

**Buque:** BIO Hespérides

**Autores:** Ramon Ametller, José Luis Alonso, Toni Salvador, Dulce Afonso, Jose Luis Pozo.

**Departamentos:** Sísmica, Mecánica, Telecomunicaciones y Electronica.

**Fecha:** 13 de Febrero a 11 de Marzo de 2019.

**Páginas:** 67.

**Descriptor campaña:** Sísmica de reflexión multicanal analógica de alta/media resolución + Sparker + Cañones de aire comprimido. Muestreo con gravity Corer i perfil físico de la columna agua con CTD.

## INDICE

01.- INFORMACIÓN GENERAL .....	3
02.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA .....	5
03.- INFORMES DEPARTAMENTALES.....	10
<b>03.1- INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA.</b> .....	10
03.1.6.1.- ANEXOS.....	26
Anexo I. Análisis QC Adquisición sísmica. ....	26
Anexo II. Modelización fuente sísmica Gundalf® .....	27
Anexo III. Diario sísmico de campaña. Daily Log .....	37
<b>03.2- MECANICA.....</b>	40
<b>03.3- TELEMATICA.....</b>	46
<b>03.4- ELECTRONICA.....</b>	50
<b>03.5 INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA.</b> .....	57
3.5.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO .....	81
Calibración en Ushuaia. ....	81
RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA de enlace, ushuaia. ....	83
Calibración en Punta Arenas.....	85
RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA de punta arenas.....	87

## 01.- INFORMACIÓN GENERAL

Barco: BIO Hespérides

Campaña Nº: **HE - 189**

Ref.: CTM2016-75947-R-2

Área: Islas Shetland del Sur (Antártida)

Fechas: 13 de Febrero a 11 de Marzo de 2019

### Fuente de Energía Sísmica para MCS.

Fuente Tipo 1: Sparker

Marca/Modelo: GMSS® GeoSpark 7000 XF + Dual GeoSource® 400.

Profundidad de la fuente: 0.75 – 1.05 metros

Frecuencia de Disparo: equidistantes 6.5 metros; controlado por sistema de navegación EIVA® Navipac.

Fuente Tipo 2: AirGuns

Marca/Modelo: SERCEL GGUN-II

Profundidad de la fuente: 5.0 metros

Frecuencia de Disparo: equidistantes 19.5 metros; controlado por sistema de navegación EIVA® Navipac.

### Configuración de Navegación Sísmica

Sistema de Navegación Integrado: EIVA® con señal GPS para determinar la posición de la fuente y objetos en cada disparo.

Sincronización mediante tiempo universal GPS con servidor NTP.

### Configuración del “streamer” multicanal analógico.

Marca/Modelo: SIG® 16.7X5.68

Número de canales: 7

Longitud total: 193 metros

Intervalo de canal: 6.5 metros

Longitud cable tiro y telemetría: 100 m

Hidrófonos por canal: 5

Sección stretch: 14.5 m. a proa y 14.5 m. a popa

Profundidad “streamer”: 0.5 m.

Cabo de popa: 25 metros

### Información de Registro Analógico

Instrumento de Registro: IXBLUE® DELPH SEISMIC

Formato de Registro: SEGY, formato IBM

Canales de registro independientes: 24

Refresco de señal en registro: 4000 Hz. y 2000 Hz.

Filtro de señal: Ninguno

Tiempo de Registro: 2.0 y 6.0 segundos según lámina de agua / profundidad de investigación.

### Software de procesado y QC

Marca/Modelo: RadEx-Pro

Versión 2017.3

**Incidencias.** En el primer lance de sísmica con SPARKER, el streamer enganchó su cabo de popa en la parrilla de electrodos, no siendo útil el registro multicanal en esta primera jornada. Falta de mantenimiento en rodamiento del tangón de estribor, se recomienda actuación en próximas obras del barco.

FICHA TÉCNICA			
ACRÓNIMO	<b>EXPLOSEA-I</b>		
Título Proyecto	<b>Exploración de emisiones submarinas de fluidos hidrotermales, mineralizaciones y geobio-sistemas asociados</b>		
CÓDIGO REF.	<b>CTM2016-75947-R-2</b>	CÓDIGO UTM	<b>HE - 189</b>
JEFE CIENTÍFICO	<b>Dr. Luis SOMOZA</b>	INSTITUCIÓN	<b>IGME</b>
INICIO	<b>Punta Arenas (CHILE) 13/Febrero/2019</b>	FINAL	<b>Ushuaia (ARGENTNA) 11/Marzo/2019</b>
BUQUE	<b>BIO Hespérides</b>		
Zona de trabajo	<b>Islas Shetland del Sur (Antártida)</b>		
Geodesia	Elipsoide: <b>WGS84</b>	Proyección:	<b>UTM Sur Huso 20</b>
Responsable Técnico	<b>Ramon Ametller</b>	Organización	<b>U.T.M.</b>
Equipo Técnico	<b>José Luis ALONSO, Iago POSE, Jose Luis POZO, Samuel ALVAREZ, Peregrino CAMBEIRO, Dulce AFONSO, Toni SALVADOR, Gabriel CAMPOS</b>		

## 02.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA

Los objetivos principales del proyecto EXPLOSEA-I se centran en el estudio de los sistemas hidrotermales asociados a las zonas volcánicas activas de la cuenca de retro-arco de la Cuenca de Bransfield, en el margen pasivo entre las placas Pacífica (corteza oceánica) y el Continente Antártico (corteza continental). En un contexto tectónico extensional, el frente volcánico es más activo por el aprimamiento cortical en la corteza oceánica. Se han realizado perfiles sísmicos al W de Isla Decepción, al S de la Península de Byers y en Estrecho de Bransfield.

La expedición partió del Puerto de Punta Arenas (CHILE) el 15 de Febrero de 2019, finalizando en Ushuaia (ARGENTINA) el 10 de Marzo de 2019. Para el estudio de las estructuras geológicas asociadas a estos sistemas hidrotermales de circulación de fluidos, se han dispuesto dos escenarios de sísmica multicanal de alta resolución según objetivos de penetración/resolución. La profundidad del "streamer" y de la fuente sísmica se ha mantenido estable para tener el mismo "ghost". La posición de la fuente sísmica se ha calculado para cada evento mediante offsets.

**Escenario 1.** Media resolución/media penetración. Consistió en desplegar una fuente sísmica de media potencia compuesta por cañones de aire comprimido tipo SERCEL® GGUN-II de 415 cu.in. Tras modelización y análisis de la firma espectral se optó por una distribución en estrella (single 150 – cluster 110+110 – single 45 cu.in.). El registro de señal reflejada se ha realizado con "streamer" analógico SIG de 7 trazas ó canales @ 6.5 metros.

Fotos 1 y 2. Estructura de despliegue de cañones sísmicos en el BIO Hespérides. ExploSea-I.

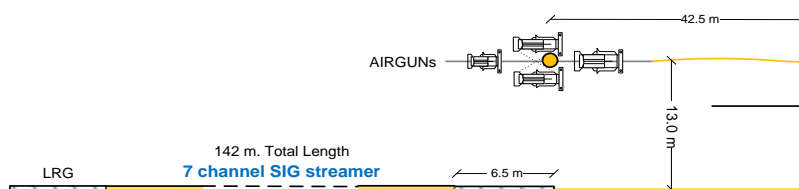
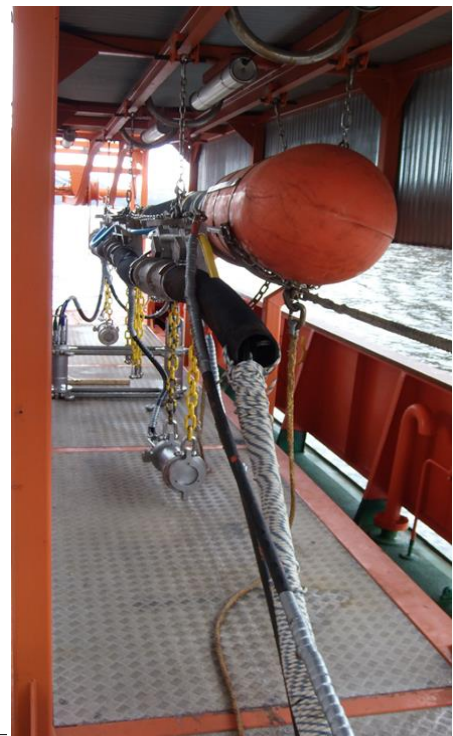


Figura 1 . Esquema offsets equipos desplegados en ExploSea-I con fuente sísmica de cañones. ExploSea-I.

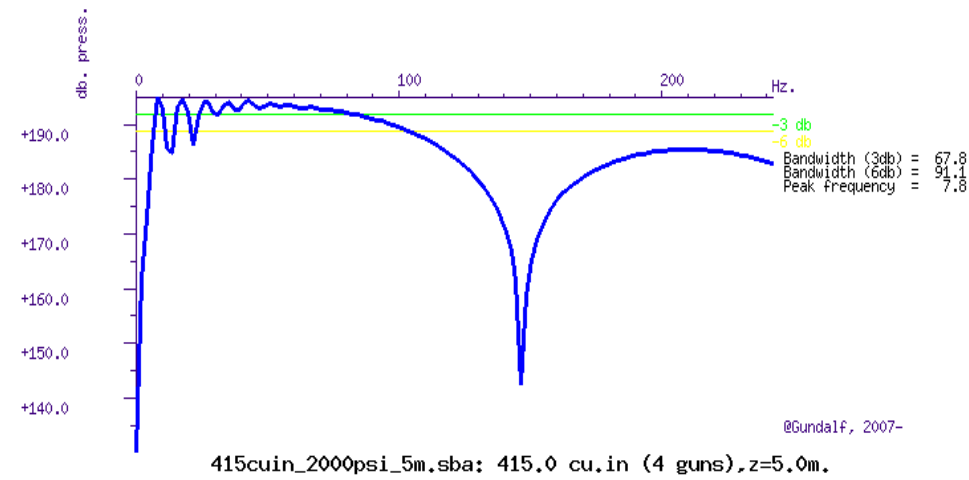


Figura 2 . Firma espectral de la fuente sísmica compuesta por cañones de aire comprimido (modelización Gundalf®).

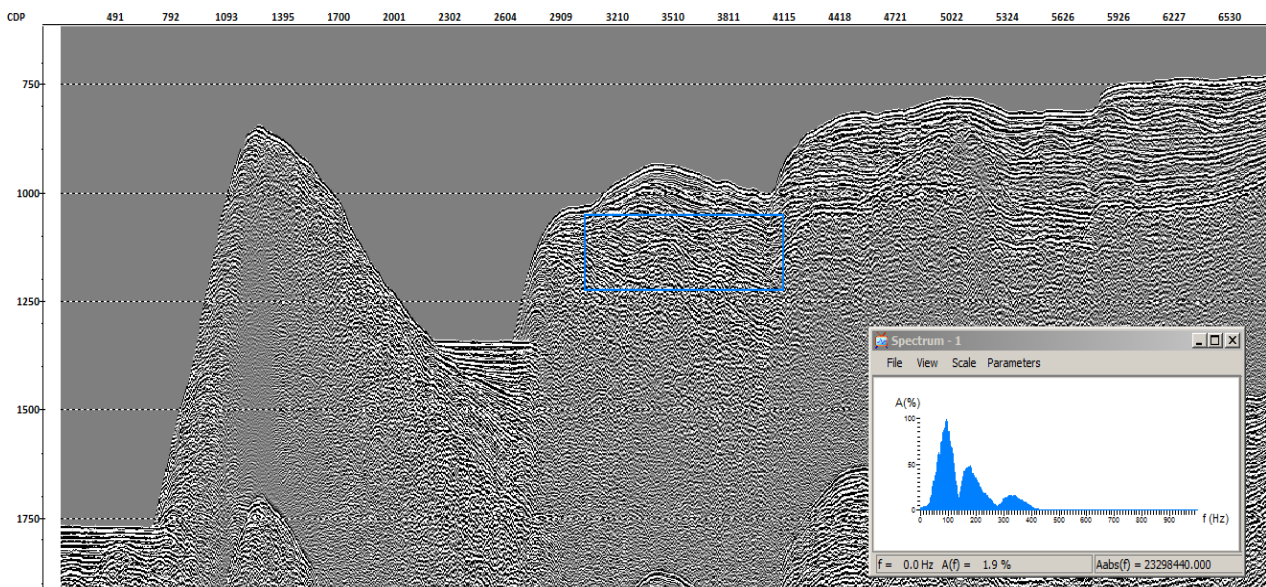


Figura 3 . Ejemplo perfil multicanal adquirido con fuente sísmica tipo AIRGUNS. ExploSea-I.

**Escenario 2.** En las zonas donde se pretendía caracterizar con mayor exactitud las unidades geológicas y sus estructuras (pliegues, discontinuidades, fracturas, ...) se ha optado por una fuente tipo SPARKER de gran resolución. Consistió en desplegar un catamarán GMSS® GeoSpark con GeoSource Dual400 tips, con 800 electrodos en parrilla dual, y una potencia total de emisión de 4400 Julios. La profundidad de estas parrillas ha sido de 0.8 y 1.1 metros.

Foto 3. Catamarán SPARKER GMS® GeoSource Dual-400. ExploSea-I.



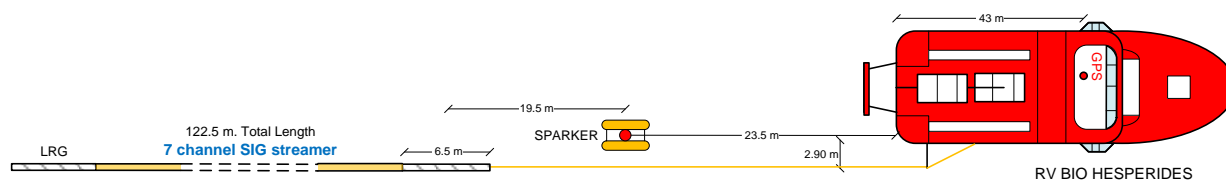


Figura 4 . Esquema offsets equipos desplegados en ExploSea-I con fuente sísmica tipo SPARKER. ExploSea-I.

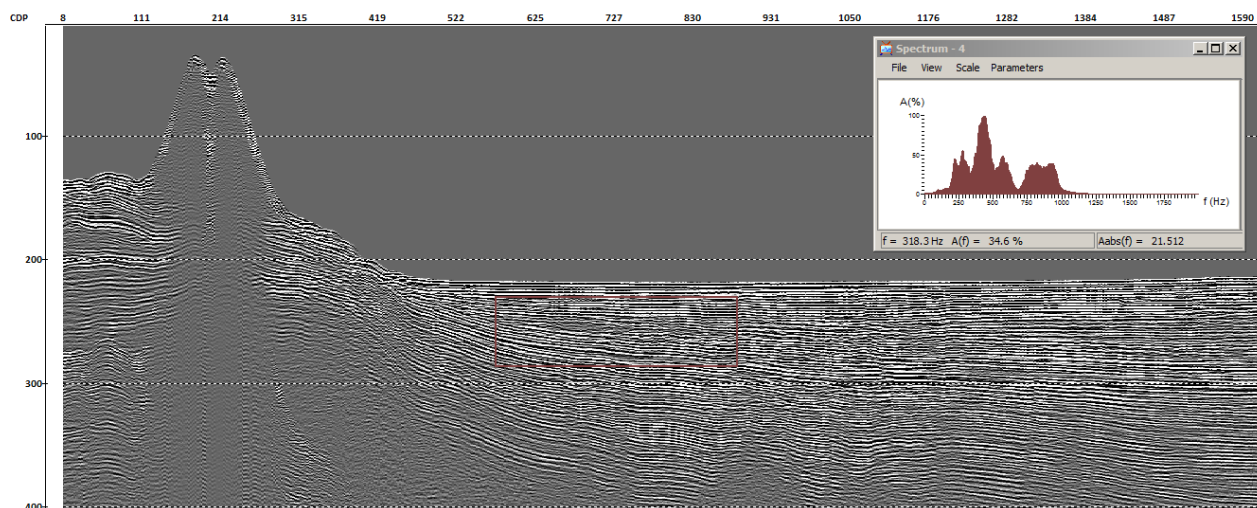


Figura 5 . Ejemplo perfil multicanal adquirido con fuente sísmica tipo SPARKER. ExploSea-I.

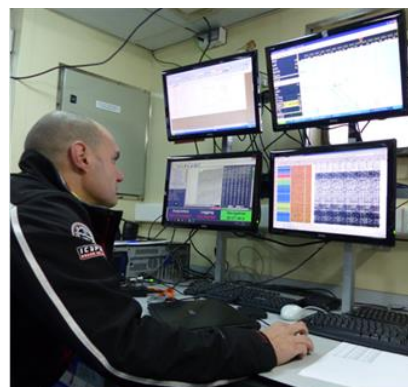


El "streamer" multicanal analógico principal ha consistido en el nuevo 16.7x5.68 fabricado por SIG France®, con una longitud de 45.5 metros de sección activa (7 canales @ 6.5 metros). La sensibilidad de estos hidrófonos es de - 183 dB, re 1V/μPa, +- 1 dB, con una capacitancia de 18.0 ± 1,0 nFd @ 20 °C y 1 kHz.

La señal generada por cada grupo de hidrófonos (trazas) se pre-amplifica 32 dB (volaje x40). El "streamer" funciona con una caja de alimentación eléctrica y moduladora en etapas de ganancia de 2 a 16 dB.

Foto 4.Streamer SIG 16.7x5.68. ExploSea-I.

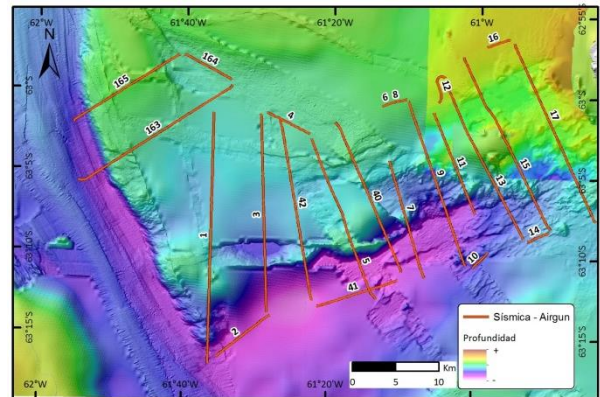
La adquisición sísmica se ha montado en el laboratorio principal del buque con repetidores en el laboratorio de sísmica para constante monitorización y control de los equipos y datos. El sistema de adquisición ha sido una nueva unidad IXBLUE® Delph Seismics de hasta 24 canales/trazas. El sistema de navegación EIVA® Navipac ha controlado el posicionamiento y la generación de eventos equidistantes según requerimientos de cada escenario.



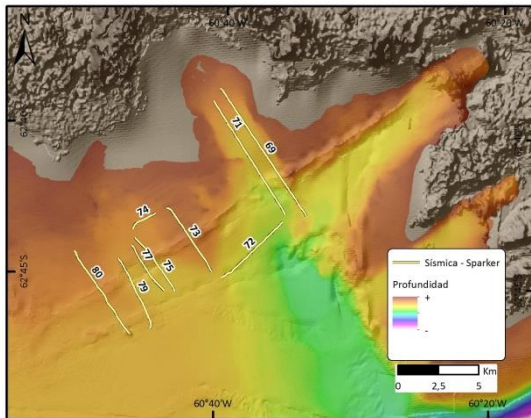


El primer Leg de campaña se ha localizado en las estribaciones de Sail Rock, al Oeste de Isla Decepción. Se han realizado perfiles continuos con cañones de aire comprimido y streamer multicanal analógico sin incidencias. En todo momento se ha respetado el protocolo de mitigación de efectos nocivos a mamíferos marinos por actividades de prospección sísmica marina.

Mapa 1. Localización líneas sísmicas Seal Rock. ExploSea-I.



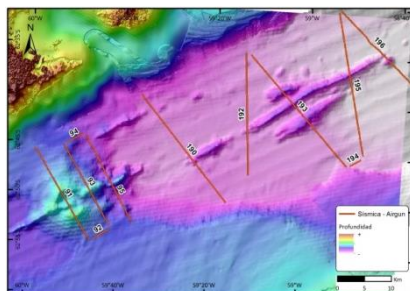
El segundo Leg consistió en el levantamiento de líneas con SPARKER al Sur de la Península de Byers. El objetivo fue la exploración de posibles emisiones de gas (hidratos de gas) por fractura o desestabilización del permafrost submarino, presente en esta localización. Una incidencia en el despliegue no ha permitido optimizar el resultado de las líneas sísmicas, al enganchar el cabo de cola del "streamer" la parrilla de electrodos del Sparker. Aún así, se han podido procesar parcialmente con los primeros canales y obtener resultados.



Mapa 2. Localización zona de trabajo en la Península de Byers (Isla Livingston). ExploSea-I.

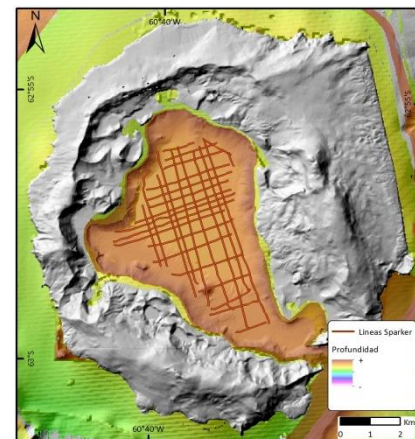
En un tercer Leg se intensificó el levantamiento sísmico de alta resolución con SPARKER de toda la caldera volcánica de Isla Decepción. Se realizaron numerosas líneas perpendiculares que han cubierto toda la zona navegable por el buque dentro del cono volcánico; detectando el colapso de la caldera, cada uno de los niveles de este "estrato-volcán", discontinuidades y numerosas fallas.

Mapa 3. Localización zona de trabajo en el cono volcánico (Isla Decepción)



Por último, un cuarto Leg consistió en realizar líneas regionales en el Estrecho de Bransfield cortando los volcanes, diques y complejos volcánicos de "Axe", "Little Vocano" y "Three Sisters".

Mapa 4. Localización zona de trabajo en el cono volcánico (Isla Decepción). ExploSea-I.



### 03.- INFORMES DEPARTAMENTALES

#### 03.1- INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA.

La campaña EXPLOSEA-I,

Los objetivos principales de esa campaña han sido el estudio en detalle de las estructuras geológicas asociadas a contextos de volcanismo reciente, explorando sistemas hidrotermales activos.



Foto 5. Sistemas sísmicos desplegados por UTM-CSIC por popa.

Las condiciones de sondeo han sido en todo momento buenas u óptimas. Se han levantado líneas sísmicas con dos escenarios, con fuente sísmica de cañones de aire comprimido y con “sparker”. Est último ha sido una parrilla de electrodos Dual con 800 electrodos a 0.75 – 1.05 metros. Consecuentemente el “ghost” de la señal se estableció a 1000 – 715 Hz.

La segunda fuente sísmica empleada ha sido una ristra de cañones de aire comprimido de alta presión de cuatro cañones GGUN-II con un volumen total de 415 cu.in. El “ghost” de la señal es mucho menor, a 150 Hz, con una profundidad de despliegue relativamente somera a 5 metros.

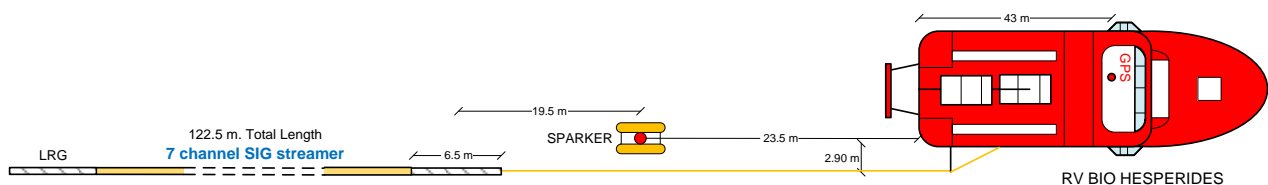


Figura 6 . Esquema offsets equipos desplegados con el escenario de Sparker en ExploSea-I.

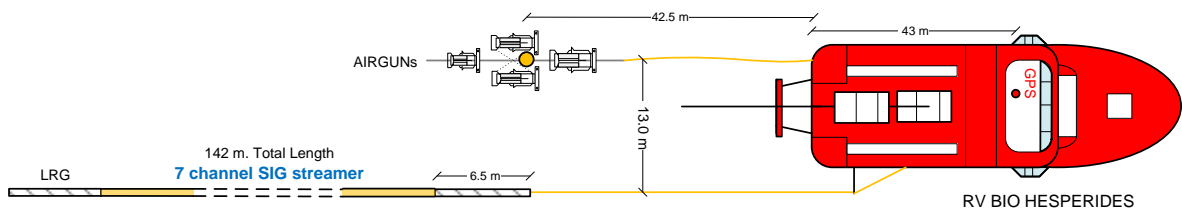


Figura 7. Esquema offsets equipos desplegados con el escenario de Airguns en ExploSea-I.

Se han levantado un total de 39 perfiles sísmicos de alta resolución con SPARKER y 34 perfiles con AIRGUNS. Todos ellos con streamer analógico multicanal. Se han levantado un total de **633.21 km** de perfil sísmico continuo.

En un análisis preliminar como control de calidad de la navegación se ha apreciado fallos de posicionamiento, no coinciden el total de eventos generados con los registrados. El sistema Delph Seismics requiere de tiempo de volcado de datos que acumula en buffer, por este motivo pierde un 3-5 % de los triggers emitidos. Por otro lado, el sistema de navegación EIVA emite eventos consecutivos o previamente a cerrar la ventana de registro, por lo que también se pierden. No es crítico, pues todo el sistema está sincronizado y se procesa teniendo en cuenta el tiempo de adquisición universal GMT en que todos los datos se han grabado. No requiere post-procesado.

Tras un preprocesado a bordo de la señal sísmica registrada se ha podido eliminar bastante ruido del registro. Se han aplicado filtros y realizado un brute-stack para revisar coherencia en todas las trazas y geometría real.

Perfiles Zona 1b	Distancia Recorrida (km)
L69	8.53
L71	8.63
L72	5.23
L73	4.78
L74	1.72
L75	4.22
L77	3.48
L79	4.88
L80	6.23
<b>TOTAL 1b</b>	<b>47.7 Km</b>

Perfiles Zona 1	Distancia Recorrida (km)
L01	29.41
L02	8.42
L03	23.39
L04	5.78
L05	20.31
L06	5.60
L07	20.38
L08	3.07
L09	20.31
L10	2.82
L11	12.77
L12	4.39
L13	20.29
L14	2.92
L15	22.49
L16	2.90
L17	23.17
L40	19.58
L41	10.07
L42	21.73
L163	21.29
L164	6.44
L165	14.73
<b>TOTAL 1</b>	<b>292.9 Km</b>

El sistema de sísmica multicanal para muy alta resolución desplegado ha consistido en una fuente tipo Sparker GMSS GeoSpark con GeoSource Dual 400 tips y "streamer" analógico SIG de 7 trazas ó canales @ 6.5 metros. La profundidad del "streamer" se ha mantenido estable a 0.5 – 1.0 metros

para tener el mismo "ghost". La posición de la fuente sísmica se ha calculado para cada evento mediante offsets. Se dispuso una fuente sísmica tipo Sparker de hasta 7 kJ. Para evitar cabitación,

por una presión hidrostática mínima al situar las parrillas de electrodos a 0.75 y 1.05 metros de profundidad, las líneas se han levantado hasta un máximo de 4400 Julios de potencia.

Perfiles Zona 3	Distancia Recorrida (km)
D01	3.60
D02	4.47
D03	4.84
D04	4.59
D05	6.04
D06	6.42
D07	1.59
D07b	6.86
D08	2.97
D09	2.85
D10	3.48
D11	4.30
D12	4.36
D13	3.95
D14	3.05
D15	2.87
D16	1.86
D17	2.18
D18	2.54
D19	1.73
D20	1.12
D21	1.57
D22	3.06
D22a	0.55
D23	2.25
D24	5.34
D25	1.88
D26	1.15
T07	2.63
T08b	1.11
<b>TOTAL 4</b>	<b>95.21 Km</b>

Previamente al levantamiento del cono volcánico de Decepción se desplegó simultáneamente el streamer monocanal de muy alta resolución MiniStreamer GMSS® GeoSense24, se dio a elegir al IP qué registro prefería sobre datos reales. El IP, tras analizar los datos de las dos primeras líneas, optó por realizar este levantamiento con el streamer SIG® de 7 canales.

Se configuró la capacitancia del SPARKER para poder emitir el máximo de potencia con un tiempo de carga inferior al tiempo entre eventos. Así pues, se pudo disparar cada 6.5 metros a una velocidad media mantenida de sondeo de 4.0 nudos con registro de 2.0 segundos. La frecuencia de registro de los datos brutos se ha establecido en 0.25 ms.

Perfiles Zona 2	Distancia Recorrida (km)
L91	20.18
L92	3.58
L93	17.53
L94	3.87
L95	18.61
<b>TOTAL 3</b>	<b>63.8 km</b>

Perfiles Zona 4	Distancia Recorrida (km)
L190	26.11
L192	23.09
L193	28.01
L194	2.62
L195	27.23
L196	26.58
<b>TOTAL 4</b>	<b>133.6 Km</b>

Se instalaron los sistemas de control y procesado de datos sísmicos propios de la UTM en el laboratorio principal del buque y en el de sísmica simultáneamente. Continuamente se realizó un control de calidad del registro sísmico y de navegación.

En las cabeceras de los archivos SEG-Y se ha registrado el posicionamiento de cada evento del GPS del barco, los archivos del sistema de navegación EIVA se acompañan con los datos. Estos últimos contienen

unos específicos denominados “custom file” que contienen solamente la posición de la fuente, del centro de referencia del barco y la profundidad; para facilidad de regeneración de la **geometría y procesado**.

### 03.1.1.1- FUENTE SÍSMICA SPARKER. Descripción.

Para la realización de sismica activa de alta resolución se requiere una fuente de alta energía capaz de generar un frente de ondas estable en el rango de frecuencias lo más adecuado a los objetivos previamente marcados, favoreciendo la propagación de la onda sísmica por capas profundas y detallar sus cambios estructurales. La energía reflejada y refractada en cada uno de los cambios de impedancia acústica, es registrada por los hidrófonos que componen cada canal o traza. Para emitir este pulso sísmico se ha instalado una fuente eléctrica tipo Sparker. Con estas técnicas se pretende alcanzar y caracterizar en detalle las estructuras geológicas superficiales del subsuelo.

Con una fuente sísmica activa tipo Sparker, el pulso sísmico se genera mediante liberación espontánea de una descarga directa de alto voltaje al agua marina. El frente de ondas sísmico final generado por una fuente eléctrica se compone principalmente de un pulso primario de gran potencia, que genera las frecuencias de alta frecuencia (> 1000 Hz. y hasta 3000 Hz.). Inmediatamente posterior, se genera un pulso implosivo de la burbuja generada con frecuencias inferiores a las primeras (< 750 Hz.). La señal sísmica generada es de alta o muy alta resolución, con un espectro de frecuencias entre los 150 y 3000 Hz. El rango final de frecuencias será función de la profundidad a la que se coloque la parrilla de electrodos. Se trata de una tecnología segura y actual en prospección sísmica marina de alta resolución.

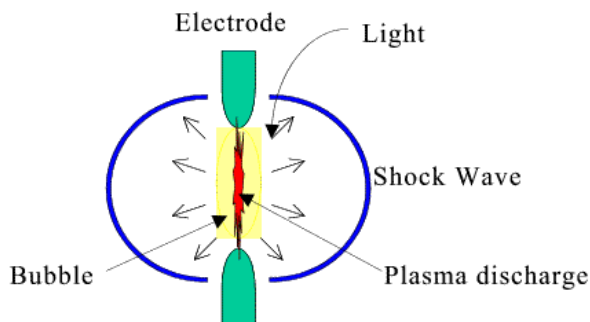


Figura 8 . Esquema de generación de un frente de ondas por descarga súbita de una corriente de alto voltaje en el agua.

#### Componentes principales de este dispositivo:

**Fuente de alta potencia.** Elemento principal para la carga de capacitadores eléctricos que, con una súbita descarga, liberan un pulso de alto voltaje hacia la unidad remolcada sumergida.

**Cable umbilical de Alto voltaje.** Cable de alto voltaje reforzado y aislado a tal efecto, elemento conductor de la corriente eléctrica de 3500 Vdc o superior entre la fuente y el emisor.

**Parrilla de electrodos flotante.** Módulos de electrodos dispuestos equidistantes y en una estructura rígida con flotadores. Descarga directamente al agua el pulso de alto voltaje de corriente continua para generar la burbuja. Por explosión se genera el pulso primario, generando frecuencias altas (entre 750 a 3000 Hz) y, por implosión se generan las frecuencias más bajas (< 750 Hz.) de este pulso sísmico.



Foto 6. Componentes Sparker UTM-CSIC.

### 03.1.1.2.- FUENTE SÍSMICA SPARKER. Características técnicas.

Para la fase de **sísmica multicanal (MCS)**, se ha dispuesto de una fuente de alta potencia de pulso negativo GMSS MegaSpark 7000 XF con parrilla de electrodos dual GeoSource-400.

La **fuente de alimentación Geo-Spark** tiene un rango de energía de salida variable, desde un mínimo de 100 J a la nominal máxima que se puede utilizar para ajustar el sistema para obtener mejores resultados de acuerdo con los objetivos científicos. Este tipo de fuentes utilizan sistema denominado Preserving Electrode Model, que reduce el desgaste de las puntas del sparker a prácticamente cero evitando paradas para recortar o sustituir los electrodos.

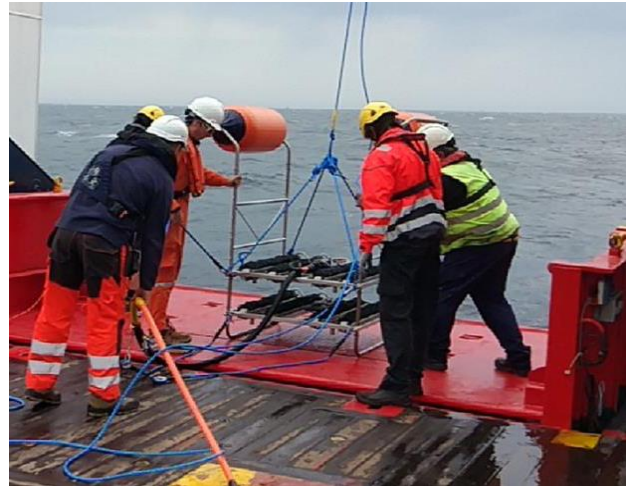
El sistema utiliza un interruptor tiristor de descarga de gran fiabilidad, es capaz de generar pulsos de alta tensión muy cortos (100 - 200 microsegundos) de hasta 10 kA a -5,6 kV DC. La batería integrada de condensadores internos está formada por cuatro módulos, cada uno de 32  $\mu\text{F}$ . Adicionalmente se acopla un módulo de capacitadores de 5 kJ aumentando la capacitancia a 288  $\mu\text{F}$  (128uF internal + 160 uF external).

Esta fuente está especialmente diseñada para alimentar los Sparkers Geo-Source multi-punta en el modo de descarga negativo. En este modo patentado los electrodos tienen un potencial negativo respecto al bastidor.

Todos los dispositivos deben tener derivación a tierra/mar. Esta es una medida de seguridad importante para eliminar el riesgo de voltajes peligrosos entre la máquina y la cubierta, con posibles daños al personal.

El **cable umbilical de alto voltaje** tiene diseño específico y probado para la transmisión de corriente eléctrica de alto voltaje con conexiones de alta calidad en ambos extremos. En su extremo sumergido, tiene la fase de tierra conectada a la estructura metálica de la parrilla de electrodos. La camisa exterior es de un grosor elevado, adecuado para garantizar su aislamiento y protección del cableado interno.

La **parrilla de electrodos** y sistema de flotación es el dispositivo sumergido y remolcado que libera súbitamente el pulso eléctrico de alto voltaje generado por los capacitadores. Capaz de generar un pulso sísmico entre 250Hz y 3kHz. La potencia de la señal generada capaz de penetrar en fondos oceánicos entre 2 y 1.500 metros de lámina de agua, con resolución vertical de hasta los 25 - 30 cm. La longitud de pulso es de 1ms. La profundidad de las parrillas se puede establecer desde 0.3 a 1.8 metros, según objetivos.



#### 03.1.1.3.- FUENTE SÍSMICA SPARKER. Metodología / Maniobra.

Para poder desplegar el catamarán con las parrillas de electrodos se requiere grúa auxiliar. También es necesario alejar lateralmente la fuente de la estela del barco, pues genera turbulencias y burbujas que generan atenuación en la fuente sísmica y ruido en el registro. Por estos motivos se ha optado por desplegarlo por la aleta del barco el que puede operar la grúa, alejada de crujía.

Se ha constatado que la maniobra adecuada es desplegar el Sparker por el costado aprovechando el tangón para separar streamer y catamarán, evitando enganches en los giros. Cabe especial atención de seguridad que el Sparker tiene tendencia a ir hacia la estela del barco, con el peligro de meterse bajo la quilla y enganchar con la hélice en las operaciones de largado y recogida. La grúa telescópica ha sido un elemento principal del despliegue y recogida, usándose para la boya de cola y el Sparker continuamente. El Sparker ha emitido un pulso sísmico limpio libre del ruido generado por el barco en su estela, cerca de la hélice.

#### 03.1.1.4.- FUENTE SÍSMICA SPARKER. Incidencias.

Ninguna.



### 03.1.2.1. SISTEMA DE CONTROL DE CAÑONES

El controlador de cañones se encarga de generar los pulsos que activarán las electroválvulas/solenoides así como de adquirir las señales procedentes de los sensores e hidrófonos instalados en cada uno de los cañones (señal "Near Field"). Estas son las que posteriormente utiliza el sistema para calcular las diferencias en el momento de disparo entre los cañones y aplicar las debidas correcciones para que el disparo se produzca con un error máximo de un milisegundo respecto al "Aim point", asegurando así la máxima amplitud posible de la señal emitida y que la señal sea de fase mínima.

En todo momento se monitoriza la señal de respuesta de cada uno de los cañones al generarse la burbuja. Se controlan diferentes parámetros para ajustar y garantizar la perfecta sincronía de todos ellos. Es de gran importancia para la generación de un frente de ondas sísmicas único y limpio que todos los cañones emitan al unísono.

El sistema en conjunto está configurado para poder disparar y sincronizar hasta 96 cañones de tipo BOLT, SLEEVE ó GGUN I y II.

Está formado por los siguientes elementos:

a) Controlador de cañones *Big Shot*<sup>®</sup> de *Real Time Systems*<sup>®</sup>

Nuestro controlador de cañones *Big Shot*<sup>®</sup> v. 2.57 es capaz de disparar y sincronizar hasta un total de 96 cañones, y alimentar y digitalizar las señales provenientes de 48 hidrófonos y otros tantos sensores de presión/profundidad. El sistema está compuesto por una consola que controla el instante de disparo y fuentes de alimentación cada 8 cañones y otros tantos sensores.

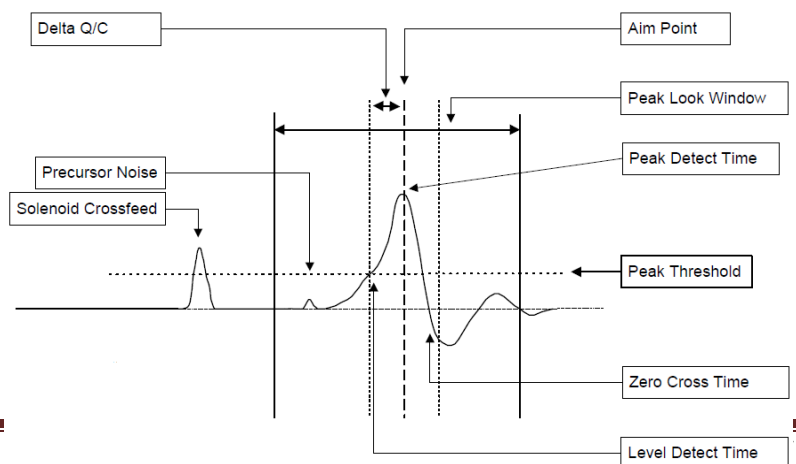
b) Ordenador que gestiona el controlador con el interfaz de usuario cliente.

Un ordenador dedicado exclusivamente al funcionamiento del programa *Big Shot*<sup>®</sup> V2.1. El programa es capaz de visualizar los parámetros de control de la consola, así como las señales provenientes de los sensores de los cañones u otros sensores que se pueden usar con el controlador.

c) Dispatch pannel

Gestiona las conexiones entre el controlador de cañones y los umbilicales que soportan los cañones de aire. Contiene también las conexiones de los módulos de rGPS de cada ristra.

El disparo de los cañones (aiming point) se produce **50 ms** después de la recepción del pulso procedente de la navegación (fix point). El *fix point* se produce 0.1 ms después de la generación del pulso, que indica que se ha llegado al segundo correspondiente a un nuevo disparo, por lo que el disparo real de los cañones se calcula a tiempo real para cada segundo. En el instante programado de la generación del la fuente sísmica se genera un pulso denominado CTB (Clock Time Break). Este instante es datado y se incluye en los telegramas generados tras cada disparo, hora UTC. Para entender con más detalle la secuencia de disparo ver los esquemas que se muestran a

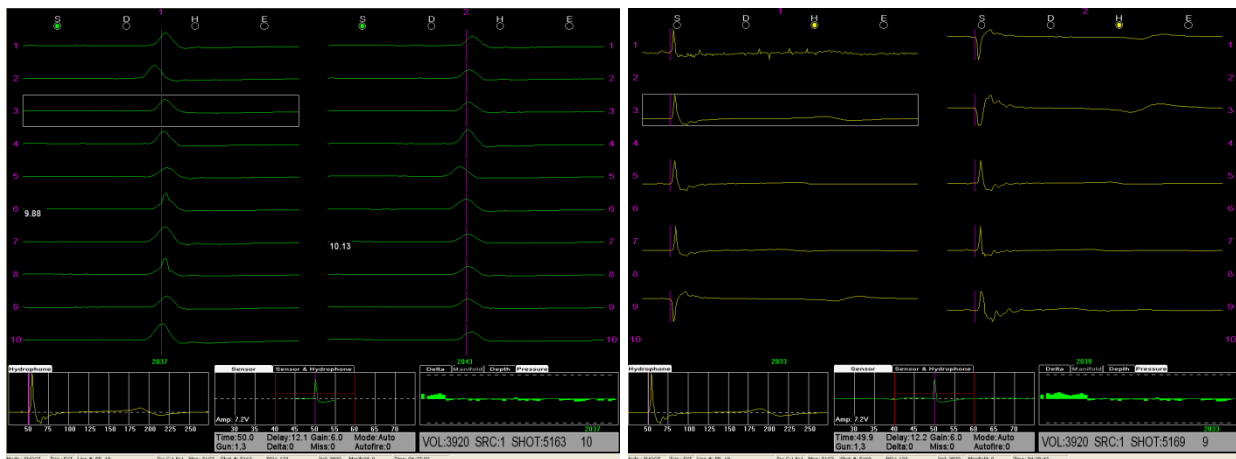


continuación.

Figura 9 . Esquema de generación del pulso en controlador cañones.

Justo en el momento de disparo, en el punto de *Fire Time Break* se suma la señal procedente de cada sensor en todos los cañones. El inicio de registro tanto en multicanal se produce con el pulso generado por el sistema de navegación.

En las figuras siguientes podemos ver una representación visual de la sincronización de un disparo y monitorización de los sensores instalados a lo largo de todas las ristas de cañones.



Figuras 10, 11 y 12. Detalle de funcionamiento del controlador de cañones y sincronía en la generación de la fuente sísmica.

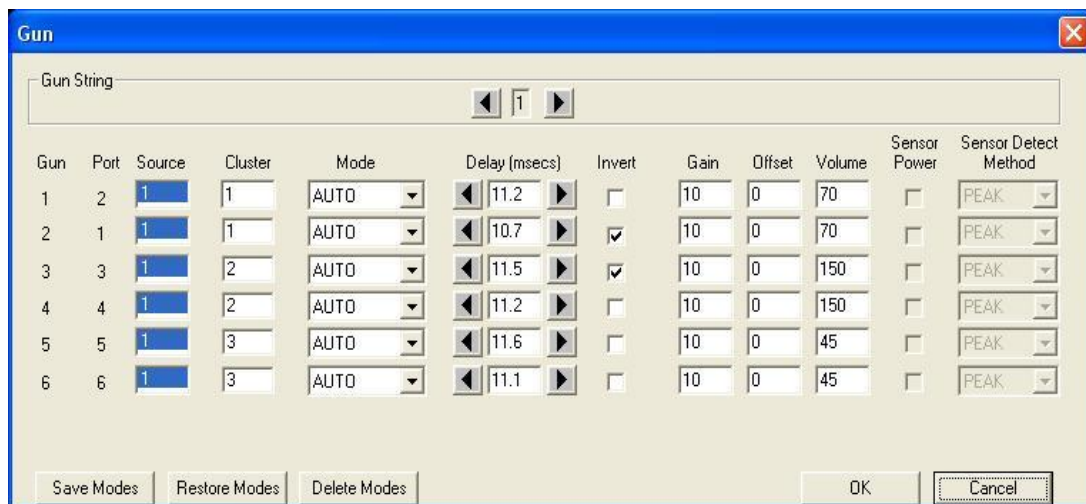


Figura 13. Control de la instrumentación y visualización de los tiempos de retraso/adelanto en cada cañón por disparo, forzándolos a implosionar todos juntos en el "aim point".

### 03.1.3.1.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Descripción.

Para el registro de las señales sísmicas procedentes del “streamer” monocanal se emplea el sistema Delph Seismic Plus® de la casa IXSEA®. El sistema está basado en una plataforma de dos procesadores, consta de una tarjeta de adquisición de hasta 24 canales, con generación independiente del *trigger* interno ó recepción externa vía coaxial BNC. Inmediatamente después de de recibir el trigger del sistema de navegación se inicia el tiempo de registro. Además, dispone de una tarjeta multipuertos serie por donde el sistema recibe vía puerto serial los datos de navegación para georeferenciar el registro sísmico. Esta navegación primaria se graba en la cabecera y corresponde a la situación del GPS del barco (referencia 0,0 de este).

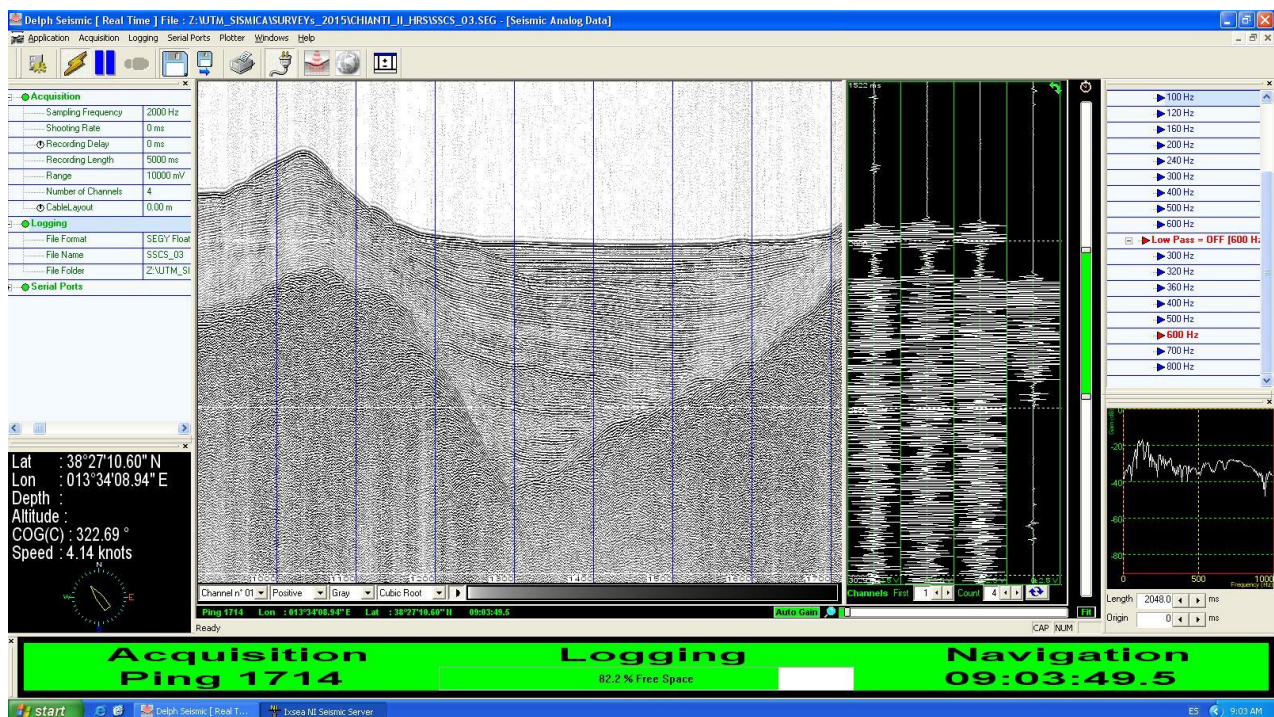


Figura 14. Detalle de registro en línea mediante Delph® Seismic Plus.

Se trata de un sistema de adquisición de canales o trazas sísmicas, completamente independiente y previo al procesado de señal posterior que se aplique. Se digitalizan la señal bruta y analógica proveniente de cada uno de los canales del “streamer” y se georeferencian con la posición recibida desde el GPS. Se pueden aplicar filtros sencillos del tipo pasa-banda, alta y baja frecuencia en la previsualización, no afectando al registro. El formato de registro se realiza en dos formatos SEG-Y a elegir por el operador, IBM o IEEE.

### 03.1.3.2.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Características técnicas.

Diferenciamos entre dispositivos de cubierta/laboratorio y los equipos desplegados.

#### Equipos de cubierta

Se compone de una estación de trabajo que digitaliza las señales provenientes de las cajas de alimentación y moduladoras de la señal de cada "streamer" analógico.

#### Equipos desplegados



El "streamer" multicanal analógico principal ha consistido en el nuevo 16.7x5.68 fabricado por SIG France®, con una longitud de 45.5 metros de sección activa (7 canales @ 6.5 metros).

El "streamer" funciona con una caja de alimentación eléctrica y moduladora/amplificadora en etapas de las señales de cada canal con opción de aplicar un filtro pasabanda hasta 75 Hz. Se ha mejorado el control de profundidad del streamer para evitar el ruido generado por el oleaje incorporando nuevos lastres específicos para este streamer, diseñados por el personal del departamento de Sísmica de UTM.

"streamer" S.I.G. 16.7x5.68	
Número de canales	7
Separación entre canales	6.5 m.
Elementos por canal	5
Sensibilidad de los hidrófonos SIG 16	- 183 dB, re 1V/μPa, +- 1 dB
Capacitancia	18.0 ± 1,0 nFd @ 20 °C and 1 kHz
Longitud de las secciones activas	45.5 m.
Rango de frecuencias de respuesta	5 Hz – 3000 Hz
Longitud total desplegable	193 m
Profundidad del "streamer"	0.5 - 50 m

Tabla 1. Características técnicas del "streamer" SIG®

### 03.1.3.3.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Metodología/Maniobra.

Aunque se han desplegado los dos "streamers" analógicos para evaluación de resultados por el equipo científico, ha sido el "streamer" SIG de 7 canales el principal y usado en todas las zona de trabajo. La distribución y offsets se incluye previamente en este informe.

### 03.1.3.4.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Incidencias.

Ninguna en los sistemas. Encontramos el tangón de estribor del barco inoperativo, con muy pobres condiciones de mantenimiento en los rodamientos. El contraestre tuvo que cambiar en campaña el cabo de las pastecas, con peligro de rotura inminente.

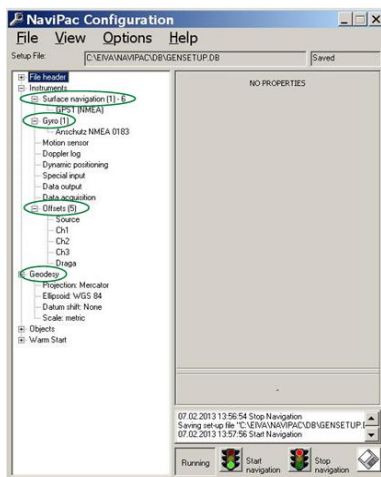
### 03.1.4.1.- SISTEMA DE NAVEGACIÓN. Descripción.

El sistema de navegación está formado por los siguientes elementos:

- Sistema de posicionamiento global. Este es el software utilizado para geo-referenciar todos los equipos acústicos y objetos dinámicos de la UTM en levantamientos sísmicos.
- PC de adquisición y control.
- Software: EIVA® NaviPac.

### 03.1.4.2.- SISTEMA DE NAVEGACIÓN. Metodología.

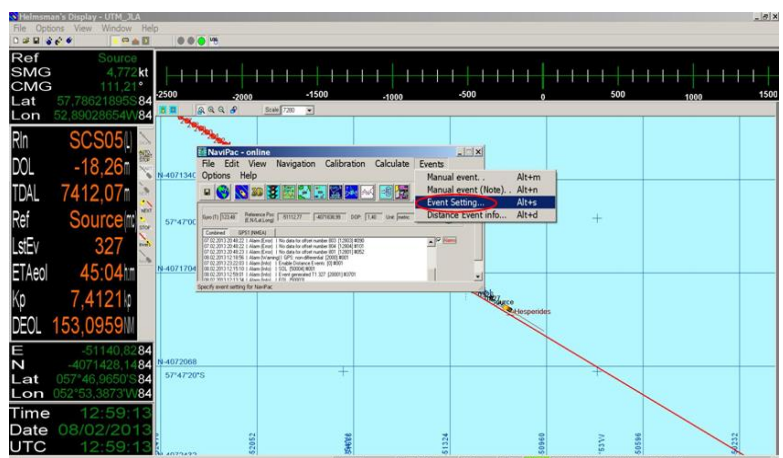
EIVA® Navipac consta de dos programas principales que controlan al resto.



**NaviPac Config:** este software es el de configuración de todos los elementos del sistema.

Desde aquí se activan el resto de programas. Controla la geodésia y protocolos de comunicación de entrada y salida de todos los dispositivos y pulsos. Es el módulo de gestión de la geometría y offsets de cada elemento, sea físico o calculado.

**NaviPac Online:** este programa es que controla la navegación, la adquisición, los eventos y la visualización. Tiene, entre otros, los siguientes programas asociados:



- Generación/cálculo de eventos
- GPS Status.
- Input Monitor
- Log Data
- Helsman Display (Generación de líneas, Selección de líneas, Inicio de la adquisición, Control de la navegación, Generación de waypoints).

Para generar pulsos (“trigger”) a dispositivos implicados en la sincronización de fuente sísmica y adquisición se emplea una **caja con 4 salidas de eventos**. Caja distribidora de señales provenientes de una entrada BNC a cuatro salidas BNC.

El sistema de navegación proporciona al operador la posibilidad de generar pulsos, “trigger in”, para iniciar la adquisición sísmica de puntos equidistantes en el espacio deseado o equitemporales con el período de tiempo deseado.

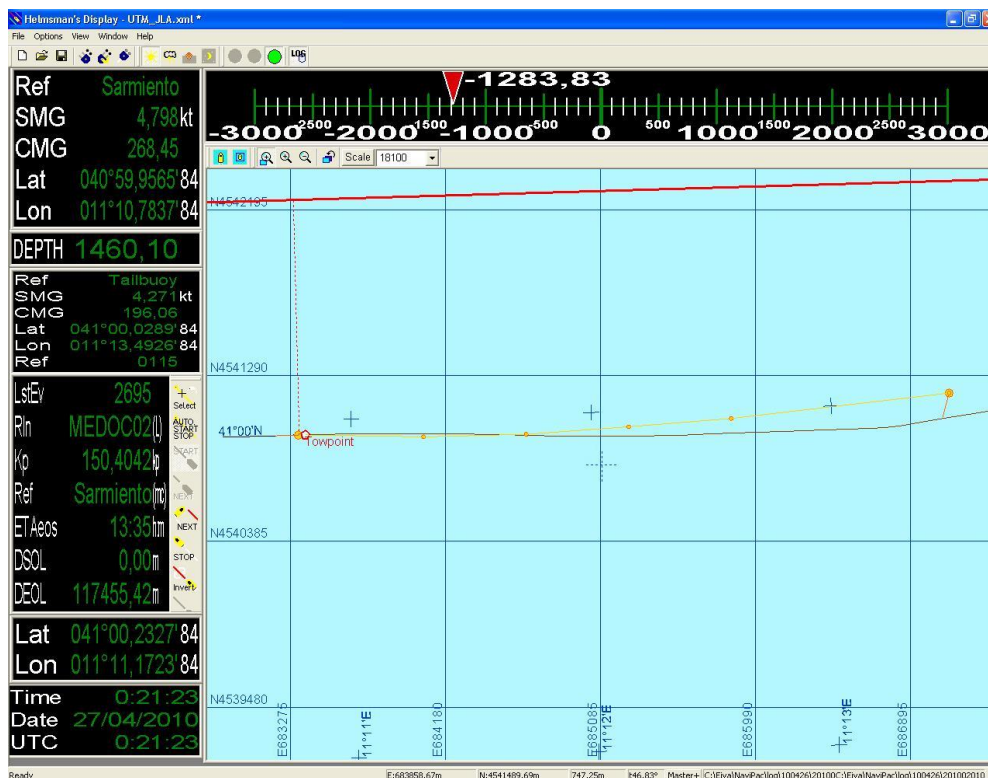
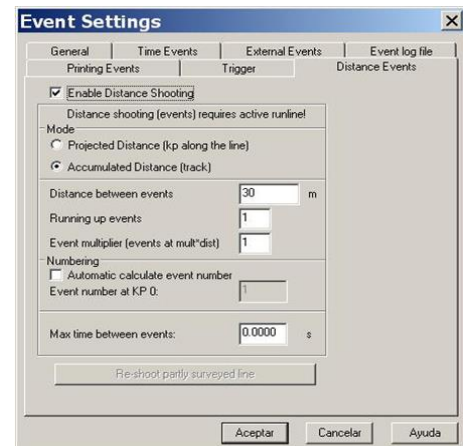


Figura 15. Visualización y control a tiempo real de la posición del “streamer” y equipos auxiliares.

En el Anexo I están definidos cada uno de los elementos de los streamers multicanal con sus offsets relativos.

#### 03.1.4.4.- SISTEMA DE NAVEGACIÓN. Incidencias

Numerosos saltos de posicionamiento y pérdida de señal GPS. Interrupción de señal con correcciones diferenciales, lo que ha provocado eventos no disparados o realizados dentro de la ventana de registro aún abierta. Requiere de revisión y filtrado pre-procesado de señal sísmica.

#### 03.1.5.1.- SISTEMA DE PROCESADO SISMICO. Descripción.

Durante toda la campaña se ha realizado un control de calidad de todas las líneas registradas. Es un pre-procesado simple con el que se pretende revisión de que todos los datos sísmicos y de navegación se han registrado correctamente.

En tiempo real y post-registro, se ha procedido a comprobar que todos los canales han adquirido correctamente revisando cada una de las trazas en todos los perfiles.

Post-registro se ha procedido a restituir la geometría, filtrar las frecuencias bajas detectadas como ruido y sumar las trazas para ver coherencia en cada uno de los perfiles.

Se ha constatado es muy importante la determinación de la geometría, por lo que con offsets relativos deben ser comprobados y ajustados post-adquisición. Así se ha realizado en esta campaña. Si no se posicionan exactamente los canales no se realiza correctamente el "stack".

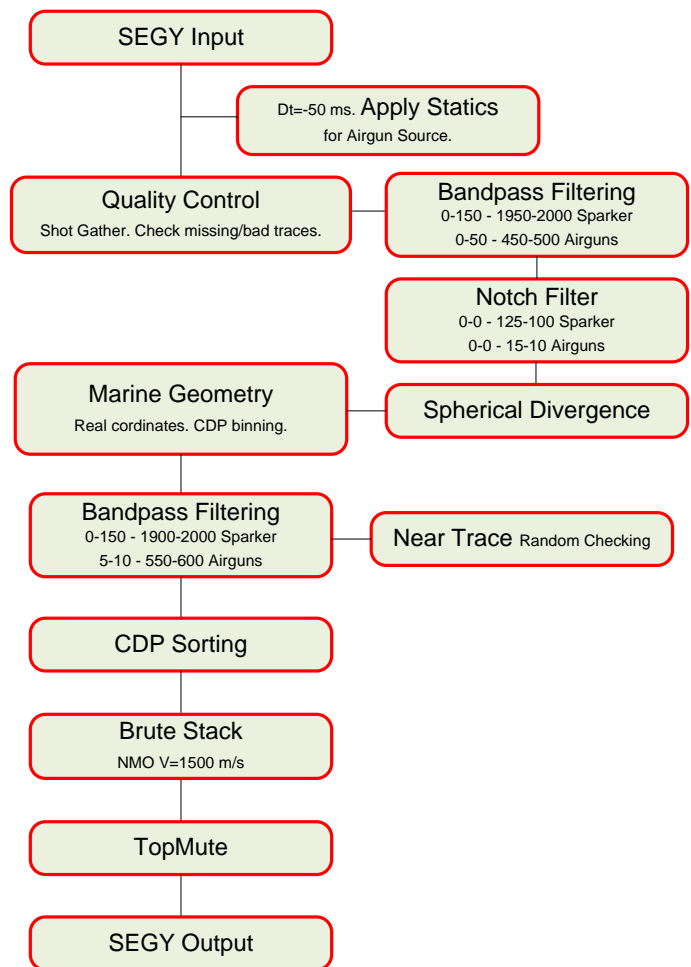


Figura 16. "Flow" del pre-procesado sísmico realizado a bordo por UTM-CSIC.

### 03.1.5.2.- SISTEMA DE PROCESADO SISMICO. Metodología.

Para tal efecto se ha instalado una estación de trabajo DECO® RadEx-Pro con conexión directa al sistema de adquisición para monitorizar en tiempo real la calidad de los datos y realizar un "stack" post-registro.

Este sistema de procesado de señal sísmica ha sido expresamente diseñado para procesar registro sísmico HR / UHR marino multicanal en profundidad, de refracción y QC 2D y 3D en tiempo real. Implementa decodificación avanzada, estática offshore de alta resolución, "signature" (estimación automática de wavelet, deghosting, debubbling, deconvoluciones), algoritmos demultiples eficaces para multicanal (SRME) e incluso datos de un solo canal (Zero Offset Multiple Attenuation). También puede realizar migraciones.

Procesos implementados para control de calidad en tiempo real:

- Control de fuente: firma de hidrofono de campo cercano, amplitud de pico de burbuja, tiempo de pico de burbuja, período de burbuja, profundidad de remolque de fuente, identidad de energía de fuente de flip-flop.
- Productos de control de datos: recopilaciones de tiros, recopilaciones de trazas cercanas, amplitudes SOR / EOR / TARGET RMS, amplitudes señal / ruido, relación señal-ruido, pilas 2D en tiempo real, análisis de frecuencia.

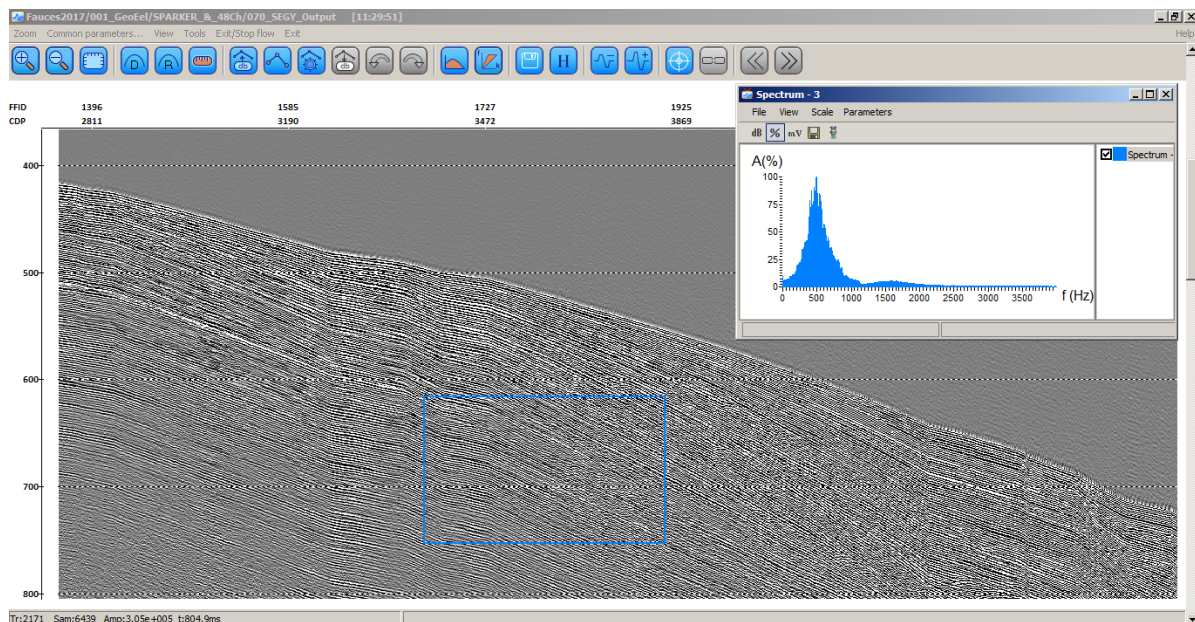


Figura 17 . Interfaz de visualización de RadEx-Pro.



---

### 03.1.5.3.- SISTEMA DE PROCESADO SISMICO. Incidencias

Ninguna

03.1.6.1.- ANEXOS.

Anexo I. Análisis QC Adquisición sísmica.

Date	Line	Sequence	NAV First Shoot	First good shoot	Last good shoot	Power (J.)	Volume (cu.in.)	Sampling Rate (ms.)	Recording length (s.)	RAW	Channels vs. CDPs	Pre-Process	Brute Stack	Top Mute	Comments
20/02/2019	L01	1	23	1	1480		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L02	1	30	1	403		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L03	1	33	1	1299		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L04	1	9	1	288		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L05	1	16	1	1023		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L06	1	15	1	273		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L07	1	12	1	1030		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L08	1	5	1	152		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L09	1	3	1	1030		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
21/02/2019	L10	1	19	1	128		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L11	1	3	1	646		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L12	1	21	1	205		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L13	1	21	1	1012		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L14	1	5	1	145		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L15	1	4	1	1138		45-415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L16	1	3	1	145		265	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
23/02/2019	L17	1	21	1	1156		265	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L40	1	35	1	969		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L41	1	26	1	499		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L42	1	17	1	1091		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L69a	1	28	1	443	3850		0.25	2.25	*	3	✓	✓	✓	
	L69b	1	54	1	773	4950		0.25	2.0	*	3	✓	✓	✓	
	L71	1	49	1	1263	4950		0.25	2.0	*	2	✓	✓	✓	
25/02/2019	L72	1	32	1	775	4400		0.25	2.0	*	2	✓	✓	✓	
	L73	1	33	1	736	4400		0.25	2.0	*	3	✓	✓	✓	
	L74	1	9	1	268	4400		0.25	2.0	*	2	✓	✓	✓	
	L75	1	22	1	632	4400		0.25	2.0	*	2	✓	✓	✓	
	L77	1	4	1	531	4400		0.25	2.0	*	3	✓	✓	✓	
	L79	1	17	1	743	4400		0.25	2.0	*	2	✓	✓	✓	
	L80	1	14	1	942	4400		0.25	2.0	*	3	✓	✓	✓	
	L91	1	16	1	1024		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L92	1	13	1	174		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L93	1	11	1	891		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
26/02/2019	L94	1	12	1	191		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L95	1	10	1	947		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L163	1	9	1	1081		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
26/02/2019	L164	1	7	1	323		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L165	1	12	1	741		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
01/03/2019	D07	1	47	1		3850		0.25	2.0	*	7				Not be processed. Repeated line as D07b.seg
	D15	1	1	1	422	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D14	1	1	1	445	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D13	1	1	1	577	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D10	1	1	1	507	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D12	1	1	1	642	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D11	1	1	1	648	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D09	1	1	1	411	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D08	1	1	1	444	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	T08b	1	1	1	164	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D06	1	1	1	946	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D07b	1	1	1	1015	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	T07	1	1	1	397	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D05	1	1	1	880	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D03	1	1	1	693	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D21	1	1	1	224	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D04	1	1	1	814	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
03/03/2019	D01	1	1	1	518	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D02	1	1	1	672	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D17	1	1	1	321	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D22a	1	1	1	81	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D22	1	1	1	452	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D23	1	1	1	340	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D18	1	1	1	382	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D16	1	1	1	269	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D20	1	1	1	261	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D24	1	1	1	794	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D26	1	1	1	169	3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
	D25	1	1	1		3850		0.25	2.0	✓	7	✓	✓	✓	
04/03/2019	L190	1	17	1	1306		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L192	1	8	1	1171		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L193	1	25	1	1406		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L194	1	7	1	127		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L195	1	3	1	1383		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	
	L196	1	3	1	1350		415	0.5	6.0	✓	7	✓	✓	✓	

ANEXO II. MODELIZACIÓN FUENTE SÍSMICA GUNDALF®.

## GUNDALF REVISION AIR8.1M, DATE 2017-12-14, EPOCH 2017-08-10

Tue Jan 29 14:09:06 Hora estándar romance 2019 (JLA)

This report is copyright [Oakwood Computing Associates Ltd.](#) 2002-. The report is automatically generated using [GUNDALF](#) and it may be freely distributed in whole or in part provided it retains copyright identifiers.

Author: Jose Luis ALONSO

Author Organisation: UTM-CSIC

Customer Organisation: CSIC

Survey Details: Antartica waters

### CONTENTS

- [Signature filtering policy](#)
- [Some notes on the modelling algorithm](#)
- [Array summary](#)
- [Modelling summary](#)
- [Array geometry and gun contribution](#)
- [Array centres and timing](#)
- [Array directivity](#)
- [Signature characteristics](#)
- [Acoustic energy characteristics](#)
- [Drop-out characteristics](#)
- [Inventory usage](#)
- [Gundalf calibration details](#)

### SIGNATURE FILTERING POLICY

For marine environmental noise reports, Gundalf performs no signature filtering other than that inherent in modelling at a sample interval small enough to simulate an airgun array signature at frequencies up to 50kHz, and any requested marine animal weighting functions.

For all other kinds of reports, Gundalf performs filtering in this order:-

- If a pre-conditioning filter is chosen, for example, an instrument response, it is applied at the modelling sample interval.
- If the output sample interval is larger than the modelling sample interval, Gundalf applies appropriate anti-alias filtering. (This can be turned off in the event that anti-alias filtering is included in the pre-conditioning filter, in which case Gundalf will issue a warning.)
- Finally, Gundalf applies the chosen set of post-filters, Q, Wiener and band-pass filtering as specified, at the output sample interval. If none are specified, (often known as unfiltered), only the above anti-alias and/or pre-conditioning are applied.

In reports, when filters are applied, they are applied to the notional sources first so that signatures, directivity plots and spectra are all filtered consistently. The abbreviation muPa is used for microPascal throughout.

Finally note that modelled signatures always begin at time zero for reasons of causality.

## ANTI-ALIAS AND PRE-CONDITION FILTERING

In this case, no pre-conditioning filter has been applied.

In this case, no anti-alias filtering was necessary.

## POST FILTERING

Details of the post-filtering used in this report follow. Post filters are applied at the output sample interval after any pre-conditioning and anti-alias filters have been applied.

### Q FILTERING

No Q filtering performed.

### WIENER FILTERING

No Wiener filtering performed.

### BAND-PASS FILTERING

No band-pass filtering performed.

## SOME NOTES ON THE MODELLING ALGORITHM

The Gundalf airgun modelling engine is the end-product of 15 years of state of the art research. It takes full account of all air-gun interactions including interactions between sub-arrays. No assumptions of linear superposition are made. This means that if you move sub-arrays closer together, the far-field signature will change. The effect is noticeable even when sub-arrays are separated by as much as 10m.

The engine is capable of modelling airgun clusters right down to the 'super-foam' region where the bubbles themselves collide and distort. It has been calibrated against both single and clustered guns for a number of different gun types under laboratory conditions and accurately predicts peak to peak and primary to bubble parameters across a very wide range of operating conditions.

In many cases, the predicted signatures are good enough to be used directly in signature deconvolution procedures.

## ARRAY SUMMARY

The following table lists the statistics for the array quoted in various commonly used units for convenience. Note that the rms value is computed over the entire modelled signature. Conservative error bounds for the main signature characteristics of peak to peak, primary to bubble and bubble period are also shown. These represent 95% confidence intervals for the Gundalf model against its calibration data.

Array parameters ...	
Number of guns	4
Total volume (cu.in.)	415.0 ( 6.8 litres)
Peak to peak in bar-m.	22.6 +/- 0.569 ( 2.26 +/- 0.0569 MPa, ~ 247 db re 1 muPa. at 1m.)
Zero to peak in bar-m.	12.3 ( 1.23 MPa, 242 db re 1 muPa. at 1m.)
RMS pressure in bar-m.	0.942 ( 0.0942 MPa, 219 db re 1 muPa. at 1m.)
Primary to bubble (peak to peak)	14.2 +/- 1.57
Bubble period (s.)	0.113 +/- 0.00439
Maximum spectral ripple (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	9.78
Maximum spectral value (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	195
Average spectral value (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	192
Total acoustic energy (Joules)	12292.4
Total acoustic efficiency (%)	13.1

## ARRAY GEOMETRY AND GUN CONTRIBUTION

The following table lists all the guns modelled in the array along with their characteristics. The last column is completed only if the array has actually been modelled during the interactive session and contains the approximate contribution of that gun as a percentage of the peak to peak amplitude of the whole array. Please note the following:-

- The peak to peak varies only as the cube root of the volume for the same gun type so that even small guns contribute significantly. This is particularly relevant to drop-out analysis.
- The peak to peak can also be depressed due to clustering effects as reported by Strandenes and Vaage (1992), "Signatures from clustered airguns", First Break, 10(8).

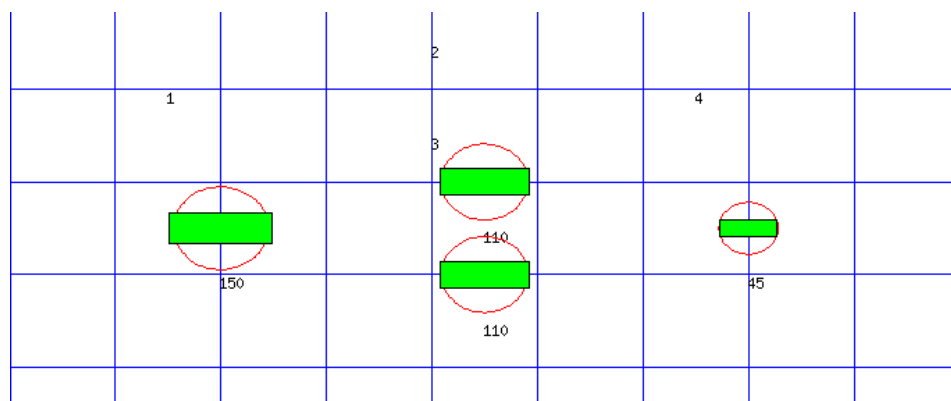
**Gun Pressure (psi) Volume (cuin) Type x (m.) y (m.) z (m.) delay (s.) sub-array p-p contrib (pct.)**

Gun	Pressure (psi)	Volume (cuin)	Type	x (m.)	y (m.)	z (m.)	delay (s.)	sub-array	p-p contrib (pct.)
1	2000.0	150.0	G-GUNII	30.000	0.000	5.000	0.00000	1	28.5
2	2000.0	110.0	G-GUNII	32.500	-0.500	5.000	0.00000	1	25.4
3	2000.0	110.0	G-GUNII	32.500	0.500	5.000	0.00000	1	25.5
4	2000.0	45.0	G-GUNII	35.000	0.000	5.000	0.00000	1	20.6

The array is shown graphically below.

Hydrophone position: Infinite vertical far-field

<----- Direction of travel ----->, 1 m. grid, plan view



The red circles denote the maximum radius reached by the bubble. Please note that pressure-field interactions take place over a much larger distance than this, (typically 10 times larger). However when bubbles touch or overlap, super-foam interaction can be expected. In this zone, significant peak AND bubble suppression will normally be observed.

Note also that a green rectangle represents a single gun and an orange rectangle indicates that the gun is currently dropped out. Where present, a yellow rectangle represents a vertical cluster (V.C.) of guns. Please see the geometry table above for more details. The small number to the above left of each gun is its reference number in this table. For clusters of guns, these reference numbers mirror the symmetry of the cluster.

## ARRAY CENTRES AND TIMING

The following diagram shows the array geometric centre, the centre of pressure and the centre of energy defined as follows:-

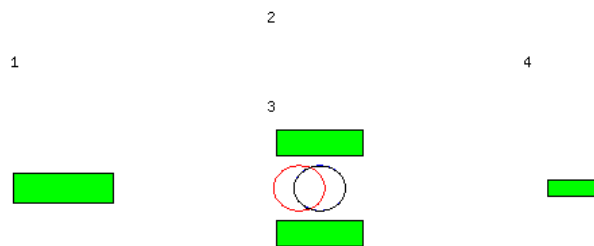
- The array geometric centre is defined to be the centre of the rectangle formed by the largest and smallest x and y values of the active guns (non-active guns are ignored). This is shown as a blue circle.

- The centre of pressure is defined to be the array centre when each active gun position is weighted by its contribution to the overall peak to peak pressure value. This is shown as a red circle.
- The centre of energy is computed by weighting the coordinates by the self-energy of the active gun at that position. In an interacting array this may be a long way from the centre of pressure as some guns may absorb energy giving a negative self-energy. This is shown as a black circle.

Depending on how first breaks are calculated, these can be used for first break analysis.

Dropped out guns are shown as orange rectangles whilst live guns are shown as green rectangles.

### Array centres



The geometric centre is at ( 32.5, 0, 5)

The centre of pressure is at ( 32.3,0.000638, 5)

The centre of energy is at ( 32.5, 0.00221, 5)

Note that Gundalf by default uses the deepest gun to define time zero for the vertical far-field and it uses the nearest gun to the observation point to define time zero if an observation point is specified. This means that if one gun is accidentally run deep, this will cause the bulk of the signature to appear to be delayed. It is still a research question how an airgun array should be timed. There are several candidates as defined above but it is not currently clear which if any is appropriate in complex scenarios such as Ocean Bottom Deployment.

### Array directivity

The following tables show the inline and crossline directivity of the array in both (angle-frequency) and (angle-amplitude) form and optionally, the azimuthal directivity (theta-phi) form.

*Note that the effects of cable ghosting if present are not shown in Gundalf directivity displays although source ghosting is included. This matches common practice in such displays.*

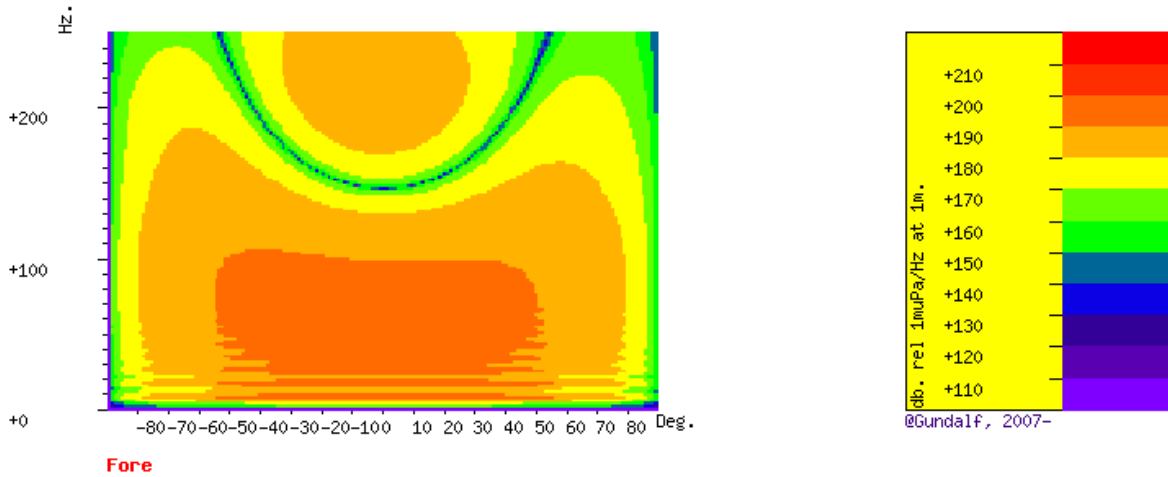
For inline directivity displays, the x-axis is the inline angle from the vertical with the word **fore** indicating the end nearest the boat. For crossline directivity displays, the x-axis is the crossline angle from the vertical with the word **port** indicating the port side.

Note that *inline* is used nominally to mean any angle within +/- 45 degrees of the boat direction (which corresponds to a bearing of zero degrees). Similarly, *crossline* is used nominally to mean any angle within +/- 45 degrees of the perpendicular to the boat direction which is measured as a bearing of 90 degrees, (i.e. starboard). The nominal inline and crossline angles can be set by the user in the report options. The values used are indicated in the diagram titles below as bearings.

Where shown, the azimuthal plots show contours at four chosen frequencies as a function of phi (angle from the x-axis, opposite to the boat direction) and theta (the angle from the vertical). A bearing of zero degrees corresponds to a value of phi of 180 degrees.

### ANGLE-FREQUENCY FORM

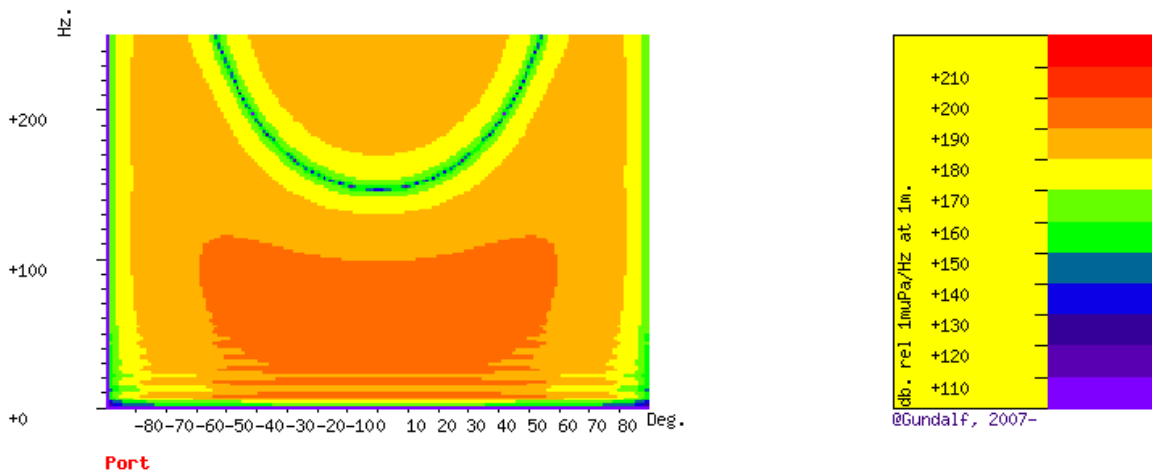
The following tables show the inline and crossline directivity of the array in (dip angle-frequency) form. Both plots are scaled as dB. relative to 1  $\mu\text{Pa}$ . per Hz. at 1m.



Fore

Inline directivity, bearing = 0 degrees

Crossline directivity, bearing = 90 degrees

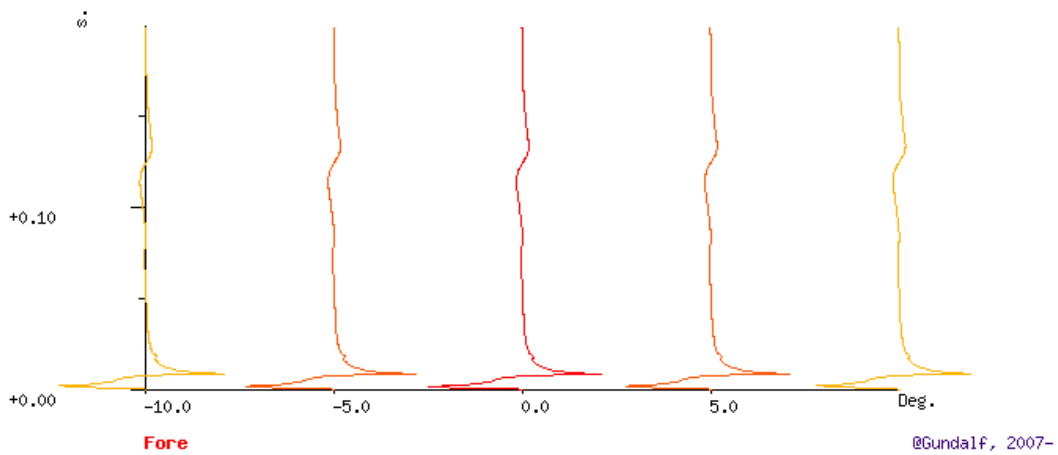


Port

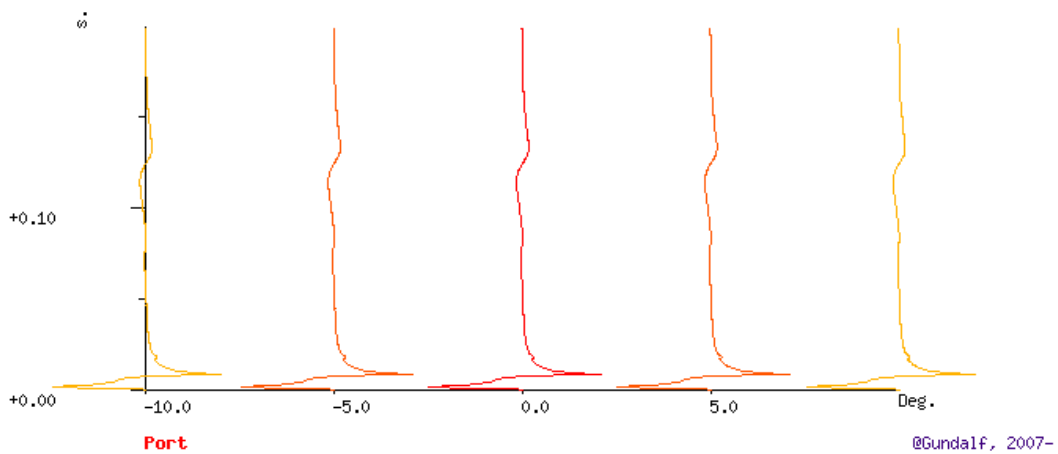
### ANGLE-AMPLITUDE FORM

The following tables show the inline and crossline directivity of the array in (dip angle, amplitude) form. The computed signature (or under option the amplitude spectrum) for each angle is shown in colour varying from red signatures shown in the centre, shading to blue at the furthest angles computed. The vertical scale indicates the type of plot, time or frequency. Both types of plot are individually scaled and plotted with the same units as the corresponding plots in the Signature Characteristics section.

#### Inline directivity, bearing = 0 degrees



#### Crossline directivity, bearing = 90 degrees





## SIGNATURE CHARACTERISTICS

The following tables show the signature parameters, the signature and the amplitude spectrum of the modelled signature.

The amplitude spectrum is shown in units of dB. relative to 1 muPa. per Hz. at 1m.

The position of the bubble by default is determined internally but can be overridden by interacting with the modelled signature using the right hand mouse button to determine the start of the bubble.

## SIGNATURE AND STATISTICS

The following table includes error bounds for the primary characteristics of an airgun signature: peak to peak, primary to bubble and bubble period.

Airgun modelling programs like Gundalf must be calibrated against real data and no computational model is any better than the quality of that calibration. Calibration datasets however are themselves subject to experimental error so Gundalf is calibrated to best fit the various datasets which are used across the extensive range of volumes, pressures and depths available.

In practice, such experimental errors arise for a variety of reasons including

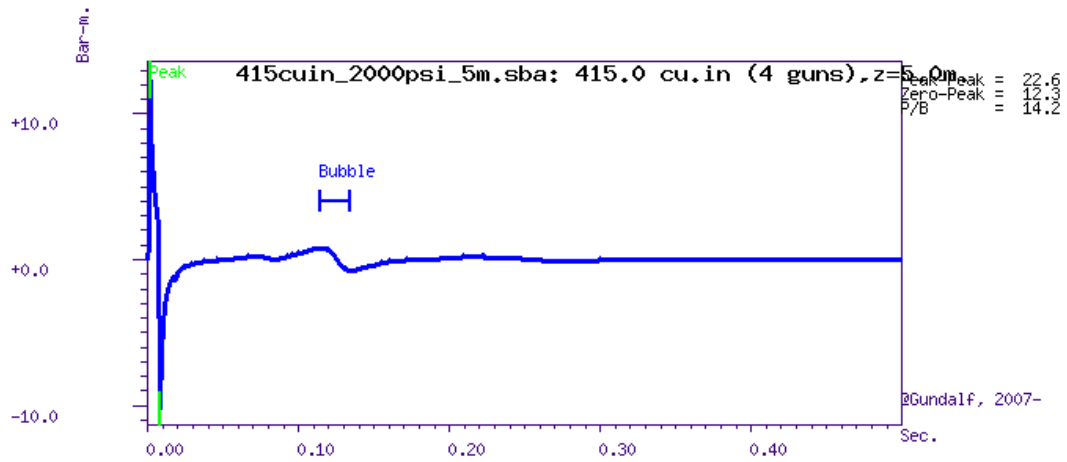
- Depth inaccuracies. These are usually around 3-5% even in the best facilities particularly if there is sea surface movement.
- How frequently the gun is being cycled during measurement. This is rarely recorded but a warmed up gun might be 50deg C warmer than the sea, changing its normal peak-to-peak and other parameters by 5-10% compared with when it is first fired.
- Filtering differences. Filtering is recorded but filtering errors are still more frequent than we would like and analog filter v. digital filter differences are also sometimes a factor.

As a guideline, typical individual errors across different measurement datasets for the best-calibrated guns are of the order of 5% for peak to peak, 15% for primary to bubble and 2% for bubble periods.

Individual gun errors are calculated from the data shown in Help -> Calibration (which themselves accumulate gun data from different sources) and the resulting array error bounds are calculated by accumulating these errors for each gun in the array. The error bounds are calculated as 95% error bounds and for simplicity assume that errors are non-correlated although in practice some are systematic. The total error bound is always greater than any of the individual error bounds and is strongly influenced by the largest gun contributions.

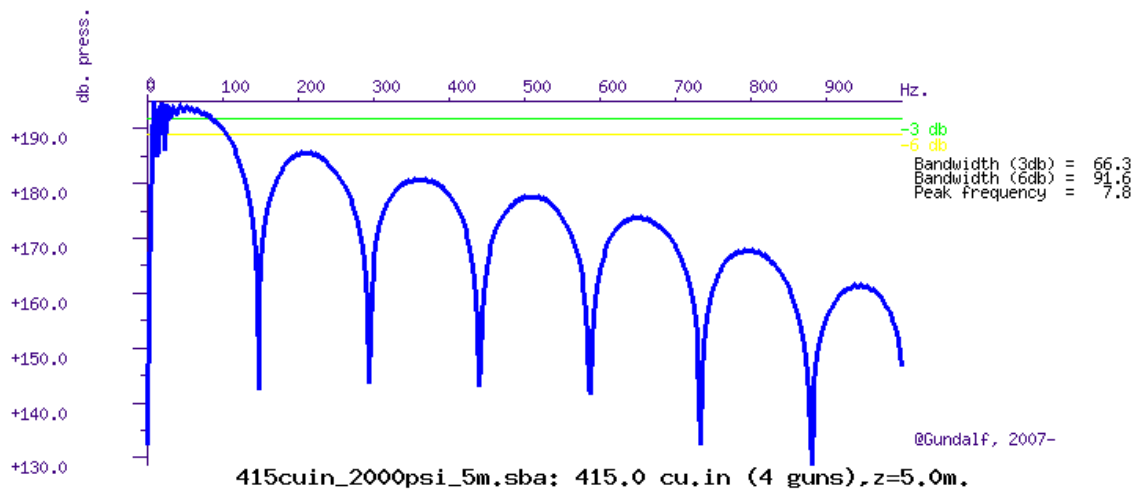
The error bounds simply mean that *it is very likely that the true values for these primary characteristics will be within the ranges shown, but it is not possible to be more precise.* If other comparison data or models indicate values outside this range, this means that those data or models are very likely to be *incompatible* with Gundalf's calibration data. This may be due to several causes as described above. For more on calibration see Gundalf's calibration Help pages.

Peak to peak in bar-m.	Zero to peak in bar-m.	Primary to bubble (peak to peak)	Bubble period (s.)
22.6 +/- 0.569	12.3 +/- 0.284	14.2 +/- 1.57	0.113 +/- 0.00439

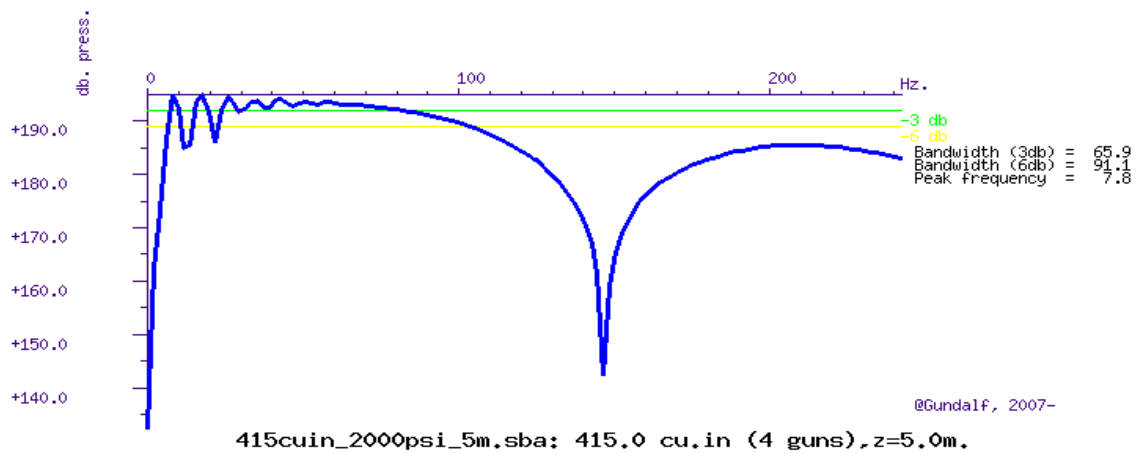


**FILTERED AMPLITUDE SPECTRUM**

Amplitude spectrum. Amplitude Units are dB. relative to 1 muPa / Hz. at 1m.



Close up of amplitude spectrum



### Modelling summary

The following table lists the modelling parameters for the array quoted in various commonly used units for convenience.

Signature parameters ...	
Output sample interval (s.)	0.0005
Number of samples in signature	1000
Duration of signature (s.)	0.500
Modelling sample interval (s.)	0.0005
Observation point	Infinite vertical far-field
Bubble search start time (s.)	0.04 (Auto)
Filter parameters ...	
Signature filtering details	OFF
Q filtering	OFF
Wiener deconvolution	OFF
Sea Surface parameters ...	
Source ghost	ON
Reflection coefficient	-1.00
Source ghost estimation method	Direct
Streamer 1 ghost	OFF
Streamer 2 ghost	OFF
Physical parameters ...	
Sea temperature (C)	4
Velocity of sound in water (m./s.)	1466
Expected dominant frequency in signature (Hz)	20.0
Observed wave height (m)	0.0
Gun controller parameters ...	
RMS gun controller variation (s.)	0.0

### Acoustic energy characteristics

The following table lists the individual gun contributions to the acoustic energy field in joules. A negative value means the gun is actually absorbing energy. This is very common in interacting arrays. It does not however mean that the gun is damaging the array performance. Rather it is acting as a catalyst to allow the other guns to perform more efficiently. The total acoustic energy gives the true performance of the array as a whole. See Laws, Parkes and Hatton (1988) Energy-interaction: The long-range interaction of seismic sources, Geophysical Prospecting (36), p333-348 and 38(1) 1990 p.104 for more details. Note that internal energy is not included in the data below. The true acoustic efficiency of airgun arrays is typically < 5% of the total initial energy.

#### OVERALL ACOUSTIC ENERGY CONTRIBUTION

Total acoustic energy output (j.)	Acoustic energy output due to energy-interaction (j.)	Total potential energy available in array(j.)	Percentage of total potential energy appearing as acoustic energy
12292.3	2976.5	93865.0	13.1%

#### INDIVIDUAL ACOUSTIC ENERGY CONTRIBUTIONS

Volume (cuin)	x (m.)	y (m.)	z (m.)	Acoustic energy contribution (j.)
150.0	30.00	0.00	5.00	3248.3
110.0	32.50	-0.50	5.00	2781.9
110.0	32.50	0.50	5.00	2836.2
45.0	35.00	0.00	5.00	3425.9

### Drop-out characteristics

Information only available in Gundalf Optimiser

### Gundalf calibration details

All modelling software requires calibration against convincing experimental data. Gundalf provides accurate modelling of airguns across a wide range of gun types, gun parameters and operating environments, however, we do not expect you to take this simply on trust. It is therefore our policy to keep users of Gundalf aware of its latest calibration status and up to date information is available under Help -> Calibration.

The latest information, including technical references can be found [here](#).

For sales enquiries please contact: [Gundalf sales](#).

Product code : GDF8.1Designer

Licensed to : jlonso@utm.csic.es

Organisation : UTM-CSIC

Maximum users : 1

ANEXO III. DIARIO SÍSMICO DE CAMPAÑA. DAILY LOG.

FIELD DATA										REMARKS	
SURVEY	ExploSea-I										
SCIENTIST CHIEF	Dr. Luis Somoza										
Distance from COS to stern: 42.5 m.											
Streamer depth: 0.5 m. / 1.0 m.											
Source depth: 5.0 m.											
Total power: Airguns 265 - 415 cu.in											
Sample rate: 0.5 ms											
DATE	UTC TIME	LINE	NAV Shot	Delph SHOT	POWER (cu.in.)	SIG Gain	Shooting Interval	Record length (s)	Sample Rate	REMARKS	
20/02/2019	1:23									Start Guns Deployment	
	1:45									End Guns Deployment	
	2:45									Streamer Deployment	
	1:58					45				Start Softstart	
	2:28					415				End Softstart	
	2:46									Line approach	
	3:54	L01	23	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL	
	7:55		1640	1480						EOL	
	9:04		30	1						SOL	
	9:15	L02	66	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Delph PC collapsing. Restart acquisition software.	
	10:17		509	403						EOL	
	10:49		33	1						SOL	
	14:01	L03	1169	1299	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL	
	14:06		9	1						SOL	
	14:50	L04	288	310	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL	
	14:51		16	1						SOL	
	15:57										Whales close to source. Stop shooting.
	16:00		442	503	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales out of protocol settled influencing cycle	
	16:52	L05	868								Whales close to source. Stop shooting.
	16:54		882								Whales out of protocol settled influencing cycle
	17:30		1129	1023							EOL
	17:33		15	1							SOL
	18:16	L06	317	273	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL	
	18:18		12	1							SOL
	20:14	L07	793	720	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales close to source. Stop shooting.	
	21:02		1131	1030							EOL
	21:09		5	1							SOL
	21:32	L08	171	152	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL	
	21:34		3	1							SOL
	22:23		324	297							Whales close to source. Stop shooting.
22:27	L09	351	320	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales out of protocol settled influencing cycle		
0:20		1127	1030							EOL	
0:26	L10	19	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL		
0:45		156	128							EOL	
1:23	L11	3	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL		
3:10		708	646							EOL	
3:21	L12	21	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL		
3:55		248	205							EOL	
4:01	L13	21	1	415	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	SOL		
6:45		1123	1012							EOL	
6:50	L14	5	1	415	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	SOL		
7:12		161	145							EOL	
7:14		4	1	415						SOL	
8:45										150 cu.in. Airgun off due to shallow waters. Seal Rock.	
8:56	L15			45	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	Minimum source power to check leakage		
9:15				265						150 cu.in. Airgun off due to shallow waters.	
10:07		1248	1138							Whales beside vessel. Up to over safety distance stop shooting.	
10:29		3	1							SOL	
10:51	L16	157	145	265	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	EOL		
10:52		21	1							SOL	
14:00	L17	1288	1156	265	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	EOL		
14:45	All seismic device on board. Finished Block 1.										
1:40										Start Guns Deployment	
2:00										End Guns Deployment	
2:15										Streamer Deployment	
2:20					45					Start SoftStart	
2:48					415					End SoftStart	
2:53	L40	35	1	415	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	SOL		
5:24		1092	969							EOL	
5:33	L41	26	1	415	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	SOL		
6:52		575	499							EOL	
6:58		17	1							SOL	
8:42	L42			415	2 dB	19.5	6.0	0.5 ms	Whales close to source. Stop shooting.		
0:00										Whales out of protocol settled influencing cycle	
10:00		1213	1091							EOL	
10:41	All seismic device on board. Additional lines on Block 1.										

FIELD DATA									
SURVEY		ExploSea-I							
SCIENTIST CHIEF		Dr. Luis Somoza							
Distance from COS to stern:		23.5 m.							
Streamer depth:		0.5 m. / 1.0 m.							
Source depth:		0.8-1.1 m.							
Total power:		Sparker 4.4 7Ji Sparker Airguns 415 cu.in							
Sample rate:		0.25 ms - 0.5 ms							

DATE	UTC TIME	LINE	NAV SHOT	Delph SHOT	POWER (cu.in.)	SIG Gain	Shooting Interval	Record length (s)	Sample Rate	REMARKS
25/02/2019	3:15									Start Soft-Start
	3:42	L69	28	1	3850 J	2 dB	6.5	2.25 s	0.25	SOL L69_002.segy
			236	186	4950 J	0 dB				EOL Lab power supply failure due to exceed demand power 220 V.
	4:07		532	443						SOL L69_003.segy
	4:19		54	1	4950 J	0 dB				EOL Lab power supply failure due to exceed demand power 220 V.
	5:04	L71	967	773			6.5	2.0 s	0.25	SOL Wind speed increasing
	5:17		49	1	4400 J	0 dB				Random failed channel 3. To be killed on processing flow. Noisy channel 2 to be checked.
	6:27		1481	1263						EOL
	6:31		32	1						SOL
	7:18	L72	922	775	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	Failed channel 3. To be killed on processing flow. Noisy channel 2 to be checked.
	7:25		33	1						EOL
	8:10	L73	858	736	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	Failed channel 3. To be killed on processing flow. Noisy channel 2 to be checked.
	8:19		9	1						EOL
	8:36	L74	309	268	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	EOL
	8:40		22	1						SOL
	9:16	L75	714	632	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	Stress on streamer. SMG over 5 knots
	9:28		4	1						EOL
	10:03	L77	535	531	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	EOL Channels 2 and 3 show normal data (SMG decrease to 3.2 knots)
	10:18		17	1						SOL
	11:06	L79	759	743	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	EOL Channels 2 and 3 failed
11:23	14		1			SOL				
12:24	L80	1029	942	4400 J	0 dB	6.5	2.0 s	0.25	Renamed on EIVA files as L81 and after start acquisition continued as L80.	
26/02/2019	AirGuns Source									
	1:24				45	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	Start SoftStart
	1:54				415					End SoftStart
	2:35	L91	16	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL
	5:25		1136	1024						EOL
	5:29	L92	13	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL
	5:56		208	174						EOL
	6:01	L93	11	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL
	8:28		976	891						EOL
	8:31	L94	12	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL
	8:59		227	191						EOL
	9:04	L95	10	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL
	11:30		1037	947						EOL
12:15	All towed equipment on board									
28/02/2019	AirGuns Source									
	21:06				45	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	Start SoftStart
	21:36				415					End SoftStart
21:40	L163	9	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL	
0:53		1172	1081						EOL	
1:00	L164	7	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL	
1:54		357	323						EOL	
1:58	L165	12	1	415	2 dB	19.5 m	6.0 s	0.5 ms	SOL	
4:08		815	741						EOL	
4:45	All equipment on board									

FIELD DATA	
SURVEY	ExploSea-I
SCIENTIST CHIEF	Dr. Luis Somoza
Distance from COS to stern:	23.5 m.
Streamer depth:	0.5 m. / 1.0 m.
Source depth:	0.8-1.1 m.
Total power:	Sparkler 4.4 kJ Sparkler
Sample rate:	0.25 ms

  
 CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UNIDAD DE TECNOLOGÍA MARINA  
  
 MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES Instituto Geológico y Minero de España

DATE	UTC TIME	LINE	NAV SHOT	Delph SHOT	POWER (cu.in.)	SIG Gain	Shooting Interval	Record length (s)	Sample Rate	REMARKS
02/03/2019	1:13									Start Soft-Start
	1:25	D07	47	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL 7 channels SIG Streamer only. To be repeated.
	1:50		263							EOL
	1:51	D15	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL 7 channels SIG Streamer only.
	2:21		500	422						EOL
	2:30	D14	1	1						SOL Both deploy streamers
	2:31	D14_Mini	7	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	2:59	D14	543	445						EOL
	2:59	D14_Mini	543	440						EOL
	3:06	D13	1	1						SOL Both deploy streamers
	3:06	D13_Mini	11	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	3:45	D13	696	577						EOL
	3:45	D13_Mini	696	569						EOL
	3:56	D10	1	1						SOL Both deploy streamers
	3:58	D10_Mini	30	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	4:31	D10	614	507						EOL
	4:31	D10_Mini	614	481						EOL
	4:37	D12	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL 7 channels SIG Streamer only.
	5:21		763	642						EOL
	5:27	D11	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL To be repeated.
	6:09		710	648						EOL
	6:17	D09	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	6:46		519	411						EOL
	6:53	D08	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	7:19		482	444						EOL
	7:24	T08b	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	7:37		178	164						EOL
	7:43	D06	1	1	3850 J	2 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	8:47		1093	946						EOL
	8:53	D07b	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	9:58		1137	1015						EOL
	10:04	T07	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
	10:34		432	397						EOL
	03/03/2019	0:36								
0:56										End Soft-Start
1:09		D05	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
2:08			1048	880						EOL
2:15		D03	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
3:04			868	693						EOL
3:34		D21	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
3:51			278	224						EOL
3:51		D04	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
4:50			977	814						EOL
5:03		D01	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
5:39			635	518						EOL
6:01		D02	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
6:48			724	672						EOL
6:49		D17	725	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
7:11			1095	321						EOL
7:13		D22	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL Two segments (D22a_seg & D22_1_seg)
7:52			596	453						EOL
7:55		D23	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
8:20			364	340						EOL
8:25		D18	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
8:52			410	382						EOL
9:02		D16	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
9:21			332	269						EOL
9:33		D19	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
9:53			282	261						EOL
10:03		D20	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
10:13			185	167						EOL
10:31		D24	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
11:25			890	794						EOL
11:27		D26	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
11:39			187	169						EOL
11:42		D25	1	1	3850 J	0 dB	6.5 m	2.0 s	0.25	SOL
12:01			303	284						EOL

FIELD DATA										
SURVEY		ExploSea-I								
SCIENTIST CHIEF		Dr. Luis Somoza								
Distance from COS to stern:		42.5 m.								
Streamer depth:		0.5 m. / 1.0 m.								
Source depth:		5.0 m.								
Total power:		Airguns 415 cu.in								
Sample rate:		0.5 ms								

DATE	UTC TIME	LINE	NAV Shot	Delph SHOT	POWER (cu.in.)	SIG Gain	Shooting Interval	Record length (s)	Sample Rate	REMARKS
04/03/2019	4:01									AirGuns Source
	4:33									Start Guns Deployment End Guns Deployment Streamer Deployment
	4:48				45					Start Softstart
	5:15				415					End Softstart Line approach
	5:40	L190	17	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
	9:11		1442	1306	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL
	10:18	L192	8	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales close to source. Stop shooting.
	13:39		1260	1171	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
	13:49		25	1	415	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
	16:15	L193			370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales beside the vessel. Stop shooting.
	17:10				370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Free whales area. Continuing shooting.
	17:17				370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Airgun num 4 out of service.
	17:20				370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Whales beside the vessel. Stop shooting.
	17:28				370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	Free whales area. Continuing shooting.
	17:42			1540	1406	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms
	17:45	L194	7	1	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
	18:09		148	127	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL
	18:16	L195	3	1	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
	21:58		1515	1383	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL
	22:02	L196	3	1	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	SOL
05/03/2019 1:54	1469		1350	370	2 dB	19.5 m	6.0	0.5 ms	EOL	



## 03.2- MECANICA

### 3.2.1 COMPRESORES ALTA PRESION LMF

Modelo: LMF11SL 138-207E

Tipo de Gas: air

Presión de entrada: 1,013 bar - 14,65 psi

Presión Max de descarga: 207 bar - 3000 psi

Volumen Max aire: 11 m<sup>3</sup>/min - 385 cfm

Sistema de refrigeración: circuito cerrado

Volumen de refrigeración: 40 m<sup>3</sup>/h – por compresor.

Velocidad compresor: 1700 rpm

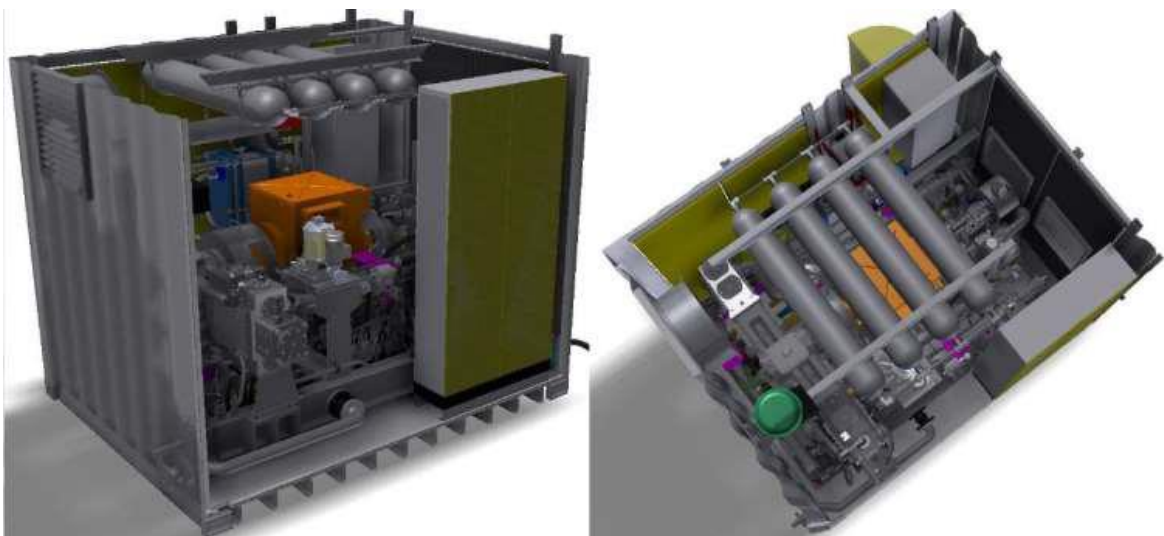
Este tipo de compresores son llamados de ciclo combinado.

Tienen una primera etapa de tornillo con baño de aceite, que posteriormente se separa.

Luego consta de una 2<sup>o</sup> etapa, una 3<sup>a</sup> etapa y dos 4<sup>a</sup> etapas de pistón.

La primera etapa es la encargada de dar el volumen total generado, mientras que las etapas de pistón darán la presión máxima.

#### COMPRESOR LMF 11SL 138-207E



#### Incidencias compresores:

- Circuito de control de Aire, no estable con botellas vacias.

#### Cálculo rendimiento/generación de caudal del compresor:

presion (bar)	litros/segundo generados compres.	volumen cañones por nº cu in	total volumen en cu in	total volum litros array	nº comp	frecuencia de disparo	total litros generados
138	147	150	415	<b>938,6553</b>	1	9	<b>1323</b>
		220					
		45					
hesp	sarm						
11m <sup>3</sup> /min cada compresor 100%	416l-207 bar						
8.8m <sup>3</sup> /min x Comp 80%= 147l/ seg 140bar							

Figura 2. Detalle volumen generado y consumido por los compresores para sísmica

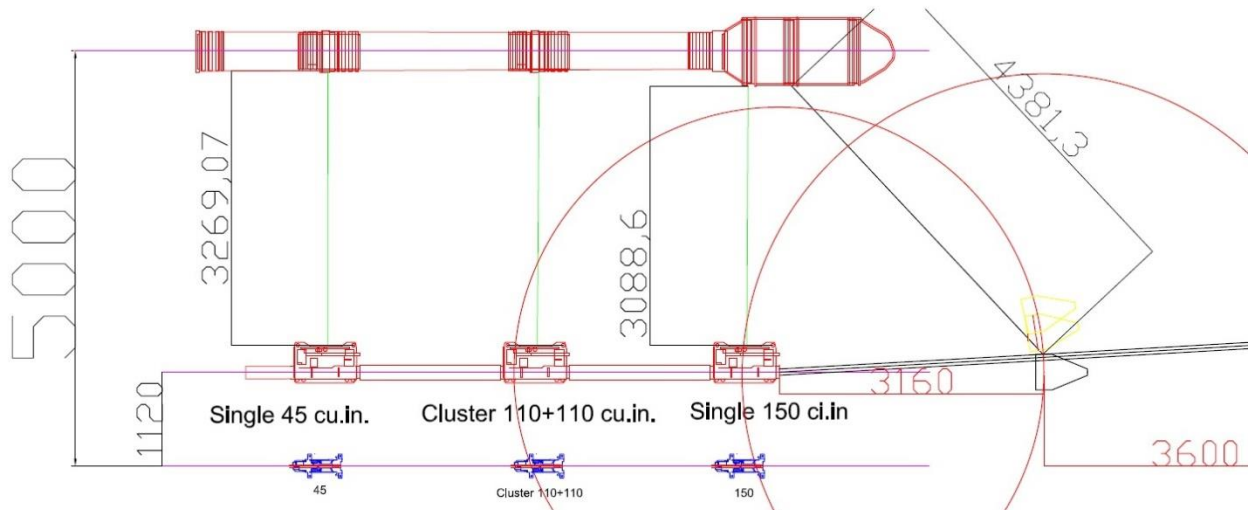


Figura 3. Detalle Configuración Ristra

### 3.2.2 CAÑONES DE SÍSMICA

Descripción

Modelo: G-GunII Sercel

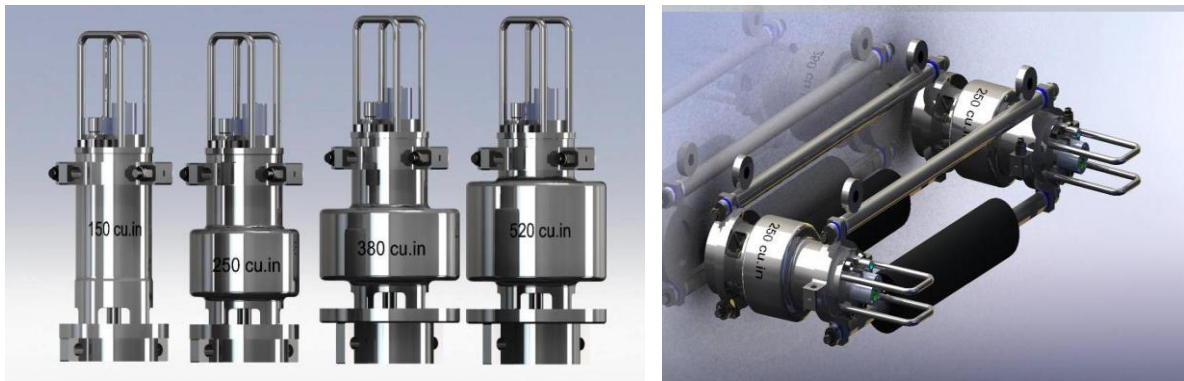
Nº de cañones utilizados: 7

Volúmenes Utilizados: 150, 110+110, 45.

Volumen Total: 415 cu.in

Presión de trabajo: 138 bares/ 2000 psi

Foto 4. Cañones Sercel® GGUN-II.



#### INCIDENCIAS:

- Sustitucion Shuttle cañon 45 cu.in

### 3.2.3 ESTRUCTURA SISMICA

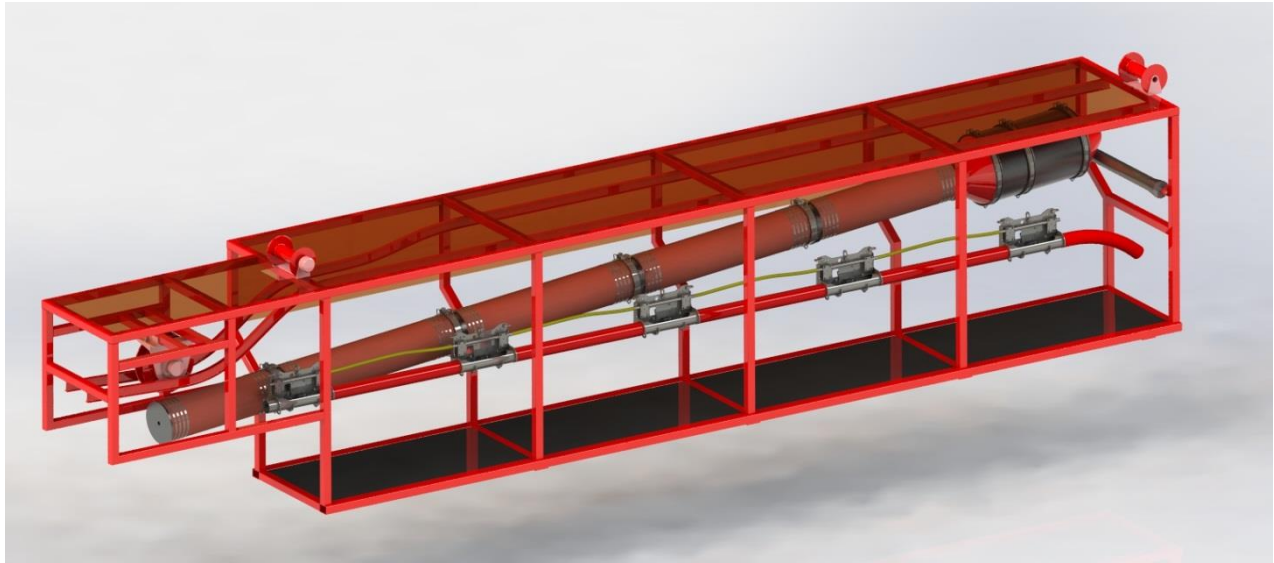


Foto 5. Estructura de cañones

#### Incidencias estructura

Estructura sin Vía Radio, Dificultat para realizar la maniobra con seguridad, Chigre de apoyo a la maniobra, posición media mal ubicado, no se puede utilizar. Aun con todas las limitaciones que tiene esta estructura se han podido realizar los despliegues y recogida de los cañones sísmicos sin incidentes.

### 3.2.4 TESTIGOS DE GRAVEDAD

## Metodología Testigo de Gravedad



Peso: 800Kg

Longitud contrapeso: 1m

Longitud Lanzas: 3 y 5m

Sistema de cierre: Posterior por diafragma y superior por válvula de vacío en cono

Maniobra de Largado: Una vez en vertical y liberado del soporte se empieza a largar a 40m/min los primeros 40m, luego se aumenta hasta 70-85m/min,

Maniobra de cobrado: Una vez clavado el testigo se empezara a cobrar a 10m/min hasta que la tensión haga un pico al cual se suma el peso del cable y el peso total del testigo.

Una vez superado el punto de máxima tensión se aumentara la velocidad a 70m/min hasta 100m antes de superficie, donde se reducirá la velocidad de 40m/min a 25m/min dependiendo de la mar.

Condiciones máximas para poder realizar las maniobras

No se harán maniobras con vientos superiores a 25 nudos y 2/2,5m de ola.

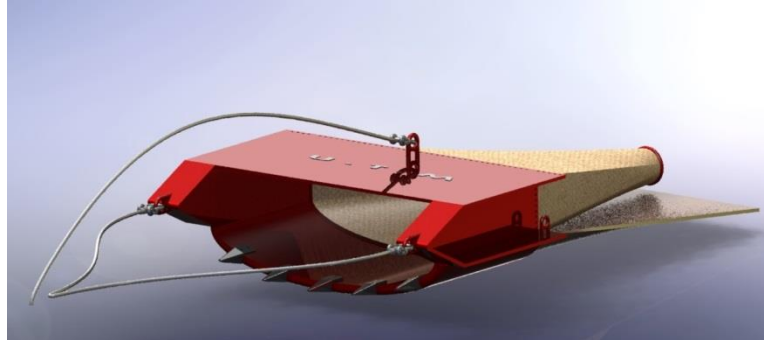
### Nº de Testigos realizados

MUESTRA	Campaña	Equipo	Fecha	Latitud	Longitud	Datum	Depth	Hora	Long_Test
EX1-TG1	EXPLOSEA1	Gravity-Core	21/02/2019	-63,003700000000	-60,990300000000	WGS84	372	21:56	90cm
EX1-TG2	EXPLOSEA1	Gravity-Core	22/02/2019	-63,037500000000	-61,026800000000	WGS84	401	13:19	290cm
EX1-TG3	EXPLOSEA1	Gravity-Core	22/02/2019	-63,016500000000	-61,029500000000	WGS84	374	16:46	210cm
EX1-TG4	EXPLOSEA1	Gravity-Core	23/02/2019	-63,092800000000	-61,334700000000	WGS84	680	22:30	196cm
EX1-TG6	EXPLOSEA1	Gravity-Core	25/02/2019	-62,648200000000	-60,664200000000	WGS84	104	18:38	menos 20cm
EX1-TG7	EXPLOSEA1	Gravity-Core	25/02/2019	-62,685100000000	-60,607400000000	WGS84	198	19:40	145cm
EX1-TG5	EXPLOSEA1	Gravity-Core	25/02/2019	-62,684700000000	-60,605300000000	WGS84	197	17:29	198cm
EX1-TG8	EXPLOSEA1	Gravity-Core	26/02/2019	-62,840400000000	-59,847800000000	WGS84	652	16:20	25cm
EX1-TG9	EXPLOSEA1	Gravity-Core	26/02/2019	-62,839600000000	-59,866300000000	WGS84	607	18:31	menos 20cm
EX1-TG10	EXPLOSEA1	Gravity-Core	26/02/2019	-62,844800000000	-59,860000000000	WGS84	645	20:25	27cm
EX1-TG11	EXPLOSEA1	Gravity-Core	26/02/2019	-62,854400000000	-59,855500000000	WGS84	449	22:15	menos 20cm
EX1-TG12	EXPLOSEA1	Gravity-Core	27/02/2019	-62,829500000000	-59,770800000000	WGS84	601	00:54	menos 20cm
EX1-TG13	EXPLOSEA1	Gravity-Core	02/03/2019	-62,966500000000	-60,700500000000	WGS84	104	14:39	24cm
EX1-TG14	EXPLOSEA	Gravity-Core	02/03/2019	-62,964200000000	-60,693600000000	WGS84	111	15:30	43cm
EX1-TG15	EXPLOSEA	Gravity-Core	02/03/2019	-62,954300000000	-60,667500000000	WGS84	161	17:55	menos 20cm
EX1-TG16	EXPLOSEA	Gravity-Core	02/03/2019	-62,948500000000	-60,636600000000	WGS84	162	19:21	menos 20cm
EX1-TG17	EXPLOSEA	Gravity-Core	05/03/2019	-62,583600000000	-58,714700000000	WGS84	1128	06:02	menos 20cm
EX1-TG18	EXPLOSEA	Gravity-Core	05/03/2019	-62,641800000000	-58,986800000000	WGS84	980	09:56	menos 20cm
EX1-TG19A	EXPLOSEA	Gravity-Core	05/03/2019	-62,770700000000	-59,398700000000	WGS84	1341	13:47	menos 20cm

#### INCIDENCIAS:

- En la maniobra nº 19 la Pasteca del posrtico se gripa el cojinete, imposibilita hacer mas maniobras.
- La pasteca, así como los pórticos son responsabilidad del barco.

### 3.2.5 DRAGA DE ROCA



#### Metodología draga de roca

- Largar la draga a una velocidad entre 60m/min y 70m/min
- Total cable largado: 1.5 veces la profundidad del fondo.
- Hacer estacionario 0,5 veces la distancia de profundidad después del punto de inicio para estabilizar.
- Templar hasta comprobar que esta dragando( pico de tensión por encima del peso total del cable largado mas la draga, con control de par activado.
- Durante el dragado se controlara muy atentamente el control de par, manteniendo la tensión al 50% de la capacidad del fusible.
- Una vez por encima del fondo cobrar en automático a 70 m/min hasta la superficie.

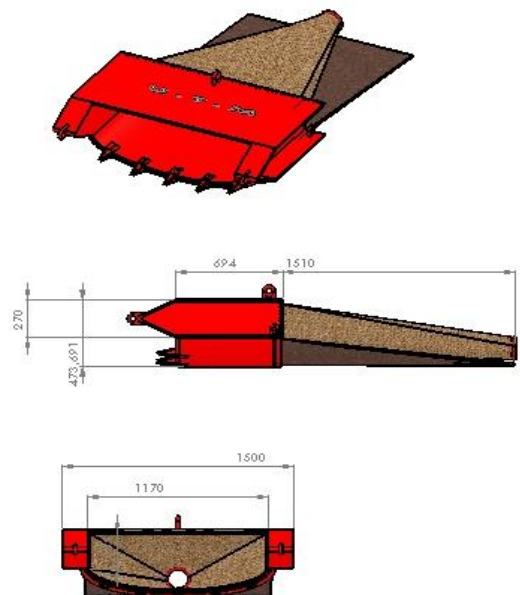
#### Características:

**Peso:** 540Kg

#### INCIDENCIAS:

Debido al no funcionar el control de tensión Ubicado en la planta Hidraulica del Buque, se puerde la draga de Roca, y se recomienda no hacer la maniobra con la draga de roca de respeto, ya que al no funcionar el control de tensión se podría perder también esta.

El sistema de tensión de control esta ubicado en la planta hidráulica del barco, lo que a fallado es la valvula proporcional SV65 y la SV50 que están montadas en un bloque adyacente al tanque de servicio a las bombas hidráulicas.



## 03.3- INFORMATICA

### 03.3.1- INTRODUCCIÓN

El sistema informático y de comunicaciones del BIO Hespérides está destinado a cubrir las necesidades TIC de una campaña de investigación oceanográfica como son:

- Acceso a Internet: navegación web, acceso a correo electrónico y WhatsApp.
- Adquisición, integración, almacenamiento y copia de seguridad de datos y metadatos, así como aplicaciones para el acceso a los mismos.
- Servicio de impresión.

El sistema informático del buque cuenta con los siguientes servidores:

<b>ARWEN</b>	Servidor de red (DNS, DHCP), Intranet y SADO
<b>TOLOMEO</b>	SADO y Servidor de Aplicaciones (WebForest, Metadatos, WebGump, GIS)
<b>ABBYSS</b>	Servidor de copia de seguridad de datos
<b>COPÉRNICO</b>	Reemplazo de Tolomeo
<b>NTP</b>	Servidor de tiempo
<b>FORTI</b>	Servidor VPN, router Internet

Se han usado los PCs asociados al sistema de navegación, posicionamiento, al control de equipos electrónicos y sondas, además de los PCs de uso libre con acceso a Internet.

Se han conectado todos los portátiles a la red del barco, usando el sistema DHCP que asigna direcciones a estos equipos de manera automática, salvo configuraciones manuales requeridas para Jefe Científico y Jefe Técnico.

Se arranca la aplicación de adquisición de la Estación Meteorológica y el termosalinómetro. Se revisa que la integración con el SADO funcione correctamente.

### 3.3.2.- SERVICIOS

#### Impresión:

Se ha dispuesto de 2 impresoras, una multifunción y un plotter:

- **LaserJet M1212 B/N (Multifunción):**..... En Equipos Electrónicos Popa.
- **HP DesignJet T1100ps (Plotter):**..... En Equipos Electrónicos Proa.
- **HP Color LaserJet Pro M452 PCL-6 (Color-cc):**..... En el Centro de Cálculo.
- **HP Color LaserJet Pro M452 PCL-6 (Color-popa):**..... En Equipos Electrónicos Popa.

#### WhatsApp:

Todos los Punto de Acceso Wi-Fi ofrecen este servicio

#### Intranet:

<http://arwen>, con acceso a la Intranet y a los recursos principales de la red del buque

#### Puntos de Acceso Wi-Fi:

Para la conexión inalámbrica a la red interna del Barco se disponen de varios Puntos Wi-Fi:

- A.P.: **científicos-popa**, en la Cámara de Científicos y Oficiales N°1
- A.P.: **científicos-proa**, en el office de la Cámara de Científicos y Oficiales N°1
- A.P.: **laboratorios**, en la zona de laboratorios de análisis
- A.P.: **electrónicos-popa**, en la zona de electrónicos popa - Rack PCs de Usuario
- A.P.: **electrónicos-proa**, en la zona de sondas - Rack PCs de sondas
- A.P.: **jefe-científico**, en la cámara del jefe científico

A través de estos A.P. también se ofrece servicio de whatsapp

#### Acceso a los datos de la campaña:

Los datos adquiridos por instrumentación oceanográfica y por el Sistema de Adquisición de Datos Oceanográficos (SADO), se han almacenado en el servidor COPERNICO ( \\copernico\sado), además de en los PCs asociados a la propia instrumentación oceanográfica.

Para las copias de seguridad durante la campaña se ha realizado una copia diaria mediante el software de backup SyncBack de 2BrightSparks. Al final de la campaña estos datos se pasan a 2 H.D.s de 2.5". Las copias de seguridad de los datos se realizan por duplicado (1 copia para el Jefe Científico y 1 para la UTM).



---

### 3.3.3.- RESUMEN DE ACTIVIDADES

Se inicia la adquisición y la integración de los datos de la navegación, actitud, y estación meteorológica del buque.

Se configura el router para que todos los científicos puedan navegar por Internet, con diferenciación de la calidad de servicio, dando prioridad a las necesidades de trabajo.

Se configura la red de los portátiles de los científicos para que tengan acceso a Internet

Se vigila la adquisición e integración de los datos del SADO diariamente de forma regular.

Se configuran los backups diarios de los datos de SADO y la instrumentación oceanográfica de madrugada mediante el software SyncBack de 2BrightSparks.

Se realizan las copias de seguridad finales y se entrega un disco duro al jefe científico.

---

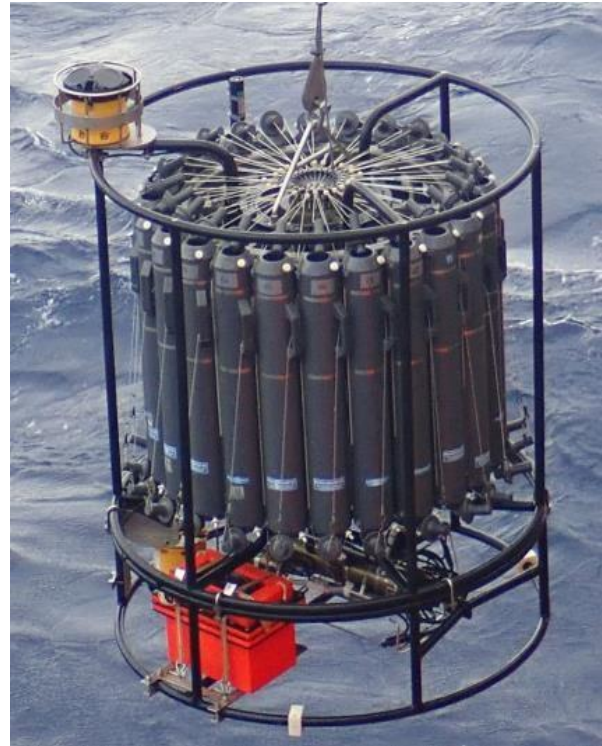
### 3.3.4.- INCIDENCIAS

- El plotter no funciona. Al arrancarlo pone un error "47:01" que corresponde a un fallo en el motor que mueve la barra de papel. La solución pasa por la sustitución de este motor, cosa que no es posible a bordo. Se recomienda imprimir en A3 en una impresora del Detall del buque.
- Tolomeo, servidor central de datos de abordo no arranca por un fallo en la placa madre del servidor. Es imposible la reparación. Montamos la adquisición del SADO, las aplicaciones de generación de Metadatos y la aplicación de extracción de datos, gráficas y mapas en otro servidor llamado Copérnico con el que hemos podido realizar la campaña.
- El resto de equipos ha funcionado con normalidad.

## 03.4- ELECTRONICA

### 3.4.1. – CTD Y ROSETA

El CTD Seabird 911 Plus mide la conductividad, temperatura y presión además de otros parámetros al poder conectar hasta ocho conectores auxiliares. Está diseñado para perfiles verticales y escanea hasta 24 veces por segundo, 24 Hz. Además, dispone de una caja principal de aluminio lo que le permite descender hasta 6800 metros. También permite recoger muestras de agua a distintas profundidades mediante el uso de la roseta y las 24 botellas Niskin.



ESPECIFICACIONES GENERALES				
	Temp (°C)	Cond (S/m)	Presión	Entrada A/D
<b>Rangos de medida</b>	-5 a +35	0 a 7	0 a 10500	0 a 5 Voltios
<b>Precisión inicial</b>	0.0001	0.0003	0.015 %	0.0005 Voltios
<b>Estabilidad</b>	0.0002	0.0003	0.0015 %	0.001 Voltios
<b>Resolución (24 Hz)</b>	0.0002	0.00004	0.001 %	0.0012 Voltios
<b>Caja</b>	Aluminio (6800 metros profundidad)			
<b>Peso</b>	5 Kg (Aire)		16 Kg (Agua)	

### 3.4.1.1 Metodología y maniobra

Se han realizado 33 estaciones verticales en las que se ha largado y cobrado a la velocidad de 55m/min con el uso del chigre nº 2 instalado en el BIO Hesperides.

Se utilizó el siguiente software para la adquisición y tratamiento de los datos del perfilador CTD SBE 9 Plus:

- Seasave 7.26, versión 2017, para la adquisición en tiempo real de los datos del CTD.
- SBE Data Processing, para el procesamiento de los datos.

Para la configuración del CTD se ha usado el fichero de configuración 09P\_0847.xmlcon, en el cual se encontraron las configuraciones del perfilador y todos sus sensores.

### 3.4.1.2 CALIBRACION

Los sensores utilizados en este equipo y las fechas de calibración son las siguientes:

- CTD SBE 9 Plus 0847 (30/03/2016)
- Sensor de temperatura primario SBE 3P 4659 (19-Oct-18)
- Sensor de conductividad primario SBE 4C 3286 (19-Oct-18)
- Sensor de temperatura secundario SBE 3P 4798 (19-Oct-18)
- Sensor de conductividad secundario SBE 4C 3345 (19-Oct-18)
- Voltaje 0 Sensor Oxígeno SBE43 1072 (19-Oct-18)
- Voltaje 1 Free
- Voltaje 2 Sensor Fluorómetro Wetlabs FLNRTU 3508 (12/04/2016)
- Voltaje 3 Sensor Turbidímetro Wetlabs FLNRTU 3508 (12/04/2016)
- Voltaje 4 Sensor Transmisómetro 0973 DR (23/05/2016)
- Voltaje 5 Free
- Voltaje 6 Sensor Par 70676 (16/11/2017)
- Voltaje 7 Sensor Altimetro S/N 51674

### 3.4.1.3 Resultados (listado muestreos, ctds, etc.)

Las estaciones que se han realizado con el CTD y roseta son las siguientes:

ESTACION	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	SONDA	PROF	CABLE
EX1-RO1	20/02/2019	00:06	62 58.79 S	061 40.02 W	505	500	510
EX1-RO2	21/02/2019	21:13	63 00.29 S	060 59.49 W	380	377	382
EX1-RO3	22/02/2019	00:48	62 59.54 S	060 52.54 W	202	199	207

EX1-RO4	22/02/2019	03:44	62 58.71 S	060 52.97 W	252	250	253
EX1-RO5	22/02/2019	05:46	63 05.62 S	060 58.11 W	682	678	682
EX1-RO6	22/02/2019	14:59	63 03.46 S	061 00.03 W	78	75	78
EX1-RO7	22/02/2019	18:08	63 04.16 S	061 06.78 W	425	420	420
EX1-RO8	22/02/2019	19:46	63 04.29 S	061 11.69 W	570	568	568
EX1-RO9	23/02/2019	21:01	63 05.71 S	061 20.25 W	687	682	682
EX1-R10	24/02/2019	10:25	63 10.66 S	061 15.53 W	1314	1309	1311
EX1-R11	25/02/2019	14:49	62 42.36 S	060 48.06 W	83	78	79
EX1-R12	25/02/2019	16:32	62 41.07 S	060 36.38 W	195	190	192
EX1-R13A	26/02/2019	14:24	62 51.25 S	059 50.94 W	405	400	403
EX1-R13B	26/02/2019	15:04	62 51.22 S	059 51.02 W	417	412	415
EX1-R14	26/02/2019	17:43	62 50.34 S	059 51.89 W	604	599	597
EX1-R15	26/02/2019	19:29	62 50.71 S	059 51.58 W	692	687	685
EX1-R16	26/02/2019	21:28	62 51.26 S	059 51.34 W	477	472	470
EX1-R17	27/02/2019	00:02	62 49.74 S	059 46.33 W	598	593	591
EX1-R18	01/03/2019	20:35	62 57.59 S	060 40.93 W	133	128	126
EX1-R19	01/03/2019	21:21	62 57.70 S	060 41.07 W	116	111	109
EX1-R20	02/03/2019	14:07	62 58.01 S	060 42.00	104	99	97

				W				
EX1-R21	02/03/2019	17:32	62 57.25 S	060 40.04 W	162	157	155	
EX1-R22	02/03/2019	18:54	62 56.90 S	060 38.15 W	159	154	152	
EX1-R22A	02/03/2019	20:58	62 56.93 S	060 38.09 W	159	154	152	
EX1-R22B	02/03/2019	20:15	62 56.90 S	060 38.17 W	165	159	158	
EX1-R22C	02/03/2019	21:51	62 56.90 S	060 38.18 W	163	158	156	
EX1-R23	02/03/2019	23:20	62 56.17 S	060 37.00 W	117	112	110	
EX1-R24	03/03/2019	13:58	62 55.82 S	060 39.17 W	146	141	139	
EX1-R25	03/03/2019	15:31	62 57.64 S	060 38.99 W	164	159	157	
EX1-R26	03/03/2019	19:11	62 55.80 S	060 40.00 W	72	67	65	
EX1-R27	03/03/2019	20:01	62 55.70 S	060 38.15 W	116	108	106	
EX1-R28	05/03/2019	04:45	62 34.98 S	058 42.93 W	1161	1151	1149	
EX1-R29	05/03/2019	08:42	62 38.51 S	058 59.19 W	1005	995	992	

#### 3.4.1.4 INCIDENCIAS

- En el primer perfil CTD fallaron 2 botellas y el disparador de la pylon parecía no haber actuado. Se testeó en superficie y todo funcionó correcto, no se volvió a repetir ese problema.
- En el último perfil a realizar en la noche del (5/03/2019) falló la conexión al poco de empezar y no se pudo realizar.

---

### 3.4.2. - LADCP

El sistema LADCP (Lowered Acoustic Doppler Current Profiler) es un perfilador de corrientes en altura basado en el efecto Doppler. Se compone de dos cabezales Workhorse ADCP de 300 KHz, dispuestos sobre la misma vertical, pero orientados en sentido contrario y funcionando de manera síncrona.

---

#### 3.4.2.1 METODOLOGIA LADCP

Para la adquisición de datos y para su procesamiento, se uso el siguiente software:

- BBTalk, adquisición
- WinADCP, vista preliminar
- SBE Data Processing, procesado
- MATLAB Visbeck, procesado

---

#### 3.4.2.2 Resultados (listado muestreos, ctds, etc.)

Se han realizado perfiles de LADCP en todas las estaciones que se han realizado CTD, un total de 33 estaciones. Los dos últimos perfiles (EX1-RO28 y EX1-RO29) no tienen el perfil del LADP (se arrancaron los cables durante la maniobra)

---

#### 3.4.2.3 CONFIGURACIONES

Se han usado los cabezales sn 15016 como Master y el sn 24479 como Slave. Se han usado dos configuraciones diferentes, una para los CTDs a fondo y otra para los CTDs mas superficiales. Master y Slave. MasterBottom y SlaveBottom.

---

#### 3.4.2.4 INCIDENCIAS

- Una de las baterías estaba completamente descargada, la carga se realizó muy rápido (menos de 3h) por lo cual creo conveniente revisar.
- La segunda batería estaba cargada inicialmente a 40V, al cargarla quedó a 49,8V. Es la batería que se ha utilizado sin ninguna incidencia.
- Durante la maniobra de largado por error se largó el CTD con los cables del LADCP aún conectados por lo cual estos se arrancaron de la caja de conexiones de cubierta (5/03/2019). Ya que eran los últimos tres CTDs de la campaña y por la falta de tiempo no se reparó y los dos últimos perfiles se realizaron sin LADCP.

### 3.4.3 - TERMOSAL

#### 3.4.3.1 DESCRIPCION

El termosalinografo SBE 21 es un medidor de temperatura y conductividad de alta precisión diseñado para la toma de medidas en un barco en continuo. Toma medidas de temperatura y conductividad además de hasta 4 canales analógicos/digitales a 4 Hz y esta programado para enviar un valor cada 6 segundos. En el barco se ha estado adquiriendo valores de Temperatura, conductividad, salinidad, densidad y fluorescencia durante toda la campaña.



	Temp (°C)	Cond (S/m)	Entrada A/D
<b>Rangos de medida</b>	-5 a +35	0 a 7	0 a 5 Voltios
<b>Precisión inicial</b>	0.01	0.001	0.0005 Voltios
<b>Resolución</b>	0.001	0.0001	0.0012 Voltios

La calibración del Termosalinografo Seabird SBE 21 es del 05 de Noviembre de 2017.

**Ninguna reseñable.**

# HESPERIDES: CONEXIÓN TSS – INTERFACE BOX

Revisado 19/04/2018

Interface Box	Function	CTD
A	Ground	1
B	Data receive by CTD from Interface Box	2
C	Data transmit from CTD to Interface Box	3
D	Optional power to CTD (12 VDC, 1.5 Amps)	4

## TSS SBE 21



## INTERFACE BOX





## 4.- INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

### 4.1.- SONDA MULTHAZ AGUAS PROFUNDAS KONGSBERG SIMRAD EM 122

#### 4.1.1.-Descripción

La sonda Kongsberg EM122 es una sonda multihaz, diseñada para realizar levantamientos batimétricos de fondos marinos hasta profundidades mayores de 11000 metros, cumpliendo las normativas IHO S44 para dichos levantamientos.

La EM122 es un sistema completo que incluye desde los transductores hasta el procesado final de los datos y su impresión final

Posee las siguientes características:

- Depth range from 20 to 11000 m
- Swath width up to 6 times water depth/30 km
- Focused beams for transmission and reception
- High density and multiping modes for increased resolution
- Up to 864 soundings per ping
- Yaw, pitch and roll compensation and stabilisation
- High accuracy
- Seabed image (sidescan) data display and recording
- Water column data display and recording
- Modular design, beamwidths 0.5 to 4 degrees
- Integrated sub-bottom profiler available
- Mammal protection
- Compliant to IHO S-44 order 1A

En cuanto a las especificaciones técnicas:

#### EM 122 performance data

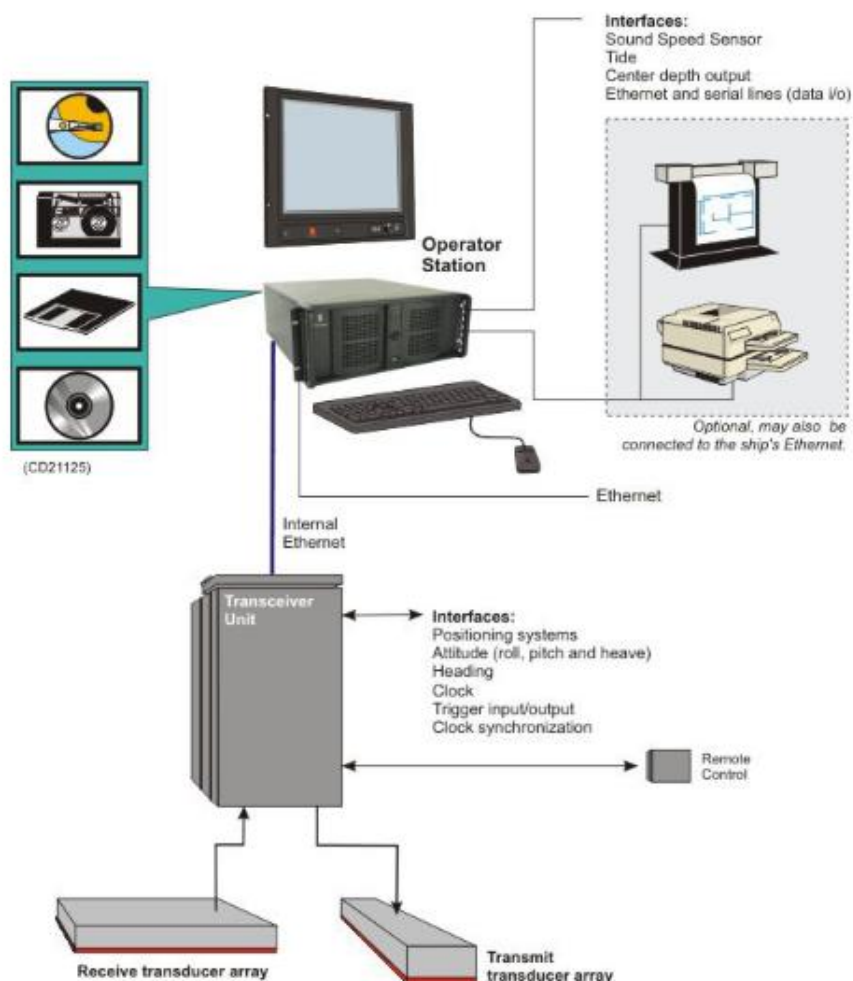
Operating frequency	12 kHz	Suppression of sounding artefacts	8 frequency coded transmit sectors per swath
Depth range	20-11000 m	Beam focusing	On transmit and receive
Swath width	6xdepth, to more than 30 km	Beamforming method	Time delay
Pulse forms	CW and FM chirp	Gain control	Automatic
Swath profiles per ping	2	Swath width control	Manual or automatic, all soundings intact when reduced swath width
Motion compensation:		Seabed imagery/sidescan sonar image	Standard
• Yaw	± 10 degrees	Water column display	Standard
• Pitch	± 10 degrees	Mammal protection	Standard
• Roll	± 15 degrees	Sub-bottom profiling	Yes, by integration with SBP 120 or Topas
Sounding pattern	Equidistant / equiangular		
Range sampling rate	3.03 kHz (25 cm)		
High resolution mode	High density processing		
Sidelobe suppression	> 25 dB		
Effective pulse length	1 ms CW to 100 ms FM		

Versions of EM 122						
System version (TX/RX):	0.5 x 1	1 x 1	1 x 2	2 x 2	2 x 4	2 x 4
Max no of soundings/swath	432	432	432	432	216	216
Max no of swaths per ping	2	2	2	2	2	2
Max no of soundings/ping	864	864	864	864	432	432

En nuestro caso, el sistema tiene una apertura de 2x2

En el caso de esta sonda, los transductores son los de la EM 120, por lo que no se puede quitar la opción de Frecuencia Modulada, al menos el fabricante no nos lo recomendó por si los transductores pudieran ser dañados.

El esquema del sistema es el siguiente:



ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DE LA ECOSONDA EM122, NÓTESE QUE EL SEAPATH UTILIZADO AHORA HA CAMBIADO AL SEAPATH 300.



IMAGEN DE LOS TRANSDUCTORES DE RECEPCIÓN Y EMISIÓN EN LA BARQUILLA DEL HEPÉRIDES.

La adquisición de datos se realiza con el software propio de la casa SIS, generando ficheros cada hora. Los datos generados se pueden importar en diferentes paquetes informáticos para su procesado (CARIS, CARAIBES, HYPAC, etc.).

#### 4.1.2.- Calibración

Para que los datos de batimetría nos den unos resultados correctos se debe calibrar tanto la velocidad de desplazamiento del sonido en el agua como las variaciones en las coordenadas xyz del transductor respecto a su posición de equilibrio.

La calibración de la velocidad del sonido se hace midiendo las características de la columna de agua en cuanto a temperatura y conductividad.

Se realizaron perfiles de XBT a demanda, al estar en una zona de confluencia de varias masas de agua.

La calibración de los offsets de la sonda se había hecho por los técnicos del departamento de Acústica durante las pruebas de mar realizadas a las afueras de Cartagena en Diciembre de 2018 antes de zarpar el barco para la campaña antártica. El personal del IHM la dio por buena.

### 4.1.3.- Incidencias

El sensor de velocidad del sonido en agua de mar del continuo ha funcionado correctamente durante toda la campaña.

En una ocasión el equipo no era capaz de encontrar el fondo por lo que fue necesario revisar el sistema en su totalidad quedando operativo al poco tiempo.

## 4.2. SONDA PARAMETRICA Topas PS 18

### 4.2.1.-Descripción

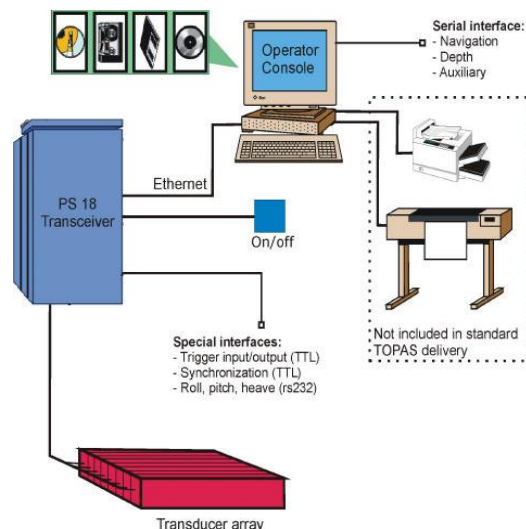
TOPAS PS18 es un perfilador sísmico de alta resolución y haz estrecho con capacidad para trabajar en cualquier océano del globo. Utiliza un único transductor de pequeño tamaño para emisión y recepción aunque opcionalmente puede utilizarse el receptor de banda ancha de la EM122 como receptor.

La aplicación principal de este perfilador es la realización de perfiles sísmicos de alta resolución de las capas sedimentarias superficiales, así como la detección de elementos enterrados en el fondo marino.

La resolución espacial del sistema es su habilidad para distinguir objetos próximos entre sí, en ángulo y/o espacio. La resolución espacial viene dada por dos parámetros:

- 1) La resolución angular viene dada por la geometría del array de transductores.
- 2) La resolución de alcance viene dada por el ancho de banda de la señal.

La tasa de emisión está relacionada con la velocidad del buque, cuanto mayor sea la tasa (o menor la velocidad del buque) mayor será la definición horizontal del perfil.



#### 4.2.2.- ESPECIFICACIONES

- Modos de emisión: Ricker, CW, Chirp, Burst.
- Frecuencia primaria: 18 kHz.
- Frecuencia secundaria: 1 a 6 kHz.
- Resolución vertical máxima: 0.2 ms.
- Ancho de banda: 4º - 6º
- Nivel de fuente: 210 dB re 1µPa @ 1 meter at 5 kHz.



IMAGEN DEL TRANSDUCTOR DE LA TOPAS EN EL BIO HESPERIDES.

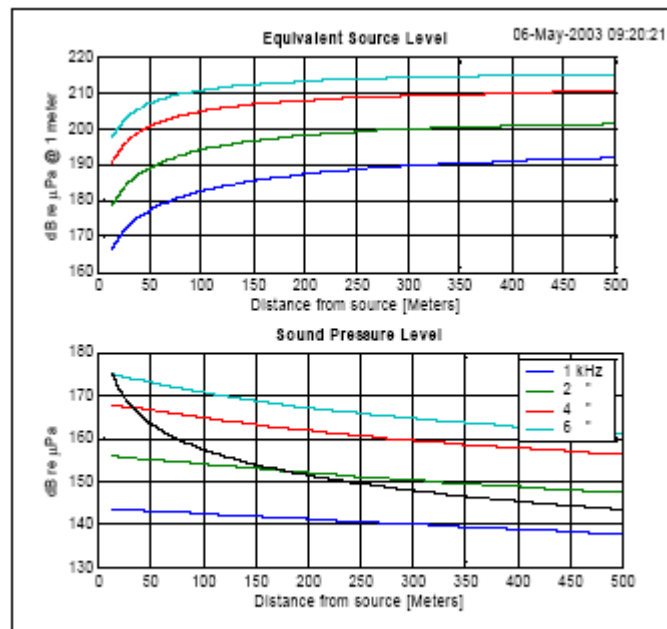


Figure 5.3 Calculated SL for 1 to 6 kHz.

- Consumo eléctrico < 3 kW.
- Estabilización electrónica: cabeceo y balanceo.
- Compensación automática de pendiente.
- Tasa máxima de emisión 5 Hz.

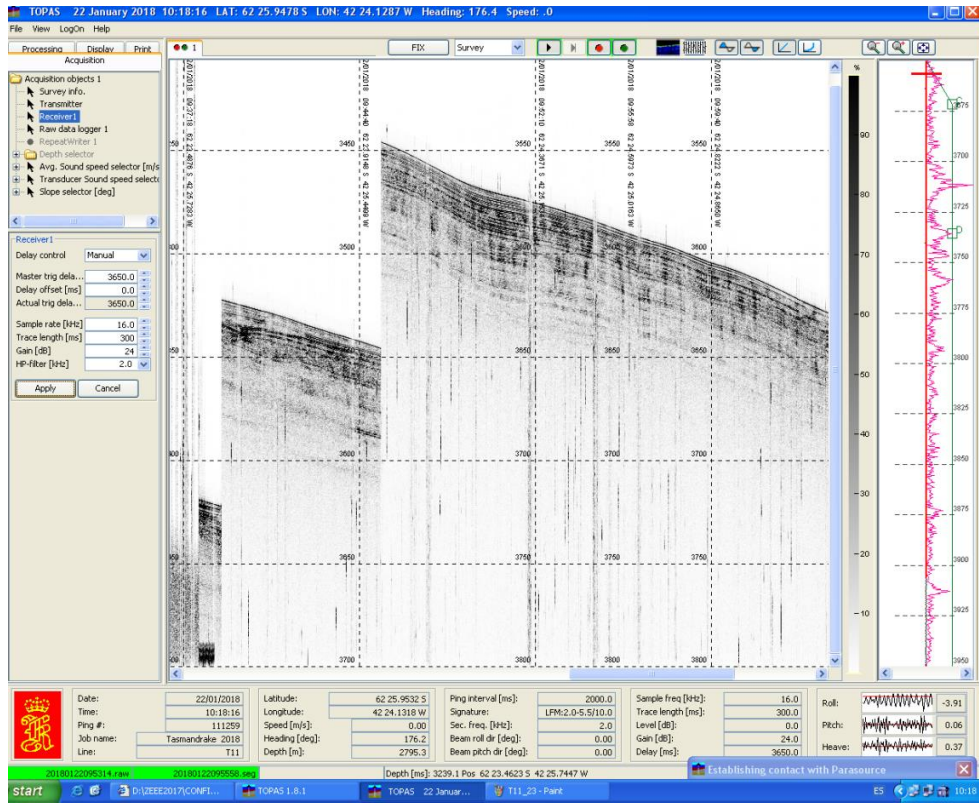


IMAGEN DEL REGISTRO DE LA TOPAS DURANTE LA CAMPAÑA.

#### 4.2.3.- METODOLOGÍA

Durante la presente campaña se han utilizado la siguiente configuración:

- Forma de pulso: Chirp.
- Frecuencias: 1.5 – 5 kHz
- Duración del pulso: 15 ms.
- Potencia: 0 dB. La potencia se ha adecuado según la profundidad de la zona de trabajo
- Cadencia de disparo: Manual cada aproximadamente 2.5 seg, o 5 seg
- Filtro paso alto: 2 KHz
- Longitud de la traza: 400 ms.
- Frecuencia de muestreo: 16000 kHz.

Los datos se han grabado en dos formatos, por una parte los datos brutos se han grabado en formato RAW propio de Topas, mientras que la señal procesada se ha grabado en formato SEG Y.

#### 4.2.4.- INCIDENCIAS

En varias ocasiones se quedó bloqueado el software por lo que la hubo que reiniciar el mismo. Por lo demás, sin ninguna incidencia.

### 4.3.- SONDA MONOHAZ SIMRAD EA-600

#### 4.3.1.- DESCRIPCIÓN

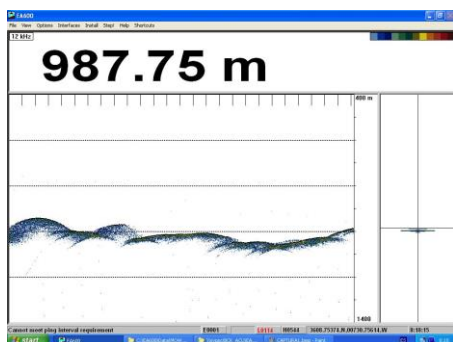
Sonda monohaz de doble frecuencia. Las frecuencias de trabajo son de 12 kHz en modo activo o pasivo activo, (PINGER) utilizado en combinación con el Pinger Benthos, y 200 kHz.

La sonda dispone de salidas serie, Ethernet y Centronics para impresora. Los datos se presentan en pantalla, a los que se añaden los datos de navegación y hora. Los datos de navegación, tiempo y actitud le llegan del Seapath, mediante unas líneas serie cuya configuración es la siguiente

Telegrama	Puerto	Baudios	Bits Datos	Bits Stop	Paridad
Navegación y tiempo	COM3	9600	8	1	No
Actitud	COM2	19600	8	1	No

La profundidad se envía a través de la red Ethernet por el puerto UDP:2020 al sistema de adquisición de datos SADO.

Durante esta campaña, la profundidad del haz central al Sado se envió desde la EM 122 mientras ésta estuvo operando. El tiempo que estuvo apagada se utilizó la EA 600 para la profundidad del Sado.



PANTALLA PRINCIPAL EA 600

#### 4.3.2.- METODOLOGÍA

Esta sonda se utiliza para la navegación y para incorporar la profundidad en el telegrama de datos distribuido y la BBDD SADO.

#### 4.3.3.-INCIDENCIAS

Ninguna incidencia de tipo técnico. El equipo generó alguna interferencia al registro de la EM 122.

### 4.4.- MAGNETÓMETRO MARINO SEA SPY

#### 4.4.1.- DESCRIPCIÓN

El magnetómetro SeaSPY es un sistema de adquisición de datos magnéticos de la casa Marine Magnetics que dispone de un sensor Overhauser de gran precisión. Es un magnetómetro de protones.

El sensor Overhauser es completamente omnidireccional, con lo que la cantidad de señal producida es independiente de la dirección del campo y muy estable en el tiempo, el reloj utilizado tiene una precisión de 1ppm, además se puede sincronizar con el tiempo GPS que le llega por el puerto de navegación. El equipo está estabilizado en temperatura, de forma que la precisión sea la misma tanto en aguas frías como cálidas y debido a sus características de construcción, no presenta errores de "heading"



MAGNETÓMETRO MARINO SEASPY



#### 4.4.2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Rango de medida	18000 nT a 120000 nT
Precisión absoluta	0.2 nT
Sensibilidad del sensor	0.01 nT
Sensibilidad del contador	0.001 nT
Resolución	0.001 nT
Zona muerta	ninguna
Heading Error	ninguno
Deriva temporal	ninguna
Consumo de potencia	1 W en parado, 3W máximo
Estabilidad de la base de tiempos	1 ppm de -45º a 60º
Frecuencia de muestreo	4 Hz a 0.1 Hz
Trigger externo	Vía RS-232
Comunicaciones	RS-232, 9600 baudios
Temperatura de trabajo	-45º a +60º

#### 4.4.3.- METODOLOGÍA

El magnetómetro toma las medidas de campo magnético y mediante el software Sealink, estas son almacenadas y georreferenciadas con el telegrama GPS del Seapath. El magnetómetro tiene un sensor de presión que nos indica en todo momento la profundidad a la que se encuentra el pez.

No se ha utilizado el magnetómetro durante la campaña a pesar que estaba pedido en la equipación del barco.

#### 4.4.4.- INCIDENCIAS

Sin incidencias.

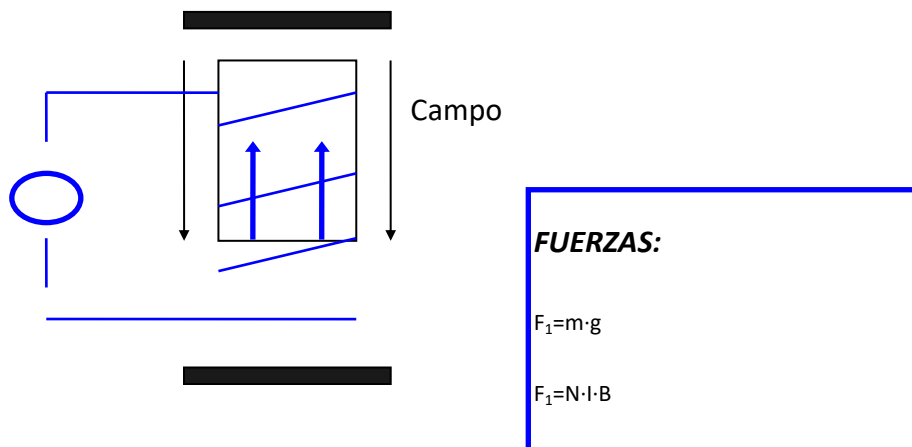
### 4.5.- GRAVÍMETRO MARINO

#### 4.5.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El modelo que tenemos a bordo del BIO Hespérides es un BGM-3.

Los gravímetros emplean diferentes principios para medir la cte de aceleración de la gravedad (g)., básicamente consiste en medir la fuerza ejercida sobre una masa conocida y extremadamente cte., de este modo de  $F=m \cdot g$  podemos deducir el valor de g.

En el caso del gravímetro BGM-3 embarcado el sensor consiste en una masa alrededor de la cual hay un hilo conductor. La masa permanece estable entre dos imanes fijos, el sistema funciona manteniendo un equilibrio entre la fuerza gravitacional que se ejerce sobre la masa y la fuerza electromagnética producida por la bobina, necesaria para mantener la masa estable.



Esto es, muy básicamente lo que hace un gravímetro. Por supuesto para una misma masa el valor calculado de  $a$ , es decir el valor de la cte de aceleración de la gravedad  $g$ , podrá variar si movemos el sistema o sometemos a fuerzas y/o aceleraciones externas, desvirtuando la medida; nuestro sensor debe estar completamente aislado del mundo exterior, absolutamente quieto en el espacio. Esto es obviamente imposible en un barco.

Por eso en los gravímetros marinos el sensor va metido en una caja que se coloca en una plataforma estabilizada electromecánicamente de forma que los movimientos de balanceo, cabeceo, guiñada y elevación por oleaje (y las aceleraciones asociadas) afecten lo mínimo posible.

En nuestro caso el elemento sensor está en una plataforma giroestabilizada en los ejes de balanceo y cabeceo, esto quiere decir que va montada en una especie de doble anillo que se mueve de forma que la plataforma permanezca siempre horizontal. Esto se consigue con unos sensores llamados giróscopos y que son sensibles a las aceleraciones angulares que provocan los movimientos de cabeceo y balanceo. Cuando se detecta un movimiento en alguno de estos sentidos el sensor envía esta información a un servosistema que mueve la plataforma para corregir este error. Todo el proceso apenas lleva unos milisegundos.

Las aceleraciones verticales y horizontales son detectadas por unos acelerómetros lineales instalados en la caja y son compensadas electrónicamente.

Esta información se traduce a un tren de pulsos, cuya cuenta dependerá del valor de la  $g$ . Es decir cuanto mayor sea  $g$ , más pulsos por segundo llegarán al ordenador. El ordenador cuenta el número de pulsos que le llegan cada segundo y deduce el valor de las medidas; aplica un filtro, presenta los datos en pantalla, los imprime y los guarda en disco duro.

El gravímetro marino BGM-3 consta de:

#### Subsistema sensor:

Consta de un rack con los dispositivos electrónicos de alimentación, de acondicionamiento de señal y las baterías de emergencia. El sensor de gravedad genera un tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la gravedad en el rango del instrumento y una señal de referencia para contarlos, estos datos se introducen en el ordenador donde son procesados. También se generan los bits de estatus correspondientes a un mal funcionamiento o que indican un modo de test.

#### Plataforma estabilizada:

Consiste de una plataforma estabilizada y de la electrónica de control, estabilización y alimentación de la misma.

Su función es la de aislar el sensor de gravedad de los movimientos del buque, minimizando las posibles influencias de los movimientos del buque en la medida, asegurando en todo momento la alineación del sensor con la vertical.

#### SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS:

Formado por un PC HP-485/50, y una impresora HP-DESKJET para la impresión en continuo de los datos.

---

#### 4.5.2.- METODOLOGÍA

El equipo se arrancó 5 días antes de la salida del buque para estabilizar la medida. La señal del mismo es volcada al Sado y se integra con la profundidad y posición.

El día 12/02/2019, en Punta Arenas, se realizó la calibración del mismo con el gravímetro portátil. Se realizaron 3 medidas en el muelle, a la altura de eslora donde se encuentra el gravímetro, y 2 medidas en la base gravimétrica. Del mismo modo se hizo una calibración al final de la campaña en Ushuaia el día 09/03/2019.

En el Anexo I están las dos calibraciones, una al inicio y la otra al final de la campaña.

---

#### 4.5.3.- INCIDENCIAS

Sin incidencias.

---

### 4.6.- GRAVÍMETRO PORTÁTIL

#### 4.6.1.- DESCRIPCIÓN

El Modelo que actualmente tenemos en el Hespérides para la calibración de la gravimetría es el Scintrex CG-6 Autograv.

Este modelo se debe enchufar a la corriente eléctrica unas 24 horas antes para que el sensor sea estable.

Consta de un trípode para nivelarlo, el gravímetro en sí y una tableta por si queremos enviarle los datos en tiempo real y via bluetooth.

---

#### 4.6.2.- METODOLOGÍA

El equipo fue empleado para calibrar las medidas tomadas por el gravímetro marino BGM-3. Para ello medimos la gravedad alternativamente en un punto gravimétrico cercano al buque y en el propio buque.

Se mide 3 veces en el buque y 2 en el punto gravimétrico. En las medidas del buque se ha medido la altura desde el nivel del agua hasta el muelle. Ver Anexo I.

Una vez hechas estas medidas se cubre la hoja de calibración, para la cual se han de tomar la media de los datos del gravímetro durante el periodo de dicha calibración en tierra. Estos datos se cogen del Sado.

**SYSTEM FEATURES**

**PORTABLE LIGHT-WEIGHT SURVEY GRAVITY METER**

- High-Visibility Console
- All-Weather Operation (-40 to +45 °C)
- Dust-Proof, Water-Resistant Meter
- Intuitive Survey-Driven Interface
- Backlit Inclined Display
- Robust Fused-Quartz Sensor
- No Clamping Required
- On-Board GPS Receiver
- Bluetooth Connectivity
- Simplified Leveling Interface
- On-Board Mass Storage (4 GB)
- Hot-Swappable Dual High-Capacity Batteries (6-4 hr @ 25 °C)
- 5 microGal Repeatability
- Takes Under 5 microGal for up to 20 g Shocks
- Low Drift Sensor (Unconnected) < 200 microGal/day
- Low Residual Drift (< 20 microGal/day)
- Automated Corrections (Tides, Tilt, Drift, Temperature)

**RUGGEDIZED SMART TABLET ACCESSORY**

- Lynx LG Land Gravity Survey Software
- Touch-Free Field Operation of Gravimeter
- Built-In GPS and Camera
- Windows Operating System
- Daylight Readable Multi-Touch Screen
- Real-Time Position Maps
- In-Field Simple Bouguer Maps



Las características técnicas del equipo son las siguientes:

<b>CG-6 SPECIFICATIONS</b>	
SENSOR TYPE	Fused quartz using electrostatic nulling
READING RESOLUTION	0.1 microGal
STANDARD DEVIATION	< 5 microGal
OPERATING RANGE	World-wide (8,000 mGal without resetting)
RESIDUAL DRIFT	< 20 microGal/day
UNCOMPENSATED DRIFT	< 200 microGal/day
RANGE OF AUTOMATIC TILT COMPENSATION	±200 arcseconds
TARES	Typically < 5 microGal for shocks up to 20 g
AUTOMATED CORRECTIONS	Tide, instrument tilt, temperature, noisy sample filter, seismic noise filter, drift
DATA OUTPUT RATE	User selectable up to 10 Hz
GPS ACCURACY	Standard < 3 m
TOUCH-FREE OPERATION	Handheld Tablet with Bluetooth
BATTERY CAPACITY	2 X 6.8 Ah (10.8 V) rechargeable lithium smart batteries. Full day operation at 25 °C (77 °F)
POWER CONSUMPTION	5.2 Watts at 25 °C (77 °F)
OPERATING TEMPERATURE	-40 °C to +45 °C (-40 °F to 113 °F); Optional high temperature version to +55 °C (131 °F)
DIGITAL DATA OUTPUT	USB and Bluetooth
DIMENSIONS	21.5 cm(H) x 21 cm x 24 cm (8.5 in x 8.2 in x 9.4 in)
WEIGHT	5.2 kg (11.5 lbs) including batteries
STANDARD SYSTEM CONTAINS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CG-6 Autograv™ Gravity Meter</li> <li>• CG-6 Tripod</li> <li>• 2 Rechargeable Smart Batteries</li> <li>• Battery Charger</li> <li>• Tablet Computer w/GPS + accessories</li> <li>• Lynx LG Land Gravity Software</li> <li>• Power Supply and USB Cable</li> <li>• Transit Case</li> <li>• Shoulder Strap</li> <li>• User Manual</li> <li>• Spare Parts Kit</li> <li>• Carry Bag</li> </ul>
AVAILABLE OPTIONS AND ACCESSORIES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-Temperature (HT) Meter Option</li> <li>• Cold Weather Survey Accessories</li> <li>• Surveyor's Backpack</li> <li>• Spare Meter Batteries</li> <li>• Spare Tablet Batteries</li> <li>• Trident Gradient Tripod</li> <li>• Spare Battery Caps</li> </ul>

#### 4.6.3.- INCIDENCIAS

Ninguna incidencia.

## 4.7- EQUIPOS DE MEDIDA DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AGUA

### 4.7.- SONDAS BATITERMOGRÁFICAS

#### 4.7.1.- DESCRIPCIÓN

El sistema de adquisición de datos oceanográficos SIPPICAN MK-21 utiliza un PC estándar y un conjunto de sondas desechables para medir y visualizar parámetros físico-químicos del océano, tales como temperatura (sondas XBT), velocidad del sonido (sondas XSV), conductividad y salinidad (XCTD). El sistema realiza la adquisición, presentación y almacenamiento de los datos en tiempo quasi-real, permitiendo una presentación posterior de los datos para su análisis.



IMAGEN DE LA PISTOLA DE LANZAMIENTO DE LAS SONDAS BATITERMOGRÁFICAS.

#### 4.7.2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### EXPENDABLE BATHYTHERMOGRAPH (XBT)

	APPLICATIONS	MAXIMUM DEPTH	RATED SHIP SPEED*	VERTICAL RESOLUTION
T-4	Standard probe used by the US Navy for ASW operations	460 m 1500 ft	30 knots	65 cm
T-5	Deep ocean scientific and military applications	1830 m 6000 ft	6 knots	65 cm
Fast Deep™	Provides maximum depth capabilities at the highest possible ship speed of any XBT	1000 m 3280 ft	20 knots	65 cm
T-6	Oceanographic applications	460 m 1500 ft	15 knots	65 cm
T-7	Increased depth for improved sonar prediction in ASW and other military applications	760 m 2500 ft	15 knots	65 cm
Deep Blue	Increased launch speed for oceanographic and naval applications	760 m 2500 ft	20 knots	65 cm
T-10	Commercial fisheries applications	200 m 660 ft	10 knots	65 cm
T-11 (Fine Structure)	High resolution for US Navy mine countermeasures and physical oceanographic applications	460 m 1500 ft	6 knots	18 cm

##### EXPENDABLE SOUND VELOCIMETER (XSV)

	APPLICATIONS	MAXIMUM DEPTH	RATED SHIP SPEED*	VERTICAL RESOLUTION
XSV-01	ASW application where salinity varies; Naval and civilian oceanographic and acoustic applications	850 m 2790 ft	15 knots	32 cm
XSV-02	Increased depth for improved ASW operation where salinity varies; Naval and civilian oceanographic and acoustic applications	2000 m 6560 ft	8 knots	32 cm
XSV-03	High resolution data for improved mine counter-measures and ASW operations in shallow water; geophysical survey work; commercial oil industry support	850 m 2790 ft	5 knots	10 cm

System depth accuracy: 4.6 meters or 2% of depth; whichever is larger (for XSV).

\*All probes may be used at speeds above rated maximum, however there will be a proportional reduction in depth capability.

All probes are shipped 12 to a case which is constructed of weather-resistant biodegradable material. Shipping weight varies from 25 lbs. to 43 lbs. depending on probe type. Dimensions of the case vary from 17" X 14" X 18" (2.3 cu. ft.) to 17" X 14" X 19" (2.6 cu. ft.).

#### 4.7.3.- CALIBRACIÓN

Las sondas vienen ya calibradas de fábrica.

#### 4.7.4.- METODOLOGÍA

No se han realizado ningún lanzamiento de sondas batitermográficas. Se han utilizado los perfilers realizados con el CTD para introducir los SVP en los equipos acústicos.

A continuación se muestra la tabla con los perfiles realizados.

Sonda	Fecha	Hora UTC	Latitud	Longitud	Prof fondo (m)	Fichero
CTD 1	20/02/19	00:06	62° 58.79 S	61° 40.02 W	506	SVP1_20022019
CTD 2	21/02/19	21:13	63° 00.29 S	60° 59.49 W	381	SVP2_21022019
CTD 3	22/02/19	00:48	62° 59.54 S	60° 52.54 W	206	SVP3_22022019
CTD 4	22/02/19	03:44	62° 58.71 S	60° 52.97 W	256	SVP4_22022019
CTD 5	22/02/19	05:46	63° 05.62 S	60° 58.11 W	683	SVP5_22022019
CTD 6	22/02/19	14:59	63° 03.46 S	61° 00.03 W	81	SVP6_22022019
CTD 7	22/02/19	18:08	63° 04.16 S	61° 06.78 W	426	SVP7_22022019
CTD 8	22/02/19	19:46	63° 04.29 S	61° 11.69 W	573	SVP8_22022019
CTD 9	23/02/19	21:01	63° 05.71 S	61° 20.25 W	688	SVP9_23022019
CTD 10	24/02/19	10:25	63° 10.66 S	61° 15.53 W	1315	SVP10_24022019
CTD 11	25/02/19	14:49	62° 42.36 S	60° 48.06 W	83	SVP11_25022019



CTD 12	25/02/19	16:32	62º 41.07 S	60º 36.38 W	196	SVP12_25022019
CTD 13	26/02/19	14:24	62º 51.25 S	59º 50.94 W	406	SVP13_26022019
CTD 14	26/02/19	15:04	62º 51.02 S	59º 51.02 W	417	SVP14_26022019
CTD 15	26/02/19	17:43	62º 50.34 S	59º 51.89 W	505	SVP15_26022019
CTD 16	26/02/19	19:29	62º 50.71 S	59º 51.58 W	693	SVP16_26022019
CTD 17	26/02/19	21:28	62º 51.26 S	59º 51.34 W	478	SVP17_26022019
CTD 18	27/02/19	00:02	62º 49.74 S	59º 46.33 W	599	SVP18_27022019
CTD 19	01/03/19	20:35	62º 57.59 S	60º 40.93 W	133	SVP19_01032019
CTD 20	01/03/19	21:21	62º 57.70 S	60º 41.07 W	117	SVP20_01032019
CTD 21	02/03/19	14:07	62º 58.01 S	60º 42.00 W	104	SVP21_02032019
CTD 22	02/03/19	17:32	62º 57.25 S	60º 40.04 W	162	SVP22_02032019
CTD 23	02/03/19	18:54	62º 56.90 S	60º 38.15 W	160	SVP23_02032019
CTD 24	02/03/19	20:58	62º 56.93 S	60º 38.09 W	160	SVP24_02232019
CTD 25	02/03/19	23:20	62º 56.17 S	60º 37.00 W	118	SVP25_02032019
CTD 26	03/03/19	13:58	62º 55.82 S	60º 39.17 W	147	SVP26_03032019
CTD 27	03/03/19	15:31	62º 57.64 S	61º 40.02 W	166	SVP27_03032019

CTD 28	03/03/19	19:11	62º 55.80 S	60º 40.00 W	74	SVP28_03032019
CTD 29	03/03/19	20:01	62º 55.70 S	60º 38.15 W	115	SVP29_03032019
CTD 30	05/03/19	04:45	62º 34.98 S	58º 42.93 W	1157	SVP30_05032019
CTD 31	05/03/19	08:42	62º 38.51 S	58º 59.19 W	1001	SVP31_05032019

#### 4.7.5.- INCIDENCIAS

Sin incidencias.

### 4.8- SISTEMA INERCIAL Y DE POSICIONAMIENTO

#### 4.8.1- SEAPATH 330

#### 4.8.2- INTRODUCCIÓN

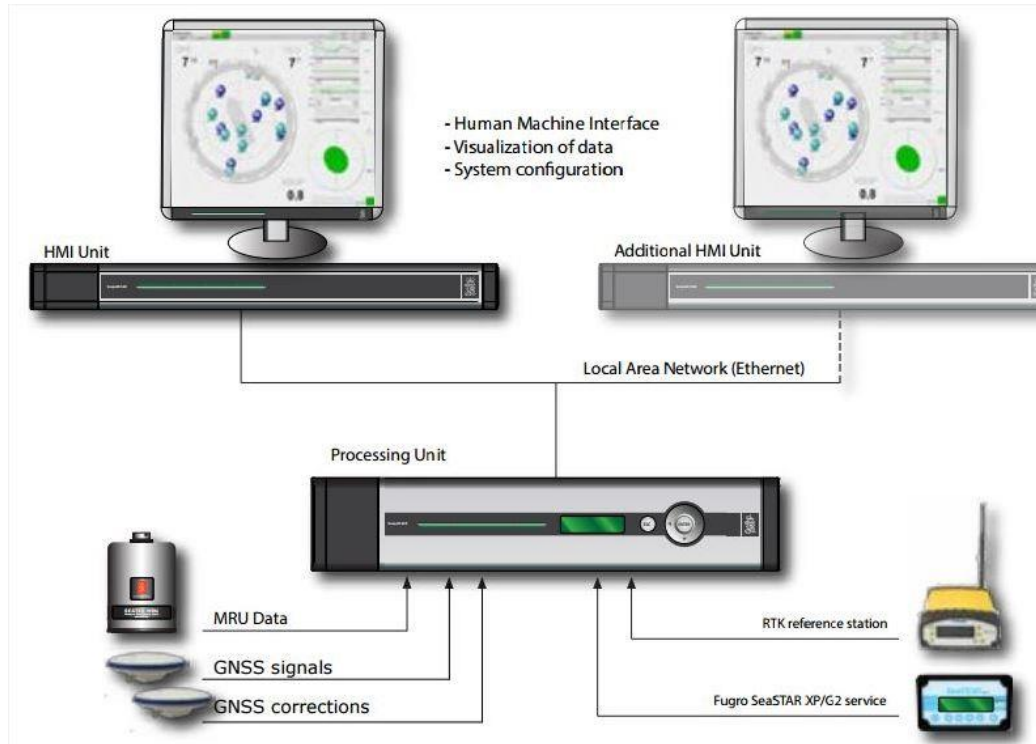
El Seapath 330 es el alma de los sensores de actitud del barco. Consta de dos antenas GPS, separadas 4 metros, una unidad central y su pantalla, situadas en el rack de proa del laboratorio de Equipos Electrónicos Proa (Sondas).

El equipo toma datos del GPS y de la VRU (Unidad de referencia vertical) que da información sobre la actitud del barco, cabeceo, balanceo, oleaje. Procesa los datos y genera telegramas NMEA heading, actitud y de posición, que se reparten por todo el barco a través de un sistema de distribución de datos situado tras los racks de EEPROA.

Su configuración (archivo *hesperides.par*) incluye la posición de los sensores respecto al centro del barco, que se considera está en la MRU 5+, local de gravimetría.

La posición que proporciona el Seapath 330 corresponde al centro de gravedad del Barco (MRU 5+ en el local de gravimetría).

### 4.8.3.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SEAPATH 33

### Producto integrado Inercial/GNSS

El Seapath ofrece la combinación de señales GNSS y medidas inerciales para las operaciones demandadas en la campaña. Se incluye la 5ª generación de MRU, la 5+, que proporciona 0.002° de exactitud en roll y pitch.

Esta exactitud procede del uso de acelerómetros lineales muy precisos y el tipo único de giroscópica de velocidad angular tipo MEMS.

Esta combinación de señales GNSS y datos inerciales favorece un mejor funcionamiento que cada una de las señales por separado con una alta velocidad de salida (más de 200 Hz), además de un retraso (delay) 0 en la salida de datos, datos disponibles en más de 8 diferentes puntos y un total de 16 puertos serie y Ethernet, junto con 3 canales analógicos.

Precisión y exactitud

Los algoritmos de navegación avanzados integran el dato RTK GNSS junto con el dato del sensor inercial procedente de la MRU.

Esto produce que el Seapath 330 tenga ventajas únicas en comparación con los productos RTK en modo stand alone. Además los datos generados de rolido, balance y cabeceo permiten referir a cualquier punto del barco la posición RTK de la antena.

Todos los datos del Seapath tienen el mismo tiempo de salida en tiempo real.

La posición subdecimométrica se puede obtener con los datos de la órbita de la órbita del satélite y del reloj bajados de internet mediante post proceso de los datos de posición y MRU.

#### Configuración del sistema

El Seapath se compone de dos módulos con una HMI y un procesador conectados vía Ethernet.

La unidad de proceso ejecuta los procesos independientemente de la interfase del usuario en la unidad HMI, para asegurar una continua y fiable operación. La unidad HMI presenta los movimientos del buque en un modo fácil y sencillo de interpretar.

El Seapath es operado a través del software del operador instalado, en este caso en el pc de la EA 600, donde se puede configurar y hacer un test a los puertos.

Las antenas GPS proporcionan la información de Heading, velocidad, posición y tiempo, mientras que la MRU proporciona la información de actitud.

Para asegurar que las marcas de tiempo son correctas, el PPS del GPS se utiliza como tiempo de referencia tanto para la unidad central como la MRU.

La información de Seapath esta disponible en la pantalla y en 4 Leds situados en la unidad central. Los leds indican el estado de la unidad de forma que el color amarillo indica que el sistema funciona correctamente, el color naranja indica que las prestaciones no son del todo precisas y el color rojo indica que los datos son malos.

Los Leds empezando de izquierda a derecha representan:

Velocidad/Posición

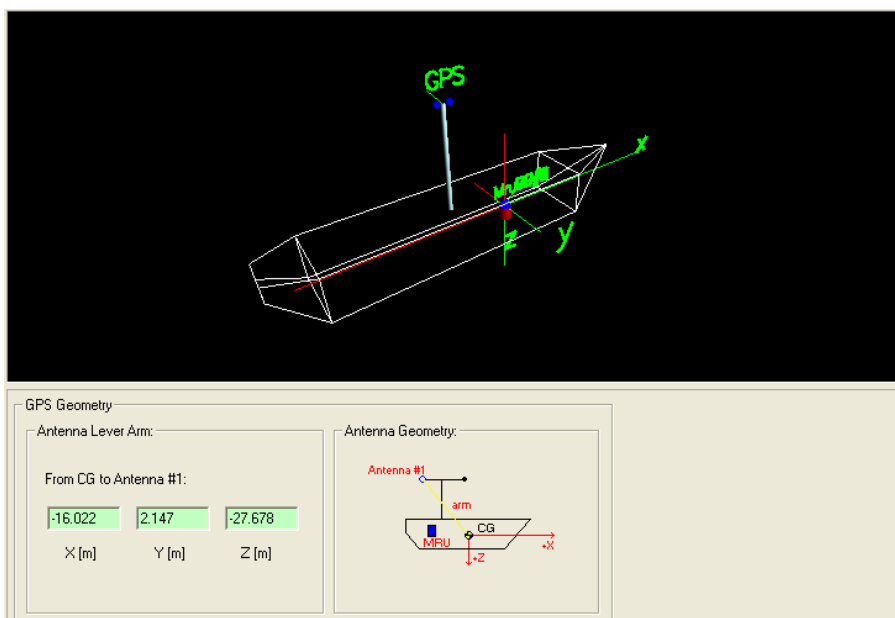
Heave

Roll/Pitch

Heading

Cuando no hay correcciones diferenciales DGPS el primer led (Vel/Pos) queda en Naranja.

#### 4.8.4.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



#### GEOMETRÍA GPS-CENTRO DEL BARCO.

##### PERFORMANCE

Heading accuracy	0.05° RMS (4 m baseline) 0.065° RMS (2.5 m baseline)
Roll and pitch accuracy	0.02° RMS for ±5° amplitude
Scale factor error in roll, pitch, heading	0.08 % RMS
Heave accuracy (real-time)	5 cm or 5 % whichever is highest
Heave accuracy (delayed signal)	2 cm or 2 % whichever is highest
Heave motion periods (real-time)	1 to 20 seconds
Heave motion periods (delayed signal)	1 to 50 seconds
Position accuracy (X and Y)	1 cm + 1 ppm RMS
Position accuracy (Z)	2 cm + 1 ppm RMS
Velocity accuracy	0.03 m/s (RMS)
Range to RTK reference station	10 km
UHF radio frequencies	430 to 470 MHz 390 to 430 MHz (optional)

##### DATA OUTPUTS

Communication ports	8 serial RS-232/RS-422 lines and 16 Ethernet UPD/AP ports
Data output interval	Programmable in 0.005-sec. steps and 1PPS pulse
Data update rate	Up to 200 Hz

##### WEIGHT AND DIMENSIONS

Processing Unit	5.4 kg, 89 x 485 x 357 mm
HMI Unit	3.8 kg, 44 x 485 x 330 mm
Monitor	3.8 kg, 383 x 380 x 170 mm
IMU	2.4 kg, 140 x Ø105 mm
GNSS antenna	0.5 kg, 69 x 185 mm

##### POWER

Processing Unit	100 to 240 V AC, 75 W (max)
HMI Unit	100 to 240 V AC, 40 W (max)
Monitor	100 to 240 V AC, 23 W (max)
IMU	24 V DC from Processing Unit
GNSS antenna	5 V DC from Processing Unit

##### ENVIRONMENTAL SPECIFICATION

###### Operating temperature

Processing and HMI Unit	-15 to +55 °C
Monitor	+5 to +40 °C
IMU	-5 to +55 °C
GNSS antenna	-40 to +85 °C

###### Humidity (enclosure protection)

Processing and HMI Unit	10 to 95 % rel. non condensing (IP 21)
Monitor	20 to 80 % rel. non condensing (IP 21)
IMU	Hermetically sealed (IP 66)
GNSS antenna	Hermetically sealed (IP 66)
Cables	IP 67
Connectors	With self-amalgamating tape (IP 67)

##### Mechanical

Vibration	IEC 60945/EN 60945
-----------	--------------------

##### Electromagnetic compatibility

Compliance to EMC, immunity/emission	IEC 60945/EN 60945
--------------------------------------	--------------------

##### PRODUCT SAFETY

Compliance to LVD, standard used	IEC 60950-1/EN 60950-1
----------------------------------	------------------------

Las posiciones que da el GPS de Seapath 330 están referenciadas al centro del barco, en la imagen se observa la distancia entre la antena GPS y el centro del barco (que coincide con la posición de la MRU5+). La distancia del centro del barco al espejo de popa es de 50 metros.

#### 4.8.5.- INCIDENCIAS

Dado la zona en la que se desarrolló la campaña, no se han tenido nunca correcciones Sbas. El error de posición ha sido de entre 1.2 y 1.8 m.

### 4.9.- SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL (MRU)

#### 4.9.1.- INTRODUCCIÓN

El anterior equipo descrito necesita que se le integren los datos de los GPS y de esta unidad de movimiento. En nuestro caso disponemos de un modelo Seatex MRU 5 +. Se sitúa en el local de gravimetría del buque, que es la zona donde está el centro de rotación del mismo. Esto evita la generación del heave inducido.



IMAGEN DEL LA MRU EN SU LOCALIZACIÓN, LABORATORIO DEL GRAVIMETRÍA.

#### 4.9.2.- DESCRIPCIÓN

Esta MRU envía datos de rolido y cabeceo con una exactitud de  $0.01^\circ$  y ruido angular menos de  $0.002^\circ$ .

Cada equipo se ha calibrado y probado individualmente, con el correspondiente certificado. Esto se debe al uso de sensores inerciales precisos, incluyendo 3 giróscopos y aceleradores lineares. Estos acelerómetros están indicados para navegaciones exactas.

Estas giroscópicas MRG5 (Mru Rate Gyro model 5) están pensadas para aplicaciones de altas prestaciones. La MRG5 combina poco ruido de señal, excelente tendencia a la estabilidad, precisión de ganancia exponencial y la mejor tasa de giro disponible para aplicaciones marítimas.

Esta alta calidad se debe al uso de componentes sólidos sin partes móviles.

#### ***PFreeHeave® Algorithm***

Este algoritmo emplea medidas pasadas para sacar un heave correcto y sin desfase. Esta es una ventaja en condiciones de mar de fondo de alta longitud de onda y en aplicaciones en las que se puede necesitar el delay heave para procesado de datos.

Mediante comunicación vía Ethernet se envían los datos a los demás equipos, en este caso el Seapath.

- $0.01^\circ$  roll and pitch accuracy
- Exceptional low angle noise and bias stability
- High output data rate (200 Hz)
- Outputs on RS-232, RS-422 and Ethernet
- Precise heave at long wave periods by use of PFreeHeave® algorithm
- Each MRU delivered with Calibration Certificate
- No limitation in mounting orientation
- Lever arm compensation to two individually configurable monitoring points
- Meets IHO special order requirements
- Small size, light weight, low power consumption
- 2-year warranty



#### 4.9.3.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Este equipo tiene las siguientes características técnicas.

<b>ORIENTATION OUTPUT</b>		Ethernet UDP/IP	10/100 Mbps
Angular orientation range	±180°	Data output rate (Hz)	200 Hz
Resolution (all axes)	0.001°	Timing	< 1 ms
Angle noise roll, pitch	0.002° RMS		
Accuracy 1), 2) roll, pitch (for ±45° amplitude)	0.01° RMS	<b>ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS</b>	
		Temperature range	-5 °C to +55 °C
		Humidity range, electronics	Sealed, no limit
		Vibration	IEC 60945/EN 60945
<b>GYRO OUTPUT</b>		<b>ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY</b>	
Angular rate range	±75°/s	Compliance to EMC D, immunity emission	IEC 60945/EN 60945
Angular rate noise	0.008°/s RMS		
Bias stability (in run bias)	0.03 % RMS	<b>OTHER DATA</b>	
Bias stability (absolute bias)	20 % RMS	MTBF (computed)	50000 h
Angle Random Walk	0.0067°/√h (typical)	Housing dimensions	Ø 105 x 140 mm (4.134" x 5.525")
Scale factor error	0.03 % RMS	Material	Anodized aluminum
		Weight	2.4 kg
		Connector (MIL spec)	Socket 851-36 RG 16-25SSD
<b>ACCELERATION OUTPUT</b>		<b>VELOCITY INPUT FORMATS</b>	
Acceleration range (all axes)	±30 m/s <sup>2</sup>	NMEA0183, incl. VTG, VHW, VBW or MRU Normal format	
Bias stability (absolute bias)	80 µg RMS		
Acceleration noise	0.0003 m/s <sup>2</sup> RMS	<b>HEADING INPUT FORMATS</b>	
Velocity Random Walk	3.3 µg/√h	NMEA0183, HDT, HDM, LR 4D interface or MRU Normal format	
Scale factor error	0.008 % RMS		
		<b>DATA OUTPUT PROTOCOLS</b>	
<b>HEAVE OUTPUT</b>		- MRU Normal	- Soudier
Output range	±60 m, adjustable	- NMEA0183 proprietary	- EN3000
Periods (real-time)	0 to 25 s	- Atlas Fausweep	- TSS1
Periods (delayed)	0 to 50 s	- Separate binary 23, 25, 26	- PFree Heave Ø
Heave accuracy (real-time)	5 cm or 5% whichever is highest	- PRDID	
Heave accuracy (delayed)	2 cm or 2% whichever is highest		
<b>ELECTRICAL</b>			
Power requirements	12 to 28 V DC, max 12 W		
Serial ports:			
Com1	Bidirectional RS-422		
Com2	Bidirectional RS-422 from junction box, user configurable RS-232, RS-422	1) When the MRU is exposed to a combined two-axis sinusoidal angular motion with 10 minutes duration.	
Com3 & Com4	Input only, user configurable RS-232, RS-422	2) When the MRU is stationary over a 30-minute period.	
Analog channel B (junction box)	# 4, ±10 V, 14 bit resolution		
Ethernet output ports	5		

#### 4.9.4.- INCIDENCIAS

Sin incidencias



#### 4.10.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO

CALIBRACIÓN EN USHUAIA 09/03/2019.

##### HOJA DE CALIBRACIÓN

<b>GRAVÍMETRO:</b>	BGM-3	CG-6 Autograv
<b>BUQUE:</b>	BIO HESPÉRIDES	

<b>Fecha:</b>	09/03/2019	<b>Hora:</b>	9:06
<b>Referencia BASE:</b>	Base Gravimétrica de enlace, Puerto de Ushuaia		
<b>Localización BASE:</b>	Muelle de Ushuaia, 3ª farola empezando desde tierra		
<b>Localización BIO</b>	Final del muelle		
<b>Campana:</b>	Final EXPLOSEA-II		
<b>Operador / es:</b>	Jose Luis Pozo		
<b>Gravímetro portátil:</b>	CG-6 Autograv Scintrex		
<b>(0) Valor BASE (mgal):</b>	981468.46		

DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m)
(1) BIO 1	9:06	4812.35	1.06
(2) BASE1	9:12	4812.43	

(3) BIO2	9:20	4812.35	<b>1.07</b>
(4) BASE2	9:28	4812.38	
(5) BIO3	9:35	4812.35	<b>1.07</b>
<b>Núm medidas BASE</b>	2		
<b>Núm. medidas BIO</b>	3		

**CÁLCULOS**

(6) Valor medio en BIO:	4812.35	div.
(7) Valor medio en BASE:	4812.41	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7):	<b>-0.06</b>	div.
(9) Cte Calibración SCINTREX :	<b>0.87200</b>	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9):	-0.04796	mgal.
(11) $G_{\text{muelle}}$ (mgal):	<b>981468.412</b>	mgal.

(12) Altura del muelle (m):	1.1	m
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación:	<b>2.3</b>	m
(14) Distancia total:	3.37	m
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre:	<b>0.3086</b>	mgal. / m
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal.):	1.03895	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:	981469.451	mgal.

(18) Valor medio BGM-3 (G medida):	979978.48	mgal.
(19) Bias en BGM-3	852039.17	mgal.

(20) Diferencia a corregir (17) - (18)	1490.9710	mgal.	Offset resp/ arranque anterior
(21) Nuevo BIAS teórico (calculado) (19)+(20):	853530.14	mgal.	Nuevo Bias entrado
(22) Bias p/ adquisición (Arranque):	853530.14	mgal.	

## RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE ENLACE, USHUAIA.

### Datos Geográficos:

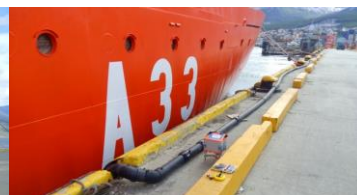
- Número de estación:
- Latitud:: 54° 48' 35.6" S
- Longitud 68° 18' 05.9" W
- Altitud (m): xxx m. (no lo pone en la reseña).

### Datos Gravimétricos:

- Gravedad Observada (miligales): 981468,46
- Fecha de observación: xxxxx (no lo pone en la reseña)
- Error Medio Cuadrático (miligales): (no lo pone en la reseña)
- Reconocimiento: Muelle comercial de Ushuaia, al pie de la 3ª farola desde la izquierda (oeste).

### Observaciones:

- No se ve el clavo. En el momento de la medición frente al buque se encontraba amarrado un gran transatlántico.





IMÁGENES DEL EMPLAZAMIENTO DE LA BASE GRAVIMÉTRICA DE ENLACE, EN USHUAIA.

CALIBRACIÓN EN PUNTA ARENAS 12/02/2019

**HOJA DE CALIBRACIÓN**

<b>GRAVÍMETRO:</b>	BGM-3	CG-6 Autograv
<b>BUQUE:</b>	BIO HESPÉRIDES	

<b>Fecha:</b>	12/02/2019	<b>Hora:</b>	17:27
<b>Referencia BASE:</b>	Base Gravimétrica, Puerto de Punta Arenas		
<b>Localización BASE:</b>	Puerto de Punta Arenas, oficina de admón de la Autoridad Portuaria		
<b>Localización BIO</b>	70°54'24.23W/53° 10'10.14S		
<b>Campaña:</b>	Inicio EXPLOSEA-II		
<b>Operador / es:</b>	Jose Luis Pozo		
<b>Gravímetro portátil:</b>	CG-6 Autograv Scintrex		
<b>(0) Valor BASE (mgal):</b>	981320.81		

DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m)
(1) BIO 1	17:27	5492.10	2.57
(2) BASE1	17:39	5492.60	
(3) BIO2	17:50	5491.85	2.53
(4) BASE2	18:04	5492.44	

(5) BIO3	18:17	5491.47	2.5
Núm medidas BASE	2		
Núm. medidas BIO	3		

**CÁLCULOS**

(6) Valor medio en BIO:	5491.81	div.
(7) Valor medio en BASE:	5492.52	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7):	-0.72	div.
(9) Cte Calibración SCINTREX :	<b>0.87200</b>	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9):	-0.62406	mgal.
(11) $G_{\text{muelle}}$ (mgal):	<b>981320.186</b>	mgal.

(12) Altura del muelle (m):	2.5	m
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación:	<b>2.3</b>	m
(14) Distancia total:	4.83	m
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre:	<b>0.3086</b>	mgal. / m
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal.):	1.49157	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:	981321.678	mgal.

(18) Valor medio BGM-3 (G medida):	981305.352	mgal.
(19) Bias en BGM-3	852039.17	mgal.

(20) Diferencia a corregir (17) - (18)	16.3255	mgal.	Offset resp/ arranque anterior
(21) Nuevo BIAS teórico (calculado) (19)+(20):	852055.50	mgal.	Nuevo Bias entrado
(22) Bias p/ adquisición (Arranque):	852055.50	mgal.	

## RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE PUNTA ARENAS

### Datos Geográficos:

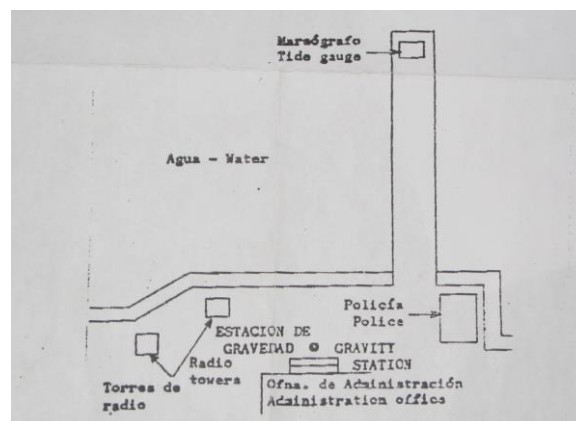
- Número de estación: DOD 0216-5 , WH 1019, IGB 51230 N
- Latitud: 53° 09.5' S
- Longitud: 70° 54.0' W
- Altitud (m): 32.9 m.

### Datos Gravimétricos:

- Gravedad Observada (miligales): 981320,81
- Fecha de observación: 01/07/1973
- Error Medio Cuadrático (miligales): 0.0
- Reconocimiento: Clavo de bronce al pie de las escaleras de la antiguo edificio administrativo del Puerto de Magallanes (Punta Arenas).

### Observaciones:

- Ninguna.



ESQUEMA DE LA BASE QUE APARECE EN LA RESEÑA.

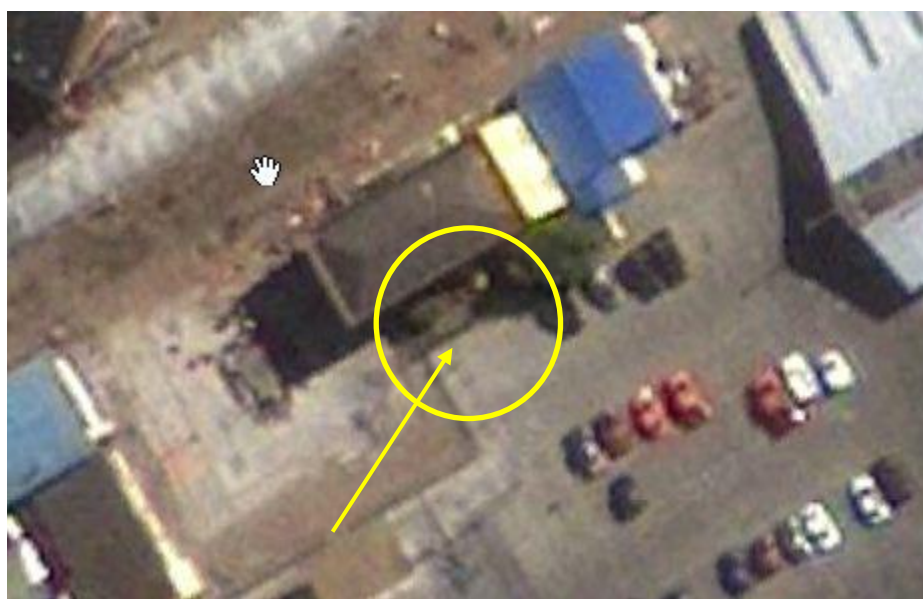


IMAGEN DE LA LOCALIZACIÓN DE LA BASE GRAVIMÉTRICA DE PUNTA ARENAS.