



Memoria de proyecto para optar al Título de  
Ingeniero Civil Oceánico

**CARACTERIZACIÓN DEL FONDO MARINO EN SECTORES DE MARGA MARGA,  
BARÓN, CALETA PORTALES Y SAN MATEO, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE,  
MEDIANTE TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN HIDROACÚSTICA.**

**Enzo Javier Peirano Moreno**

Diciembre 2019

**CARACTERIZACIÓN DEL FONDO MARINO EN SECTORES DE MARGA MARGA,  
BARÓN, CALETA PORTALES Y SAN MATEO, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE,  
MEDIANTE TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN HIDROACÚSTICA.**

**Enzo Javier Peirano Moreno**

<b>COMISIÓN REVISORA</b>	<b>NOTA</b>	<b>FIRMA</b>
Alex Lobos A Profesor guía	_____	_____
Daniel Rossell Revisor	_____	_____
Felipe Caselli Revisor	_____	_____

## **DECLARACIÓN**

Este trabajo, o alguna de sus partes, no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

---

Alex Lobos A.  
Profesor guía

---

Enzo Peirano M  
Alumno memorista

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a todos quienes me acompañaron y compartieron experiencias personales, conocimientos o simplemente un momento de distracción.

En particular quiero agradecer a mi familia, mamá y papá, quienes a pesar de todos los momentos difíciles remararon junto a mí para llegar a puerto, a mi hermano Francisco, a mi compañero de vida, Pablo, compañeros de trabajo, José, John, Ángela y Miguel, a Stefano por la grata retroalimentación que hemos tenido, a Felipe Caselli, Daniel Rossell y Alex Lobos, mis profesores guía, por su tiempo, paciencia e infinidad de conocimientos que han compartido conmigo, a mis amigos, Coke, Alfredo, Maricel y Angélica por su grata y eterna compañía. A los profesores Catalina Aguirre, Víctor Bravo y María Elena Valenzuela por siempre sus gratas palabras hacía mí y la confianza puesta en que al terminar esta etapa me iría muy bien, a mis compañeros de carrera y amigos, Michelle, compañera de estudio, Stefani, Diego, Dángela, Germán, Claudio, Jean Pierre, y a todos mis compañeros de generación.

# **CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>3</b>	<b>ALCANCES.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALES Y HERRAMIENTAS.....</b>	<b>4</b>
4.1	SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS BATIMÉTRICOS.....	4
4.1.1	<i>Sistema multihaz.....</i>	4
4.1.2	<i>Unidad de movimiento inercial.....</i>	5
4.1.3	<i>Sistema de navegación y posicionamiento.....</i>	6
4.2	MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO.....	7
4.3	SOFTWARES.....	7
4.3.1	<i>Qimera.....</i>	7
4.3.2	<i>Sonarwiz.....</i>	8
4.3.3	<i>Global mapper.....</i>	8
4.3.4	<i>Hypack.....</i>	9
4.4	EMBARCACIÓN.....	9
<b>5</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
5.1	ONDAS.....	10
5.1.1	<i>Teoría de ondas.....</i>	10
5.1.2	<i>Onda acústica en el agua.....</i>	12
5.1.3	<i>Sistema multihaz.....</i>	15
<b>6</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
7.1	BATIMETRÍA.....	27
7.1.1	<i>San Mateo.....</i>	27
7.1.2	<i>Barón.....</i>	31
7.1.3	<i>Caleta portales.....</i>	36
7.1.4	<i>Marga Marga.....</i>	41
7.2	RETRODISPERSIÓN.....	44
7.2.1	<i>San Mateo.....</i>	44
7.2.2	<i>Barón.....</i>	48
7.2.3	<i>Caleta Portales.....</i>	52
7.2.4	<i>Marga Marga.....</i>	56
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>62</b>

## **LISTA FIGURAS**

Figura 3-1: Ubicación zonas de estudio, Valparaíso, Chile. ....	3
Figura 4-1: Componentes sistema Multihaz Edgetech 6205. ....	4
Figura 4-2: Unidad de movimiento inercial utilizada en el actual estudio.....	5
Figura 4-3: Antena GPS HEMISPHERE. ....	6
Figura 4-4: Sistema HEMISPHERE, vector VS330. ....	6
Figura 4-5: Perfilador de velocidad del sonido, AML base X. ....	7
Figura 4-6: Interfaz software Qimera.....	7
Figura 4-7: Interfaz software Sonarwiz.....	8
Figura 4-8: Interfaz software Global Mapper. ....	8
Figura 4-9: Interfaz software Hypack. ....	9
Figura 4-10: Embarcación GEOCIENCIAS. ....	9
Figura 5-1: Elementos de una onda. ....	10
Figura 5-2: Ondas transversales y longitudinales.....	12
Figura 5-3: Componentes de interacción entre dos medios para una onda incidente.....	14
Figura 5-4: Ensonificación sistema Multihaz. ....	16
Figura 5-5: Ejes principales de rotación embarcación. ....	17
Figura 5-6: Ejemplo zonas de prueba de parche.....	17
Figura 6-1: Líneas de recorrido para las cuatro áreas de estudio, A: San Mateo, B: Barón, C: Caleta Portales y D: Marga Marga. ....	18
Figura 6-2: Distribución sensores en la embarcación.....	19
Figura 6-3: Ubicación líneas prueba de parche.....	20
Figura 6-4: Serie de marea, 20 de marzo 2018.....	21
Figura 6-5: Serie de marea, 21 de marzo 2018.....	21
Figura 6-6: Serie de marea, 22 de marzo 2018.....	22
Figura 6-7: Serie de marea, 23 de marzo 2018.....	22

Figura 6-8: Serie de marea, 31 de agosto 2018. ....	23
Figura 6-9: Perfiles velocidad del sonido.....	23
Figura 6-10: Interfaz de trabajo software Qimera. ....	24
Figura 6-11: Interfaz de trabajo software Sonarwiz, comando "Bottom Tracking". ....	25
Figura 6-12: Interfaz de trabajo software Sonarwiz, comando clasificación de fondo. ....	26
Figura 7-1: Modelo digital batimétrico de San Mateo. ....	27
Figura 7-2: Ubicación perfiles batimétricos, San Mateo. ....	28
Figura 7-3: Perfiles batimétricos, San Mateo. ....	29
Figura 7-4: Elemento observado en San Mateo y perfiles descriptivos. ....	30
Figura 7-5: Modelo digital batimétrico Barón. ....	31
Figura 7-6: Ubicación perfiles batimétricos, Barón. ....	32
Figura 7-7: Perfiles batimétricos Barón. ....	33
Figura 7-8: Elemento observado Barón y perfiles descriptivos. ....	34
Figura 7-9: Perfiles datos brutos, Barón.....	35
Figura 7-10: Actual "Lobera", vestigios del antiguo muelle de carbón. ....	35
Figura 7-11: Modelo digital batimétrico Caleta Portales. ....	36
Figura 7-12: Ubicación perfiles batimétricos, Caleta Portales. ....	37
Figura 7-13: Perfiles batimétricos, Caleta Portales. ....	38
Figura 7-14: Perfiles afloramiento rocoso, perpendiculares, Caleta Portales. ....	39
Figura 7-15: Perfiles afloramiento rocoso, paralelos, Caleta Portales. ....	40
Figura 7-16: Modelo digital batimétrico Marga Marga. ....	41
Figura 7-17: Ubicación perfiles batimétricos, Marga Marga.....	42
Figura 7-18: Perfiles batimétricos, Marga Marga.....	43
Figura 7-19: Fotomosaico fondo marino, San Mateo.....	44
Figura 7-20: Resultados pruebas algoritmo clasificación, San Mateo. ....	45

Figura 7-21: Clasificación y caracterización fondo marino, San Mateo.....	46
Figura 7-22: Elemento identificado, San Mateo.....	47
Figura 7-23: Comparación batimetría (izquierda) y retrodispersión (derecha), San Mateo. .....	47
Figura 7-24: Fotomosaico fondo marino, Barón. ....	48
Figura 7-25: Resultados pruebas algoritmo clasificación, Barón. ....	49
Figura 7-26: Clasificación y caracterización fondo marino, Barón. ....	50
Figura 7-27: Comparación batimetría (izquierda) y retrodispersión (derecha), Barón.....	51
Figura 7-28: Fotomosaico fondo marino, Caleta Portales. ....	52
Figura 7-29: Resultados prueba algoritmo clasificación, Caleta Portales. ....	53
Figura 7-30: Clasificación y caracterización fondo marino, Caleta Portales. ....	54
Figura 7-31: Comparación batimetría (izquierda) y retrodispersión (derecha), Caleta Portales. ....	55
Figura 7-32: Fotomosaico fondo marino, Marga Marga.....	56
Figura 7-33: Resultados prueba algoritmo clasificación, Marga Marga. ....	57
Figura 7-34: Clasificación y caracterización fondo marino, Marga Marga.....	58
Figura 7-35: Comparación batimetría (izquierda) y retrodispersión (derecha), Marga Marga. .....	59



## **LISTA TABLAS**

Tabla 4-1: Características técnicas sistema Multihaz 6205 .....	5
Tabla 6-1: Correcciones estáticas sensores empleados adquisición datos .....	19
Tabla 6-2: Valores obtenidos de la prueba de parche. ....	20

## **RESUMEN**

El uso de técnicas hidroacústicas, como es la transmisión y recepción de ondas acústicas en el agua, han permitido estudiar un medio complejo como el océano. Conocer algunas de sus características es fundamental para el desarrollo y toma de decisiones en diversas actividades que se lleven a cabo en dicho medio.

Este estudio de investigación posee un valor teórico debido a que contribuye al conocimiento del fondo marino. Para ello, se realizó un levantamiento hidrográfico a través de un sistema batimétrico multihaz en cuatro sectores marinos de la región de Valparaíso; San Mateo, Barón, Caleta Portales y Marga Marga.

Con base en dicha información adquirida, se realizó un análisis de las profundidades para cada sector (referidas al nivel de reducción de sondas local, referencia altimétrica) y se construyó un modelo digital batimétrico de alta resolución (50 [cms]). En la zona oeste de San Mateo se identificó la mayor profundidad en relación a los restantes sectores (72 [m]), Barón y Caleta Portales alcanzaron el veril de los 32 [m], al oeste y este respectivamente, mientras que Marga Marga alcanzó el veril de los 42 [m].

Se realizó un análisis de las características superficiales del fondo marino basado en la intensidad de eco reflejado. Para esto, se construyó un fotomosaico de los registros de retrodispersión y se utilizó la herramienta de clasificación del software Sonarwiz, la cual agrupa en clases los pixeles de similares características, permitiendo una correlación entre lo clasificado y visualizado en el fotomosaico. Una vez ejecutado el algoritmo de clasificación, la información se agrupó en dos clases: “sedimentos gruesos”, pertenecientes a partículas de mayor reflectividad y tamaño, y “sedimentos finos a medios” a partículas de menor reflectividad y tamaño. Esta clasificación fue posible solo en aquellos sectores donde el algoritmo reconoció diferencias en las respuestas de las intensidades en la señal acústica y relacionadas a lo visualizado en los fotomosaicos, caso contrario, se mencionan como “Sedimentos sin diferenciar”.

La parte costera de San Mateo presentó afloramientos rocosos, en otras áreas, sedimentos de menor tamaño y se identificó un posible naufragio. La parte oeste de Caleta Portales se caracterizó por una alta presencia de sedimentos gruesos, relacionados a afloramientos rocosos. En Barón y Marga Marga el algoritmo de clasificación no logró diferenciar patrones en las texturas observadas, coincidente con lo identificado en sus respectivos fotomosaicos, donde se observó uniformidad en la respuesta acústica del fondo marino. En Barón destacó la presencia de ripples (o rizaduras), asociadas a sedimentos de mayor tamaño y un rasgo morfológico bajo la estructura llamada “La Lobera”, asociada a vestigios de un antiguo muelle de Carbón. Finalmente, en Marga Marga destacó la presencia de un emisario submarino en dirección noroeste.

## **ABSTRACT**

The use of hydroacoustic techniques like reception and transmission of acoustic waves in water has allowed the study of a complex environment like ocean. Recognize some of his characteristics is essential for the development and helps to make decisions about many activities. This research has a theoretical value because it contributes the understanding of that environment, for this, a survey was carried out using a bathymetric multibeam system on four places in Valparaíso; San Mateo, Barón, Caleta Portales and Marga Marga.

The multibeam data collected was used to analyze the depths (referred to a sounding reduction level, altimetric reference) and to build a high-resolution digital bathymetric model (50 [cms]) for the four areas. The west part of San Mateo reached depths of 72 [m], deeper than other areas. Barón and Caleta Portales reached depths of 32 [m] in the west and east parts respectively, while Marga Marga reached depths of 42 [m].

An analysis of the top sea-bed layer characteristics was made, this was based on the amplitude intensities of the reflected wave. For this analysis, a photomosaic was built from backscatter records and the Sonarwiz classification tool, which groups pixels of the similar characteristics, allowing a correlation between the classes and the photomosaic. The algorithm classes were grouped into two new classes “coarse sediments” or particles with bigger size and reflectivity, and “fine to middle sediments”, particles with small size and low reflectivity. This classification was possible only in those places where the algorithm recognized differences in the intensity of the acoustic signal and related to visualized in the photomosaics, in the opposite case, named as “Undifferentiated Sediments”.

San Mateo showed rocky outcrops along the coast, fine to middle sediments in other areas and a possible shipwreck. West part of Caleta Portales showed a high presence of coarse sediments related to rocky outcrops. In contrast, for Barón and Marga Marga the classification algorithm failed to differentiate patterns in the observed textures, consistent with the observed in the photomosaics, where a uniform response was shown. Finally, Barón photomosaic revealed ripples in the coast areas, associated with coarse sediments and an morphologic feature below the structure called “La Lobera” associated to an old structure which was part of the former “coal dock”. Marga Marga showed a submarine pipeline in northwest direction.