

# PERFILADORES SÍSMICOS DE SUBFONDO (SBP)

**BENTOS – Servicios y Equipos Marinos Ltda.**



Avda. Suecia 3005, Ñuñoa, Santiago  
Teléfono: (56 2) 296 373 60  
Fax: (56 2) 296 373 77  
E-mail: [info@bentos.cl](mailto:info@bentos.cl)

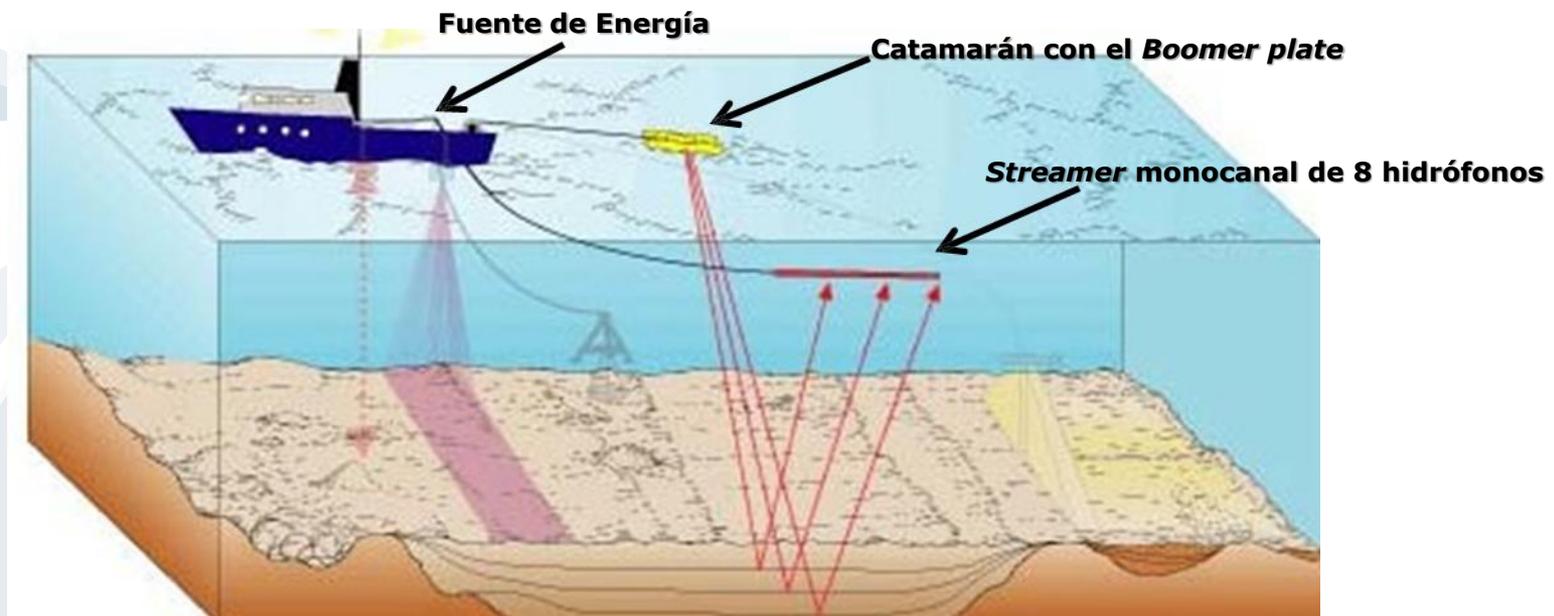
## ¿QUÉ ES UN PERFILADOR SÍSMICO DE SUBFONDO (SBP)?

El perfilador sísmico consiste en un sistema de exploración geofísica, basado en los principios de la sísmica de reflexión vertical, en el que interviene una fuente sísmica generadora del frente de ondas acústicas y de uno o varios receptores de la señal reflejada. El SBP obtiene registros de señal acústica de baja frecuencia reflejada en el sub-suelo marino, permitiendo discriminar la interfase entre distintas capas de materiales u horizontes. Se utilizan distintos sistemas de generación de onda y proceso de señal en función de la penetración en el subsuelo marino requerida, el ancho de banda de operación, la resolución espectral y geométrica requeridas y la absorción de señal por el medio acuático y el subfondo explorado.

Diferenciando tipologías de sistemas perfiladores según las distintas fuentes sísmicas y receptores de señal: Los perfiladores de subsuelo marino tipo *pinger* utilizan transductores cerámicos. Los transductores cerámicos permiten obtener altas resoluciones con pequeña potencia de salida mediante la modulación de señal con emisores de señal tipo CHIRP. Las fuentes tipo *Boomer*, de mayor potencia de señal, utilizan condensadores electrónicos para descargar alto voltaje a través de una bobina que se contrae produciendo el frente de ondas mecánicas. Las fuentes sísmicas de arco plasmático o *sparker*, producen un frente de ondas de muy baja frecuencia mediante la descarga de un arco voltaico. Los sistemas de recepción de la señal, en el caso de fuentes cerámicas, puede ser el mismo arreglo de transductores cerámicos de emisión. Para fuentes tipo *boomer* o *sparker* se distribuye un arreglo de hidrófonos que reciben la señal reflejada en el subfondo marino.

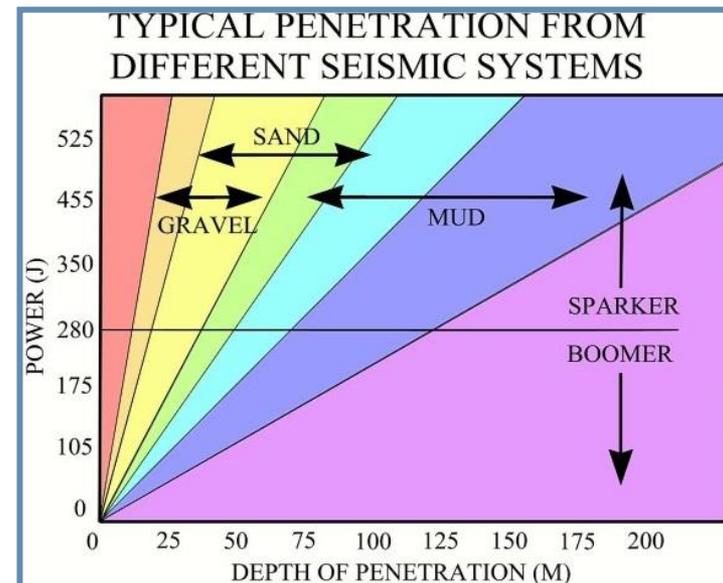
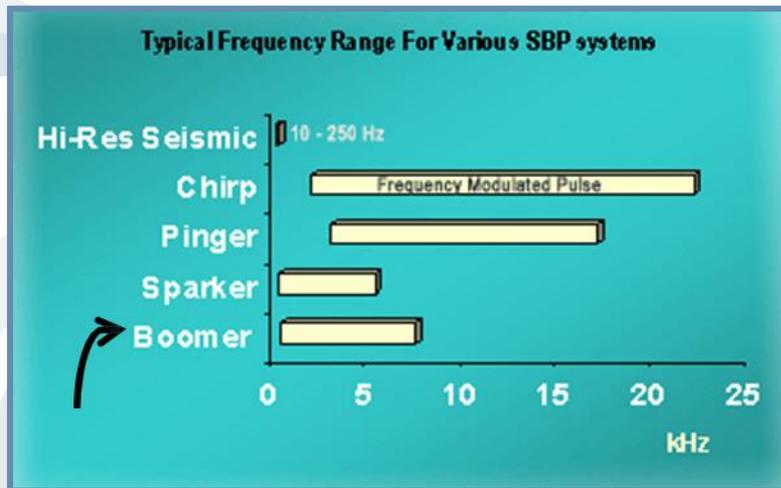
## ¿CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA SBP TIPO *BOOMER*?

El principio general del funcionamiento del sistema SBP tipo *Boomer* está dado por la emisión de ondas sonoras a través del *boomer plate* con una frecuencia característica hacia el fondo marino, las cuales inciden en las interfaces existentes (agua-sedimento, sedimento-roca y entre sedimentos de distintas propiedades acústicas), generando la reflexión de las ondas hacia la superficie del mar donde son recibidas por el receptor *streamer*. A diferencia del SBP tipo *Pinger*, el sistema SBP tipo *Boomer* requiere despliegue del receptor separado de la fuente emisora como se muestra en la figura.



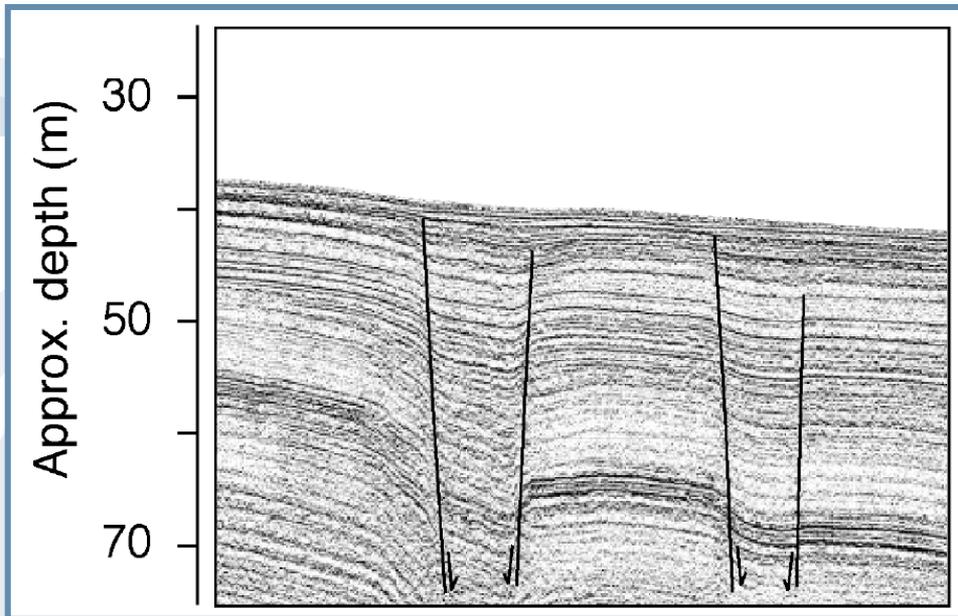
## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SBP BOOMER

La principal característica de los sistemas SBP tipo *Boomer*, incluido el sistema híbrido que opera BENTOS, es la generación de un pulso de ancho espectro de banda que proporciona un buen compromiso entre capacidad de penetración y resolución. Esta cualidad permite alcanzar, a una energía de 280 Joules, una penetración de hasta 150 m en sedimentos de grano fino (i.e. arcillas) y una penetración de hasta 25 m en sedimentos de grano grueso (i.e. gravas). El *Boomer plate* modelo Applied Acoustic AA 200 permite una resolución vertical de 10 cm de espesor con 200 Joules; en general los sistemas *Boomer* permiten discriminar estratos sedimentarios entre 0,5 y 2 m de espesor.



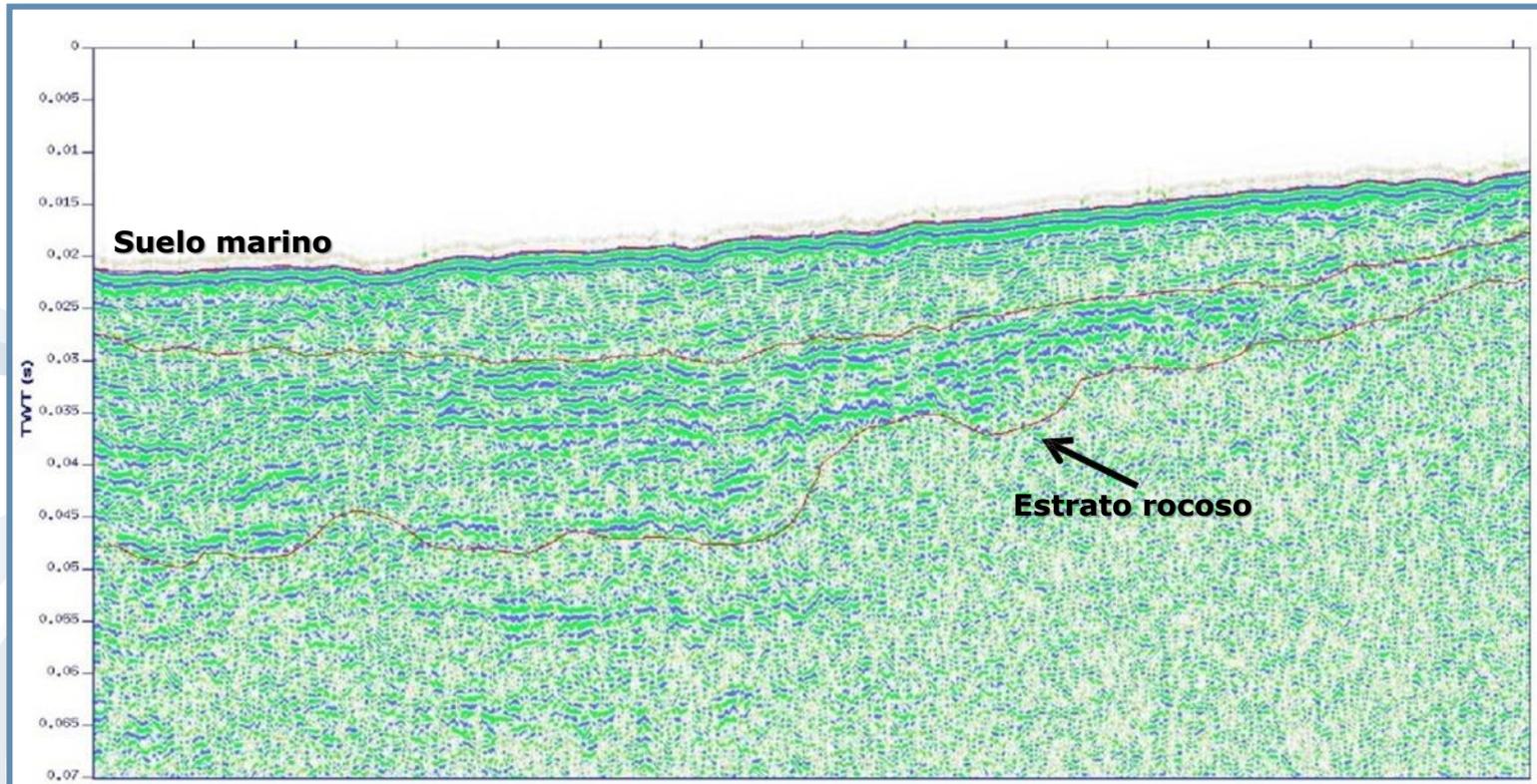
## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SBP BOOMER

La descripción geofísica de los estratos sedimentarios marinos tiene un amplio rango de aplicaciones, donde las más solicitadas son: la determinación del espesor de paquetes sedimentarios no consolidados (mapa de espesores sedimentarios o isopacas), la delineación del estrato rocoso (*bedrock*), apoyo en exploraciones geotécnicas, estimación en costos de dragado, detección de estructuras o tuberías enterradas, arqueología submarina, detección de depósitos de biogás, monitoreo ambiental, estudios ecológicos, entre otros.



Ejemplo de la detección de dos conjuntos de fallas, interrumpiendo la continuidad lateral de un paquete sedimentario mediante el sistema SBP tipo *Boomer*. Estimando la velocidad de propagación de onda, se estiman los espesores de profundidad en metros.

## PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *BOOMER*



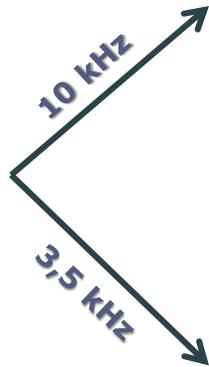
Ejemplo de la delimitación del estrato rocoso y paquete sedimentario estratificado subparalelo al suelo marino, usando el sistema SBP tipo *Boomer* en Etén, Perú.

## ¿QUÉ ES UN SBP TIPO *PINGER*?

El SBP tipo *Pinger* es un sistema perfilador con transductor cerámico como fuente sísmica, compuesto por 4 dispositivos básicos: un transmisor generador de señal, un transductor (o arreglo de transductores), un receptor y un ordenador de control y registro de datos. Este sistema puede obtener mayor resolución que utilizando fuentes boomers con menores niveles de penetración en el subfondo marino.

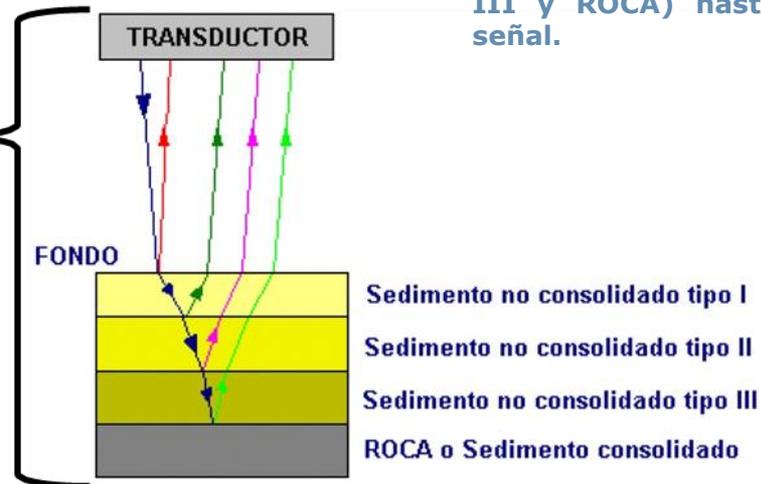
BENTOS opera el sistema monocanal SBP tipo *Pinger* modelo *StrataBox 3510* marca *SyQwest*, el cual funciona en dos frecuencias: 10 kHz (normalmente con 1 transductor) y 3,5 kHz (con un arreglo de 4 transductores).

**SyQwest StrataBox 3510**



## ¿CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA SBP TIPO *PINGER*?

El principio general del funcionamiento del sistema SBP tipo *Pinger* está dado por la emisión de ondas sonoras a través del transductor (o arreglo de transductores) con una frecuencia característica hacia el fondo marino, las cuales inciden en las interfaces existentes (agua-sedimento, sedimento-roca) produciéndose una onda reflejada y su retorno al transductor.



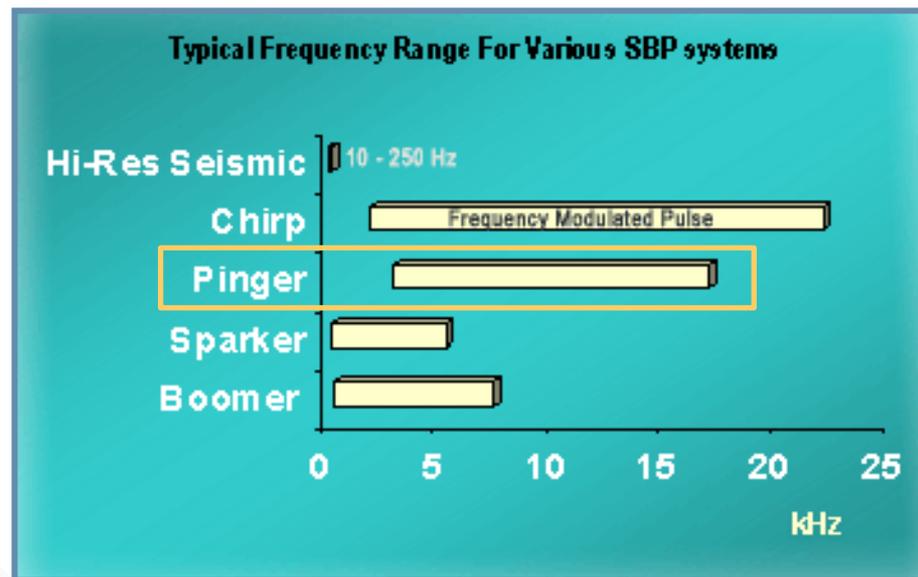
Parte de la energía emitida por el transductor se refleja a su paso a través de las diversas interfaces de estratos sedimentarios no consolidados (Tipo, I, II, III y ROCA) hasta la atenuación de la señal.

## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SBP *PINGER STRATABOX 3510*

La principal característica de los sistemas SBP tipo Pinger es la capacidad de exploración de discontinuidades hasta unas decenas de metros bajo el subsuelo marino, siendo la penetración variable según la naturaleza acústica del subfondo, generalmente relacionada con el tamaño de grano sedimentario.

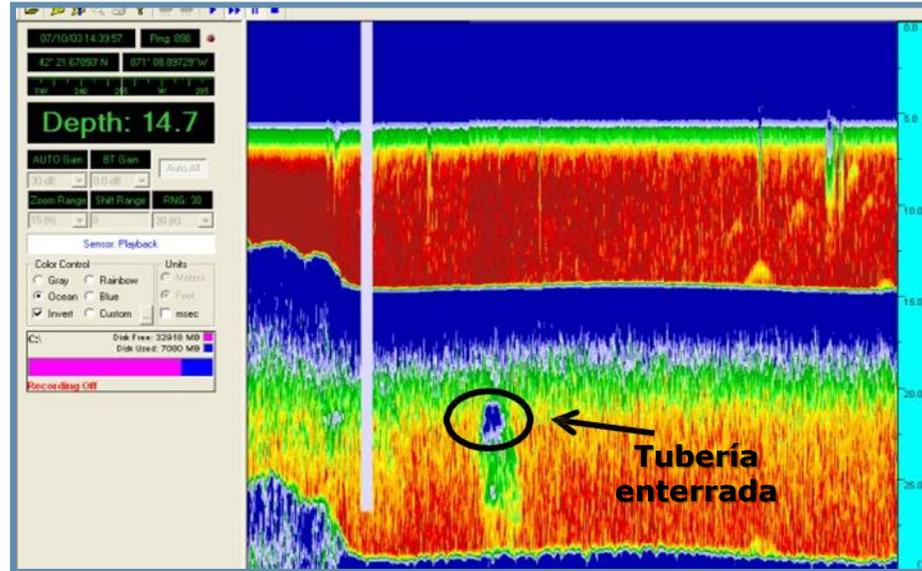
El sistema *StrataBox* 3510 logra una discriminación nominal de estratos sedimentarios de 6 cm de espesor usando 1 transductor 10 kHz; con el transductor de 3,5 kHz este sistema alcanza una resolución vertical de 15 cm y una penetración de hasta 100 metros.

<http://www.sqwestinc.com/>



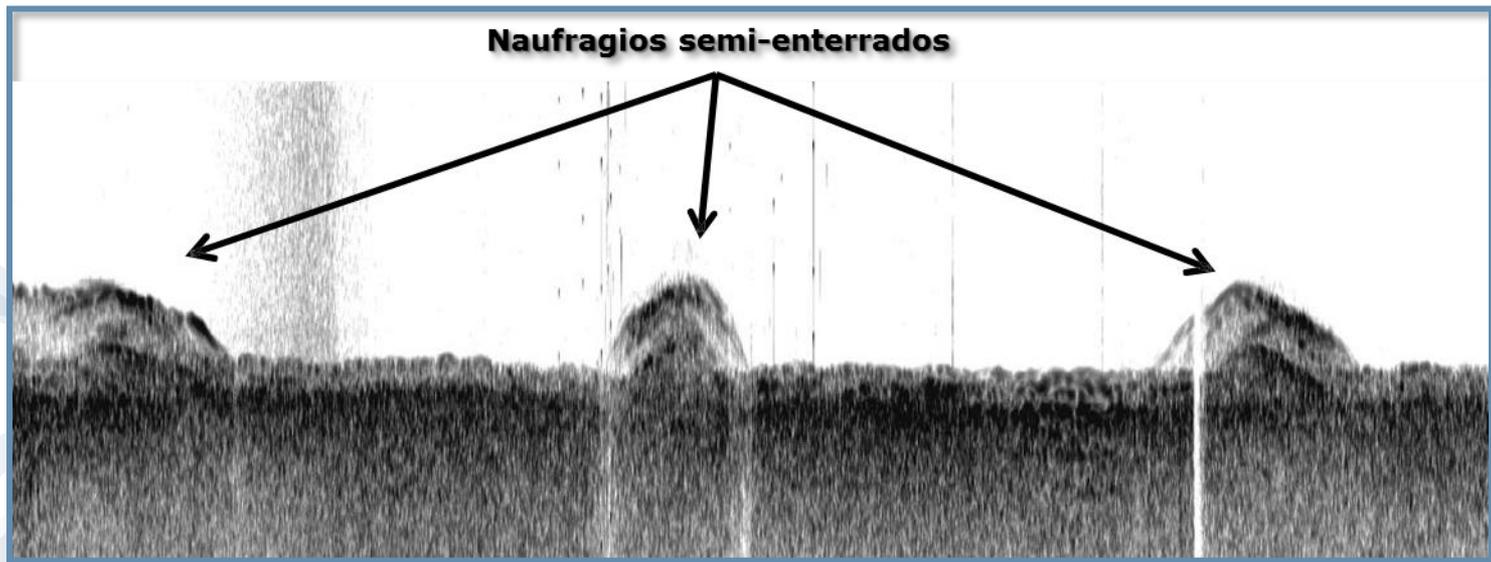
## PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *PINGER*

Los perfiladores tipo *pinger* se utilizan para la descripción geofísica superficial de la estructura del subsuelo marino, con un amplio rango de aplicaciones: apoyo en exploraciones geotécnicas con la determinación del espesor de paquetes sedimentarios no consolidados y delineación del estrato rocoso (*bedrock*), estudio de consolidación de materiales para estimación en costos de dragado, detección de objetos enterrados para arqueología submarina, detección de depósitos de biogás, tuberías, estructuras geológicas o antropogénicas así como el monitoreo ambiental y en estudios ecológicos.



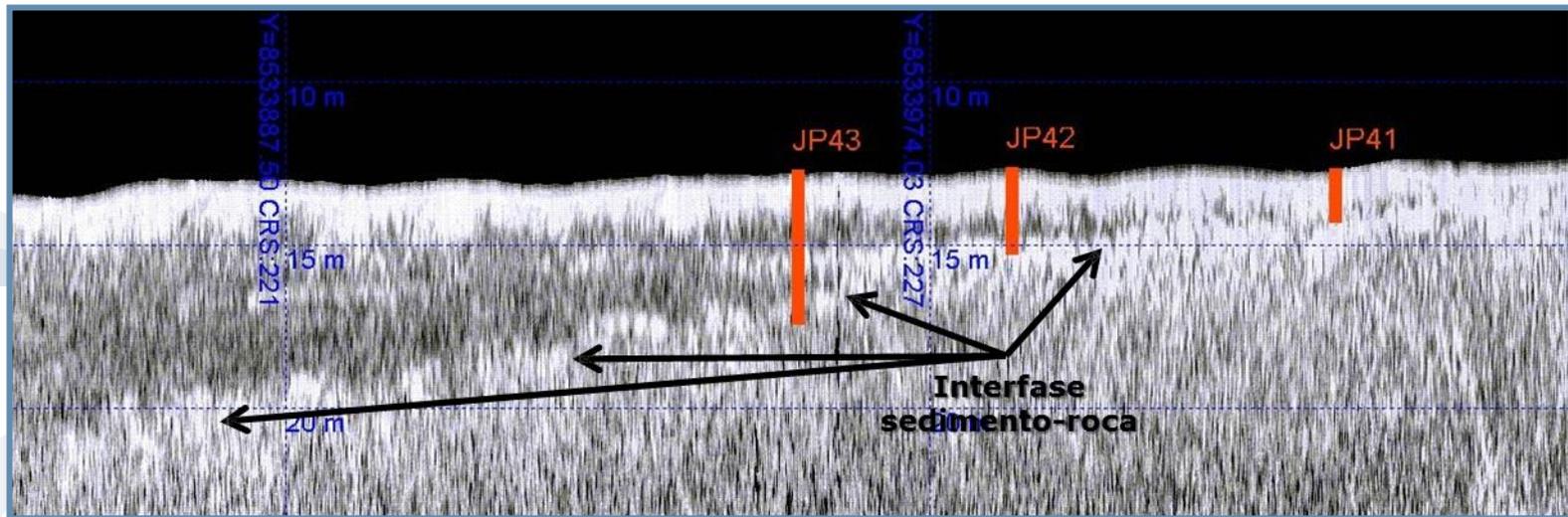
Ejemplo de la detección de una tubería enterrada en un paquete de sedimento no consolidado mediante el sistema *StrataBox 3510*, utilizando el arreglo de 4 transductores (3,5 kHz).

## PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *PINGER*



Ejemplo de la detección de tres naufragios semi-enterrados en un paquete de sedimento no consolidado, usando el sistema *StrataBox 3510* con 1 transductor de 10 kHz en la Bahía de Valparaíso, Chile.

## PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *PINGER*



Ejemplo de la detección de la interfase sedimento-roca con la finalidad de estimar costos de dragado de sedimentos no consolidados. Sistema *StrataBox* 3510 con arreglo de 4 transductores a 3,5 kHz. Usando el método de *Jet Probe* (JP) se implementa la medición directa de espesores de sedimentarios. Melchorita, Perú.

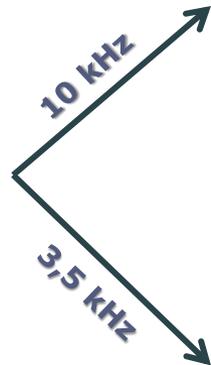
## ¿QUÉ ES UN SBP TIPO *CHIRP*?

El SBP con modulación *CHIRP* es un sistema perfilador con transductores cerámicos que permite mayor resolución mediante la modulación de onda. Compuesto por 4 dispositivos básicos: un transmisor generador de señal, un transductor (o arreglo de transductores), un receptor y un ordenador de control y registro de datos.

BENTOS opera el sistema perfilador *CHIRP* de alta resolución con doble canal (3,5 y 10 kHz) modelo Bathy2010PC marca SyQwest, con una resolución vertical de 8 cm y una penetración mayor a 300 metros, en función del tipo de fondo.

<http://www.syqwestinc.com/>

### **SyQwest Bathy2010PC**



# PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *CHIRP*

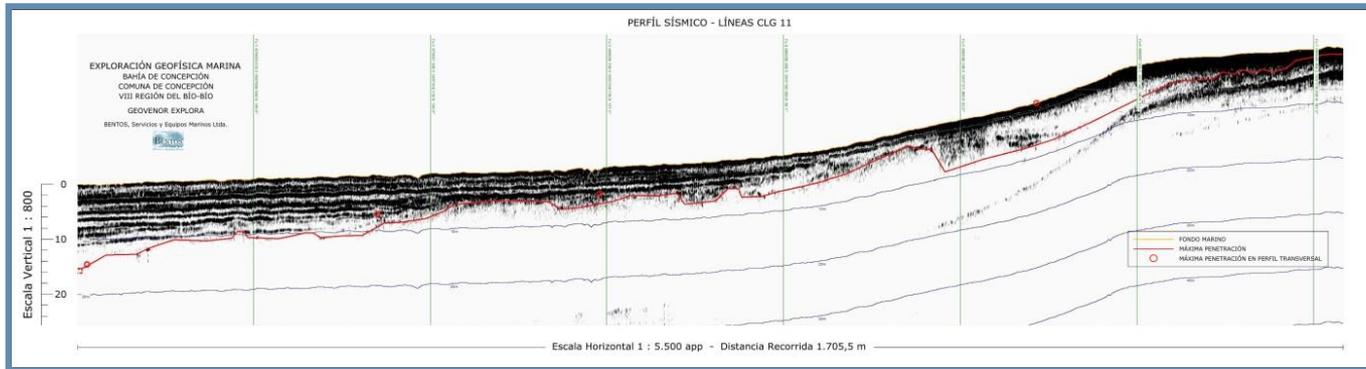
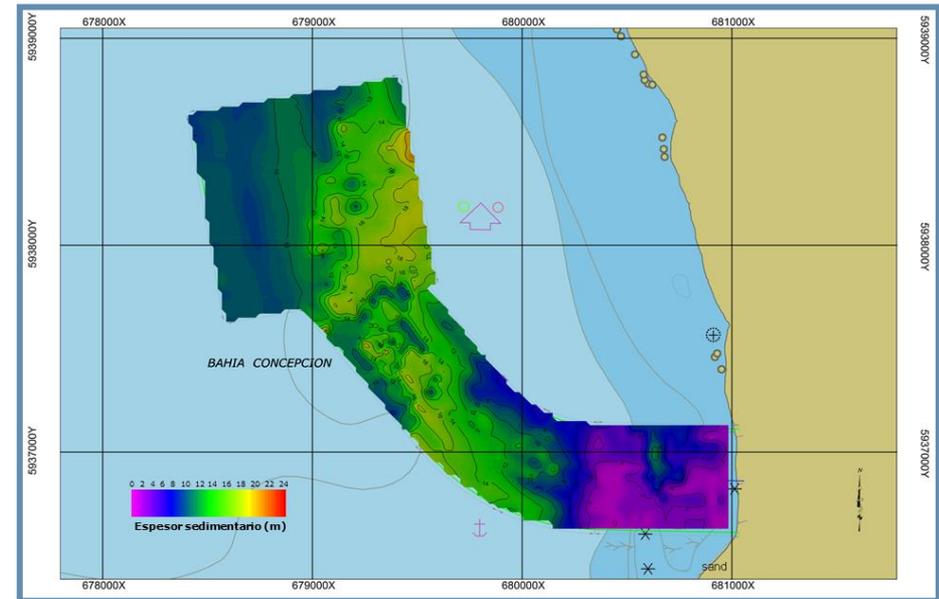
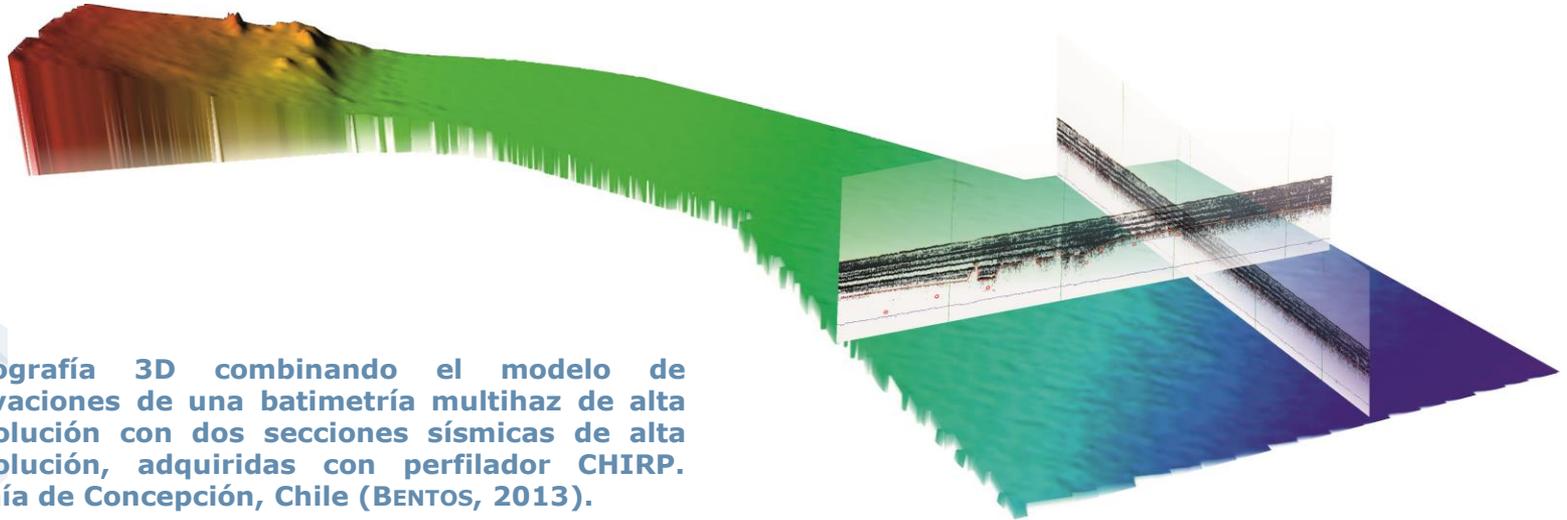


Lámina de sección sísmica de alta resolución, incluyendo la interpretación del último reflector sedimentario para la estimación de espesor sedimentario (arriba), realizado con perfilador *CHIRP Bathy2010PC* con arreglo de 4 transductores cerámicos 3,5 KHz. Mapa de distribución de espesores de sedimentos (Derecha). Bahía de Concepción, Chile.



## PRINCIPALES APLICACIONES DEL SBP *CHIRP*



Infografía 3D combinando el modelo de elevaciones de una batimetría multihaz de alta resolución con dos secciones sísmicas de alta resolución, adquiridas con perfilador CHIRP. Bahía de Concepción, Chile (BENTOS, 2013).

## SISTEMAS OPERADOS POR BENTOS

- *Pinger* marca *SyQwest* modelo *StrataBox* (10 ó 3,5 kHz)
- CHIRP marca *SyQwest* modelo *Bathy 2010PC* (3,5 kHz con arreglo de 4 transductores)
- *Boomer* marca *Applied Acoustic* modelo *AA200* con fuente de poder marca *Geoacoustics* modelo *Geopulse 5420S* e hidrófono monocanal de 8 elementos.
- *Sparker* marca *Applied Acoustic* modelo *Squid 501* con fuente de poder marca *Geoacoustics* modelo *Geopulse 5420S* e hidrófono monocanal de 8 elementos.
- Software adquisición de datos: *SonarWiz5* (*Chesapeake Technology*)
- Software procesamiento de datos: *Seismic+* (*Coda Octopus*)

## EXPERIENCIA

### CHILE

Batimetría Multihaz Oficial, Geofísica Marina (Sub Bottom Profiler, Side Scan Sonar, Magnetometría Marina y Piston Corer). Puerto Lirquén, Bahía Concepción, VIII Región. Proyecto OCTOPUS LNG. **GEOVENOR EXPLORA SpA**. 2013.

Levantamiento Batimétrico Multihaz y Perfilador del Subsuelo Marino. Bahía Chapaco, III Región. **COMPAÑÍA MINERA DEL PACÍFICO S.A. (CAP-MINERÍA)**. 2012.

Levantamiento Batimétrico Multihaz y Perfilador del Subsuelo Marino. Bahía Chapaco, III Región. **COMPAÑÍA MINERA DEL PACÍFICO S.A. (CAP-MINERÍA)**. 2011.

Prospección Geofísica Marina. Mejillones II Región. Proyecto Gas Atacama. **GASATACAMA CHILE S.A.** 2011.

Prospección Geofísica Marina. I Región. Proyecto Quebrada Blanca Fase 2. **COMPAÑÍA MINERA TECK QUEBRADA BLANCA S.A.** 2011.

Levantamiento Batimétrico Multihaz y Perfilador del Subsuelo Marino. Bahía Cumberland, Isla Robinson Crusoe, V Región, Chile. **PREPARATORY COMMISSION FOR THE COMPREHENSIVE NUCLEAR TEST-BAN-TREATY ORGANIZATION (CTBTO)**. 2010-2011.

Levantamiento Batimétrico Oficial monohaz, ZPL, Línea de Playa, Estudio de Corrientes, Olas y Mareas, Estudio oficial de Calidad de Fondo mediante Tecnología Sub Bottom Profiler (SBP). Punta Padrones, Bahía Caldera, III Región, Chile. **COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA S.A.** 2010-2011.

Estudios Hidrográficos Multihaz, Geofísicos, Topografía Costera, y Mecánica Suelos para Estudios de Cables Submarinos de Poder; Trazados X y XI Región de Chile. **CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE AYSÉN S.A.** 2009 - 2010.

## EXPERIENCIA

Estudios Hidrográficos, Geofísicos (SBP), Línea de Playa y Topografía Costera. Proyecto Planta Desaladora El Morro, III Región, Chile. **HALCROW GROUP LTD. CHILE**. 2009.

Levantamiento Sísmico Marino (SBP) en Bahía Talcahuano, VIII Región, Chile. **GEOEXPLORACIONES S.A.** 2009.

Levantamiento Batimétrico Oficial monohaz, Línea de Playa, Estudio de Corrientes, Olas y Mareas, Estudio oficial de Calidad de Fondo mediante Tecnología Sub Bottom Profiler (SBP). Río Bravo, Estero Mitchell, XI Región, Chile. **CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE AYSÉN S.A.** 2008 - 2009.

Estudios de Oceanografía, hidrografía, geofísica marina y línea de playa con Aprobación SHOA, Estudio y Diseño para el Mejoramiento, Conectividad Marítima Red Puerto Montt – Chiloé – Palena. Caleta La Arena, X Región. **PRDW AV - DIRECCIÓN DE OBRAS PORTUARIAS (DOP)**. 2008 - 2009.

Estudios de Oceanografía, hidrografía, geofísica marina (SBP) y línea de playa con Aprobación SHOA, Estudio y Diseño para el Mejoramiento, Conectividad Marítima Red Puerto Montt – Chiloé – Palena. Caleta Puelche, X Región. **PRDW AV - DIRECCIÓN DE OBRAS PORTUARIAS (DOP)**. 2008 - 2009.

Localización de Tuberías Submarinas mediante Perfilador de Subsuelo Marino (SBP). Bahía de San Vicente, VIII Región, Chile. **CADE IDEPE INGENIERÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS LTDA.** 2007.

Estudio de Levantamiento con Perfilador de Subsuelo Marino (SBP) en Bahía de Quintero, V Región, Chile. **IPS INGENIEROS LTDA.** 2006.

Levantamiento Perfilador del Subsuelo Marino (SBP). Poza de Abrigo, Puerto de Arica, I Región, Chile. **TERMINAL PORTUARIO ARICA S.A. (TPA)**. 2006.

Estudio de Prospección Acústica del Subsuelo Marino (SBP) en Bahía de Quintero, V Región, Chile. Proyecto Aumento Capacidad Monoboya Quintero. **GEOVENOR S.A.** 2005.

Estudio de Perfiles de Subsuelo Marino, Bahía Quintero, V Región, Chile. **GEOVENOR - ENAP REFINERÍA ACONCAGUA**. 2005.

## EXPERIENCIA

### PERÚ

Estudios de Geofísica Marina (SBP), Batimetría Monohaz, Side Scan Sonar, Mediciones de Olas Direccionales; Puerto Eten, Chiclayo, Perú. **LUMINA COPPER**. 2009 - 2010.

Estudio del Clima de Oleaje y Prospección Geofísica (Sonar de Barrido Lateral, Sísmica SBP y Batimetría). Proyecto El Galeno, Pacasmayo, Perú. **MTB PROFESSIONALS**. 2008.

Prospección Geofísica, Proyecto Melchorita LNG, Perú. **JAN DE NUL**. 2008.

Prospección Geofísica (SBP), Sector Punta Vegueta, Perú. **TRAMARSA S.A.** 2008.

Prospección Geofísica, Bahía Ancón, Perú. **TRAMARSA S.A.** 2007.

Estudio de Perfiles del Sub-fondo Marino. Zorritos, Tumbes. Proyecto Tubería Submarina para el Transporte de Gas. **BPZ ENERGY INC., SUCURSAL PERÚ. SEHIDRO**. 2006.

### URUGUAY

Levantamiento Batimétrico Multihaz, Sonar de Barrido Lateral y Perfilador del Subsuelo Marino (SBP). Medición de Oleaje Direccional y Corrientes. Muestreo Sedimentológico. Distrito De Rocha, Uruguay. **MINERA ARATIRÍ S.A. - AUSENCO MANAGEMENT**. 2010-2011.

### BRASIL

Estudio Batimétrico Multihaz y Geofísico (SBP) Gasoducto URUCU-MANAUS, Amazonas, Brasil. **PLANAL SERVICIOS DE ENGENHARIA**. 2008.