

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 Peirano M.

Profesor guía: Alex Lobos.
Comisión: Felipe Caselli.
Daniel Rossell
Abril 2021

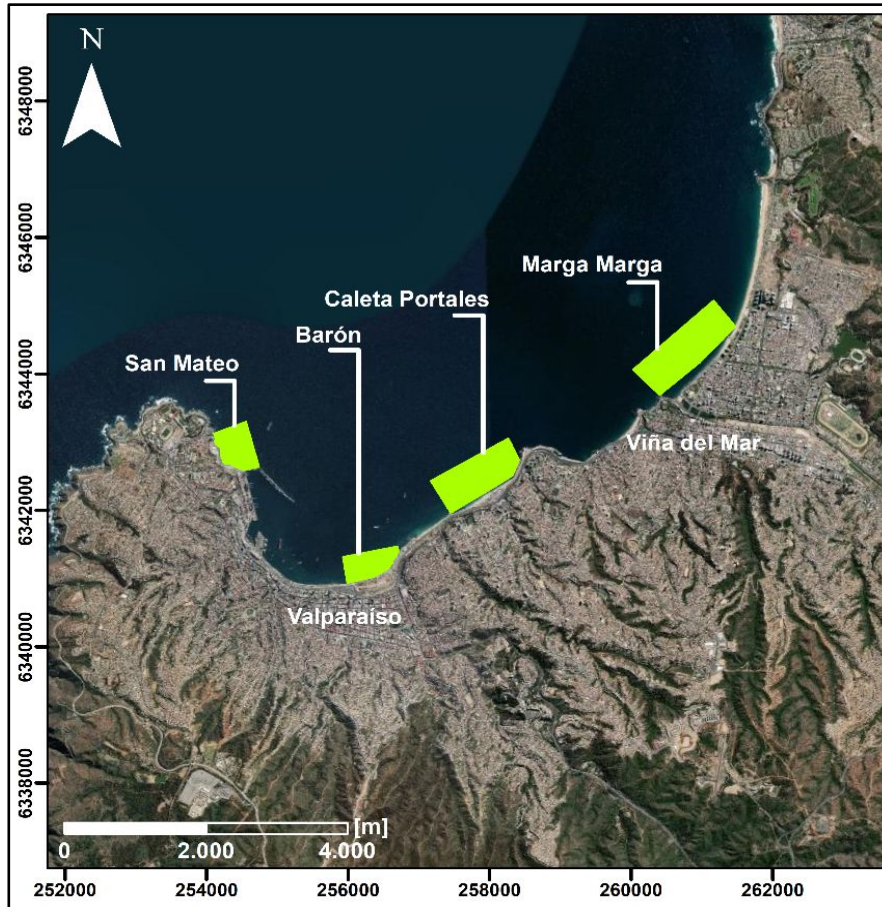
- Sistemas batimétricos han ayudado a caracterizar la capa superficial del fondo marino y sus profundidades.
- Modelos digitales batimétricos y fotomosaicos.
- Levantamiento en 4 zonas, San Mateo, Barón, Caleta Portales y Marga Marga.

Objetivo general.

- Realizar una caracterización del fondo marino en los sectores de San Mateo, Barón, Caleta Portales y Marga Marga.

Objetivos específicos.

- Desarrollar modelos digitales batimétricos de alta resolución con base en un levantamiento hidrográfico multihaz para los cuatro sectores de estudio.
- Construir fotomosaicos del fondo marino en base a la información de retrodispersión.
- Realizar una descripción general de los sedimentos superficiales en base a la información de retrodispersión.

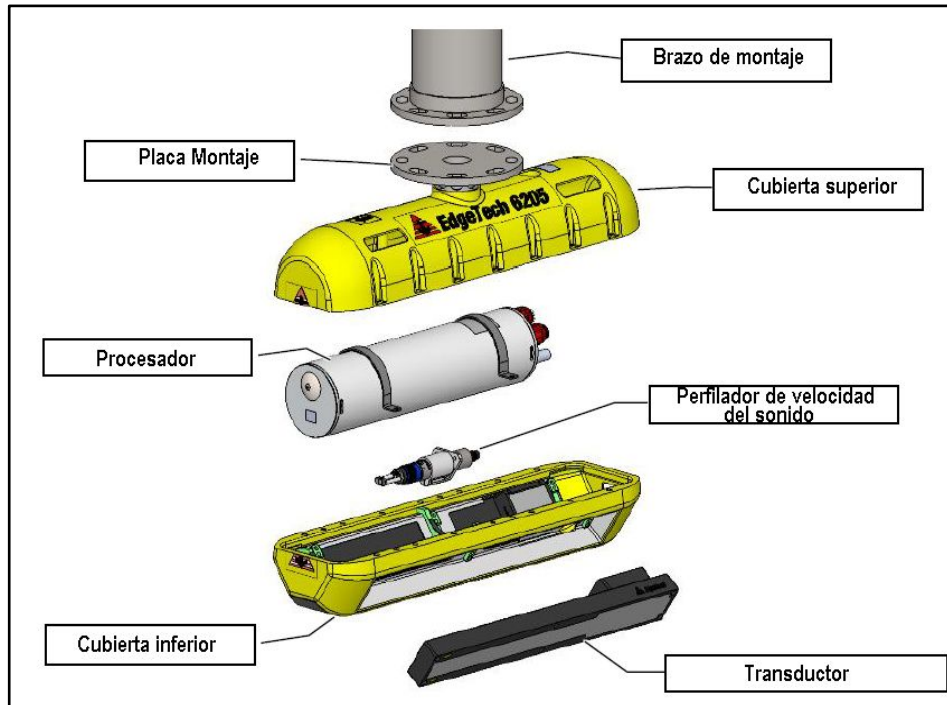


Fuente: Elaboración propia, basada en imágenes satelitales, Arcmap.

- Las áreas levantadas fueron de 28, 30, 50 y 80 [ha] respectivamente.
- Dos etapas, primera de 20 a 23 de marzo 2018, segunda, 31 de agosto.
- Qimera, Sonarwiz, hypack y global mapper

Sistema de levantamiento

Sistema multihaz



- Ecosonda multihaz y sonar de barrido lateral en doble frecuencia.
- Diseñados para trabajar en frecuencias de 230 y 550 [kHz]

Fuente: Adaptado de Edgetech, 2017.

Sistema navegación y posicionamiento

Hemisphere Atlas Link.

- Para definir posición de embarcación y al mismo tiempo georreferenciar la información de datos registrados, correcciones en tiempo real.



Fuente: www.hemispheregnss.com

Hemisphere modelo vector VS330.

- Para definir vector rumbo y dirección de la navegación .



Fuente: Extraído de www.hemispheregnss.com.

Perfilador velocidad del sonido

AML modelo Xbase SVP.

- Registro de velocidad del sonido en la columna de agua.



Fuente: www.amloceanographic.com

Unidad de movimiento inercial

Teledyne modelo DMS-05.

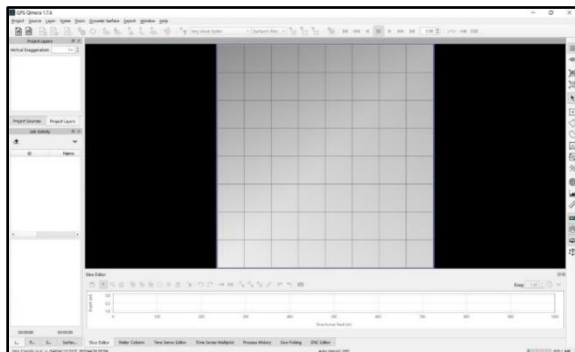
- Permite determinar la orientación, localización y movimiento, formado por una combinación de acelerómetros y giroscopios.



Fuente: Extraído de geo-matching.com.

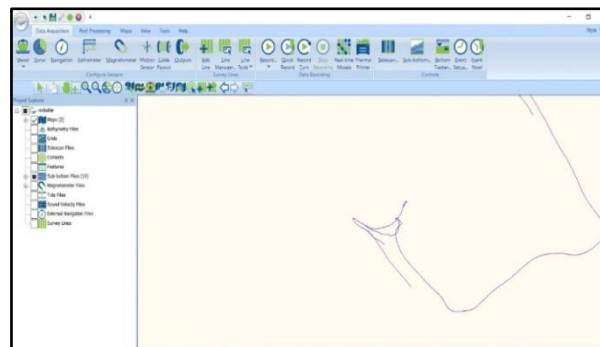
SOFTWARES

Qimera



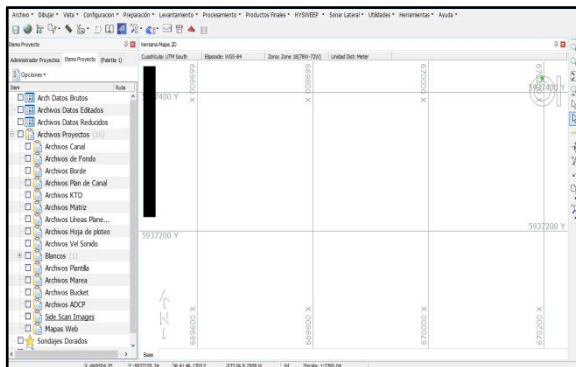
Fuente: Extraído software Qimera

Sonarwiz



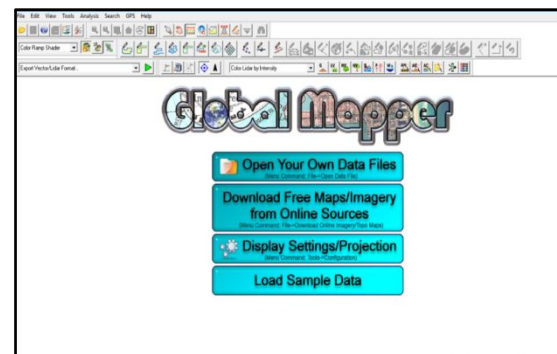
Fuente: Extraído software Sonarwiz

Hypack



Fuente: Extraído software Hypack

Global Mapper



Fuente: Extraído software Global Mapper

Ondas → Ondas acústicas → Transporta energía → Elementos que pueden reducir su intensidad

- Cualquier pérdida de fuerza en la señal se conoce como, pérdida de transmisión. → Divergencia esférica
- Altas frecuencias se atenúan más rápido, haz más estrecho, esto implica menor rango y una mayor resolución de los objetos más cercanos. → Absorción
- Dispersión

Frontera entre dos medios



Parte se propaga y otra se refleja



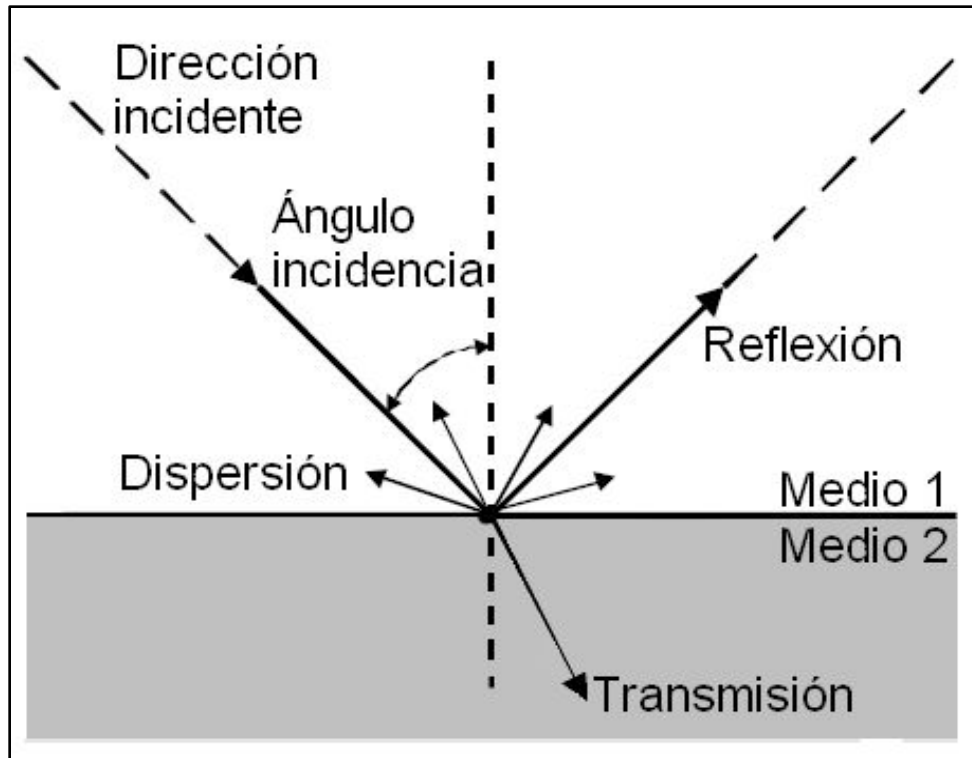
Impedancia acústica



Ángulo de incidencia



Rugosidad superficial del nuevo medio



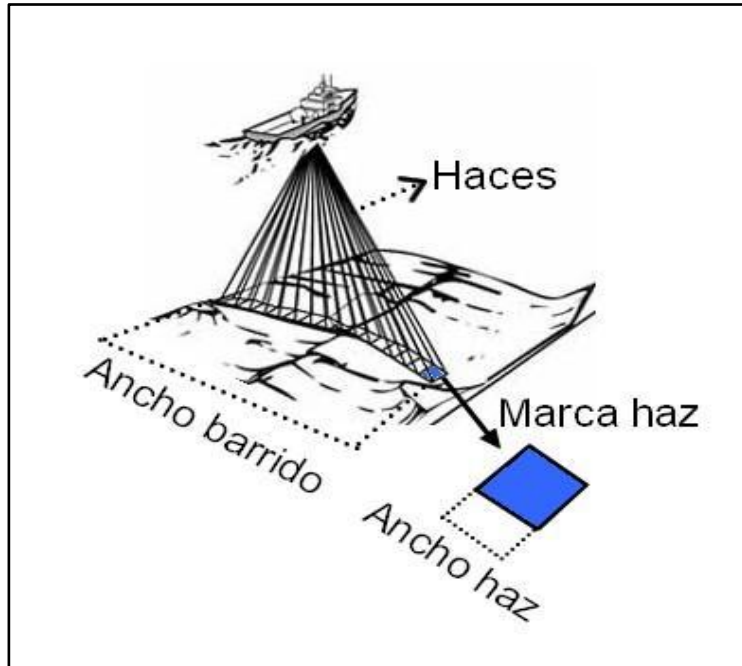
- Energía que no se transmite al nuevo medio, recibe el nombre de eco.
- Varios autores (Buscome et al. 2015, Dartnell & Dardner. 2014 y Rodrigo. 2006) han empleado sistemas multihaz para estudios de caracterización de las profundidades y sedimentos superficiales.



Intensidad eco retornado, puede emplearse como indicador de la composición de los sedimentos.

Fuente: Adaptado de L-3 communications SeaBeam Instruments, 2000.

Funcionamiento sistema multihaz



Fuente: Adaptado de www.oicinc.com

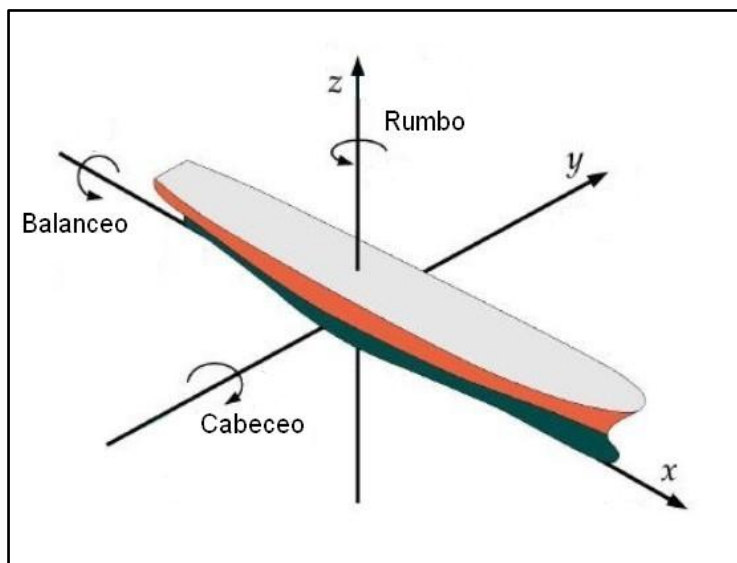
- Generación onda sonora a una determinada frecuencia y la recepción del eco producto del cambio de medio.
- Interpreta a señal, calculando el tiempo que le tarda en ir y volver a la señal y calcula la profundidad en función de dicho tiempo y velocidad del sonido.
- Se unen los datos de todas las señales acústicas y se construye un fotomosaico que permite diferenciar aspectos superficiales del fondo marino.

Correcciones de las mediciones



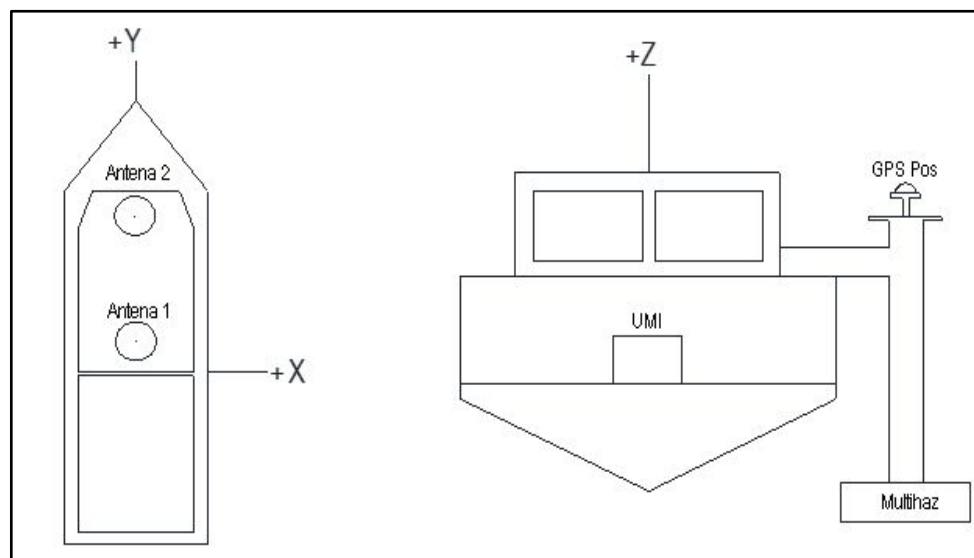
Como el océano es un sistema dinámico, cualquier embarcación (y equipos montados en ella) estará sujeta a los efectos o movimientos de dicho sistema.

Correcciones dinámicas

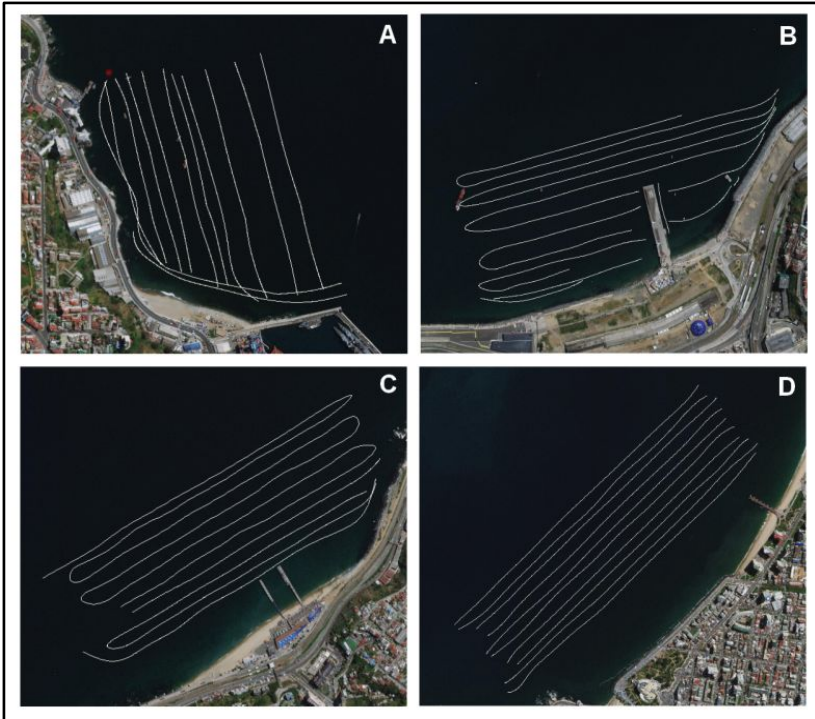


Fuente: Adaptado de Rostock, 2012.

Correcciones estáticas



Fuente: Elaboración propia.



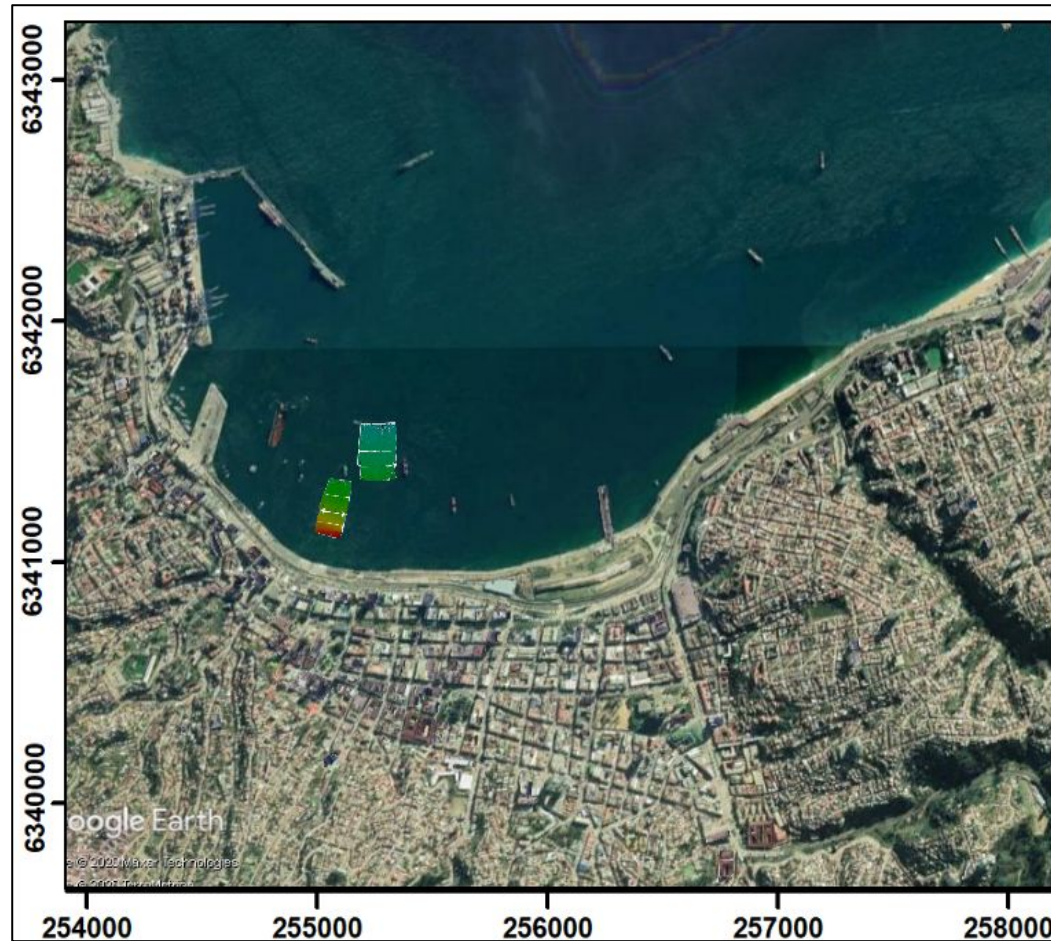
Fuente: Elaboración propia, imágenes satelitales, Arcmap.

- Frecuencia de muestreo de 550 [kHz].
- Referencia altimétrica NRS y horizontal datum WGS-84 con coordenadas UTM.
- Correcciones de posición en simultáneo al levantamiento.

| Instrumento | x [m] | y [m] | z [m] |
|--------------------|--------|--------|--------|
| UMI | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Antena 1 nav. | -0.056 | 0.273 | 1.755 |
| Antena 2 nav. | -0.021 | 2.325 | 1.610 |
| Antena 3 (GPS pos) | -1.250 | -0.952 | 0.947 |
| Multihaz | -1.250 | -0.952 | -0.619 |

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones para la prueba de parche se efectuaron en un área al costado del sitio 8 del puerto de Valparaíso.



Fuente: Elaboración propia, imágenes satelitales, Arcmap.

- Etapa proceso y limpieza de datos



Superficie de 50 [cms]



Se ingresan perfiles velocidad del sonido



Se ingresan series de marea

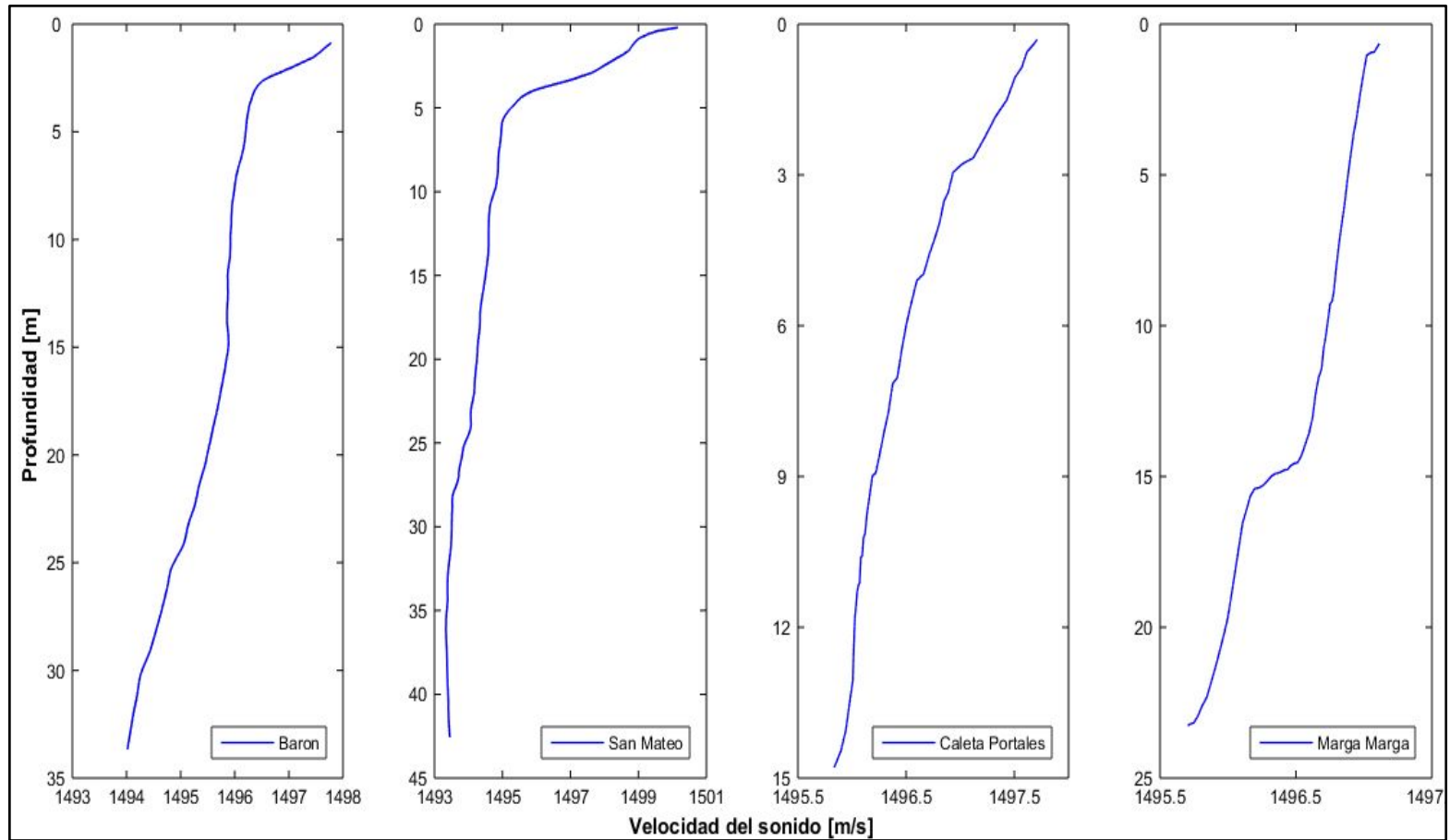


Se calcula valores de correcciones prueba de parche.



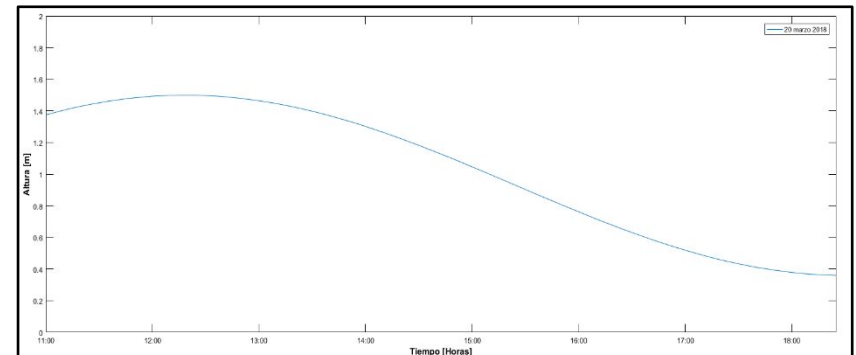
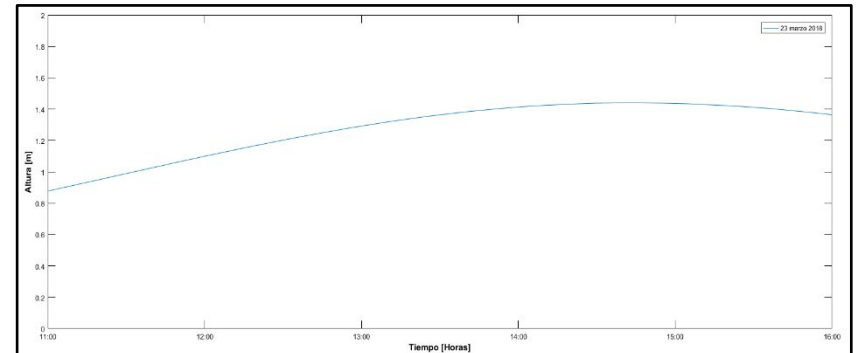
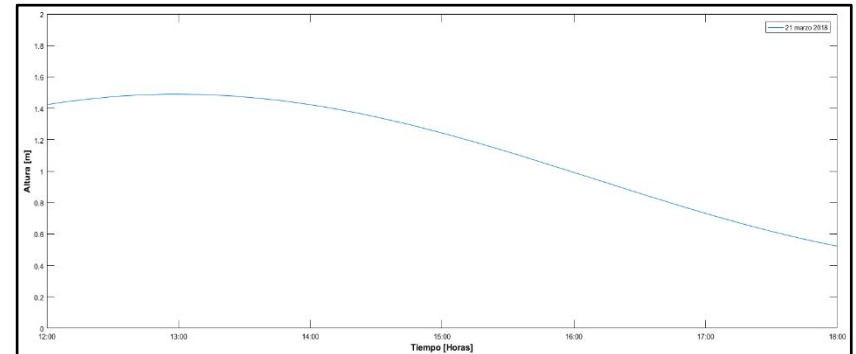
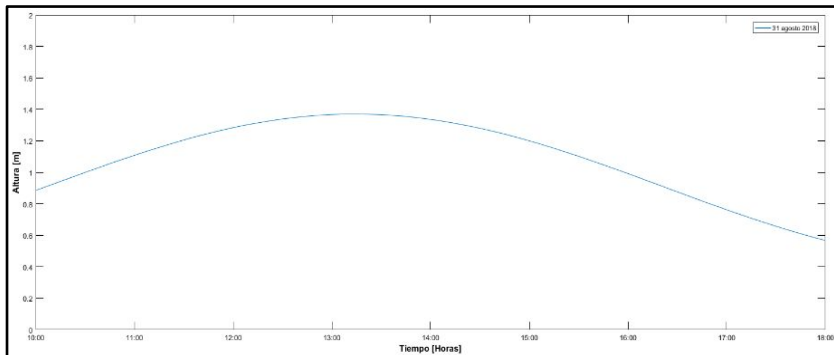
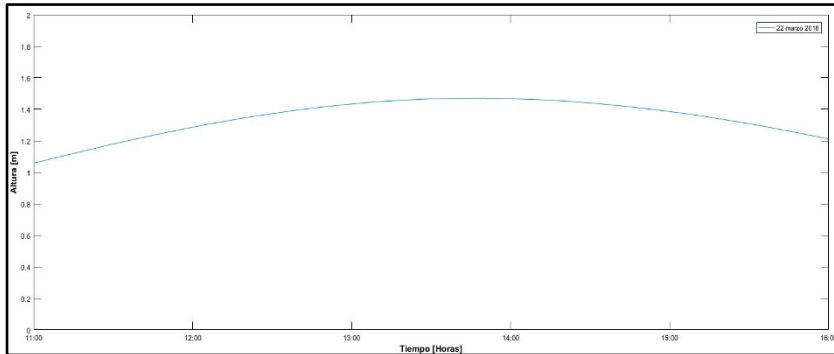
Limpieza de datos

Perfiles velocidad del sonido.



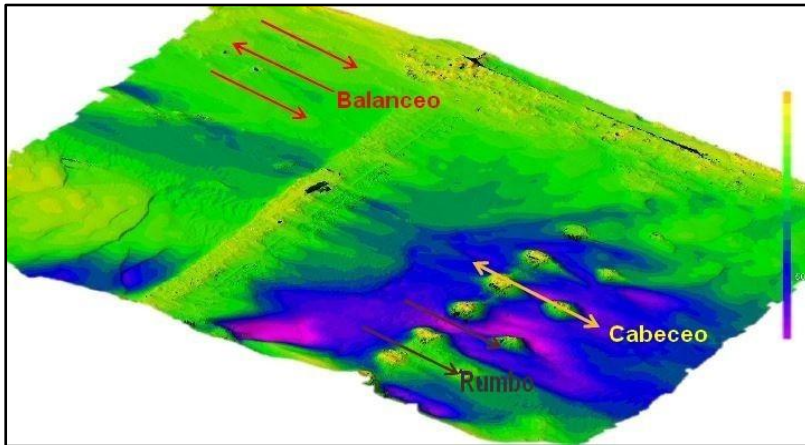
Fuente: Elaboración propia.

Series de marea obtenidas a través de procedimiento definido por SHOA.



Fuente: Elaboración propia.

Prueba de parche



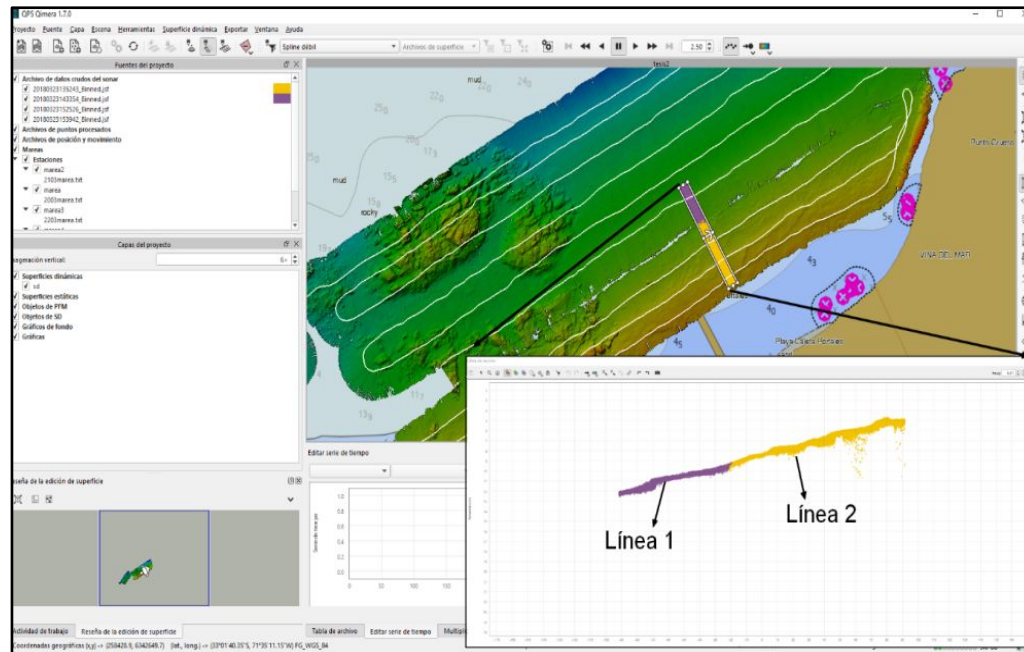
Fuente: Adaptado de geociencias.

| Parámetro | Valor original | Valor calculado |
|------------------|----------------|-----------------|
| Tx Cabeceo | 0.000 | -4.740 |
| Rx Balanceo Port | 0.000 | -3.500 |
| Rx Balanceo Stbd | 0.000 | -1.070 |
| Tx Rumbo | 0.000 | -0.650 |

Fuente: Elaboración propia.

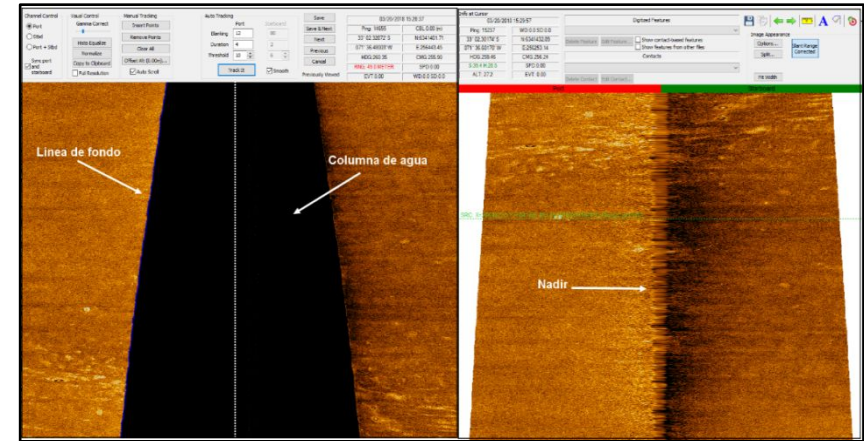
Limpieza de datos

- ➡ Se eliminan todos aquellos datos batimétricos anómalos o interferencias que se hayan producido en la señal (ruido) que no sigan el patrón de la zona levantada.
- ➡ Se extrae información en archivo *.xyz.
- ➡ Se genera modelos digitales con el comando de red irregular de triángulos (TIN).



Fuente: Elaboración propia, Qimera.

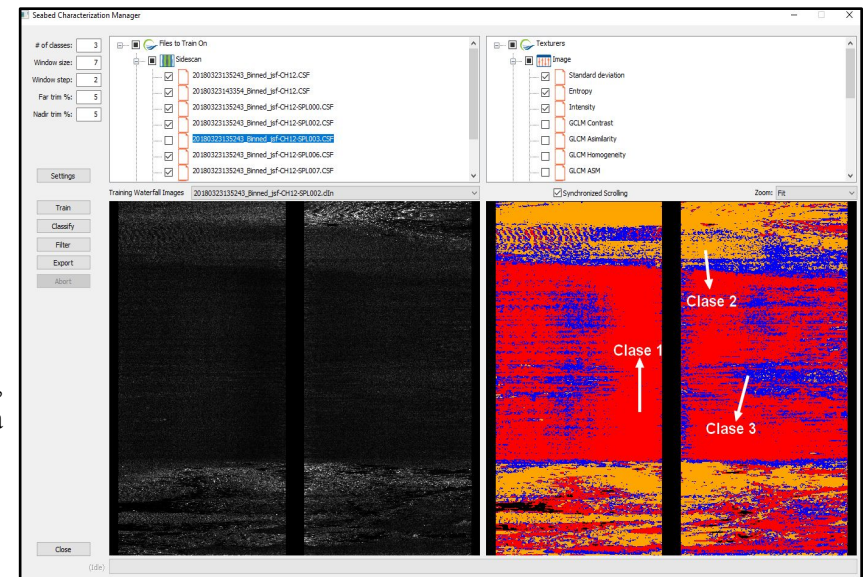
- ➡ Se define línea de fondo, para identificar primer retorno acústico.
- ➡ Permite establecer altura del equipo respecto a fondo.
- ➡ Filtros que reducen diferencia entre los valores del pixeles del nadir y su alrededor.
- ➡ Algoritmo de clasificación en base a la textura de cada pixel en una cierta ubicación, set de clases en polígonos..



¡¡importante!! No entrega clasificación del tipo de sedimento, pero si de la intensidad recibida, esto permite inferir el tipo de sedimento. Clasificación es en base a lo observado en fotomosaicos.

Sedimentos gruesos, sectores de mayor reflectividad e intensidad de la señal, relacionados a granulometrías de mayor tamaño

Sedimentos finos a medios, intensidades menores y relacionadas a granulometrías de menor tamaño.



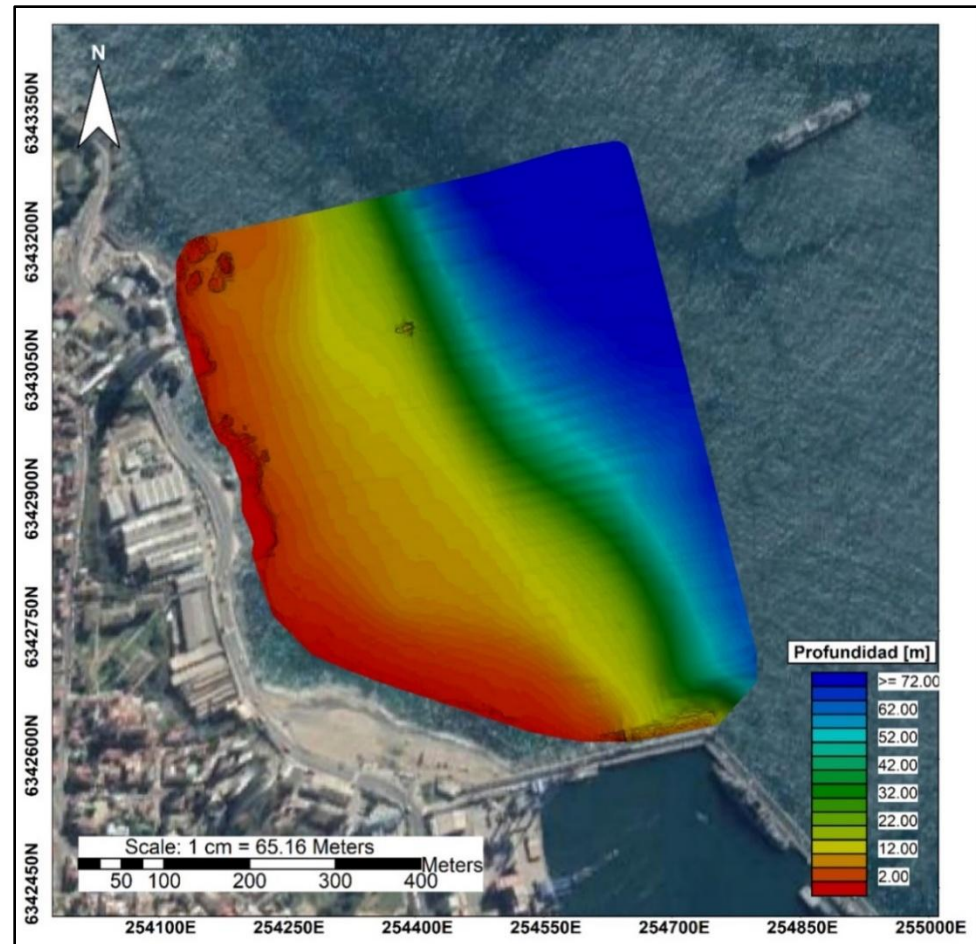
Fuente: Elaboración propia, Sonarwiz.

Batimetría

Modelos, perfiles batimétricos y se identificó el veril de los 15 [m] en cada área con sus principales características observadas.

San Mateo

- ➡ Profundidades referidas al NRS local.
- ➡ Máxima profundidad de 72 [m] al noreste.
- ➡ Afloramientos rocosos a lo largo de la zona costera y relleno de protección del molo.

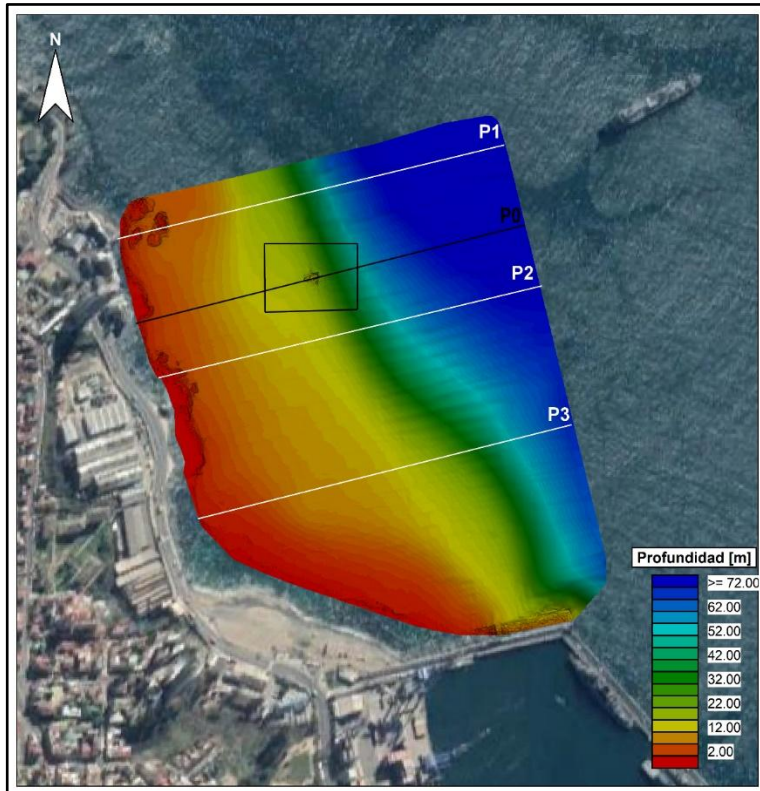


Fuente: Elaboración propia.

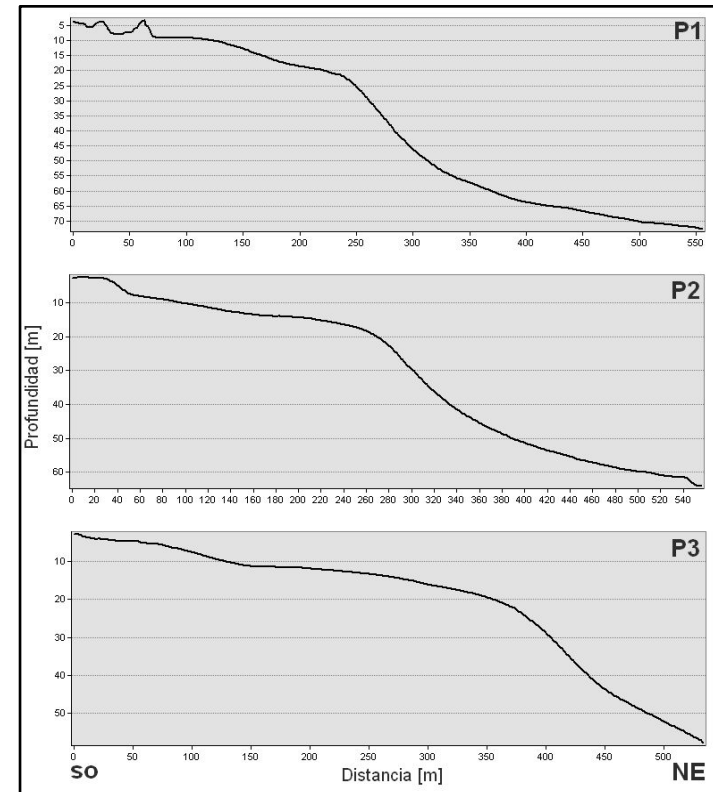
RESULTADOS

- ➡ Distanciados cada 200 [m]
- ➡ Pendiente de fondo constante y suave hasta veril 20 [m]
- ➡ Respecto a la costa, pendiente de fondo se inclina a 240, 280 y 360 [m] de P1, P2 y P3, respectivamente.

- ➡ Hacia el final de cada perfil, la pendiente alcanza profundidades de 70, 60 y 55 [m] para P1, P2 y P3.
- ➡ El veril de los 15 [m] en P1 se alcanza a 150 [m], P2 a 250 [m] y P3 a 310 [m].



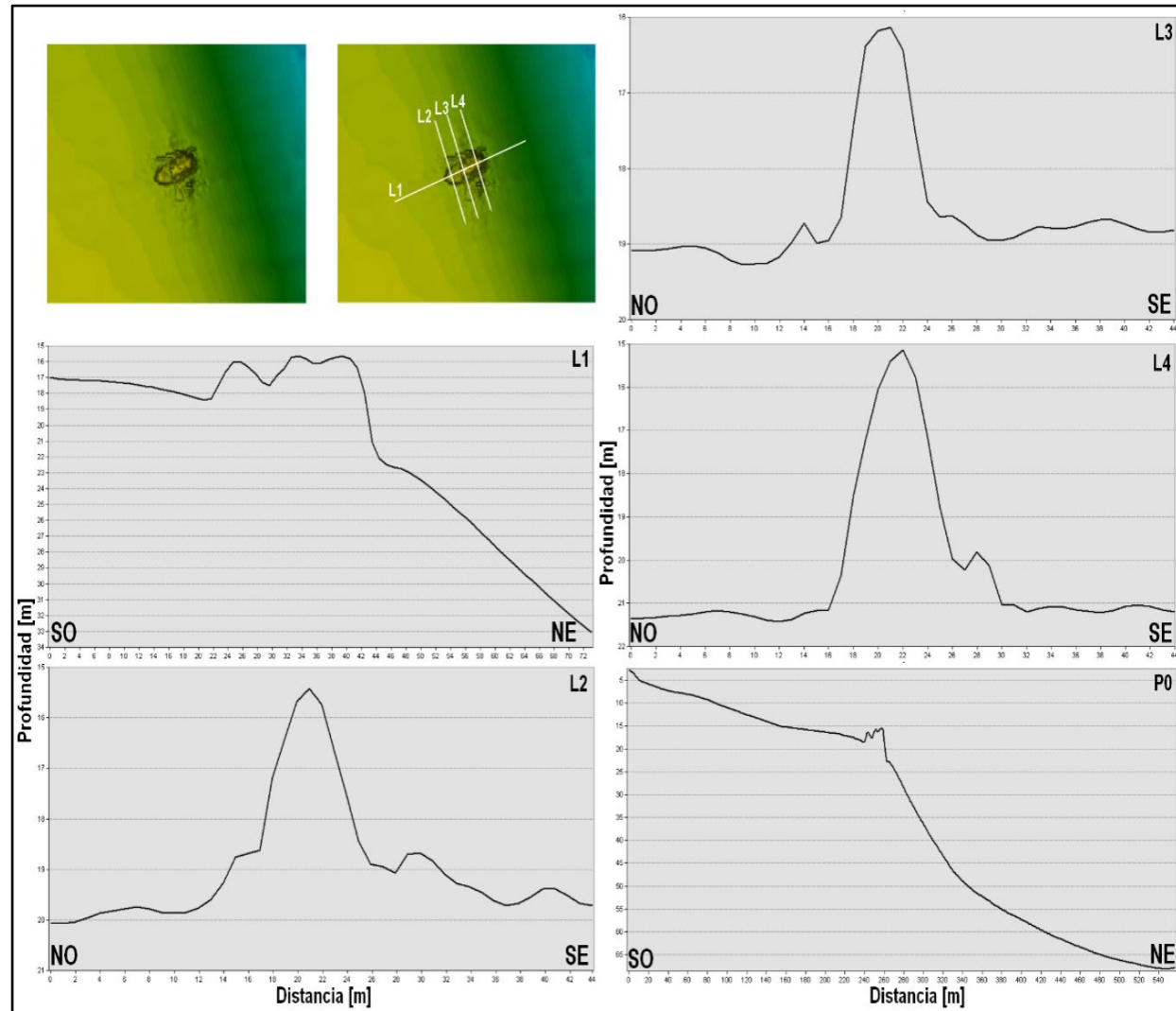
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

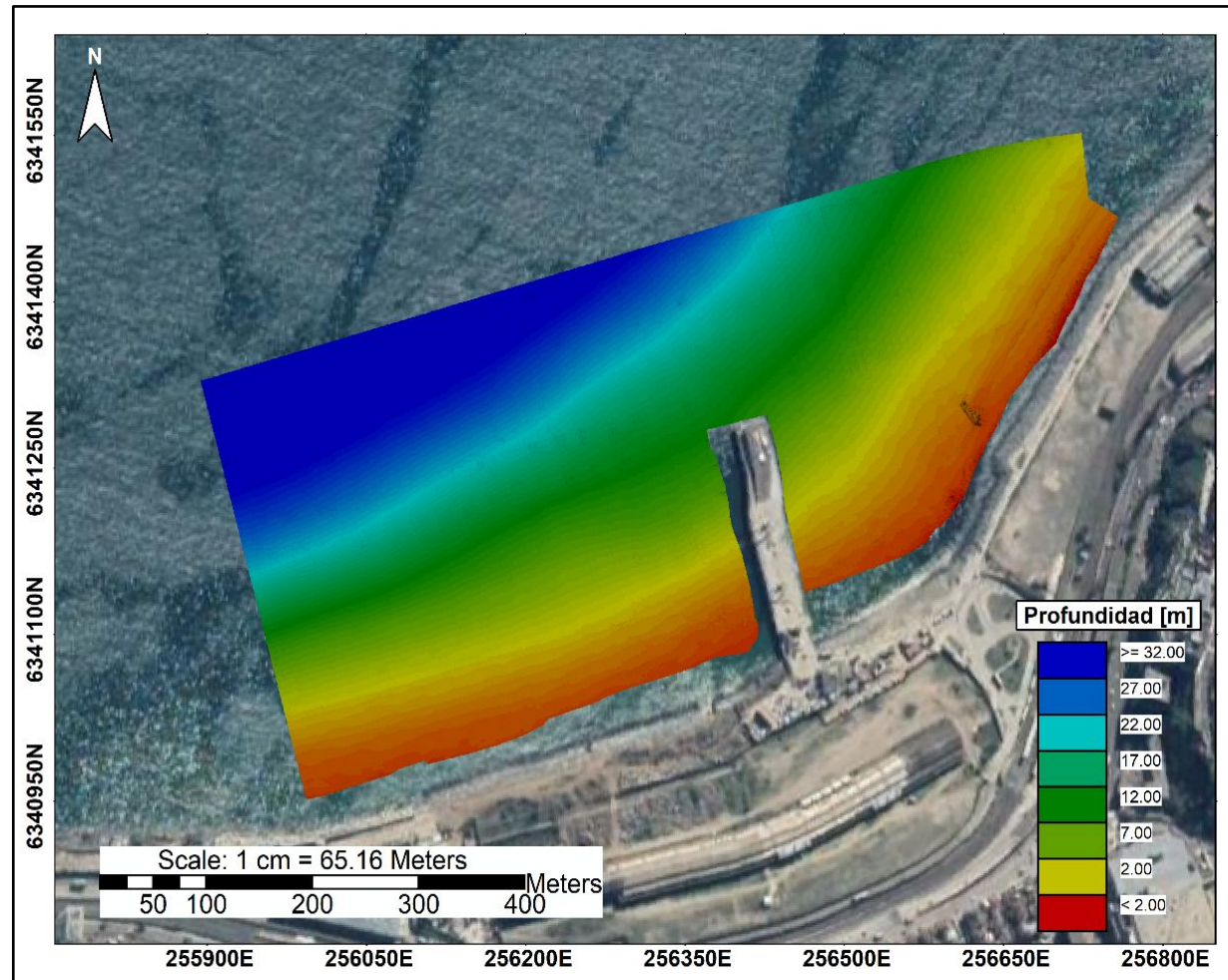
- ➡ A 240 [m] (entre P1 y P2), en el veril de los 16 [m], rasgo en el fondo marino antes de pendiente.
- ➡ Perfil P0, tres transversales y uno longitudinal separados cada 7 [m]
- ➡ Naufragio, de 22 [m] de largo, 7 de ancho y a una profundidad de 16 [m]



Fuente: Elaboración propia.

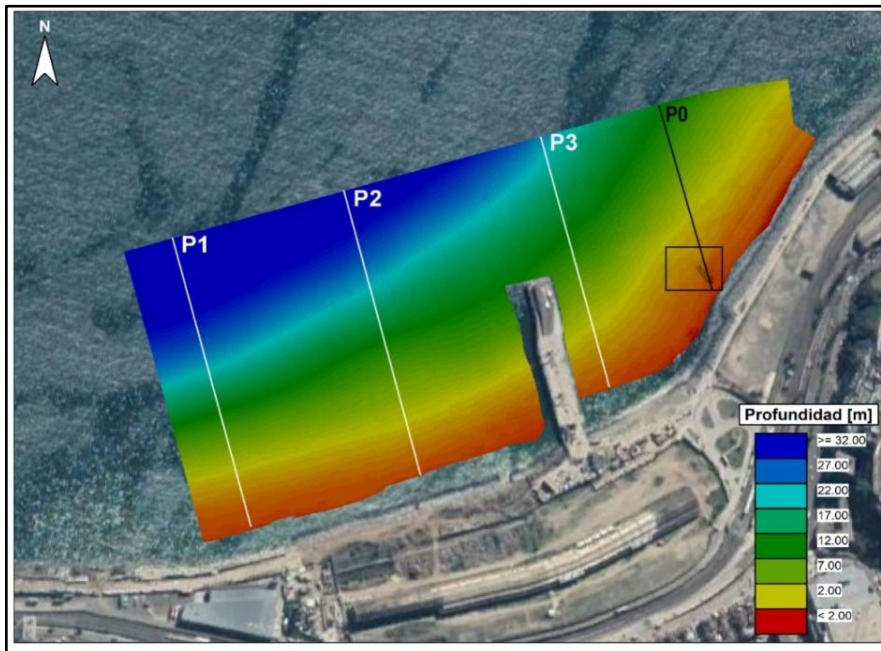
Barón

- ➡ Máxima profundidad alcanzada de 32 [m] al noroeste del área.
- ➡ Sedimentos rocosos en zona este.
- ➡ Mayores profundidades al oeste.

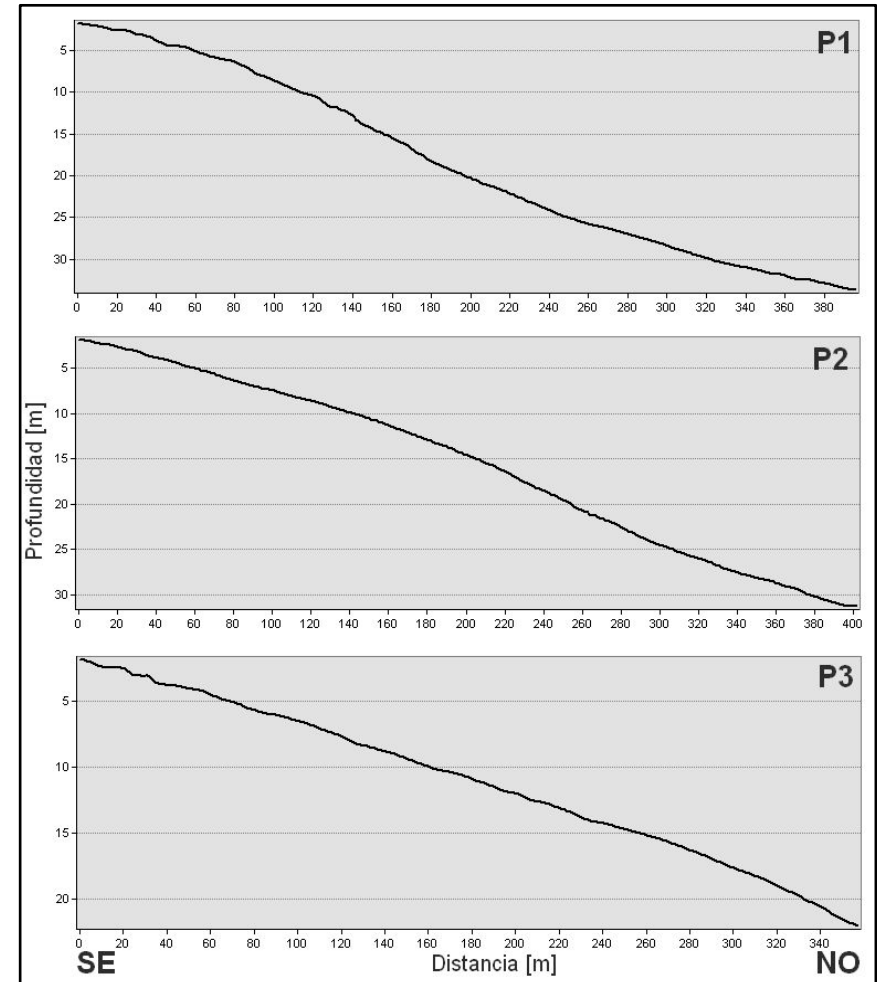


Fuente: Elaboración propia.

- ➡ Distanciados cada 300 [m]
- ➡ Pendiente de fondo constante hasta 380 [m]
- ➡ El veril de los 15 [m] en P1 se alcanza a 160 [m], P2 a 200 [m] y P3 a 250 [m].
- ➡ Muelle llega a profundidades de 13 [m].



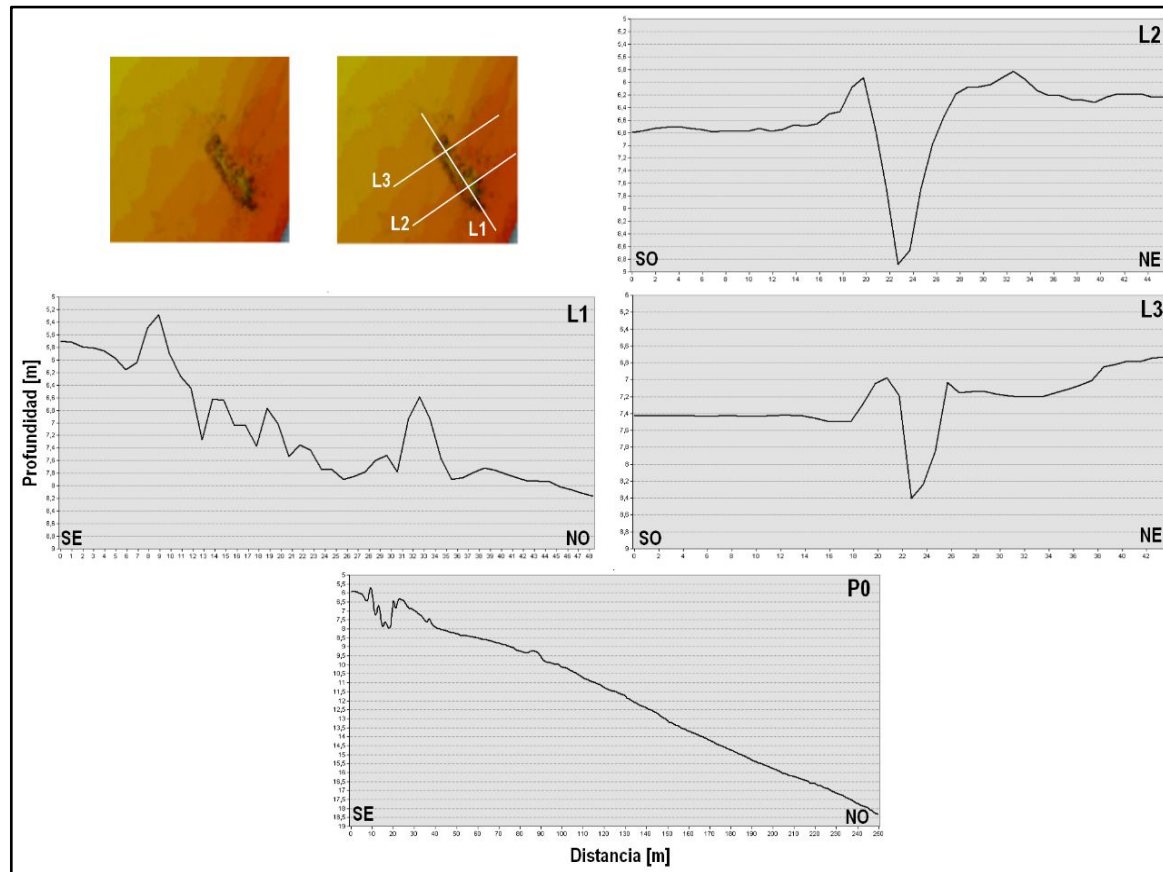
Fuente: Elaboración propia.



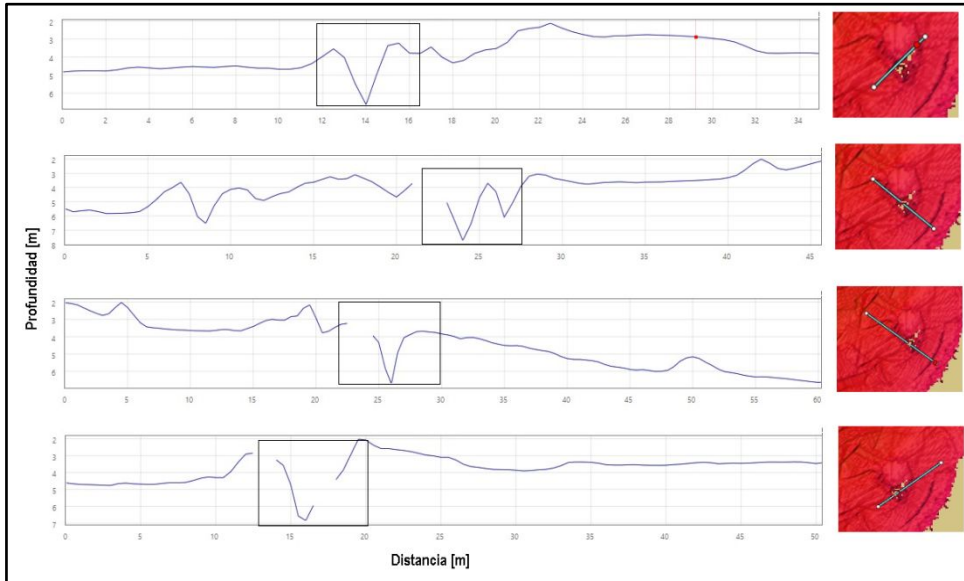
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

- ➡ Rasgo en el fondo, perfil P0 para caracterización de dicho rasgo.
- ➡ Tres perfiles sobre dicho rasgo, uno longitudinal y dos transversales separadas 16 [m]
- ➡ Remanente de un muelle de carbón, estructura con carácter turístico en la actualidad

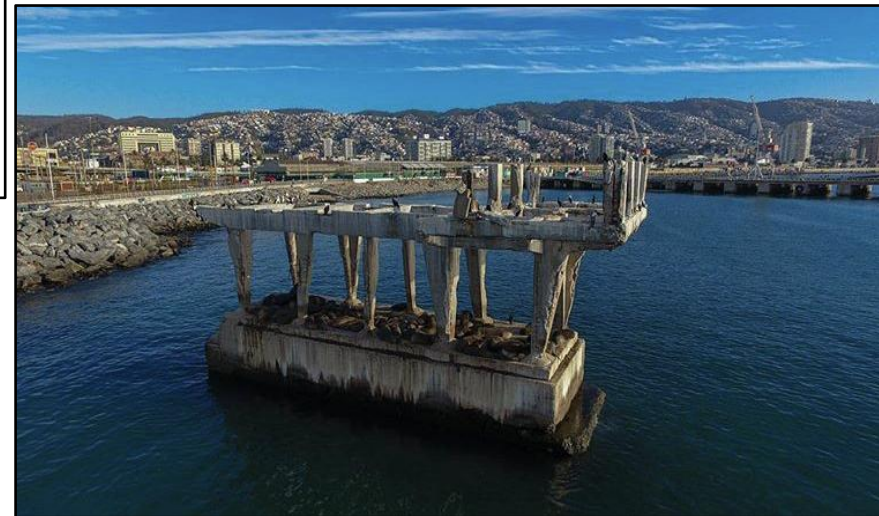


Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

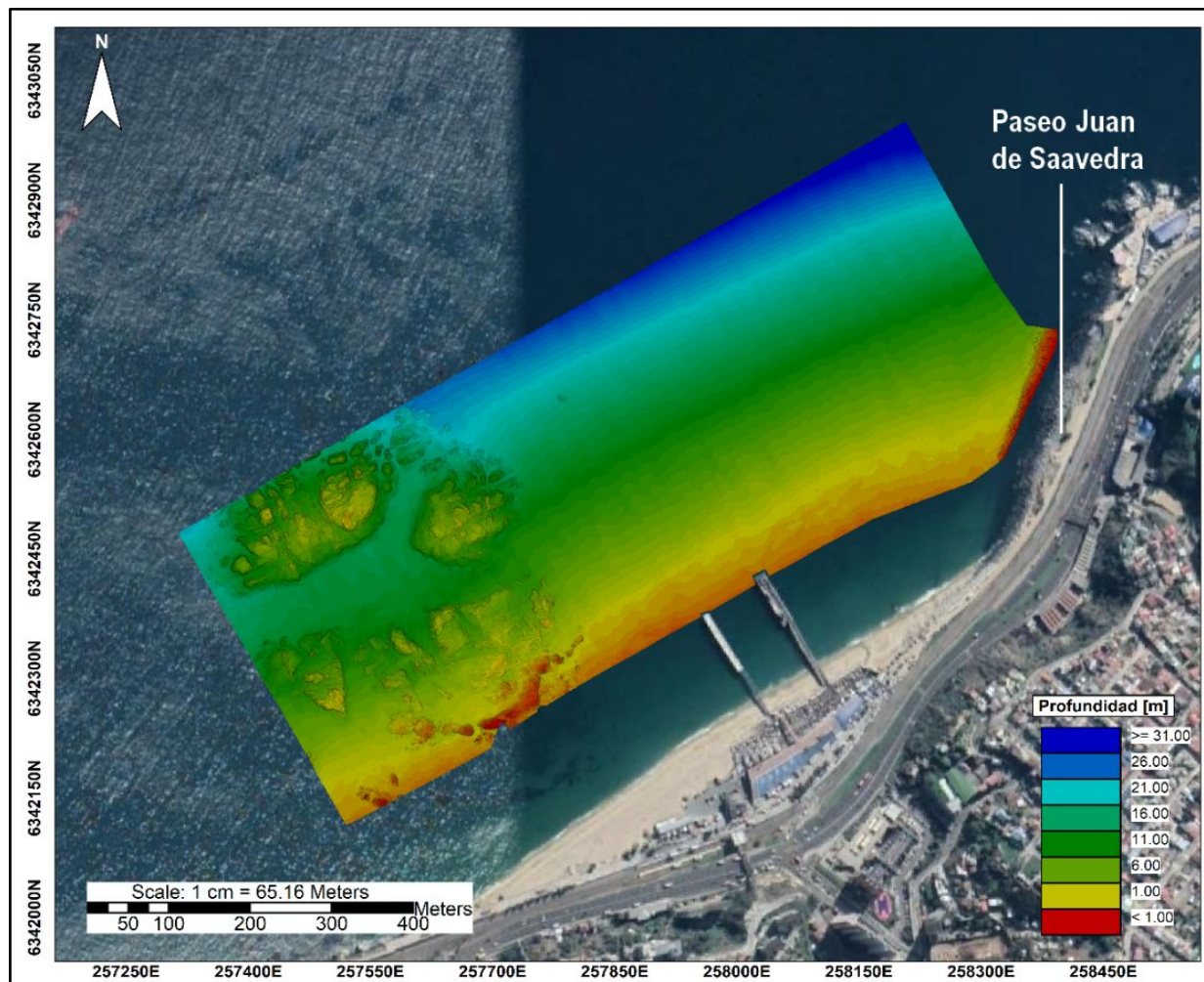
- ➔ Veril 7 [m], depresión en L2 de 1.5 [m] y L3 de 1 [m].
- ➔ Información corroborada con datos brutos, rasgo morfológico se encuentra presente.



Fuente: Adolfo Andaur, Ingeniero Civil Oceánico.

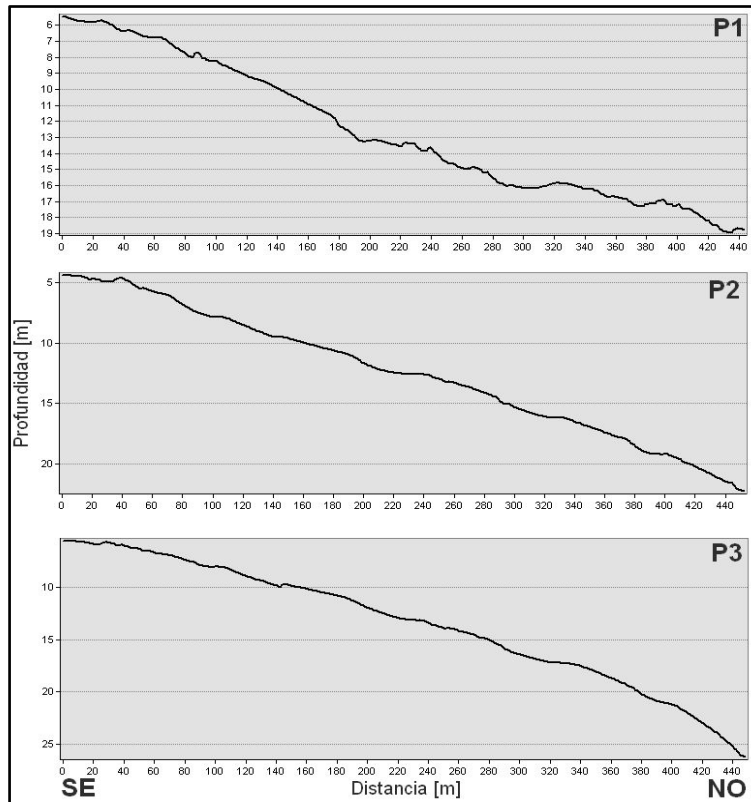
Caleta Portales

- ➡ Máxima profundidad alcanzada de 32 [m] al noreste del área.
- ➡ Al oeste y suroeste se encuentra el Bajo Ester, zona afloramientos rocosos.
- ➡ Menores profundidades al oeste del área.

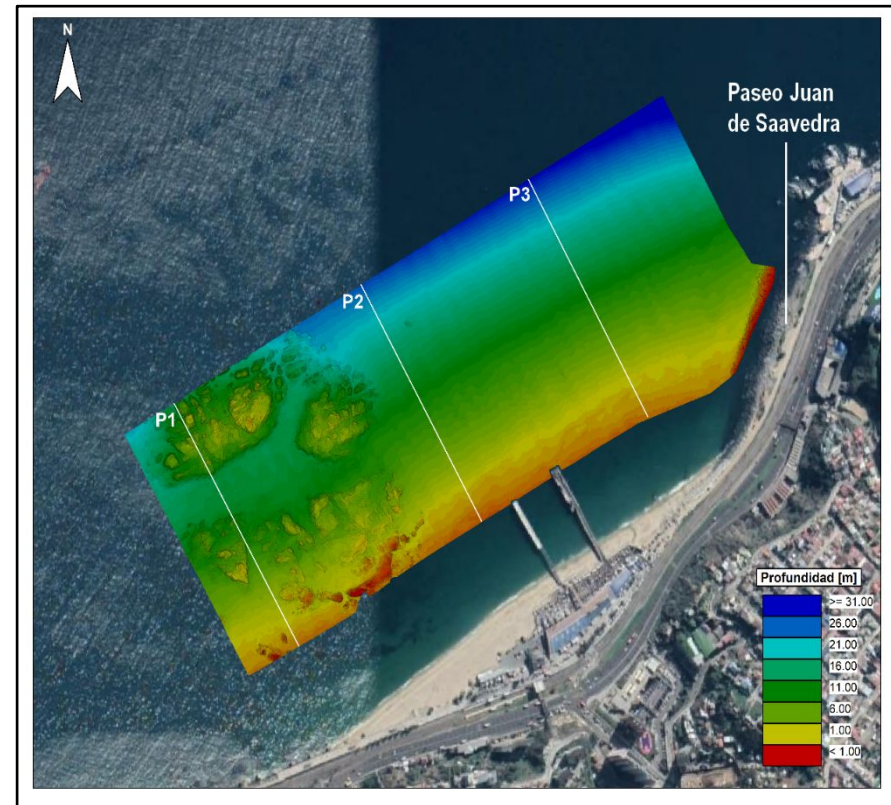


Fuente: Elaboración propia.

- ➡ Distanciados cada 450 [m]
- ➡ De P1, fondo irregular y desniveles.
- ➡ P2 y P3, pendiente fondo más regular y constante hasta 400 [m].]



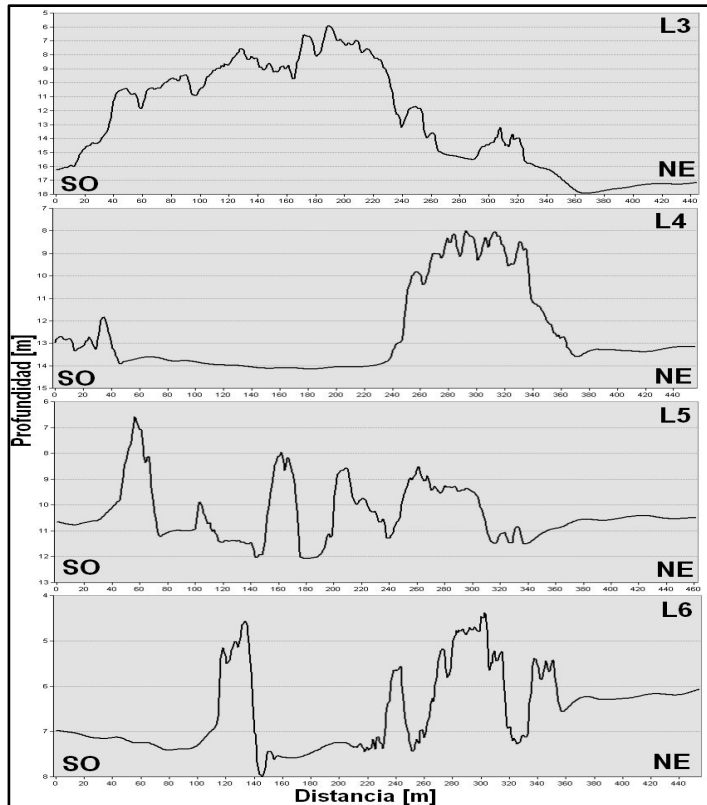
Fuente: Elaboración propia.



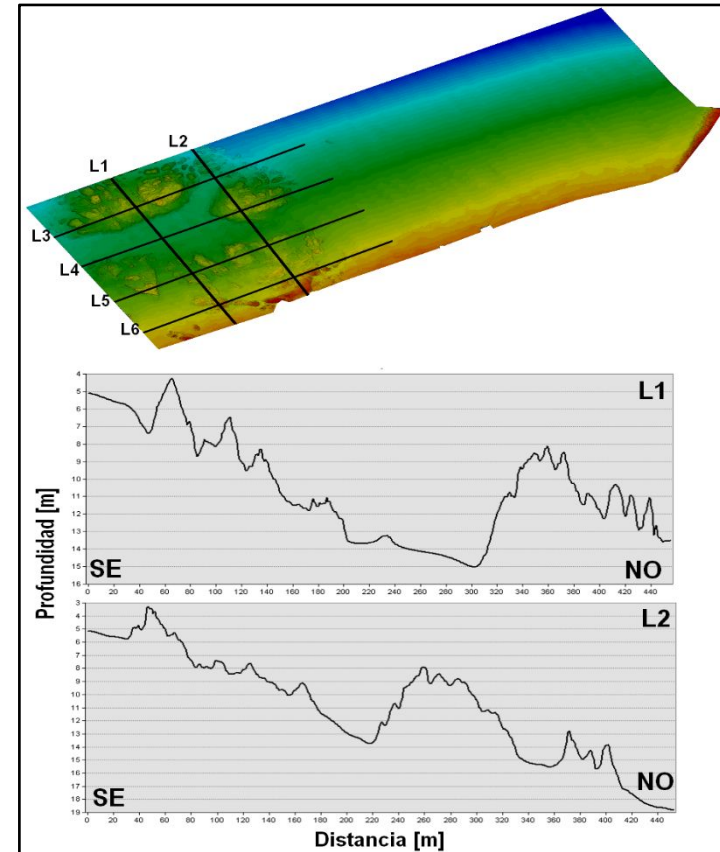
- ➡ Veril de los 15 [m] en P1, P2 y P3, se alcanza a 250, 290 y 280 [m] respectivamente.
- ➡ Zona central y noreste, mayores profundidades, a 440 [m] P1 alcanza el veril de los 18 [m], P2, 23 [m] y P3, 27 [m].

RESULTADOS

- ➔ Seis perfiles con el fin de caracterizar la irregularidad del fondo, L1 y L2 separados 140 [m] y los restantes cada 90 [m].
- ➔ A 300 [m] de la costa, se observa el afloramiento rocoso a 6-8 [m] de profundidad.



Fuente: Elaboración propia.

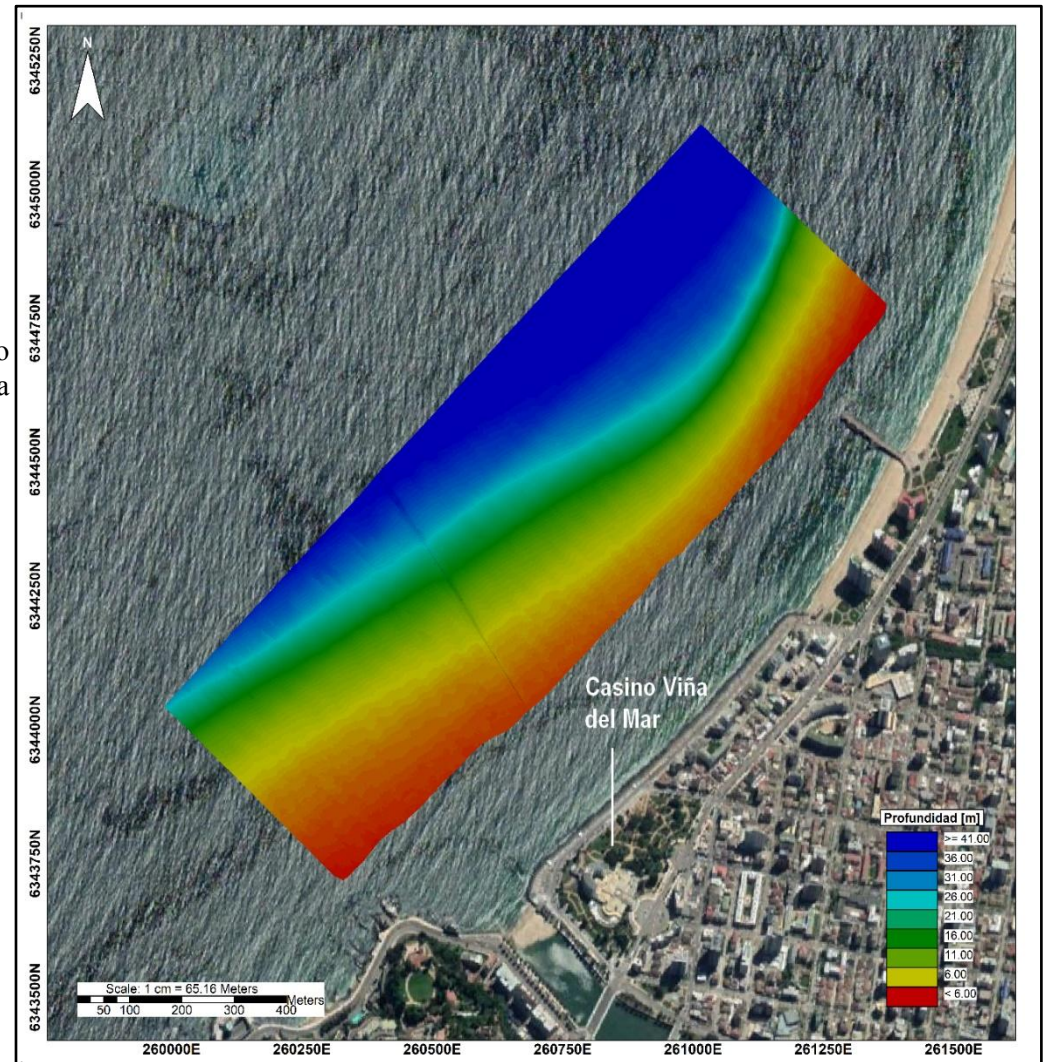


Fuente: Elaboración propia.

- ➔ A 40 [m] de la costa, todos los afloramientos rocosos se encuentran en un rango de 6 y 8.5 [m] de profundidad.

Marga Marga

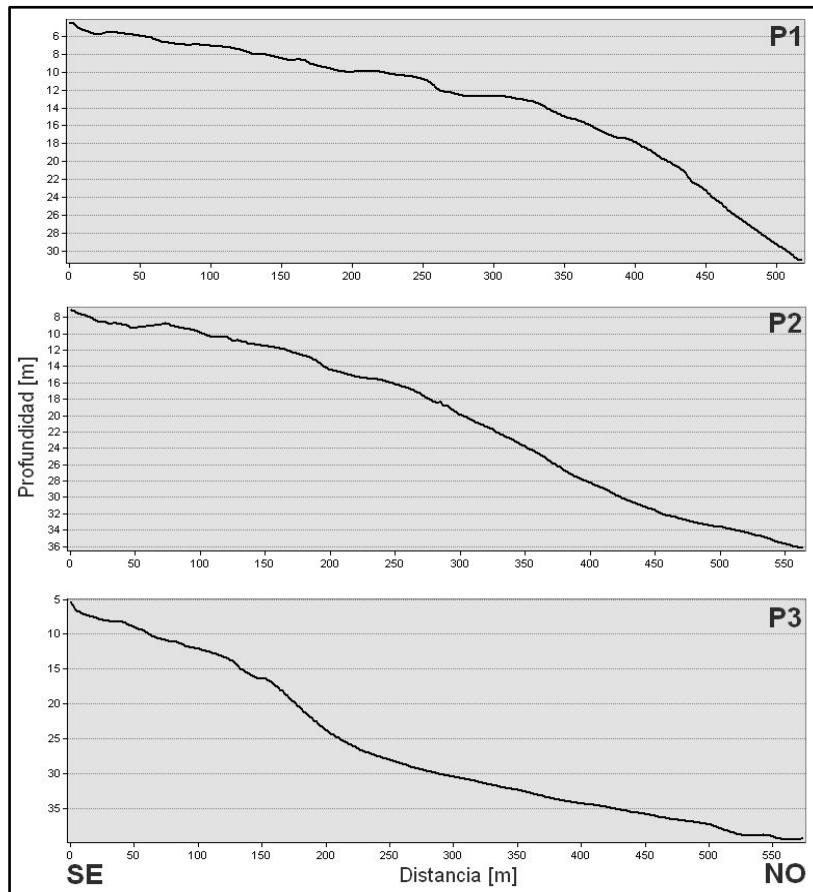
- ➡ Máxima profundidad de 42 [m] al noreste.
- ➡ Se observa la presencia de un emisario submarino dirección noroeste cerca del sector del casino de la ciudad de Viña del Mar.
- ➡ Profundidades mayores y más cercanas a la costa al noreste.



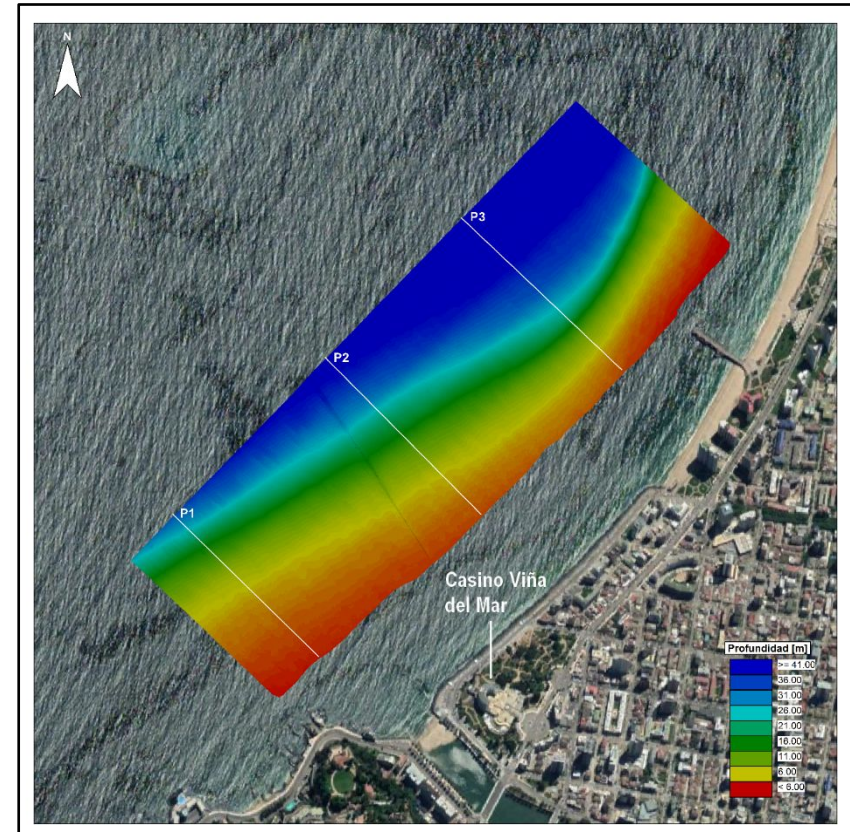
Fuente: Elaboración propia.

➡ Distanciados cada 500 [m].

➡ Pendiente de fondo al noreste se inclina a 150 [m] a 16 [m] de profundidad, parte suroeste, pendiente constante hasta 340 [m].



Fuente: Elaboración propia.



➡ De P1, P2 y P3, el veril de los 15 [m] se alcanza a 350, 230 y 140 [m] respectivamente.

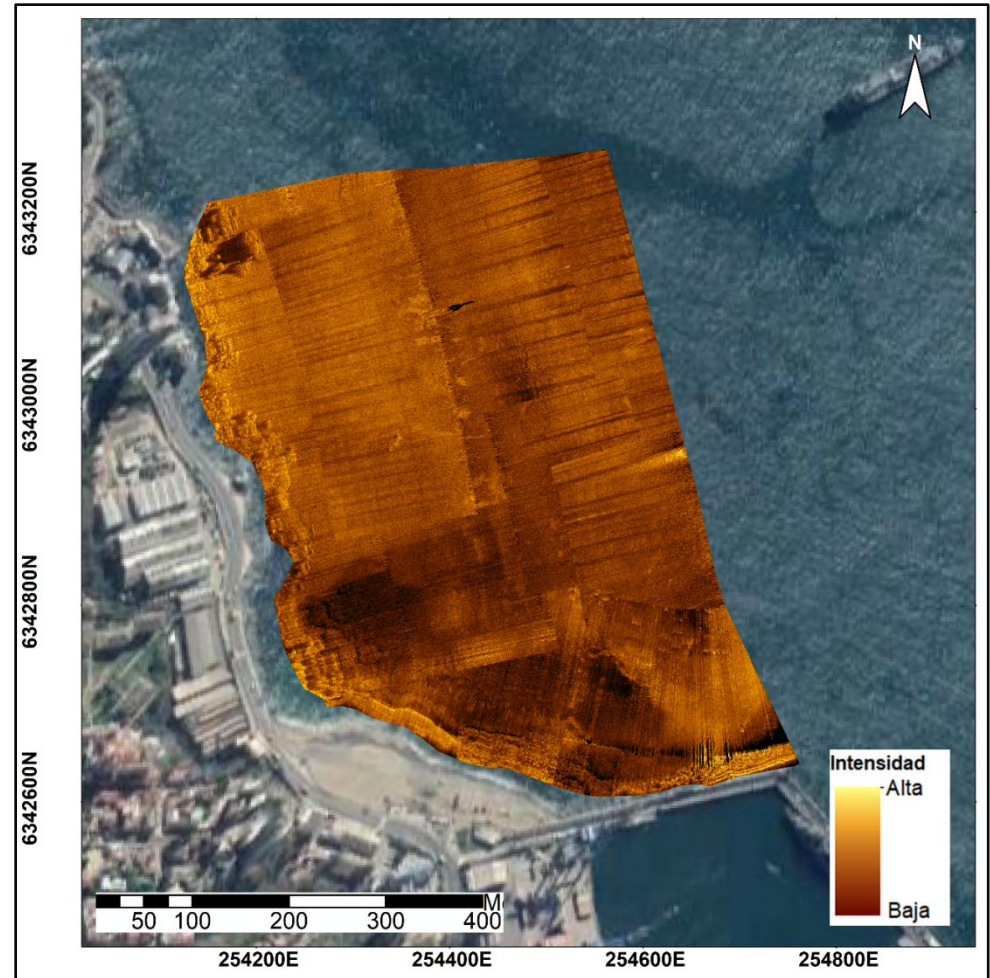
➡ A 550 [m] de la costa, P1 alcanza 32 [m], P2, 26 [m] y P3, 39 [m].

Retrodispersión


Fotomosaicos y clasificación sedimentaria.

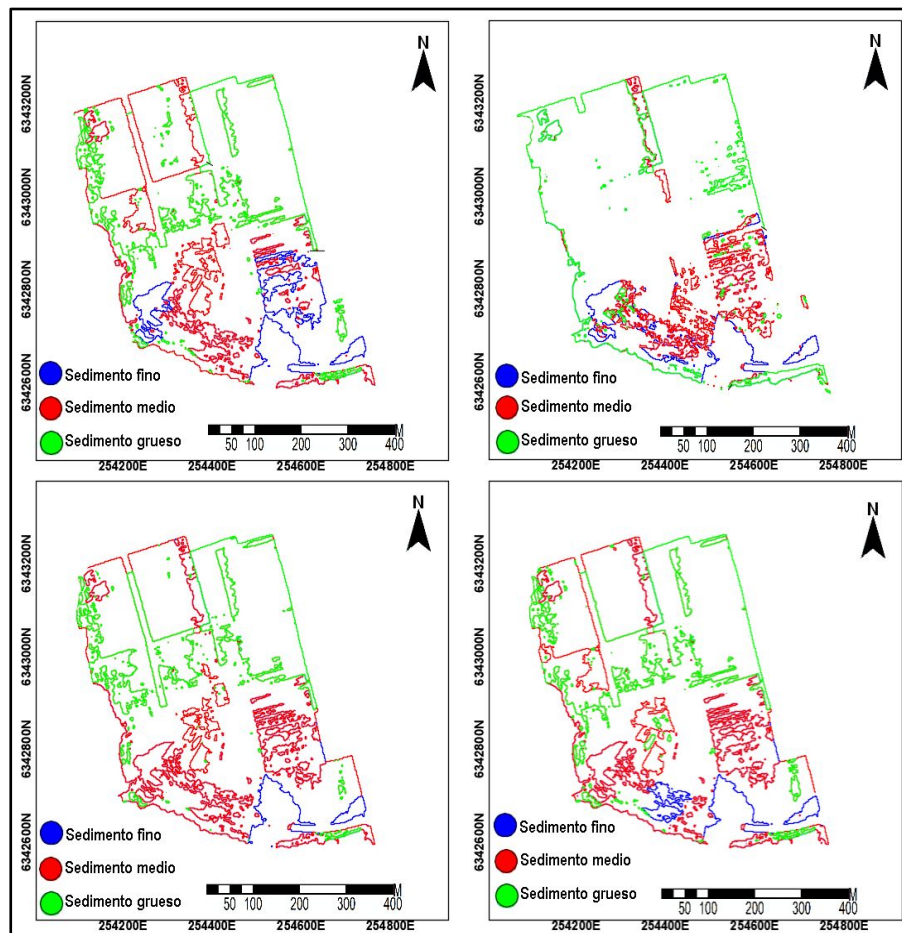
San Mateo

- ➡ Diferencias en las intensidades en parte costera noroeste y oeste.
- ➡ Sureste, costado molo abrigo, sedimentos gruesos, parte de relleno estructura.



Fuente: Elaboración propia.

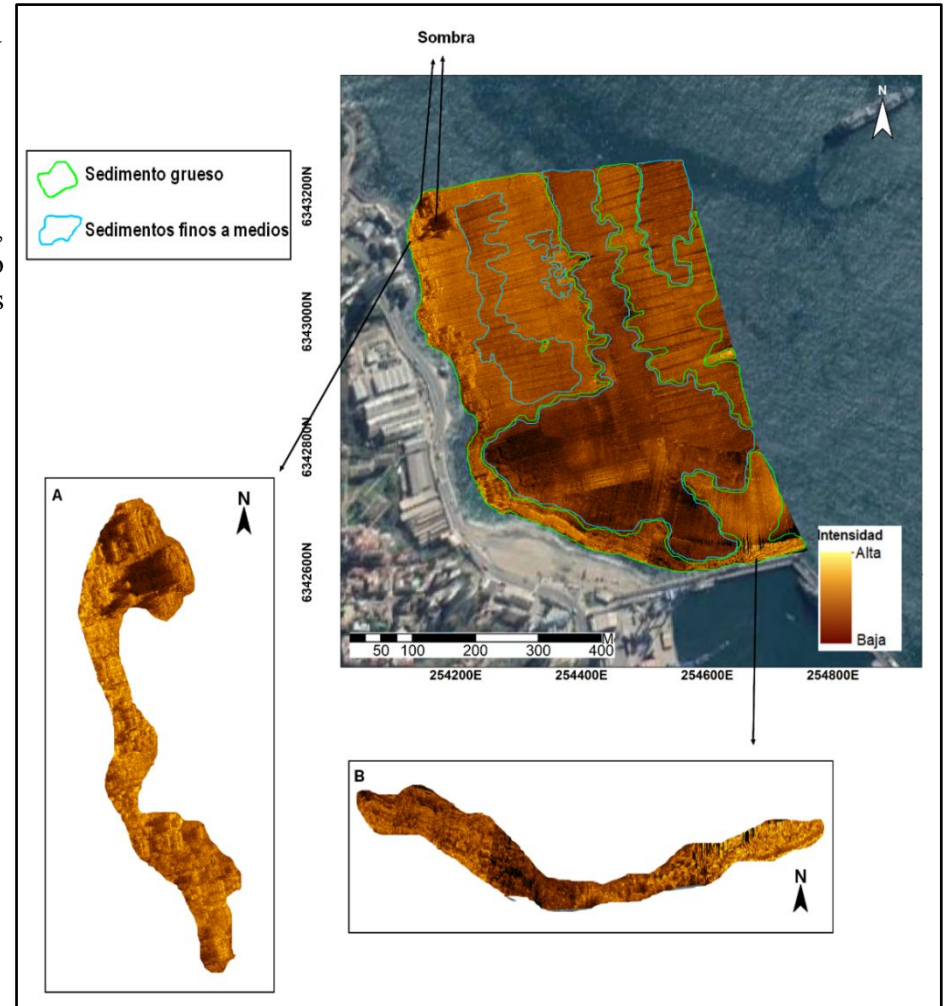
 De las pruebas de clasificación realizadas en este sector, los resultados fueron mayoritariamente coincidentes con lo observado en el foto mosaico, con esto se generó la clasificación final.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

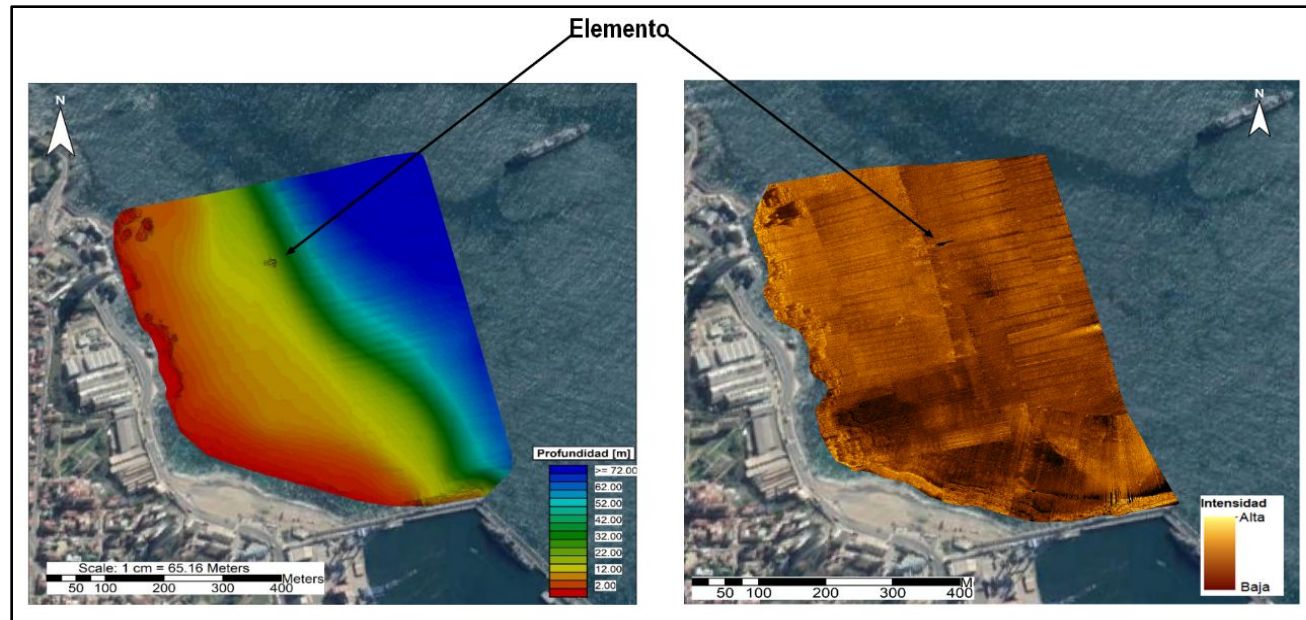
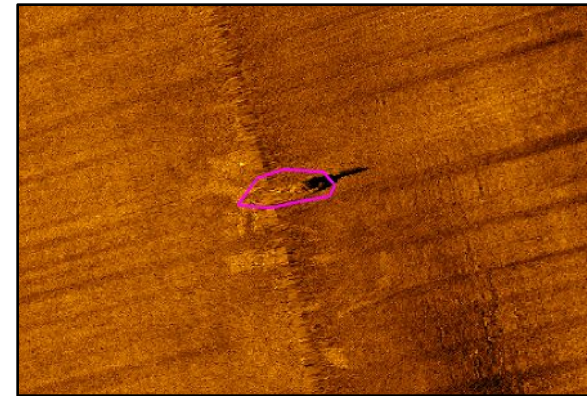
- ➡ Dos clases, “sedimentos gruesos” y “Sedimentos finos a medios”
- ➡ Sedimentos gruesos se concentran en su mayoría en la parte costera
- ➡ Parte central se clasificó como sedimentos finos a medios, correspondientes a granulometrías de menor tamaño, esto debido a que el algoritmo no arrojó patrones diferenciados claros.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

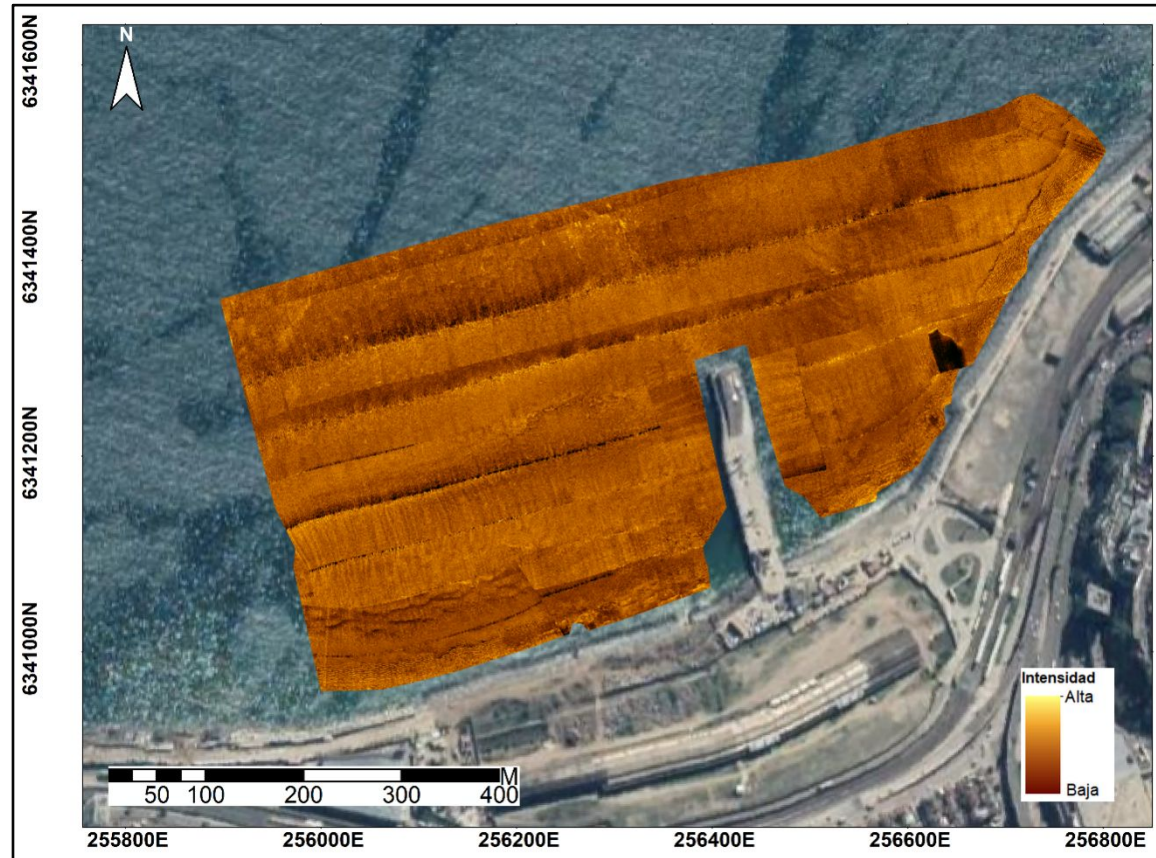
- ➡ Justo al inicio de la inclinación de la pendiente de fondo se identificó un elemento asociado a un naufragio (mencionado en batimetría).
- ➡ Se observa sombra generada por dicho elemento, coincidente entre lo observado en batimetría y fotomosaico.



Fuente: Elaboración propia.

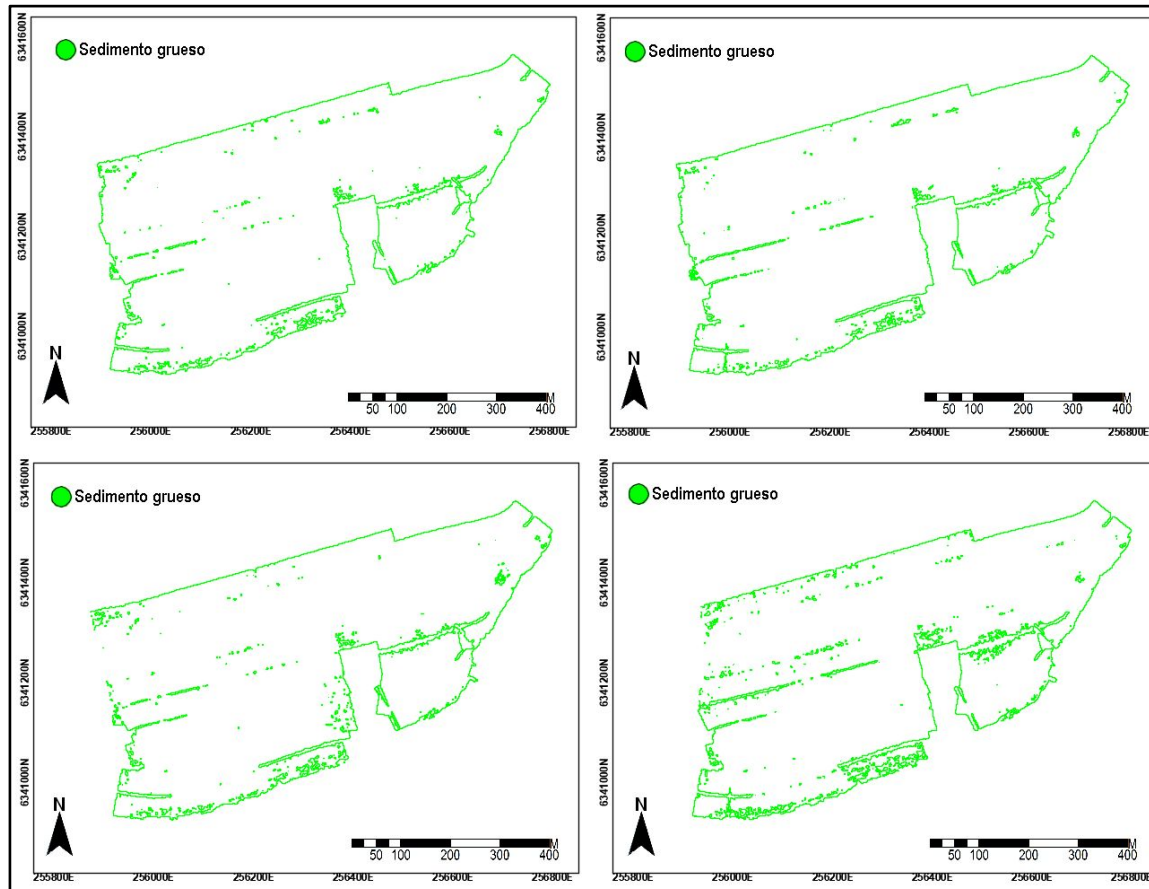
Barón

- ➡ No es posible observar grandes variaciones en la intensidad del eco recibido.
- ➡ Esto puede deberse a condición propias del sector, como granulometría uniforme, o a parámetros al momento de la adquisición.



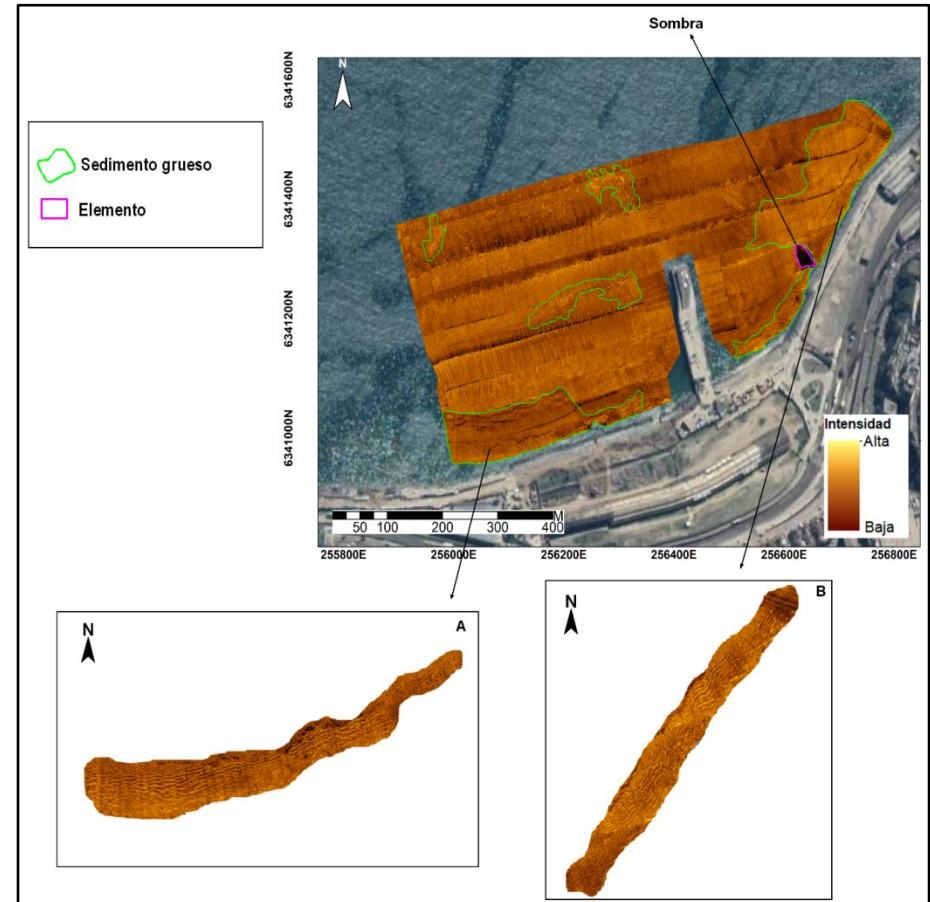
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las pruebas de clasificación, el algoritmo arrojó sólo una clase de sedimentos gruesos, coincidente con algunas áreas del sector estudiado.



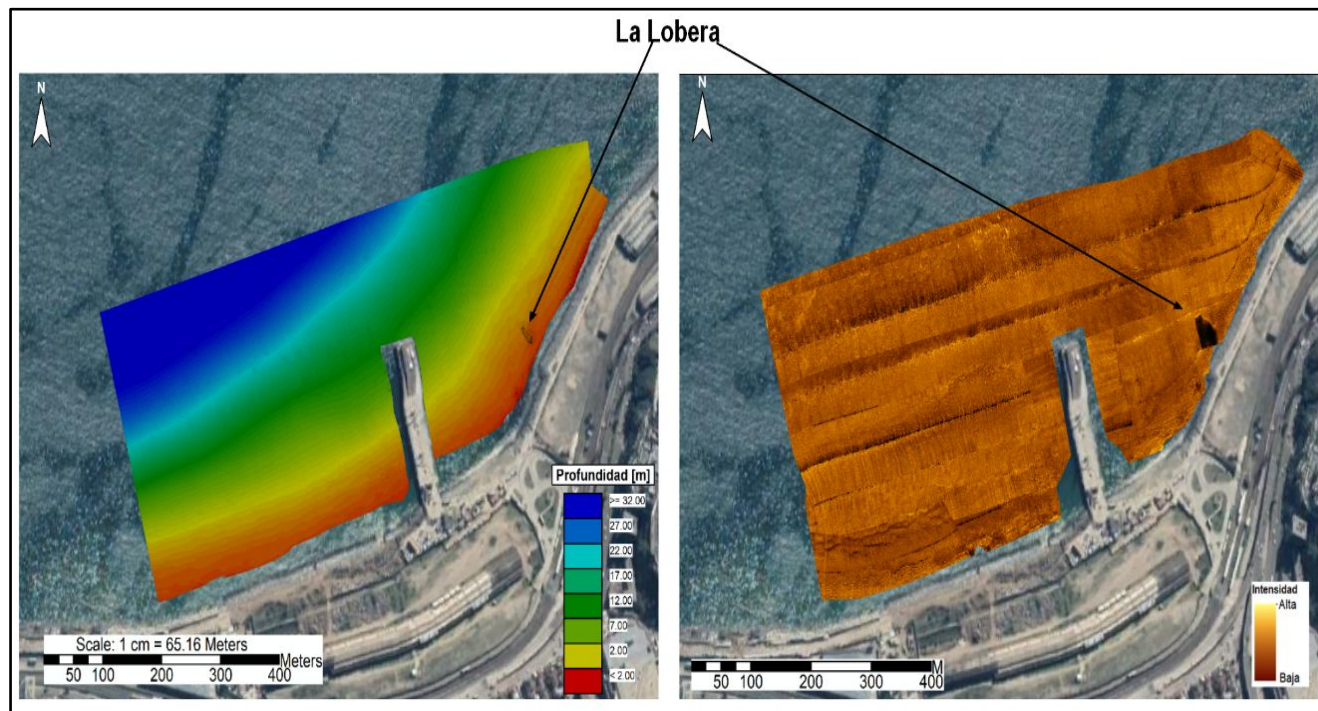
Fuente: Elaboración propia.

- ➡ Se clasificó áreas de sedimentos gruesos, coincidente con los visualizado en el fotomosaico
- ➡ Zonas de ripples (ondulaciones) en parte suroeste y al este colindantes a la lobera allí presente.
- ➡ Estos ripples están asociados generalmente a sedimentos de mayor tamaño, rasgos ondulados, pudiendo ser producto de corrientes características del sector.
- ➡ Sombra al este, asociada a la estructura y características de allí.
- ➡ Áreas restantes y no clasificadas, corresponden a sedimentos sin diferenciar.



Fuente: Elaboración propia.

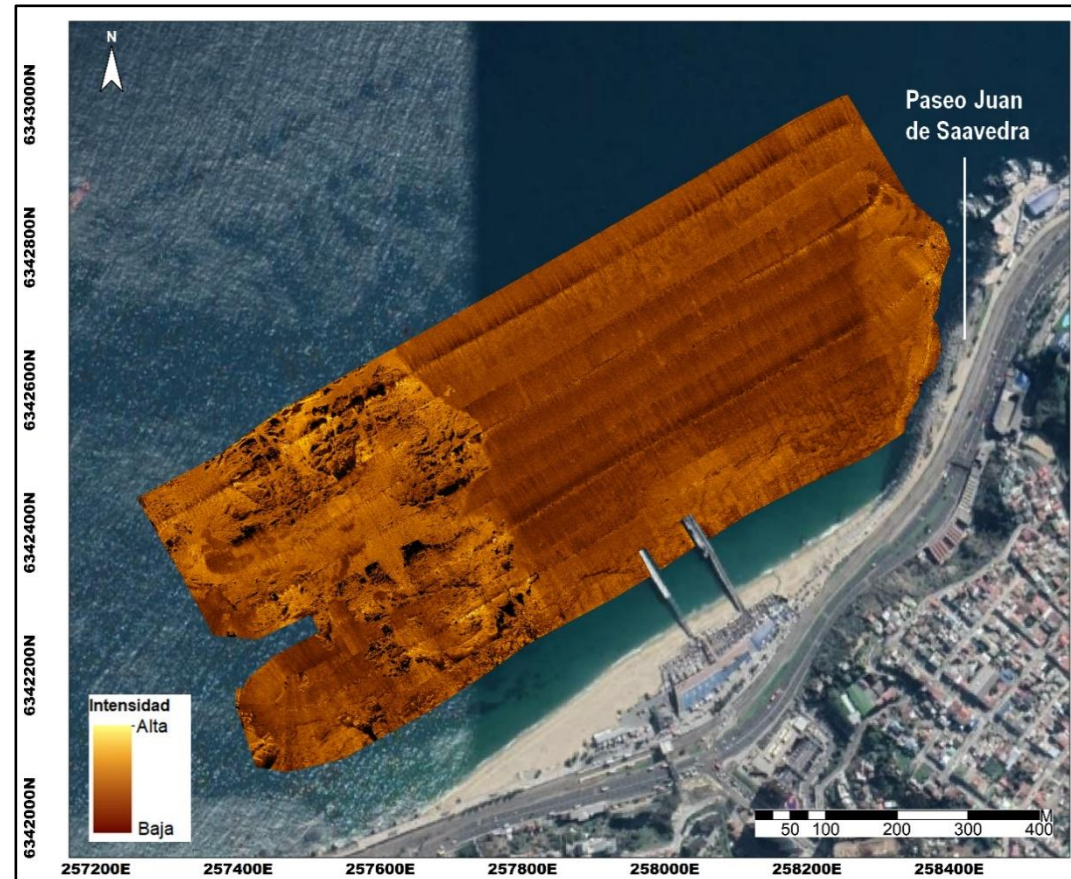
- ➡ Sombra puede deberse a rasgo morfológico identificado.
- ➡ Esto, sumado a factores como los trabajos en terreno, es decir, recorrido realizado por la embarcación y posición del equipo sobre ese lugar, no permiten la adecuada propagación de los haces dentro de dicha depresión.
- ➡ Esto genera una pérdida de información y del eco retornado, y, por consiguiente, la visualización de dicha sombra acústica.



Fuente: Elaboración propia.

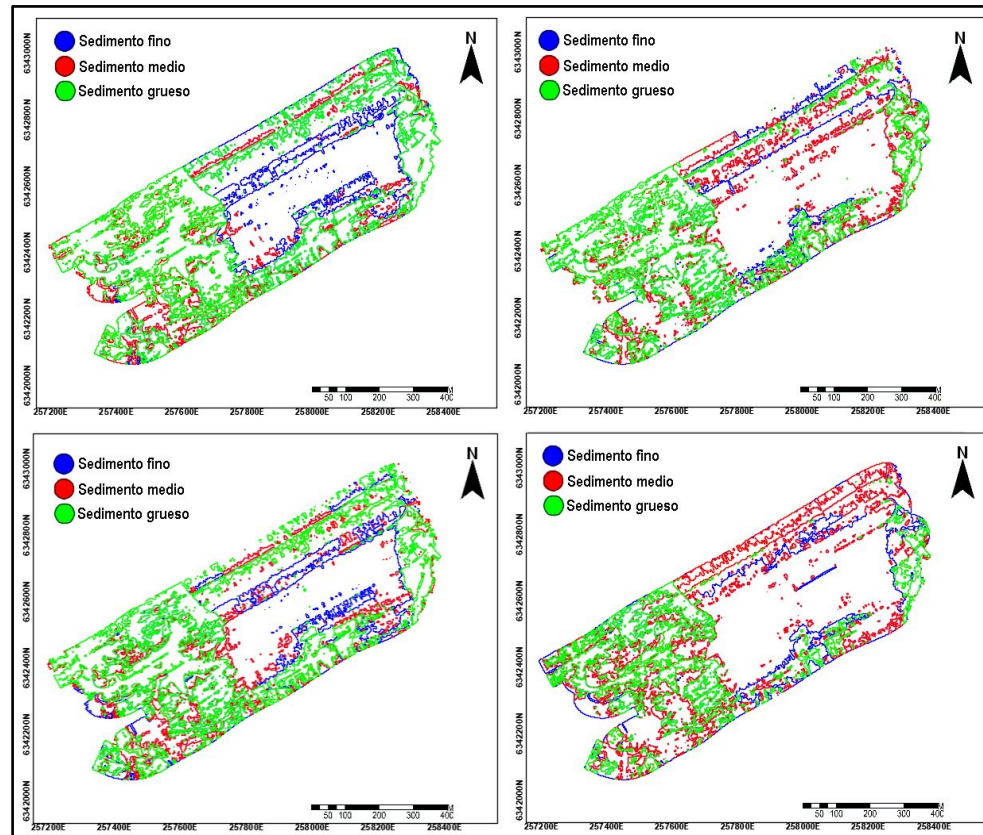
Caleta Portales

- ➡ Dos patrones diferenciados.
- ➡ Mayores intensidades al este (frente Paseo Juan de Saavedra), suroeste y oeste.
- ➡ Afloramientos rocosos (Bajo Ester)
- ➡ Menores intensidades, asociadas a sedimentos de menor tamaño mar adentro frente a muelles y al noreste de ellos.



Fuente: Elaboración propia.

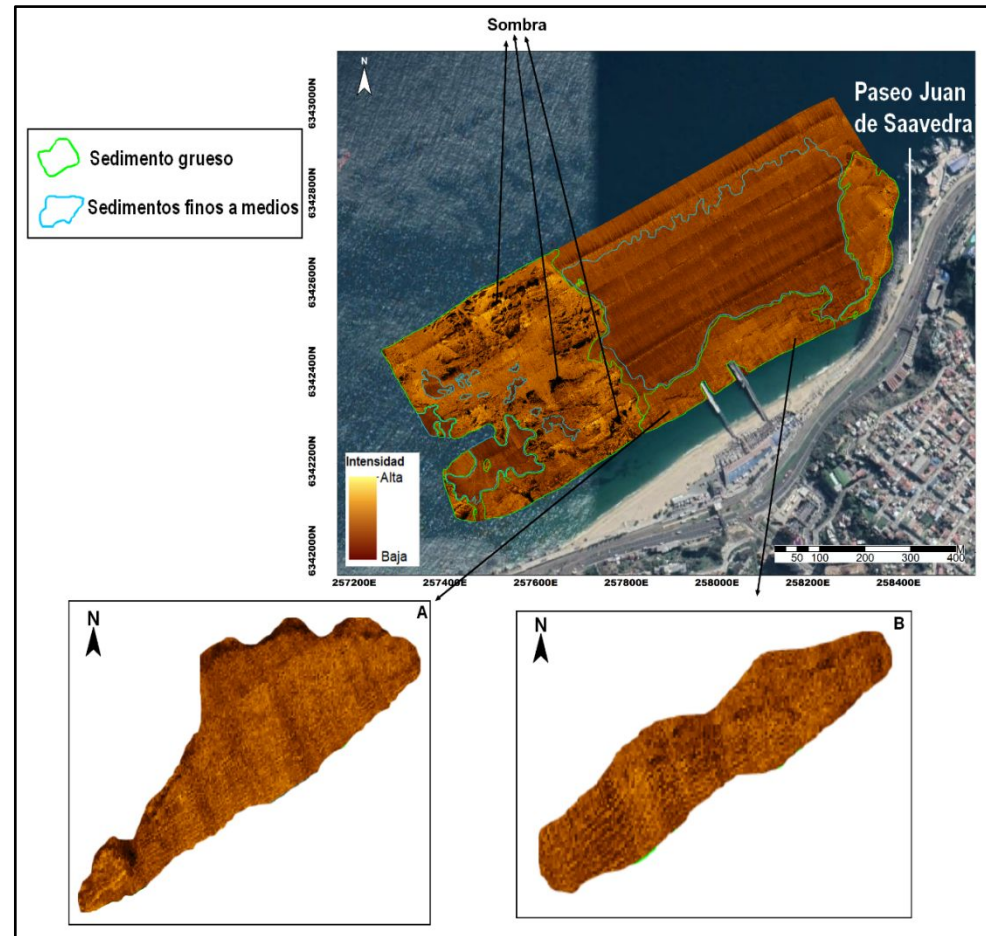
➡ Pruebas coincidentes con lo visualizado en el fotomosaico, diferenciando claramente patrones de reflectividad del sector.




Fuente: Elaboración propia.

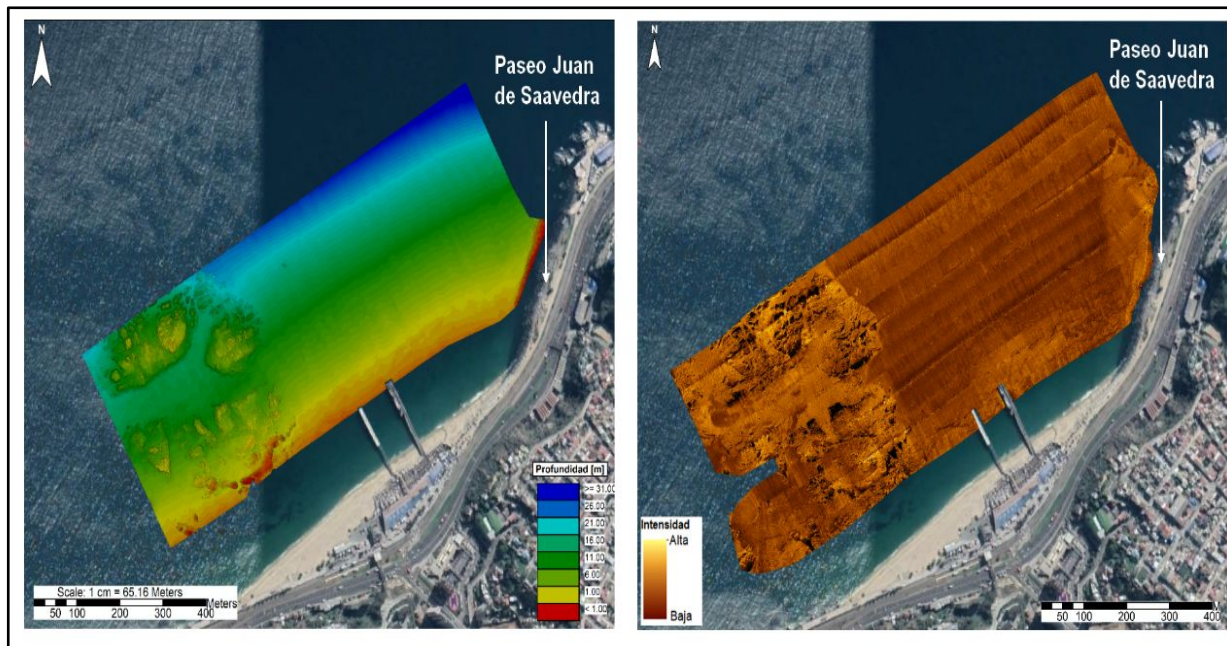
RESULTADOS

- ➡ Dos clases, “sedimentos gruesos” y “sedimentos finos a medios”
- ➡ Parte suroeste y oeste alta presencia de granulometría de mayor tamaño
- ➡ Parte costera, cerca de muelles, alta intensidad de retorno asociada a presencia de Ripples, al igual que en Barón.
- ➡ Costa afuera, frente a muelles y noreste, se caracterizó por sedimentos de menor tamaño.



Fuente: Elaboración propia.

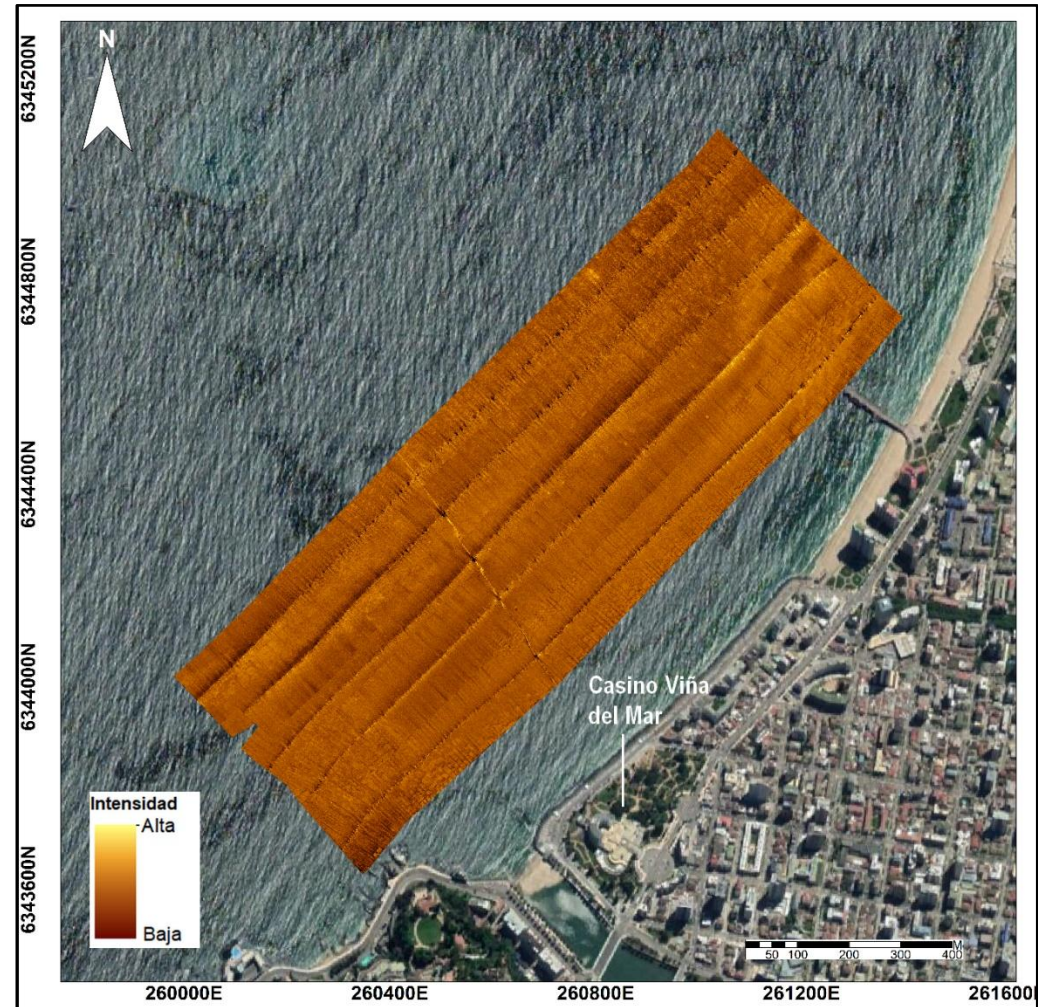
- 
 Comparación entre batimetría y retrodispersión, es posible identificar los principales rasgos presentes en este sector y la concordancia entre ambos productos generados, en particular los afloramientos rocosos en la parte oeste del sector y el rango de profundidades en el que se encuentran.



Fuente: Elaboración propia.

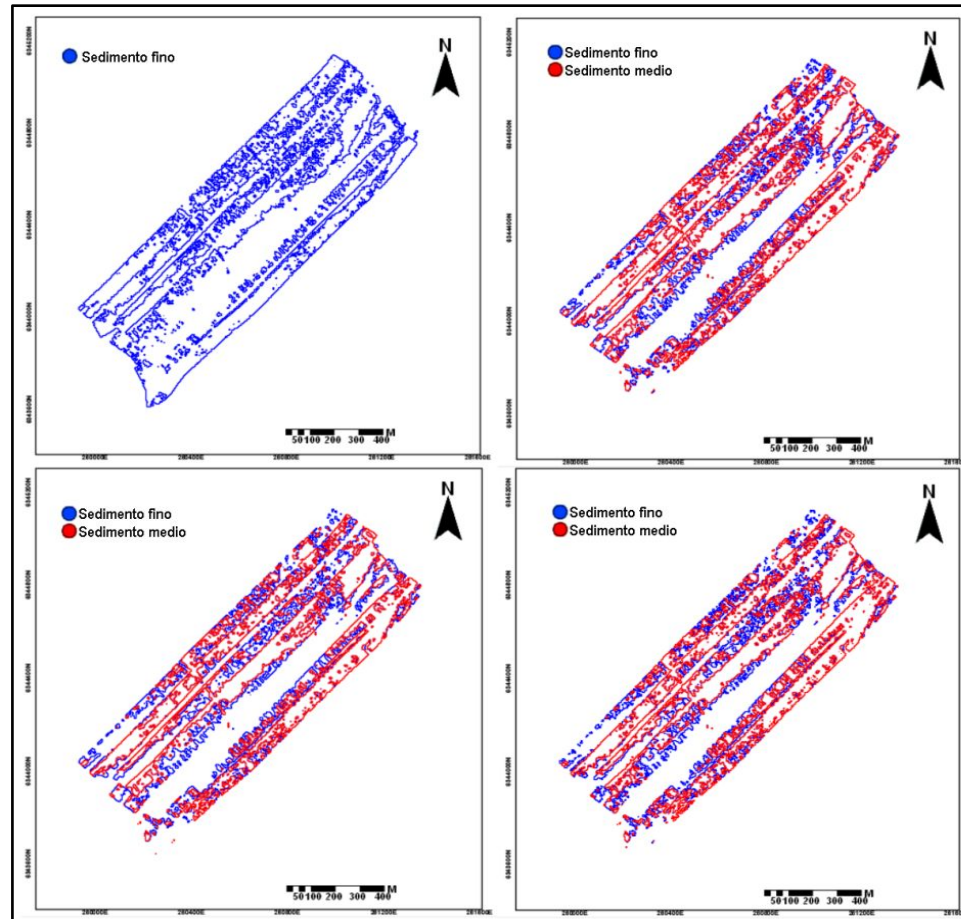
Marga Marga

➡ Al igual que Barón, no es posible observar grandes variaciones en la intensidad del eco recibido.



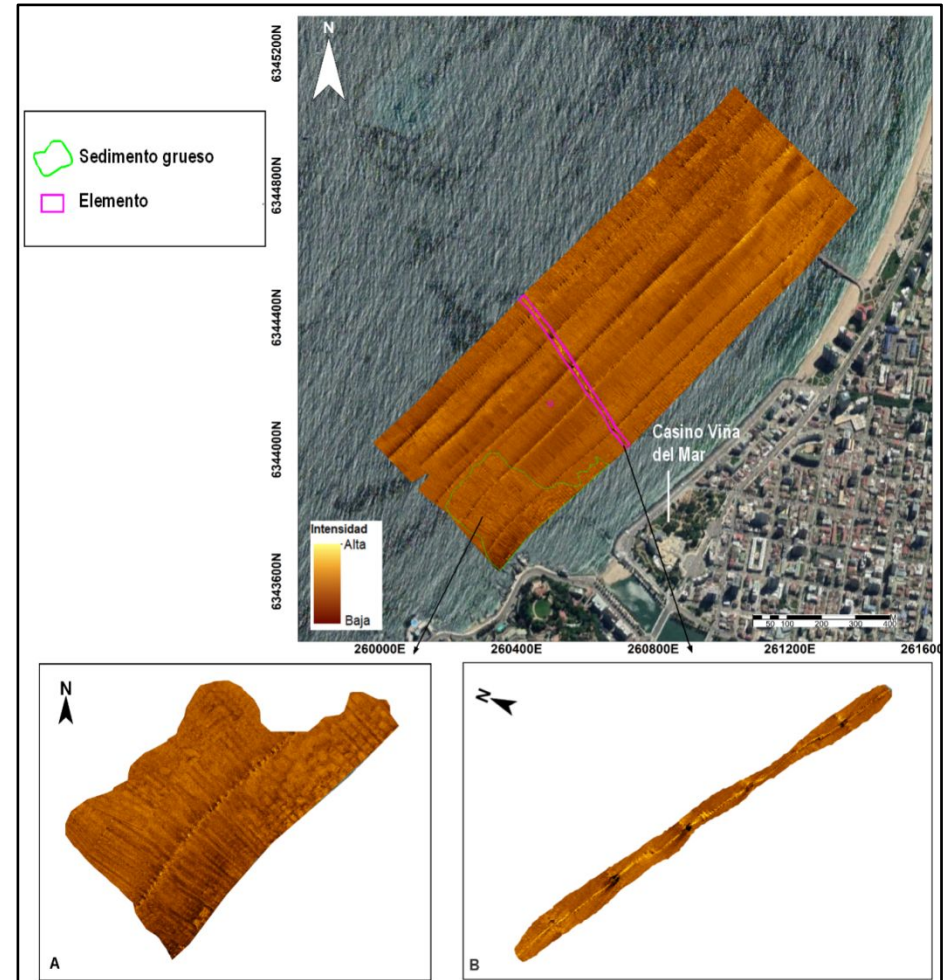
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las pruebas de clasificación, el algoritmo no definió patrones de distribución y no coincidió con lo observado en el fotomosaico, aquí en particular se utilizó lo visualizado en el fotomosaico para definir la clasificación.



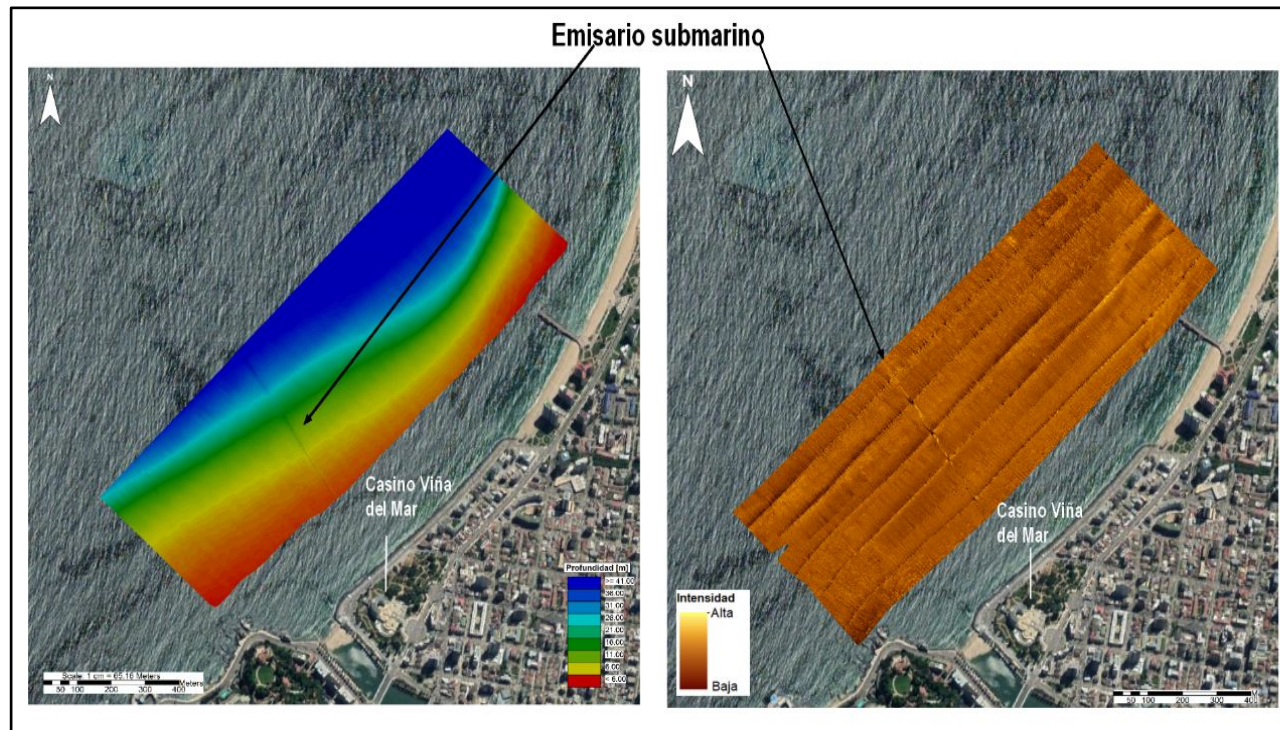
Fuente: Elaboración propia.

- ➡ No evidenció patrones diferenciados en el comando de clasificación.
- ➡ Pese a que intensidad no es la misma respecto a los sectores previos estudiados.
- ➡ Se identificó granulometría de mayor tamaño en el área suroeste, cerca del área de roqueríos en la desembocadura del Estero Marga Marga.
- ➡ Se pudiese deber a la hidrodinámica del sector.
- ➡ Área restante no es posible diferenciar con certeza un tipo de granulometría, sedimentos sin diferenciar.



Fuente: Elaboración propia.

- ➡ Comparación batimetría con retro dispersión, aquí al igual que en los sectores antes analizados, ambos productos son concordantes, en particular, con la presencia del emisario submarino identificado en dirección noroeste y el rango de profundidades en el que se encuentra.
- ➡ Longitud aproximada de 500 [m]



Fuente: Elaboración propia.

- Resultados obtenidos permiten aportar al conocimiento y sentar bases para posteriores investigaciones, una correcta y precisa representación del fondo marino es esencial en campos de la ingeniería oceánica, como; modelado numérico, dinámica costera, viabilidad de proyectos portuarios y base de información para cartas de navegación.
- Representación fondo marino está claramente relacionada a la resolución de la información adquirida, para esto, las técnicas hidroacústicas son una técnica esencial, como es el caso del uso de un sistema multihaz.
- Con esta información se generó modelos digitales batimétricos y fotomosaico del fondo marino.
- El mayor veril alcanzado para cada sector fue en San Mato (72 [m]), Barón y Caleta Portales (32 [m]) y Marga Marga (42 [m]).
- La relación entre el eco retornado a partir del tamaño del grano en el cual lo hace, a medida que aumenta el tamaño del grano, el backscatter decae menos, o sea, alta intensidad de retorno, caso contrario, si el tamaño del grano disminuye, el eco será más bajo.
- Caleta Portales presentó mayor proporción de granulometrías de mayor tamaño al igual que Barón en toda su parte costera y somera. San Mateo presentó proporciones similares entre granulometrías gruesas y finas a medias y en Marga Marga solo fue posible diferenciar granulometrías mayores en la parte suroeste de dicho sector (ripples).
- La resolución permitió identificar elementos en la capa superficial del fondo marino, en San Mateo destacó la presencia del relleno de protección a lo largo del molo de abrigo y un naufragio, en Barón, sombra acústica producida probablemente por la característica del eco retornado, relacionado a la morfología en particular de aquel lugar, recorrido y posición del equipo utilizado. En Marga Marga se reconoció un emisario submarino en dirección noroeste que alcanza una extensión de 500 [m] respecto a la costa.
- Finalmente, el uso de equipos de alta resolución facilita y amplía el acceso a información de un medio dinámico y complejo como es el océano, esto permite y ayuda en el desarrollo de proyectos portuarios, proteger de peligros en la navegación y apoyar diversas líneas de investigación de procesos físicos costeros y medio ambientales. Los resultados aquí expuestos se limitan a las fechas de ejecución de los datos y para una certera caracterización superficial del fondo marino, es adecuado complementar con muestras obtenidas del lugar estudiado a fin de correlacionar los resultados del sistema multihaz y la toma de muestras in situ.

- (SHOA), S.H. (1999). Instrucciones Oceanográficas N°2. Valparaíso, Chile..
- (SHOA), S.H. (2017). Tablas de mareas de la Costa de Chile. Valparaíso, Chile..
- Beuche, F., & Hecht, E. (2001). Física general. D.F, México: McGRAW-HILL Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Buscome, D., Grams, P., & Smith, S. (2015). Automated Riverbed Sediment Clasification Using Low-Cost Sidescan Sonar. Flagstaff, U.S.A; Journal of Hydraulic Engineering.
- Chesapeake Technology, Inc. (2016). SonarWiz User Guide.. California.
- Dartnell, P. & Dardner, J. (2004). Predicting Seafloor Facies from Multibeam Bathymetry and Backscatter Data (Vol. 70). California, U.S.A: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.
- Dierssen, H., & Theberge Jr, A. (2014). Bathymetry: History of Seafloor Mapping. Maryland, U.S.A: Taylor & Francis.
- Edgetech. (2017). 6205 Bathymetry & Side Scan System. (Edgetech, Ed.) Massachusetts, U.S.A.
- Giancoli, D. (2002). Física para universitarios (Vol. 1). México: Pearson educación.
- Hewitt, L. (1997) Física conceptual (Vol. Tercero). México: Addison Wesley.
- HYPACK. (2018). Hypack User Manual. Connecticut.
- Kinsler, L., Frey, A., Coppers, A., & Sanders, J. (!999). Fundamentos de acústica. México D.F. LIMUSA, S.A.
- Klaucke, I. (2008). Sidescan Sonar. Kiel, Alemania: Springer International Publishing AG.
- L3 communications, S.I. (2000). Multibeam Sonar, Theory of Operation. Massachusetts, U.S.A.
- Naval Personnel Program Support Activity, W.D. (1968). Introduction to Sonar, Navy Training Course. Washington, D.C.
- Resnick, R., Halliday, D., & Krane, K. (1999). Física (Vol. 1). D.F., México: CECSA.
- Rodrigo, C. (2006). Caracterización y clasificación de la bahía de Puerto Montt mediante batimetría de multihaz y datos de backscatter. Valparaíso, Chile: Investigaciones marinas.

Gracias.