letra d), cuando define lo que debemos entender por “Contaminante”, se contempla al ruido de forma amplia, por tanto, se puede considerar reconocido de manera tacita al ruido submarino como agente contaminante. Lo último se colige del propio desarrollo normativo del concepto citado.

El artículo 19 número 8 de la Constitución Política de la República, prescribe: “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”.

Previo hay que hacer algunas distinciones conceptuales para poder desarrollar de mejor manera esta parte. Debemos entender que la norma base en esta rama es la ley 19.300 que constituye la ley de bases generales del Medio Ambiente, donde se pueden desprender algunas situaciones o conceptos que en el uso cotidiano podrían mal entenderse como sinónimos, pero que no lo son. Paso a detallar:

Medio Ambiente Libre de Contaminación: Aquel que lo contaminantes se encuentran en concentraciones y periodos inferiores a aquellos susceptibles de constituir riesgos a la salud de las personas, la calidad de vida de la población, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.

Protección del medio ambiente: Conjunto de Política, planes, programas, normas y acciones destinadas a mejorar el medio ambiente y a preservar y controlar su deterioro.

Preservación de la Naturaleza: El conjunto de planes, políticas, programas, normas y acciones, destinadas a asegurar la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas en el país.

Conservación del Patrimonio Ambiental: El uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellas propias del país que sean únicos, escasos o representativos, cuando el fin de asegurar su permanencia y capacidad regenerativa.

Después de aclarar estos conceptos se intentará identificar cual es el bien jurídico protegido en este caso y que cuerpo legal podría establecer de manera sistemática, coherente y ordenada una norma que contemplara el contaminante estudiado. Se estima por esta parte que lo idóneo sería la creación de un Decreto Supremo por medio del Ministerio del ramo, que regule el ruido submarino como contaminante y establezca la correspondiente norma de calidad secundaria.

Teniendo en cuenta que las disposiciones legales mencionadas en los incisos anteriores tácitamente entregan un campo de aplicación inicial al contaminante estudiado, se estima conveniente la creación del decreto con el efecto que tuviera una regulación específica y acaba en razón del bien jurídico protegido, que es la preservación de la naturaleza, teniendo en cuenta, que debería regular las normas atinentes para la protección de dicho bien. (Normas de calidad secundarias)

5.7 Realidad Nacional

En Chile existen 39 puertos de carga de los cuales dependen el 95% de las importaciones y exportaciones a nivel nacional, con lo que se espera que esto vaya aumentando en los próximos años, por lo mismo se están ejecutando proyectos de infraestructura portuaria ya sea tanto para ampliar como para abrir nuevos puertos dentro del territorio nacional, además de considerar los yacimientos de gas metano cercanos a la costa de Valparaíso hasta la zona de la Patagonia ,puesto que se está evaluando la realizaciones de explosiones durante un tiempo indeterminado aun para poder extraer este recurso (Errazuriz, 2019).

Dentro del territorio nacional existen varias áreas protegidas, el año 2017 el Ministerio de Medio Ambiente comenzó a desarrollar un documento para abarcar nuevas estrategias de las cuales se desprenden políticas y planes para mejorar y cuidar y conservar la biodiversidad a nivel nacional (Ministerio Medio Ambiente, 2017). En esta etapa se fija el primer paso en cuando se va desarrollando la conciencia por la generación de ruidos submarinos, ya que dentro de este plan se incluyen la protección por la biodiversidad marina, islas oceánicas y áreas marinas protegidas. La idea de este documento es actualizar los objetivos para poder desarrollar un buen plan de acción (Laderasur, 2019)

La ONG WWF a valorizado la inclusión de la problemática del ruido submarino en Chile en el contexto del día internacional de concienciación del ruido que se celebra cada 28 de abril, por otro lado, de ha único a la mesa de “Comité operativo para el fortalecimiento de la gestión del control de ruido submarino y prevención de sus impactos a la biodiversidad” el año 2020 en la cual participan varios órganos del estado y distintas ONGS.

La idea de la formación de este comité es que dentro del plan de conservación y protección de la biodiversidad se puedan desarrollar líneas de base en cuanto a acústica marina.

Para promover esta iniciativa Yacqueline Montecinos encargada de biodiversidad marina de WWF en Chile declara que *“el impacto del ruido submarino sobre cetáceos es una problemática no solo identificada en Chile, sino que también a nivel mundial, la cual requiere de esfuerzos de conservación urgentes ya que es reconocida como una de las grandes causas de muertes en cetáceos”* (WWF CHILE , 2021) .

El Ministerio del Medio Ambiente ya tomó conocimiento de esta problemática indicando que la evidencia científica recopilada ya da muestras del daño que produce el ruido en el océano a todo su ecosistema, así mismo el MMA reconoce que en las costas de Chile habitan aproximadamente 50 especies de mamíferos 1300 especies de peces, 168 aves marinas y 6 reptiles marinos (Padilla, 2018). junto con esto se identificó el rango auditivo el cual se puede ver en las tablas 5 y 6 para poder llegar a saber el umbral del dolor para un grupo de mamíferos.

Para efectos prácticos la información fue sacada del Ministerio de Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2018).

Tabla 5: rango de audición de cetáceos

Tipo de Mamífero	Rango de audición baja frecuencia	Rango de audición media frecuencia	Rango de audición alta frecuencia	Umbral del dolor (lesión) baja frecuencia	Umbral del dolor (lesión) media frecuencia	Umbral del dolor (lesión) alta frecuencia
Cetáceo	7 Hz a 22kHz	150 Hz a 160kHz	200 Hz a 180kHz	189 dB	189 dB	189 dB

Tabla 6: rango de audición de pinnípedos

Pinnípedos	Rango de audición	Umbral del dolor (lesión) en el agua	Umbral del dolor(lesión) en el aire
Fócidos y Morsas	50 Hz a 86 kHz	218 dB	149 dB
Otáridos	60 Hz a 39 kHz	218 dB	149 dB

- En peces se han evidenciado efectos a 90 dB, con un criterio preventivo de 130 dB.
- En tortugas se han evidenciado efectos severos entre 166 a 175 dB con un criterio preventivo de 130 dB.

Finalmente, el Ministerio de Medio Ambiente toma la misión de gestionar, difundir y preservar el medio ambiente marino, por lo mismo hacen un reconocimiento de este problema en su sitio web principal, resaltan y reconocen el grave daño que provoca el constante ruido de origen antropogénico a la biodiversidad marina (Ministerio de Medio Ambiente, 2019), donde además realizaron una alianza con diversas organizaciones competentes con la materia para poder gestionar de mejor manera este problema, en su conjunto estas alianzas de origen gubernamentales y no gubernamental se denomina “Comité operativo para el fortalecimiento de la gestión del control de ruido submarino y la prevención de sus impactos en la biodiversidad” (para conocer las organizaciones que componen este comité (ver figura 14).



Figura 14: Comité operativo para el fortalecimiento de la gestión del control de ruido submarino y la prevención de sus impactos en la biodiversidad.

El resultado final de la alianza del gobierno a través del Ministerio de Medio Ambiente junto con las distintas organizaciones que componen este comité es poder generar un marco regulador ya sea con la creación de una ley, decreto supremo para poder comenzar a regular de forma práctica a corto mediano y largo plazo.

6.PLAN DE GESTIÓN DEL RUIDO SUBMARINO

A continuación, se presenta el plan de gestión de ruido submarino, lo que representa la propuesta final de este trabajo, tomando en cuenta que al momento de entrega de este trabajo aún no existe un documento oficial del Ministerio de Medio Ambiente, aunque como se explicó con anterioridad se está trabajando en lineamientos para tener una normativa nacional, junto con eso además de tener cierta incertidumbre de lo que pueda suceder en materia medioambiental en cuanto al trabajo de la convención constitucional acerca de las temáticas que puedan abordar si es que ocurren cambios sustanciales en la ley 19.300.

Presentación

Tomando como referencia las disposiciones del SEIA como herramienta de gestión en específico a la temática de guía de ruido ambiental y vibraciones, ya que esta temática se puede extrapolar perfectamente hacia la generación de ruido submarino ya que al igual que las emisiones de ruido ambiental de origen antropogénico, en el océano ocurren fenómenos similares en donde la manera de realizar mediciones , fiscalizaciones , sanciones pueden ser similares o variar un poco dependiendo del contexto , por lo mismo se tomará la base de la guía técnica de ruido ambiental para extrapolar los métodos y resultados los cuales se pueden implementar dentro del marco legal del SEIA e incluir esta temática dentro de las declaraciones de impacto ambiental en los proyectos que se involucren directamente en las costas del país como lo puede ser, por ejemplo, renovación de infraestructura portuaria .

Tabla de contenidos

PLAN DE GESTIÓN DEL RUIDO SUBMARINO	36
Glosario	38
1.Introducción	39
1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental	39
1.2 Contenidos y alcances de la guía	40
2.Marco conceptual.....	41
2.1 Emisiones de Vibración	42
3.Predicción de Impactos por Ruido Submarino	43
3.1 Elementos del medio ambiente receptores de impacto por ruido y vibraciones.	43
3.2 Conceptos de la predicción de impactos.....	44
3.3 Modelos para la predicción de ruido y vibraciones.....	44
3.4 Modelo de fuentes reguladas y no reguladas	45
3.5 Modelos de estimación de emisiones de vibración	45
3.5.1 Modelo de tronaduras	45
4. Evaluación de impacto por ruido y vibraciones	46
4.1 Identificación de impactos ambientales por ruido y vibración.....	46
4.1.2 Impactos ambientales por ruido	46
4.1.3 Impactos ambientales por vibración.....	48
5.Medidas relacionadas con ruido y vibraciones	48
5.1 Consideraciones para la presentación de medias en el SEIA	48
5.1.1 Medidas que se hacen cargo de los impactos significativos	48
5.1.2 Medidas de compromisos ambientales voluntarios	49
5.1.3 Identificación y descripción de medidas.....	50
5.2 Medidas para el ruido	50
5.2.1 Medidas asociadas al diseño del proyecto.....	50
5.3 Medidas para vibraciones	52
6.Normativa ambiental aplicable relacionada a ruido y vibración	52
6 6.1 Consideraciones generales	52

Glosario

A continuación, se listan las principales siglas que se utilizan en este documento:

AI : Área de influencia

dB : Decibel

dBA : Decibel ponderado en frecuencia curva A

DIA : Declaración o Declaraciones de Impacto Ambiental

ECC : Efectos, características o circunstancias

EIA : Estudio o Estudios de Impacto Ambiental

ISO : International Organization for Standardization (en inglés) u Organización Internacional de Estandarización

MMA : Ministerio del Medio Ambiente

SEA : Servicio de Evaluación Ambiental

SEIA : Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental

DS : Decreto Supremo

1.Introducción

1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental

En el actual marco legal vigente la evaluación de impacto ambiental (EIA) es determinar el impacto de las actividades o futuros proyectos puedan tener y si estos se ajustan a las normas vigentes, además de evaluar y predecir los impactos que puedan tener en el área de influencia para poder resolver si estos son significativos o no todo amparado en la ley 19.300 cuyo ente regulador es el SEIA.

Previo a la ejecución de algún proyecto el SEIA se encarga de realizar los análisis de las obras, acciones, revisar la ejecución o modificación de las actividades previo a la ejecución de estas para obtener un elemento predictivo para la evolución de los elementos de medio ambiente en los distintos escenarios ya sea con o sin proyecto.

En el cuerpo legal mencionado en este trabajo (ver capítulo 5.6) se mencionan ciertos lineamientos legales que hay que considerar para la contaminación acústica submarina, lo que incluye la ley 19.300 en su letra d), El artículo 19 número 8 de la Constitución Política de la República, prescribe: “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, y la implementación de un nuevo decreto supremo.

Además de incorporar elementos de la realidad nacional a la discusión, considerando aquello se deben incorporar nuevos elementos al listado de tipologías susceptibles de causar impacto ambiental al SEIA para que el titular de un proyecto pueda presentar los antecedentes para la evaluación de impacto ambiental en cuanto a generación de ruido submarino, esto respaldado en un nuevo decreto supremo mencionado en el capítulo anterior en donde se nombra el cuerpo legal.

Lo establecido por ley dice que los proyectos pueden ingresar ya sea a través de un estudio de impacto ambiental (EIA) o una declaración de impacto ambiental (DIA), sin perjuicio de lo anterior los proyectos que se sometan al SEIA requieren la elaboración de un EIA si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias (relacionadas específicamente al ruido submarino):

- a. Riesgo para la población de mamíferos y/o peces debido a emisiones constantes de ruido antropogénico
- b. Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales (caso específico del agua)
- c. Alteración significativa de los ecosistemas
- d. Localización de actividades en áreas protegidas o santuarios de la naturaleza

De acuerdo a lo anterior, la presencia de algunos de estos efectos mencionados produce que el titular de algún proyecto elabore un EIA con la temática específica de generación de ruido submarino, sin contar que además deba realizar la EIA de afecciones en el medio ambiente (atmosférico) para poder lograr mitigar, reparar y compensar las acciones realizadas o evitar ciertas acciones que contribuyan un daño significativo al entorno en el cual se ejecutan las acciones , actualmente se deben considerar las materias de ley contenidas en la ley 19.300 en los artículos 12,13,14,15,16,17 y18 del reglamento del SEIA, sin perjuicio de aquello se incluyan nuevas normativas consideradas en la presente guía.

La autoridad, por su parte, debe verificar y certificar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, incluidos los requisitos de otorgamiento de carácter ambiental contenidos en los permisos ambientales sectoriales y calificar la pertinencia, efectividad e idoneidad de las medidas ambientales propuestas.

1.2 Contenidos y alcances de la guía

El objetivo principal es entregar los antecedentes, criterios y lineamientos necesarios para poder contribuir a la gestión del ruido submarino a través de actividades de tipo antropogénicas para agregar antecedentes a los proyectos que ingresen al SEIA.

Dentro de las nuevas disposiciones que debería adoptar el SEIA sería incorporar un nuevo capítulo que abarque la descripción del proyecto de una DIA o EIA para la estimación de emisiones de ruido submarino

A partir de dicha descripción, es posible realizar una primera identificación de impactos, en este caso por emisiones de ruido submarino, la que se complementa una vez conocidas las características del área de influencia para establecer si los impactos son o no significativos, se requiere realizar una estimación del impacto, ya sea cualitativa y/o cuantitativamente dependiendo de la información disponible. A la identificación y estimación de impactos se le denomina predicción de impactos todos estos “nuevos impactos” (se consideran nuevos ya que en la legislación actual no hay normativa que impliquen ruido submarino además que en la actualidad el SEIA no considera el ruido submarino como atenuantes para ingreso de proyectos) serán abordados (en su mayoría) en esta guía técnica para bajo un nuevo decreto supremo (ítem mencionado en el capítulo 5.2) nueva normativa para evaluación de impacto medio ambiental de ruido submarino generados por fuentes antropogénicas.

Toda la información presentada en esta guía es un complemento directo a lo establecido en la ley 19.300 y en el reglamento del SEIA, además de metodologías y criterios obtenidos con el levantamiento de información a lo largo del presente trabajo.

2.Marco conceptual

De la misma manera como al comienzo de este trabajo se dispuso un glosario con términos técnicos en cuanto a acústica que están a lo largo del presente informe una eventual guía técnica de ruido submarino (como la que está desarrollada a modo de ejemplo o guía de lo que debería ser) se deben tener conceptos técnicos claros para abordar de mejor manera la temática.

Para no ser redundante en lo señalado anteriormente, no se agregará un nuevo glosario en esta sección ya que sería básicamente los mismos conceptos, no obstante, en un futuro documento oficial deben estar estos mismos, pero se optará por enfatizar en las emisiones de vibración que son componentes generadores de ruido hacia el océano mu comunes

2.1 Emisiones de Vibración

Las fuentes de vibración pasan principalmente por el aumento del tránsito marino, el alto flujo de embarcaciones con motores grandes y/o grandes hélices de características de “vehículos pesados” provocan ruido a través de estas hélices, que se considera una fluctuación de ruido fluctuante.

Embarcaciones más pequeñas o medianas que se utilicen en el ámbito de la pesca, cuyo principio de generación de ruido mediante las hélices es el mismo, se considera como fluctuación de ruido intermitente, ya que en momentos las embarcaciones se quedan “estacionadas” por lo cual sólo en momentos se generan los ruidos mediante vibraciones.

Se deben considerar para la fiscalización obtener más antecedentes como lo puede ser el tamaño de las embarcaciones, las obras o acciones que se están realizando o se realizarán para que el que el titular considere pertinente para precisar e individualizar de la mejor manera posible las características de las fuentes de vibración. Además, que adaptar un protocolo de condiciones normales para realizar mediciones como está establecido actualmente en el D.S 38/11.

Se deben identificar las fuentes de vibración para cada fase del proyecto, considerando para cada una lo siguiente:

- a) Área de ubicación en la cual se realizará la acción o proyecto
- b) Indicar si es fija o móvil la fuente emisora de vibraciones
- c) Tipos de vibraciones que genera, estas pueden ser fijas, móviles o continuas
- d) Indicar en qué fase del proyecto se realiza la acción o participación, de ser transporte marítimo indicar ruta
- e) Análisis del espectro de la emisión
- f) Magnitud, valor o nivel de vibración generado (ppv, rms, otro)
- g) Período horario de operación (diurno/nocturno), señalando si existen cambios de la operación en el tiempo

3.Predicción de Impactos por Ruido Submarino

3.1 Elementos del medio ambiente receptores de impacto por ruido y vibraciones.

Tomando como base lo establecido en la ley 19.300 en su artículo 11 en el cual señalan los receptores de impacto por ruido y vibraciones, en este punto se enfocará en específico a los impactos asociados al océano. De igual forma estos deben ser objetos de protección para el SEIA:

- a) Reducción en la población de mamíferos marinos y peces de la zona
- b) Afectación de recursos naturales renovables, fauna nativa y hábitats de relevancia.
- c) Zonas de tránsito exclusivo

La declaración de impacto ambiental (DIA) junto con el estudio de impacto ambiental debe describir cada elemento que va a ser afectado por la acción o actividad a realizarse en zonas marítimas o área de influencia (AI) y cuyos impactos pueden llegar a ser significativos, dentro del AI se deben considerar criterios como:

- a) Además de lo anteriormente señalado, el AI debe considerar el hábitat de una población de mamíferos marinos que no afecte su entorno
- b) Relacionar la ubicación de las fuentes con la de los receptores de impactos por ruido y vibración, siendo necesario identificar la distancia que los separa, indicando las coordenadas UTM y representándolos en un plano georreferenciado que facilite la visualización del emplazamiento de las fuentes de ruido y vibración y los receptores
- c) La determinación que debe existir entre la fuente de ruido y el receptor, teniendo en cuenta que el receptor puede ser determinado por la distancia recorrida por el sonido en el mar a un sector de mucha influencia poblacional de mamíferos marinos o en zonas exclusivas de estos que se puede considerar como la ubicación más desfavorable (por distancia) respecto al receptor.
- d) Considerar los datos arrojados por los instrumentos de monitoreo mencionados en el punto 5.5.4 del trabajo principal

Se recomienda incluir esta temática en la guía para la descripción del área de influencia del SEIA.

3.2 Conceptos de la predicción de impactos

Teniendo una base de datos para lograr identificar fuentes de ruido y vibraciones se pueden realizar estimaciones e identificar posibles impactos en sectores en donde ingresen nuevos proyectos

También debe considerarse si se trata de un proyecto o actividad nueva o una modificación de proyecto o actividad existente, en la situación de proyecto o actividad nueva para realizar las predicciones correspondientes al proyecto no ejecutado, se pueden considerar emisiones de referencia y aplicar modelos de predicción utilizando una base de datos históricos desde el comienzo de la normativa aplicada.

En cuanto a modificación de proyecto o actividad existente, junto con aplicar las predicciones correspondientes, se debe agregar la suma de impactos provocados por la modificación y el proyecto o actividad nueva.

3.3 Modelos para la predicción de ruido y vibraciones

Cuantificar los niveles de ruido y vibraciones mediante predicciones además del uso de las herramientas de gestión permite orientar la toma de decisiones con respecto a los distintos escenarios para aminorar las fuentes de ruido y vibraciones

Las consideraciones deben estar claramente descritas y acompañadas de argumentos fundados en los resultados de las mediciones y características según lo indique el SEIA en el DIA o EIA según corresponda, La calidad y veracidad de los resultados de la aplicación de un modelo dependen de la calidad de los datos de entrada y la similitud entre la caracterización efectuada en el modelo y las condiciones propias del proyecto a evaluar y su entorno, aspectos que deben ser informados y detallados.

Toda información entregada de los modelos de predicción, incluyendo los niveles de emisión que se estimen, para fuentes generadoras de ruido y vibraciones deben estar detallados con tipo de fuente, descriptores, intervalos de horarios entre otros.

3.4 Modelo de fuentes reguladas y no reguladas

El DS38/11 establece una serie de normas y modelos de predicción utilizando norma ISO como la 9613 "Acústica –atenuación del sonido durante la propagación en exteriores" la cual dentro de sus directrices menciona el cálculo de la absorción del sonido en la atmosfera, además del método general de cálculo.

Para efectos de tener un símil en cuanto a ruido submarino, se deben utilizar los estudios mencionados en el inicio de del informe en donde, entre otras cosas, se Alude a la diferencia entre el medio elástico de la atmosfera y del océano en donde la velocidad del sonido varía de manera significativa y se sugiere que los niveles sonoros marcados hay que sumarle 26 dB.

Así mismo crear una normativa chilena para poder regular la distancia recorrida por el sonido y en las zonas en las que se realicen acciones y/o trabajos se pueda permitir un mayor control.

Para el tránsito vehicular marítimo para fuentes no reguladas bien sea buques de transporte de carga, turismo o buques de guerra, lo parámetros a tener en cuenta:

- Red Vial
- Números de viajes por unidad
- Separar el flujo vehicular por tamaños
- Tipo de carga asociada
- Condiciones meteorológicas
- Variables que modifiquen la toma de muestra

3.5 Modelos de estimación de emisiones de vibración

Teniendo en cuenta lo señalado en el punto anterior, los modelos de vibración necesitan de una gran cantidad de información de entrada para ayudar a generar una estimación correcta, incluyendo las características del medio en el cual se está realizando la medición.

3.5.1 Modelo de tronaduras

Usando como ejemplo el ejercicio de las tronaduras, las vibraciones producidas por estas se denominan de tipo impulsiva con un crecimiento rápido de energía y un decaimiento que depende del amortiguamiento del terreno. La emisión de vibración por una tronadura depende de factores tales como el número de intervalos de desfase, la carga de explosivos, el método de detonación y el tipo de suelo existente. Dado lo anterior, la emisión de vibración debe ser estimada caso a caso

4. Evaluación de impacto por ruido y vibraciones

4.1 Identificación de impactos ambientales por ruido y vibración

Cuando las actividades a desarrollar ya tienen su predicción hecha (por todas las variables mencionadas en el punto 3) se debe determinar si constituye a un impacto significativo o no.

La ley 19.300 artículo 11 menciona cuando generan o presentan alguno de los efectos, características y circunstancias, conforme a lo establecido en el reglamento del SEIA, lo que debiera generar un capítulo especial conforme al ruido submarino. La evaluación de los impactos ambientales por ruido y vibración debe realizarse según las consideraciones y criterios establecidos en los artículos 5°, 6°, 7° y 9 del reglamento del SEIA, por lo que en esta etapa dichos artículos se pueden extrapolar a lo que confiere a ruido submarino, según lo siguiente:

-artículo 5°, con relación al riesgo para la salud de la población (agregando a mamíferos marinos y peces);

-artículo 6°, con relación al efecto adverso significativo sobre los recursos naturales renovables, en particular, fauna nativa asociada a los hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación;

-artículo 7°, con relación a la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos (cambiar grupos humanos por población marina);

-artículo 9°, con relación a la alteración significativa del valor turístico de una zona, en particular, flujo de visitantes

A continuación, se presentan algunas consideraciones y criterios para la evaluación de los impactos por ruido y vibración

4.1.2 Impactos ambientales por ruido

El reglamento del SEIA contiene criterios y consideraciones para poder utilizar para resolver si se presentan o no impactos ambientales por ruido.

a) Riesgo para la salud de la población (mamíferos marinos y peces)

Tomando como ejemplo el reglamento del SEIA letra b) artículo 5° refiriéndose a la población de humanos, considera que para evaluar si existe impacto sobre la salud de la población “La superación de los valores de ruido establecidos en la normativa ambiental vigente. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento”. Al momento de la presentación de este trabajo aún no existe norma vigente se puede utilizar las normas que están establecidas en el documento del NOAA, o el documento realizado por “Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente el año 2012” (revisar capítulo 9 referencias bibliográficas)

b) efecto adverso significativo sobre los recursos naturales renovables

Según lo establecido en la letra e) del artículo 6° del Reglamento del SEIA, para evaluar si se genera o no impacto sobre la fauna nativa se debe considerar “La diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación”. Cabe destacar que ambos niveles deben obtenerse sin ponderación de frecuencia (lineales) y en bandas de octava o tercio de frecuencia.

c) alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres (población marina)

en este punto se debe considerar la alteración significativa de los sistemas y costumbres de toda la fauna marina, la constatación de la exposición al ruido provoca daños irreversibles (al igual que en los humanos), el ecosistema conformado por la fauna marina se debe definir por el número, abundancia y tamaño los siguientes grupos: Peces, Moluscos (con o sin concha), Artrópodos (diferentes tipos de cangrejos, langostas, camarones, etc.) y Cnidarios (aguas vivas, corales, anémonas), considerando además que existen dos tipos de ecosistemas acuáticos: los ecosistemas de agua salada (marinos) y los ecosistemas de agua dulce (también llamados dulceacuícolas)

De no generarse impactos significativos en la fauna nativa, se deben identificar y establecer los antecedentes que justifican la inexistencia de estos efectos, características o circunstancias

d) alteración significativa del valor turístico de una zona

Según lo establecido en el artículo 9° del Reglamento del SEIA, se entenderá que “una zona tiene valor turístico cuando, teniendo valor paisajístico, cultural y/o patrimonial, atraiga flujos de visitantes o turistas hacia ella, Las emisiones de ruido en zonas con valor turístico pueden afectar el interés de los visitantes o turistas por visitar dichas zonas, lo que conlleva a un menoscabo del valor turístico, en particular, a la atracción de flujo de visitantes, De no generarse impactos significativos en el valor turístico de una zona, se deben identificar y establecer los antecedentes que justifican la inexistencia de estos efectos , características o circunstancias.

4.1.3 Impactos ambientales por vibración

En Chile no existe normativa ambiental aplicable para el contaminante vibración, por lo tanto, para evaluar si se genera o no riesgo para la salud de la población, debe utilizarse normas de referencia de alguno de los estados indicados en el artículo 11 del Reglamento del SEIA, priorizando aquel que posea similitud en su componentes ambientales, con la situación nacional o local, lo que debe ser justificado razonablemente por el titular indicando la que se utilizó y acompaña un ejemplar íntegro y vigente de dicha norma. De no generarse impactos significativos en la salud de la población, se deben identificar y establecer lo antecedentes que justifican la inexistencia de efectos, características o circunstancias.

5. Medidas relacionadas con ruido y vibraciones

5.1 Consideraciones para la presentación de medias en el SEIA

5.1.1 Medidas que se hacen cargo de los impactos significativos

Al realizar una evaluación de los impactos por emisiones de ruido y vibraciones, obteniendo como resultados más de uno de estos consagrados como daños significativos, el titular dl proyecto debe presentar una EIA que contenga las medidas de mitigación, reparación compensación que se hagan cargo de tales

impactos, estas medidas de mitigación deben evitar o disminuir los efectos adversos de las actividades realizadas en el tiempo como objetivo principal, dentro de estas se debe considerar las siguientes medidas:

-Las que impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción, o de alguna de sus partes

-Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la extensión, magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes.

-Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo mediante medidas tecnológicas o de gestión consideradas en el diseño

Igualmente se debe incluir las medidas de reparación y compensación

Medidas de reparación: tienen por finalidad reponer uno o más de los elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al impacto sobre dicho elemento o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas

Medidas de compensación: tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado, que no sea posible mitigar o reparar. Dichas medidas incluyen, entre otras, la sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados por otros de similares características, clase, naturaleza, calidad y función.

5.1.2 Medidas de compromisos ambientales voluntarios

El titular del proyecto puede realizar las medidas que estime conveniente como lo puede ser hacerse cargo de los impactos no significativos y los asociados a verificar que no se generan impactos significativos con medidas que no son exigidos por la ley vigente. Se pueden tomar varios elementos de este documento para ponerlos en práctica ya que al momento de la elaboración de este documento no existe normativa con respecto a la gestión del ruido submarino

En cualquier caso, se deben establecer los indicadores que permitan verificar la efectividad, así como los procedimientos y aquellos elementos que permitan generar los registros suficientes y coherentes, a las necesidades que dieron origen a cada uno de los compromisos voluntarios definidos.

5.1.3 Identificación y descripción de medidas

El plan de medidas de mitigación, reparación y compensación ambientales debe estar descrito con claridad y precisión, indicando las obras o acciones que contempla ejecutar. se debe indicar cuál es el elemento a utilizar y e que segmento de la fase operacional se ejecutará esto debe estar específicamente detallado con: nombre, objetivo, descripción y justificación de la medida correspondiente; lugar, forma y plazos en que se implementará y alcanzarán sus objetivos, así como medios de verificación o indicadores, según corresponda, que permitan acreditar el cumplimiento de las medidas.

5.2 Medidas para el ruido

Los proyectos o actividades deben siempre utilizar todas las técnicas a disposición para reducir o eliminar las emisiones de ruido, estas mismas pueden implementarse acorde al diseño del proyecto acomodándolas según la circunstancia lo requiera, relacionadas con el medio de propagación o asociadas al receptor.

5.2.1 Medidas asociadas al diseño del proyecto

Medidas correspondientes que se sitúan para minimizar o disminuir las emisiones de ruido consideradas según lo correspondiente al reglamento del SEIA junto con la normativa vigente, estas pueden variar según tipo de fuente.

En la actualidad todas las muchas emisoras de ruido están reguladas bajo el DS 38/11, aquí se pueden encontrar regulaciones de tipo:

- fuente de ruido incluye algún tipo de desplazamiento en una zona determinada.
- fuente de ruido la compone maquinaria o equipos instalados en un lugar fijo
- proyectos en los cuales la operación corresponda al flujo de fuentes móviles

La importancia de un nuevo decreto Supremo va a cumplir la misión de generar una medida a corto plazo, establecer reglas y normas de regulación las cuales se pueden incluir dentro del reglamento del SEIA

Tomar como guía el DS 38/11 para asociarlo al ruido submarino ayudaría bastante ya que el tema de ruido y vibraciones es similar solo que, en un medio diferente, Ejemplos de que medidas debería incluir en cuanto a la información general es:

-Identificación de la fuente o actividad emisora para la cual se define una medida de control

-Ubicación(es) y altura(s) relativa(s) de la fuente de emisión y del receptor.

-pérdida por transmisión o índice de reducción acústica según corresponda, describiendo la materialidad, dimensiones y diseño.

Voladuras y tronaduras

El sistema de tronadura a emplear debe, en lo posible, corresponder a uno de bajo impacto que en su diseño considere la utilización de explosivos sin contacto con el aire, para evitar la transmisión de la onda sonora y de esta manera tener un impacto menor

-Reducción de la carga máxima instantánea de explosivo que es detonada en cada tronadura

-Utilizar en su reemplazo otro método de fragmentación que implique menores emisiones de ruido, por ejemplo, fracturación mediante tecnología plasma o faenas con maquinaria

Adjuntar también las mejores prácticas en los procesos que puedan generar mayor ruido potencialmente, en esto se tiene que hacer énfasis en el tipo de ejecución que ayude a reducir niveles de ruido, a su vez se acogen las medidas comunitarias o externa al área del proyecto que ayuden a entregar más información:

-Informar de actividades a desarrollar para la ejecución del proyecto en sus distintas fases, indicando a lo menos, días y horarios de actividad, incluido el cronograma general de las actividades

-Informar tipo y número de maquinaria a utilizar en cada fase del proyecto

-Informar la ubicación de actividades y sus vías de accesos.

-Informar los planes de seguimiento de las medidas, indicando, a lo menos, lugares, frecuencia y períodos horarios de medición

Informar sobre los niveles de ruido generados por la ejecución del proyecto

5.3 Medidas para vibraciones

Los proyectos o actividades deben implementar las mejores técnicas o prácticas disponibles de manera que se eliminen las emisiones de vibración. Cuando sea posible, se pueden modificar los procesos empleados o reemplazar el equipamiento y maquinaria que sean consideradas fuentes generadoras de vibración.

A continuación, se presentan un par de ejemplos de medidas asociadas al diseño de proyecto provenientes de las principales fuentes emisoras, estas están directamente relacionadas con la emisión de impactos hacia el océano

a) Hincado de pilotes

Se deben adoptar todos los métodos y técnicas que permitan reducir el impacto sobre el pilote, por ejemplo, perforar previamente en la ubicación del pilote mediante un taladro o adicionar agua en el lugar de dicha perforación.

b) Tronaduras

La vibración generada por tronaduras puede ser controlada cuando se comprenden las causas que ocasionan los altos niveles de vibración, entre las medidas recomendadas es posible mencionar las siguientes:

-Utilizar detonación con desfase para asegurar la menor Carga Instantánea Máxima (MIC).

-Efectuar mediciones de vibración simultáneas para poder realizar, cuando sea necesario, ajustes de las cargas posteriores

6. Normativa ambiental aplicable relacionada a ruido y vibración

6 6.1 Consideraciones generales

La legislación ambiental aplicable comprende la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación

Para el cumplimiento del plan de legislación aplicable (contenidos dentro del SEIA) se debe incluir:

-La identificación de las normas ambientales aplicables al proyecto o actividad

-La descripción de la forma y fases en las que se dará cumplimiento a las obligaciones contenidas en la normativa ambiental, incluyendo indicadores de cumplimiento

- El listado de los permisos y pronunciamientos ambientales sectoriales aplicables al proyecto o actividad.

-Los contenidos técnicos y formales que acrediten el cumplimiento de los requisitos de otorgamiento de los respectivos permisos y pronunciamientos ambientales sectoriales

En el caso de la DIA y EIA el titular del proyecto debe presentar todos los antecedentes para poder evaluar los cumplimientos que la legislación exige, además de los contenidos técnicos y formales para acreditar los requisitos de otorgamiento de los permisos.

Las responsabilidades del titular están orientadas a describir los indicadores de cumplimiento ambiental los cuales estos deben ser precisos, atingentes y fácil de verificar según la norma, dejando de lado lo más posible la interpretación como tampoco dar señales de cumplimiento parcial

La inspección debe contar con observación directa, contratos, ente otros.

Los indicadores de cumplimiento deben ser propuestos y especificados por el titular, estando siempre en concordancia con las características particulares del proyecto

En cuanto a las formas de control y seguimiento, las acciones siempre de deben verificar la manera de ejecutar el proyecto mediante inspecciones y observaciones directas tomando en cuenta los plazos establecidos, para lo cual se deben indicar plazos, frecuencia y destinatario

Cabe indicar que, conforme al artículo segundo de la Ley N° 20.417, corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente la fiscalización de las normas, condiciones y medidas establecidas en las RCA, así como la aplicación de sanciones en caso de incumplimiento. Cabe hacer presente, que de acuerdo al artículo 16 letra b) de

la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, dicho Servicio establece anualmente programa y subprogramas de fiscalización de las RCA, en las que identifican las actividades de fiscalización para cada Organismo Sectorial competente

Se hace presente que Chile no cuenta a la fecha con una norma ambiental aplicable para emisiones de vibración.

7 DISCUSIONES

En el resultado del trabajo se pudo apreciar la gran diferencia y distancia que entre la realidad nacional que recién está tomando conciencia acerca de la problemática del ruido submarino y como comenzar a controlar o gestionar de buena manera este nuevo problema. A su vez se aprecia una gran oportunidad y ventaja para poder abordarlo ya que hay mucho material técnico científico y tecnología que se están aplicando en la actualidad en distintos países, a su vez de tratados internacionales que se pueden aplicar o mejorar en el caso de aplicaciones que ya lleven un tiempo determinado de uso.

Comparando la postura de estrategia que está tomando el estado de Chile a través del Ministerio de Medio Ambiente es bastante asertiva en el sentido de no sólo encargarse de generar algún tipo de programa de gestión ellos sólo como ministerio, sino que involucrar a universidades ONG y diversas organizaciones que tienen relación y convivencia con el océano para llegar a un acuerdo que pueda desarrollarse como una eventual ley, como se mencionó anteriormente los alcances que hay en otros países como por ejemplo el “Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica y marina.” Diseñado por el ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente de España, Junto con el informe final “elaboración de una guía técnica para la evaluación de impacto producido por ruido subacuático” (Universidad de Concepción, 2018) son buenas propuestas de guías para poder avanzar con material de respaldo técnico.

Si bien los estudios, informes o antecedentes internacionales que se puedan tomar como ejemplo no necesariamente puedan ser 100% replicados en el territorio nacional ya que influye de manera circunstancial la geografía de Chile y su larga costa que consta de aproximadamente 6.435 km de longitud (Gobierno de Chile, 2018). Por lo que estudios oceánicos en climas mediterráneos no sea muy aplicable en la zona sur de Chile, por lo que es recomendable realizar estudios sectoriales para las zonas Norte, centro, sur y austral de Chile.

CONCLUSIONES

Al ser un tema relativamente nuevo, más aún para Chile, la búsqueda de información fue positiva ya que se encontró material muy reciente, actualización de información antigua foros y charlas organizadas por el Ministerio de Medio Ambiente lo cual al momento de comenzar a redactar este trabajo se tuvo mucho material para discriminar en cuanto que era lo más relevante, actual y consistente que podría contribuir para una buena base de datos para conocer de mejor manera la gran problemática de la perturbación de la fauna marina por generación de ruido antropogénica a lo largo del tiempo.

Para poder identificar las fuentes de emisiones que más generan ruido hacia el océano y que pueden dañar de manera grave a la fauna marina se tiene que entender que el "ruido" o fuente de emisión sonora, se mide en la escala de decibeles (dB) y que estos decibeles no se miden de la misma forma en la atmósfera como en el océano. ya que como se explica en este trabajo en el agua el sonido se propaga de manera más fácil con lo que no son los mismos decibeles en la atmósfera que en el agua. Para poner en números el impacto que tienen en el océano la propagación de sonido se optó por realizar un breve ejemplo del impacto de maquinaria que se usa en infraestructura portuaria para mostrar identificar y poder generar una conciencia del nivel de ruido constante que se produce por actividades cotidianas que se realizan tanto en puerto como en mar adentro.

Como la realidad nacional en esta materia es un problema relativamente reciente ha quedado en evidencia de que no hay norma de ningún tipo que contemple la fiscalización o protección del ruido submarino (revisar punto 5.6) ya que en ningún proyecto ingresado al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) o al Sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) no contempla nada de ruido submarino por consecuencia los proyectos que ingresan, en ningún punto se contempla ni menciona nada en cuanto a ruido submarino, se propuso como medida a corto plazo crear un nuevo decreto supremo enfocado 100% en ruido submarino, ya que este se puede implementar de manera rápida ya que es facultad del presidente de la república, para posteriormente realizar una propuesta de ley en cuanto a normas de calidad secundarias para el control y niveles permitidos.

Los puntos principales de este trabajo que contribuyen a esta problemática nueva es poder concientizar acerca de lo grave que está sucediendo por lo mismo se realizó el ejemplo de los niveles de ruido que se pueden generar inconscientemente con cosas cotidianas como trabajos en los puertos ya que si se habla de ruido a lo mejor es un concepto que se puede tomar de una manera superficial, pero si a ese ruido se traduce a números (impacto en decibeles) ya se puede comenzar a aterrizar el concepto y crear mayor conciencia.

Además de poder hacer notar la falta de legislatura eficiente y proponer un camino a seguir que comience con un decreto supremo de esta forma se salta la burocracia del congreso y se puede comenzar a trabajar de manera rápida en la gestión y prevención , lo cual puede desembocar posteriormente en una ley robusta (que puede venir de la gestión del comité operativo para el fortalecimiento de la gestión del control de ruido submarino y la prevención de sus impactos en la biodiversidad como propuesta inicial) que pueda cumplir con los estándares de los países que tienen este tema más desarrollado e integrar este nuevo concepto de ruido submarino a las plataformas del SEA y el SEIA.

Y junto a lo anterior la tarea del estado de Chile de realizar una campaña de concientización del ruido submarino que vaya más allá de charlas académicas, sino que involucrarse más en los colegios con unidades que estén dentro del curriculum académico y con una ley que sea eficiente y clara.

Con respecto a los objetivos planteados en este trabajo, la base de datos que se logró armar ,en el objetivo específico 1, es una excelente herramienta para comenzar a entender la problemática general de la cual se quiere abarcar, se requiere sí, que entidades públicas como las universidades puedan tener una base de datos similar y esta se vaya actualizando según se hallan realizando nuevas investigaciones (que pueden provenir de las mismas universidades y sus facultades) para lograr enriquecer y ampliar la difusión de esta problemática.

Las fuentes de emisiones, que mayor impacto fueron encontradas (objetivo específico 2) que mayor daño ocasionan , fueron advertidas según las actividades más comunes que se pueden realizar tanto cerca de las costas , como lo pueden ser trabajos de infraestructura portuaria , como actividades en alta mar. Todas las alteraciones ocasionadas que convergen entre sí ,logran crear un caos importante y es por lo mismo que se debe regular , lo ejemplos mostrados logra crear conciencia de la magnitud de los impactos (al mostrar matemáticamente los niveles de ruido que se logran transmitir) y ejemplificar como estos debieran ser regulados según ejemplos internacionales

Para el Objetivo específico 3 es donde se pudo abarcar y completar de muchas maneras, tanto como señalando la nula existencia de una regulación legal de la cual se pueda comenzar a actuar, señalando que actualmente el MMA está en una mesa de trabajo para en algún momento poder tener una organización solida de cuál es el camino que va a tomar el estado de Chile con respecto a este tema.

Una idea planteada a corto plazo es la de un Decreto Supremo, ya que este al ser un escrito mandado por un ministerio (MMA) sólo necesita de la firma del presidente de turno y de esta forma no pasa por la burocracia del congreso, lo cual es un buen

inicio para que los proyectos ingresados al SEIA deban incluir el ruido submarino en sus proyectos.

A su vez mostrar la tecnología que está en practica actualmente la cual se debe aumentar para el correcto monitoreo e incluir a todos los estamentos del estado que trabajen en las costas para apoyar y supervisar.

El aporte más importante es el “Plan de gestión del ruido submarino” ya que al utilizar como base la guía para la predicción y evaluación de impactos por ruidos y vibraciones del SEIA es una base sólida y describe de manera correcta los pasos a seguir , el enfoque , y lo que se debe preocupar la eventual nueva legislación para abordar la temática , incluyendo una normativa legal para las vibraciones la cual como se mencionó al final del capítulo 6 , 6.1 actual mente no existe normativa ambiental que regule las emisiones de vibración

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aqua. (03 de septiembre de 2021). *Durante los últimos 60 años :Ruido submarino se ha duplicado de década en década*. Obtenido de Aqua acuicultura + pesca: <https://www.aqua.cl/2019/05/06/durante-los-ultimos-60-anos-ruido-submarino-se-ha-duplicado-de-decada-en-decada/#>
- Armaza, C. (24 de Abril de 2020). *el día* . Obtenido de elDía: <http://www.diarioeldia.cl/economia/avanza-proyecto-ampliacion-modernizacion-puerto-coquimbo>
- Atresmedia. (08 de abril de 2021). *atresmedia*. Obtenido de atresmedia: https://compromiso.atresmedia.com/hazte-eco/noticias/reducir-velocidad-barcos-disminuye-contaminacion-ecosistemas-marinos_20210408606edff80abdc9000116c4b7.html
- Biblioteca digital. (20 de mayo de 2019). *Propagación del sonido en el mar* . Obtenido de Biblioteca digital: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/sec_8.html
- C.C., J. (01 de Mayo de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Congreso mundial de la naturaleza. (01 de septiembre de 2020). *uicncongress*. Obtenido de uicncongress: <https://www.iucncongress2020.org/es/motion/026>
- Crawford. (01 de mayo de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Crawford, C. (01 de 05 de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina : <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Crawford, J. (1 de mayo de 2020). *¡silencio,nos está matando!* Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Crawford, j. (1 de mayo de 2020). *¡silencio,nosestá matando!* Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>

- Crawford, J. (01 de Mayo de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina : <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Diario Concepcion. (30 de Abril de 2021). *Diario Concepcion* . Obtenido de Diario Concepcion: <https://www.diarioconcepcion.cl/ciencia-y-sociedad/2021/04/30/contaminacion-acustica-submarina-el-profundo-dano-de-la-actividad-humana.html>
- DIRECTEMAR. (14 de Septiembre de 2014). *DIRECTEMAR*. Obtenido de DIRECTEMEAR: https://www.directemar.cl/directemar/site/artic/20170302/asocfile/20170302135154/468_12.pdf
- Errazuriz, M. Y. (08 de Mayo de 2019). *Ladera Sur*. Obtenido de Ladera Sur: <https://laderasur.com/articulo/contaminacion-acustica-marina-la-amenaza-invisible-que-pone-en-peligro-los-cetaceos/>
- Fernandez, A. Y. (04 de mayo de 2019). *Socha*. Obtenido de Socha: http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2019/05/04-Fuentes-Antropogenicas-de-Ruido-Subacuatico-AYF_compressed.pdf
- J.C. (01 de Mayo de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- Keller. (2020). *Keller*. Obtenido de Keller: <https://www.keller.com.es/experiencia/tecnicas/pilotes-prefabricados-hincados>
- Laderasur. (08 de Mayo de 2019). *Laderasur*. Obtenido de Laderasur: <https://laderasur.com/articulo/contaminacion-acustica-marina-la-amenaza-invisible-que-pone-en-peligro-los-cetaceos/>
- Madsen. (01 de junio de 2005). *Los mamíferos marinos y el ruido: problemas con los niveles de presión sonora de la raíz cuadrada media para los transitorios*. Obtenido de europe PMC: <https://europepmc.org/article/med/16018497>
- Ministerio de agricultura, alimentacion y medio ambiente . (2012). *Docuemento tecnico sobre impactos y mitigacion de la contaminacion acustica y marina*. Madrid: Ministerio de agrucultura, alimentacion y medo ambiente.

- Ministerio de Medio Ambiente. (11 de Noviembre de 2011). *Biblioteca del congreso nacional de chile* . Obtenido de Biblioteca del congreso nacional de chile : <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040928>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). *MMA*. Obtenido de MMA: http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2019/05/01-Ruido-Submarino-Una-Problematika-Ambiental-Emergente-CPR_compressed.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (15 de julio de 2020). *Ministerio del Medio Ambiente crea Comité Operativo para el Control del Ruido Submarino*. Obtenido de Ministerio de medio ambiente: <https://mma.gob.cl/ministerio-del-medio-ambiente-crea-comite-operativo-para-el-control-del-ruido-submarino/>
- Ministerio Medio Ambiente. (2017). *MMA*. Obtenido de MMA: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Estrategia_Nac_Biodiv_2017_30.pdf
- Nacional-Chile, C. O. (20 de Marzo de 2020). *CONA*. Obtenido de CONA: http://www.cona.cl/pub/plan_oce_nac.pdf
- Organización Maritima internacional. (07 de Abril de 2014). *cdn*. Obtenido de OMI: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/es/MediaCentre/HotTopics/Documents/MEPC.1-Circ.833.pdf>
- Organizacion Maritima Internacional. (2020). *imo.org*. Obtenido de el ruido producido por los buques: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/Noise.aspx>
- Padilla, C. (2018). *Ministerio de Medio Ambiente*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente.
- Portal portuario. (22 de Mayo de 2019). *Portal portuario*. Obtenido de portal portuario: <https://portalportuario.cl/wartsila-y-puerto-de-vancouver-se-unen-para-reducir-contaminacion-acustica-de-los-barcos/>
- *propgación del sonido en el mar* . (03 de octubre de 2019). Obtenido de Biblioteca digital: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/sec_8.html
- Puerto Valparaiso. (8 de Octubre de 2021). *puerto valparaiso*. Obtenido de puertovalparaiso.cl:

<https://www.puertovalparaiso.cl/noticias/articulo/859/Puerto%20Valpara%C3%ADso%20registra%20alza%20de%2014,1%20por%20ciento%20en%20transferencia%20de%20carga%20en%202021>

- Quiero, N. (30 de Abril de 2021). *Contaminacion acustica submarina:el profundo daño de la actividad humana*. Obtenido de Diario Concepcion: https://www.diarioconcepcion.cl/ciencia-y-sociedad/2021/04/30/contaminacion-acustica-submarina-el-profundo-dano-de-la-actividad-humana.html?fbclid=IwAR2xPvn-_YoXYqPJL1bRjln3XNgAi43sRx7-VbXlmsa7N2jwo70tpL8LS3I
- Revista Marina. (01 de Mayo de 2020). *revista marina*. Obtenido de revista marina: <https://revistamarina.cl/es/articulo/silencio-nos-estan-matando>
- SEIA. (25 de Mayo de 2020). *Servicio evaluacion impacto ambiental* . Obtenido de Servicio evaluacion impacto ambiental : https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2136711986
- SISTEMAR. (2012). *sistemar*. Obtenido de Helices CLT: <https://www.sistemar.com/actividades-de-id/>
- WWF CHILE . (28 de ABRIL de 2021). *WWF CHILE*. Obtenido de WWF CHILE : <https://www.wwf.cl/?366712/Conservacion-marina-Plan-Nacional-Oceanografico-incorpora-el-ruido-submarino>

9 ANEXO

Anexo1

Las curvas de ponderación o curvas de Fletcher & Munson (ver figura A1) nos muestran cómo percibe el oído humano las ondas de sonido. se crearon estas curvas en el rango de frecuencias y cada curva determina un nivel de presión acústica distinta según la respuesta del oído humano.

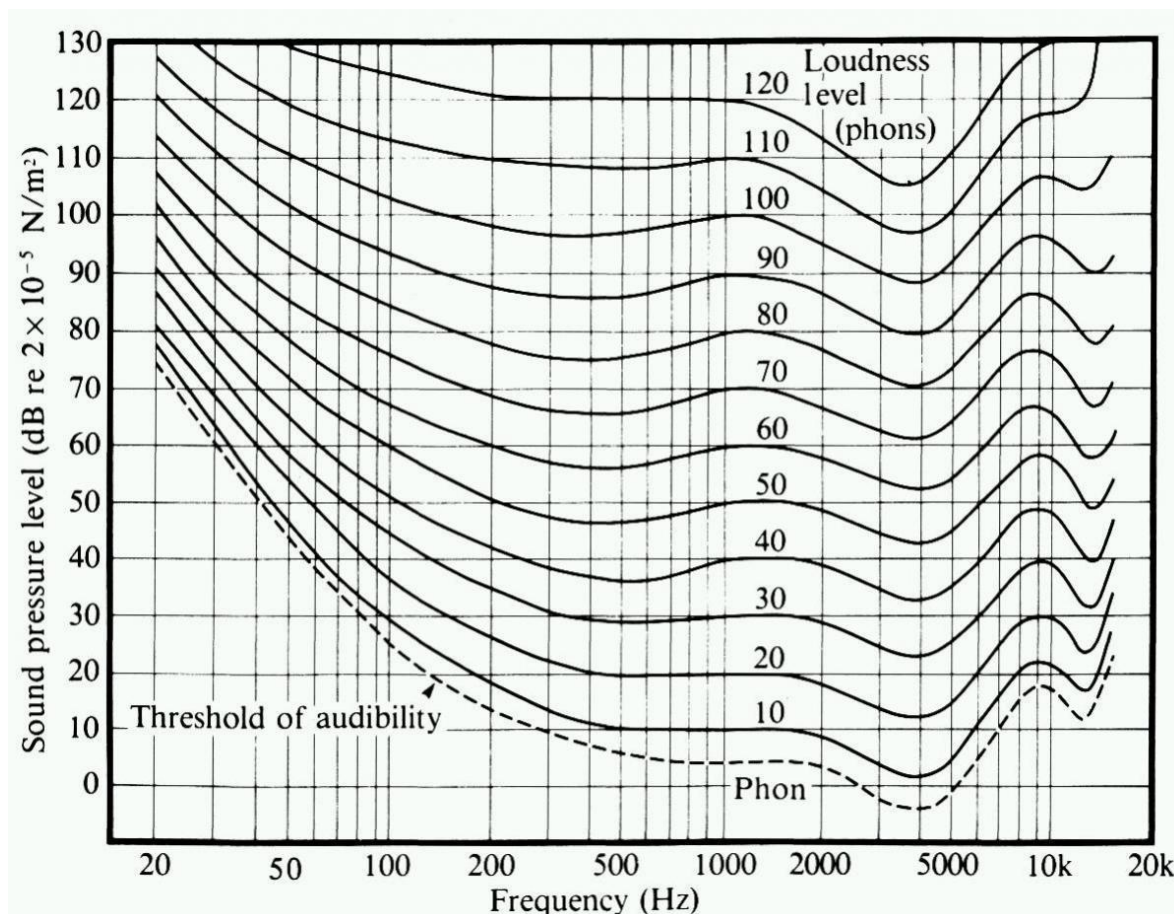


Figura A1: gráfico de las curvas de ponderación Fletcher & Munson y su tendencia.

Ponderación A

La ponderación “A” es el estándar que refleja la respuesta del oído humano que no es muy sensible a frecuencias muy bajas o muy altas, pero cubre el rango de audición de 20Hz a 20kHz. Estas mediciones en esta curva se indican de la siguiente manera “dB(A)” para indicar decibeles en curva de ponderación “A” además de las siguientes indicaciones “LAeq”, “LAFmáx” las cuales son las más comunes de encontrar.

Ponderación C

Comúnmente esta curva se usa para el nivel de presión sonora “Peak”. En estas mediciones realizadas en curva de ponderación “C” se indican de la siguiente manera “dB(C)”, además de otras formas como “LCeq”, “LCFmáx” las cuales son los más comunes.

Ponderación Z

Esta curva de ponderación tiene la característica de tener una respuesta plana entre los 10Hz y 20kHz. En estas mediciones realizadas en curva de ponderación "Z" se indican de la siguiente manera "dB(Z)", además de otras formas como "LZeq", "LZFmáx" las cuales son los más comunes.

A continuación, se muestra un gráfico del comportamiento de las distintas curvas en la figura A2.

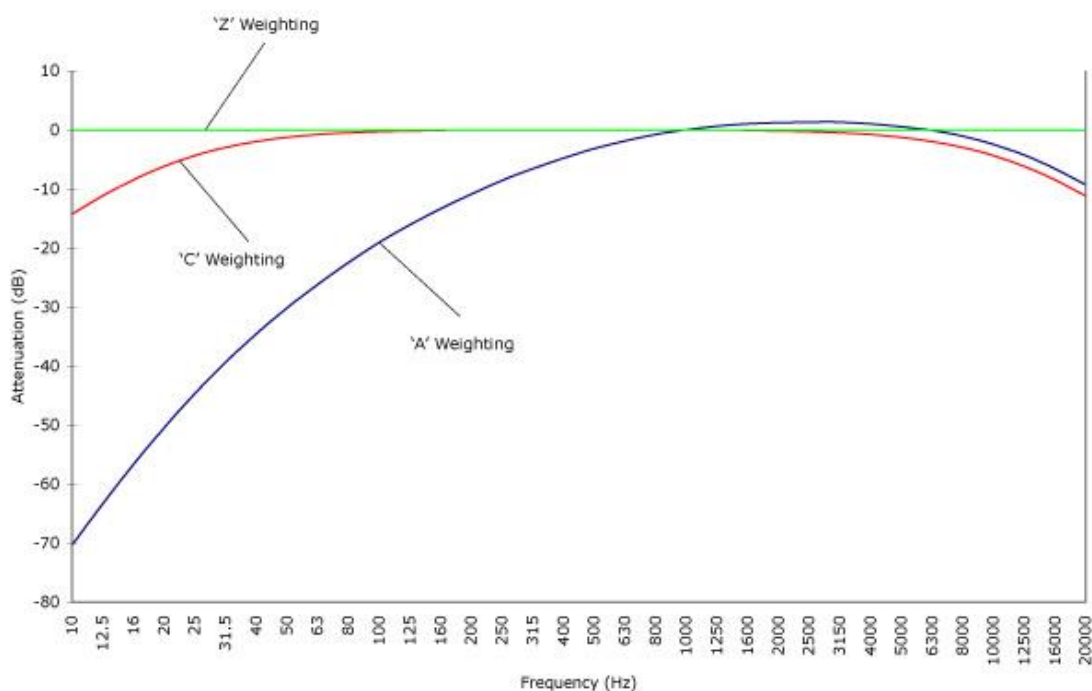


Figura A2: comportamiento de las distintas curvas de ponderación.