

TÍTULO: INFORME TÉCNICO DE LA CAMPAÑA

POWELL

Autor: Héctor Sánchez Martínez

Departamentos: Equipos fijos

Fecha: 28/02/2020

Páginas: 99

Detalles campaña: Sísmica, CTD, Batimetría, Topas, gravímetro, magnetómetro, gravity corer



INDICE

0.- INFORMACIÓN GENERAL	5
0.1- FICHA TÉCNICA	8
1.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA	9
2.- INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA	11
2.1.- Sonda MULTHAZ AGUAS PROFUNDAS KONGSBERG SIMRAD EM 122	11
2.1.1.- Descripción	11
2.1.2.- Calibración	14
2.1.3.- Incidencias	14
2.2. Sonda PARAMETRICA TOPAS PS 18	14
2.2.1.- Descripción	14
2.2.2.- Especificaciones	15
2.2.3.- Metodología	17
2.2.4.- Incidencias	17
2.3.- Sonda MONOHAZ SIMRAD EA-600	17
2.3.1.- Descripción	17
2.3.2.- Metodología	18
2.3.3.- Incidencias	18
2.4.- MAGNETÓMETRO MARINO SEA SPY	18
2.4.1.- Descripción	18
2.4.2.- Características técnicas	19
2.4.3.- Metodología	19
2.4.4.- Incidencias	21
2.5.- GRAVÍMETRO MARINO	21
2.5.1.- Descripción general y principios de funcionamiento	21
2.5.2.- Metodología	23
2.5.3.- Incidencias	23
2.6.- GRAVÍMETRO PORTÁTIL	23
2.6.1.- Descripción	23
2.6.2.- Metodología	23
2.6.3.- Incidencias	25



2.7.- SONDAS BATITERMOGRÁFICAS	26
2.7.1.- Descripción	26
2.7.2.- Características técnicas	27
2.7.3.- Calibración.....	27
2.7.4.- Metodología	27
2.7.5.- Incidencias.....	28
2.8.- CORRENTÍMETRO DOPPLER	28
2.8.1.- Introduccion	28
2.8.2.- Metodología	29
2.8.3.- Modos de trabajo.....	32
2.8.4.-Incidencias.....	32
2.9.- SISTEMA INERCIAL Y DE POSICIONAMIENTO, SEAPATH 330	32
2.9.1.- Introducción	32
2.9.2.- Descripción del sistema.....	33
2.9.3.- Características técnicas	35
2.9.4.- Incidencias.....	36
2.10.- SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL (MRU)	36
2.10.1.- Introducción	36
2.10.2.- Descripción.....	36
2.10.3.- Características técnicas	37
2.10.4.- Incidencias.....	38
2.11.- EQUIPAMIENTO SISMICO MULTICANAL	38
2.11.1.- Introducción	38
2.11.2.- Instrumentación	40
2.11.3.- Sistema de navegación INPROSPECT TriggerFish®	44
2.11.4.- Software de procesado y QC de Navegación GeometisMX de NORTHSTART®	46
2.11.5. Sistema de adquisición multicanal SEAL® 428 v1.1 v6.2.13	50
2.11.6.- “Streamer” multicanal SENTINEL Sercel®	52
2.11.7.- DIGICOURSE® compass birds	54
2.11.8.- GEOSPACE® airbags.....	55
2.11.9.- RGPS Boya de cola SEAMAP®	56
2.11.10.-Servidor de tiempo sincronizado con GPS (NTS).....	56
2.11.11.-Sistema de Procesado Sísmico. Descripción	57
2.11-12.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Metodología / Maniobra	58
2.11.13.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Incidencias	59
2.12.- CTD Y ROSETA	59
2.12.1.- Descripción.....	59



2.12.2.- Características técnicas	60
2.12.3.- Metodología y Maniobra	60
2.12.4.- Calibración.....	60
2.12.5.- Resultados	61
2.12.6.- Incidencias.....	61
2.13. - TERMOSAL _____	64
2.13.1.- Descripción.....	64
2.13.2.- Características técnicas	65
2.13.3.- Calibración.....	65
2.13.4.- Incidencias.....	65
2.14. – ESTACIÓN METEOROLOGICA _____	66
2.14.1.- Descripción	66
2.14.2.- Incidencias.....	66
2.15.- SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUA MARINA EN CONTINUO _____	67
2.15.1.- Introducción	67
2.15.2.- Especificaciones técnicas	68
2.15.3.- Incidencias.....	68
2.16.- GRAVITY CORER _____	69
2.16.1.- Características técnicas	69
2.16.2.- Metodología / Maniobra.....	69
2.16.3.- Estaciones	70
2.16.4.-Incidencias.....	70
2.17.- FUENTE SÍSMICA _____	70
2.17.1.- Compresor LMF 11 SL/138-207-E.....	70
2.17.2.- Cañones de aire G GUN II.....	72
2.18.- INFORME DE LOS EQUIPAMIENTOS TIC DEL BUQUE _____	74
2.18.1- INTRODUCCIÓN	74
2.18.2.- SERVICIOS.....	75
2.18.3.- Acceso a los datos de la campaña:.....	76
2.18.4- Acceso a la red de la UTM en el CMIMA	77
2.18.5.- Telefonía.....	77
2.18.6. Incidencias	77
3.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO _____	80
CALIBRACIÓN EN USHUAIA, 02/01/2020 _____	80
CALIBRACIÓN EN USHUAIA, 03/02/2020 _____	81



RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE USHUAIA	82
ANEXO II. OBSERVER LOGS (ANOTACIONES SÍSMICA	84
ANEXO III. CONFIGURACIÓN SECCIONES STREAMER	85
ANEXO IV. MODELIZACIÓN FUNTE SÍSMICA.	87
ANEXO V. CALIBRACIÓN BIRDS DIGICOURSE.	97



0.- INFORMACIÓN GENERAL

Información de Campaña

- Barco: BIO Hespérides
- Acrónimo: POWELL 2020
- Campaña N^a: 29HE20200109
- Área: Cuenca Powell y Mar de Bransfield, Océano Antártico
- Fechas: del 03 de Enero al 5 de Febrero de 2020
- IP's: Fernando Bohoyo (IGME) y Carlota Escutia (UGR)

Equipamiento utilizado

Ecosonda Multihaz de aguas profundas

- Modelo: Kongsberg Simrad EM 122
- Frecuencia de emisión: 13 kHz.
- Rango de operación: 20 a 11000 metros
- Resolución vertical: 10 a 40 cm
- Longitud de pulso: 2.5 a 15 ms.
- Frecuencia de muestreo: 2 Khz.
- Cobertura máxima: 150°.
- N° de haces: 191.
- Doble swath.
- Apertura del haz: 1° x 2°.
- Espaciado de haces: Equi-angular, equidistante, mixto.
- Estabilización
 - Transmisión: Cabeceo, balanceo, guiñada.
 - Recepción: Cabeceo
- Interfases:
 - Sensor de actitud Seapath 330 / MRU 5+
 - Girocompás Robertson RGC 11
 - TOPAS PS 18
 - Sistema de navegación Hydaq.

Ecosonda Monohaz

- Modelo: SIMRAD EA-600
- Frecuencias de trabajo: 12 kHz y 200 KHz



Perfilador/Sonda paramétrica

- Modelo: Kongsberg Simrad Topas PS 18
- 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: 4° - 6°
- Nivel de fuente: 210 dB re 1 μ Pa @ 1 meter at 5 kHz.

Magnetómetro marino

- Modelo Sea Spy.
- Precisión: 0.2 nT
- Sensibilidad del sensor: 0.01 nT
- Profundidad máxima de operación: 3000 m

Gravímetro marino

Modelo BGM-3

Gravímetro portátil

Modelo Scintrex CG-6 Autograv

Sondas batitermográficas

Sippican MK21

Correntímetro doppler de 75 KHz

Modelo RDI

Sísmica Multicanal

Fuente de Energía Sísmica para MCS.

- Fuente Tipo: AirGuns
- Marca/Modelo: SERCEL GGUN-II Volumen Total: 2020 cu.in.
- Profundidad de la fuente: 7.5 metros
- Frecuencia de Disparo: equidistantes 50.0 metros; controlado por sistema de navegación INPROSPECT® TriggerFish.

Configuración de Navegación Sísmica



0.1- FICHA TÉCNICA

FICHA TÉCNICA			
TÍTULO PROYECTO	POWELL 2020		
CÓDIGO REN	CTM2017-89711-C2-1-P	CÓDIGO UTM	29HE20200109
JEFE CIENTÍFICO	Fernando Bohoyo (IGME) y Carlota Escutia (UGR)		
INICIO	Ushuaia (Argentina) 03/01/2020	FINAL	Ushuaia (Argentina) 03/02/2020
BUQUE	BIO Hespérides		
ZONA DE TRABAJO	Cuenca Powell y Mar de Bransfield, Océano Antártico		
RESPONSABLE TÉCNICO	Héctor Sánchez Martínez	ORGANIZACIÓN	UTM
EQUIPO TÉCNICO	Samuel Sánchez, Gabriel Campos, Mario Sánchez y Peregrino Cambeiro (UTM Mecánica), Xavier Vidal (UTM Electrónica), Nieves Delgado-Aguilera, Ezequiel González y Jose Luis Alonso (UTM Sísmica), Alberto Serrano (UTM Tic) y Héctor Sánchez (UTM Acústica).		

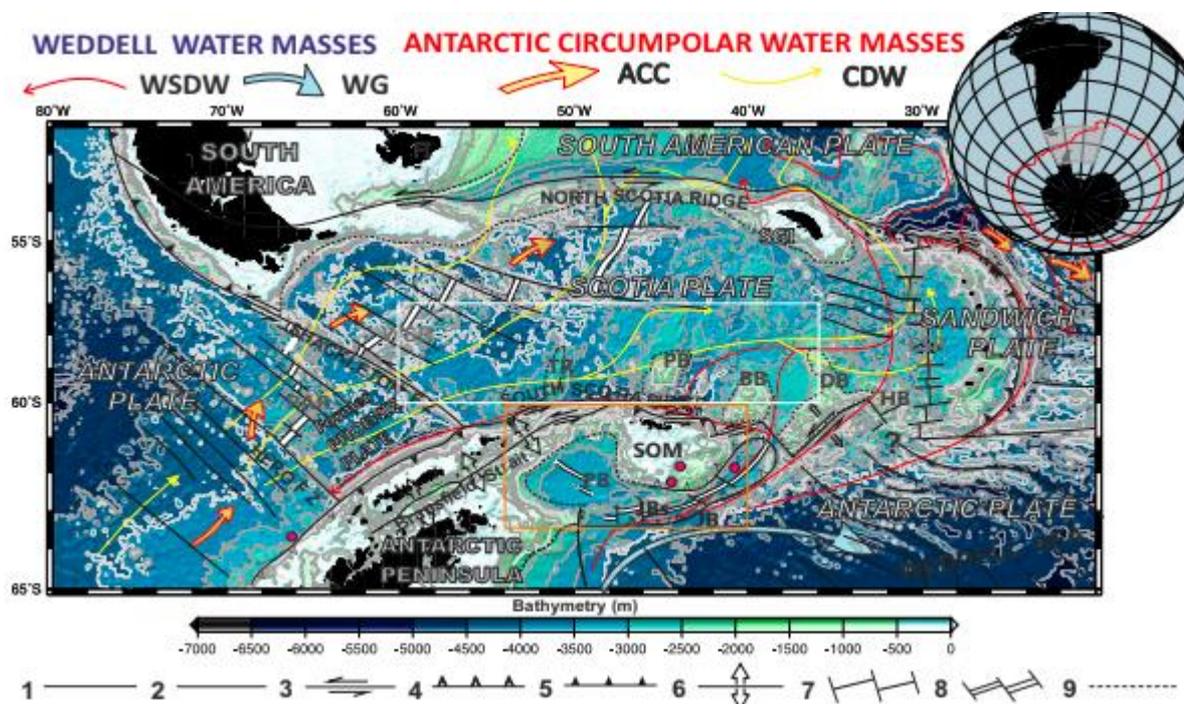
1.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA

La campaña se realizó en las Cuencas Powell y Mar de Bransfield, Océano Antártico. Se salió de Ushuaia el 3 de Marzo de 2020 y el tránsito a la zona de trabajo fue de 2 días y medio. Se hicieron labores logísticas desde el día

6 al día 9, en el que salimos de Isla Livingstone y en cuanto se despeja el hielo largamos el magnetómetro.

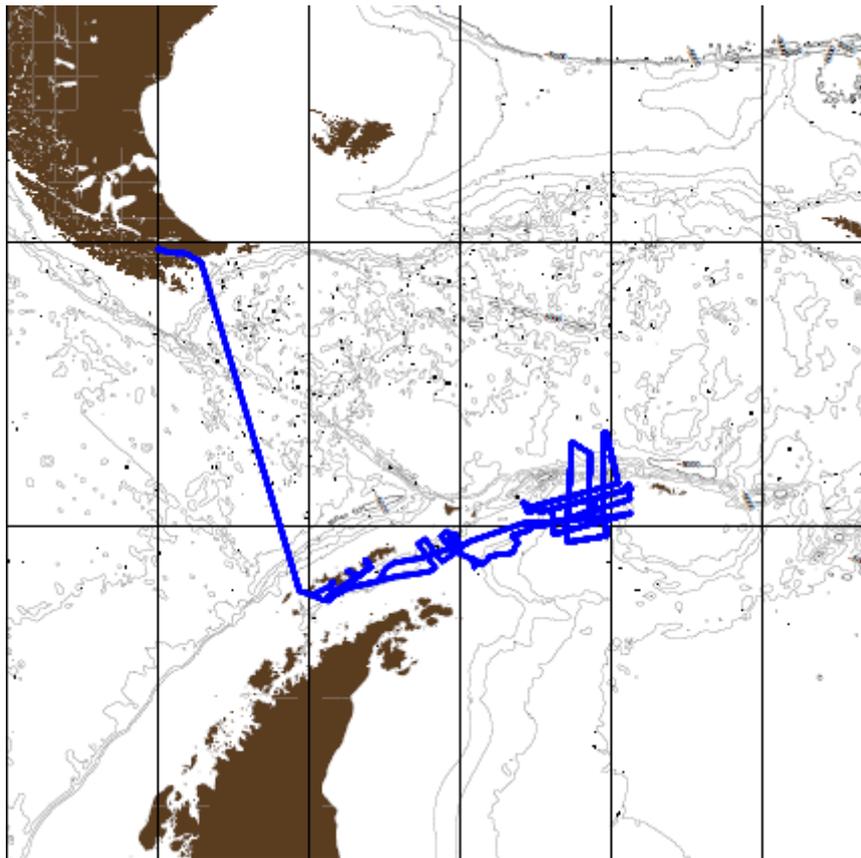
Las líneas de sísmica se intentaron prolongar lo más al sur que nos dejó el hielo, tomando como referencia los partes de hielo del programa Copernicus y del centro meteorológico argentino, entre otros.

La campaña se prolongó hasta el día 26, cuando recogemos equipos y empezamos de nuevo labores logísticas hasta el día 30, cuando iniciamos el tránsito de regreso a Ushuaia, llegando el día 2 de febrero.



Zona de trabajo de la campaña.

El track completo de la campaña fue el siguiente:



Las tareas en la campaña fueron las siguientes:

Registro con sonda multihaz de aguas profundas

Durante toda la campaña se ha registrado con la ecosonda multihaz, casi siempre a profundidades de entre 3000 a más de 5000 m. En Alborán, aprovechando el tránsito de llegada también se registraron varias horas.

Registro con sonda paramétrica topas

Se ha realizado un registro con la sonda paramétrica Topas durante toda la campaña.

Registro de magnetometría

Se llevó desplegado el magnetómetro durante casi toda la campaña. Se desplegó por estribor, separando el equipo con el tangón a fin de evitar que se enganchara con el streamer de sismica. Siempre se usó el chigre porta'til eléctrico con cable de kevlar.

Registro de gravimetría

Durante toda la campaña se registraron datos de gravimetría. Se calibró al principio y al final en la base gravimétrica situada en el muelle de Ushuaia.

Sondas batitermográficas

Se emplearon para la calibración de la velocidad del sonido en el agua, necesario para el correcto funcionamiento de la ecosonda multihaz.

Se han realizado 18 lanzamientos, de modelos XBT T5, T7, Fast Deep y XSV02.

Sísmica multicanal



Se realizaron líneas de sismica multicanal, siendo la fuente un array de cañones de aire comprimido y el Streamer de unos 2 Km de longitud

Perfiles con CTD

Se realizaron un total de XXXX perfiles con CTD

Filtrado de agua del sistema de continuo del barco

Se filtró agua de mar del continuo durante toda la campaña, incluidos los tránsitos.

2.- INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA

2.1.- SONDA MULTHAZ AGUAS PROFUNDAS KONGSBERG SIMRAD EM 122

2.1.1.-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

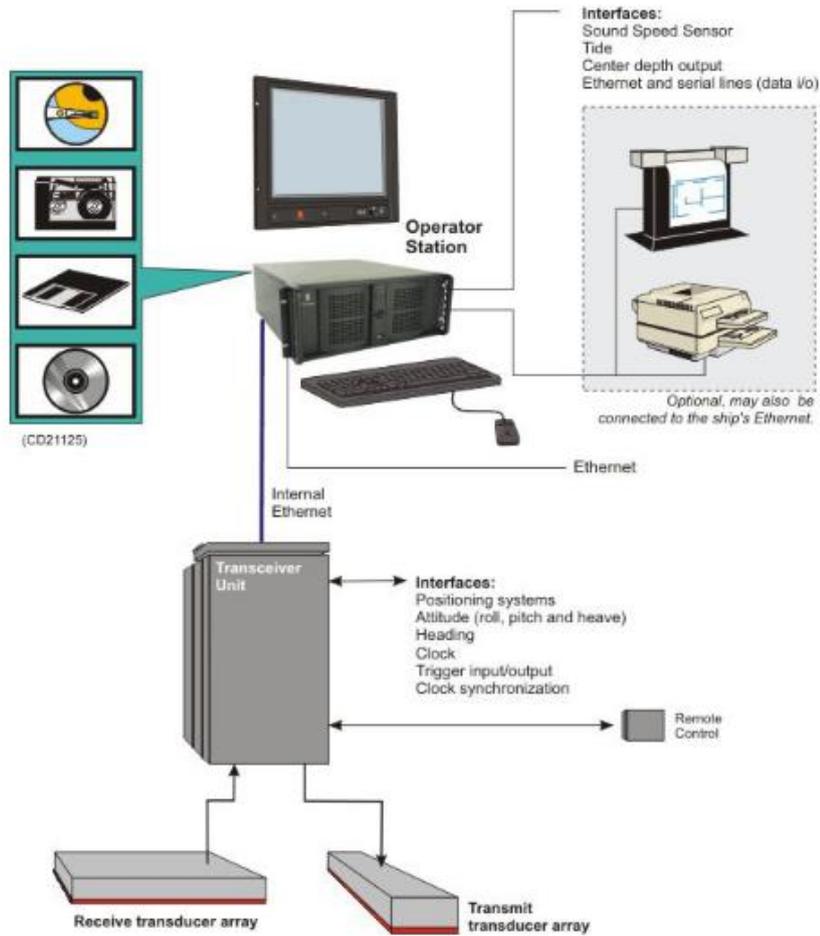
Operating frequency	12 kHz	Suppression of sounding artefacts	8 frequency coded transmit sectors per swath
Depth range	20-11000 m	Beam focusing	On transmit and receive
Swath width	6xdepth, to more than 30 km	Beamforming method	Time delay
Pulse forms	CW and FM chirp	Gain control	Automatic
Swath profiles 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 en Caris generalmente.



2.1.2.- 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. Dado que, por el tipo de líneas planificadas, no se iba a hacer solape entre líneas, los hidrografos del IHM no calibraron al no estimarlo necesario y además supondría una pérdida de tiempo de trabajo.

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, además se procesaron los datos de los CTD's para obtener perfiles de velocidad de sonido en el agua, más fiables que los obtenidos con los XBT's.

2.1.3.- Incidencias

La cobertura de la sonda es fue de unas 3 veces la profundidad. Este dato es el esperable según las especificaciones recibidas de Kongsberg.

2.2. SONDA PARAMETRICA TOPAS PS 18

2.2.1.-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.

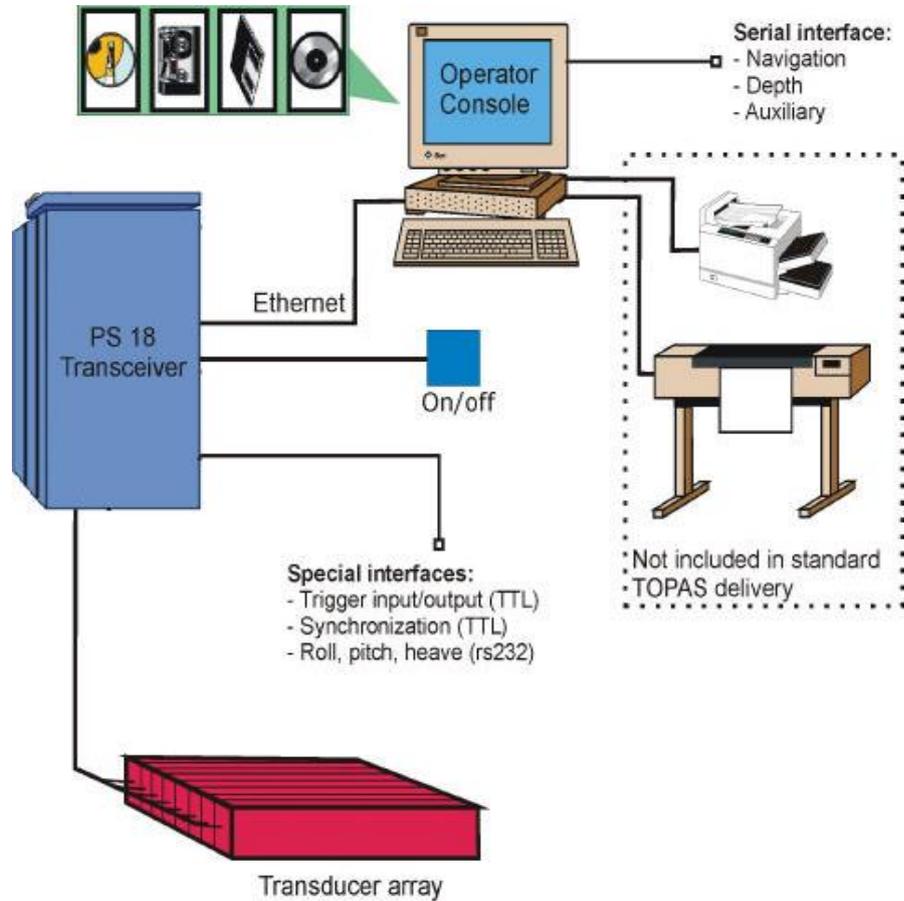
La resolución espacial del sistema es su habilidad para distinguir objetos próximos entre sí, en ángulo y/o espacio. La resolución espacial viene dada por dos parámetros:

- 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.

2.2.2.- Especificaciones

- Modos de emisión: Ricker, CW, Chirp y Burst.



- Frecuencia primaria: 18 kHz.
- Frecuencia secundaria: 1 a 6 kHz.
- Resolución vertical máxima: 0.2 ms.
- Ancho de banda: 4° - 6°
- Nivel de fuente: 210 dB re 1 μ Pa @ 1 meter at 5 kHz.



Imagen del transductor de la Topas en el BIO Hespérides.

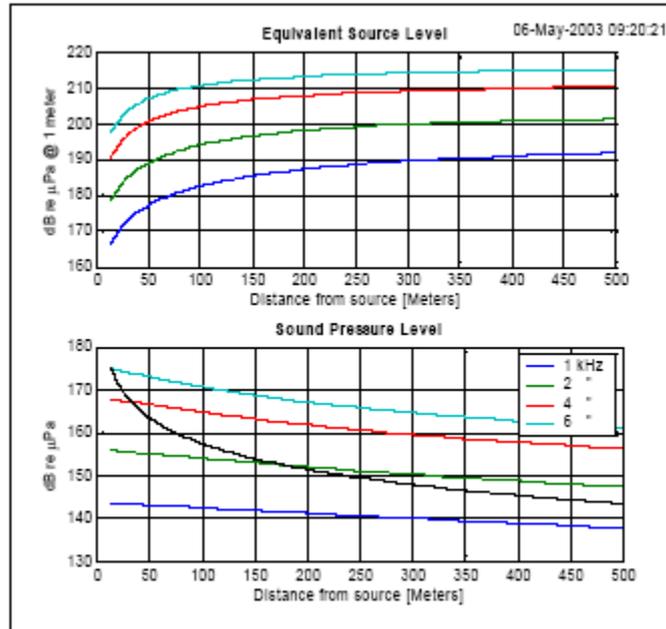


Figure 5.3 Calculated SL for 1 to 6 kHz.

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

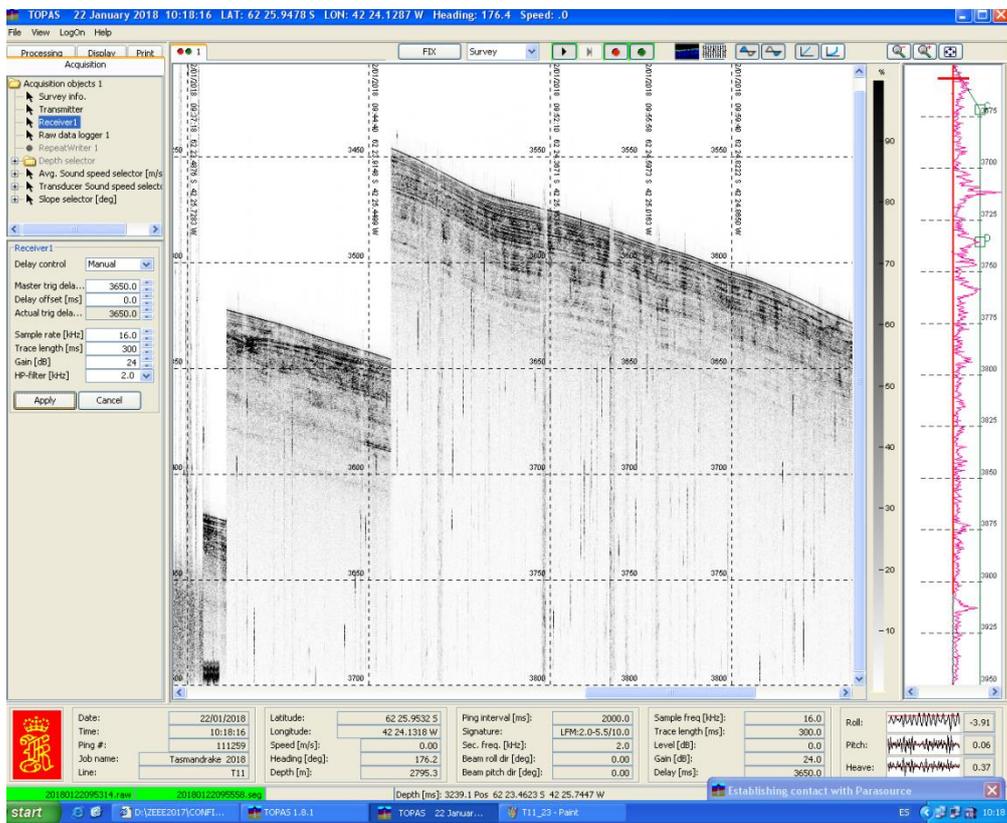


Imagen del registro de la Topas durante la campaña.

2.2.3.- 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 SEGY.

2.2.4.- Incidencias

Trabajamos siempre en coordenadas geográficas a petición de los científicos.

En varias ocasiones se quedó bloqueado el software de adquisición, con lo que se hubo de reiniciar. Al reiniciar cada vez el software no guarda la configuración de los puertos por lo que hay que configurarlo cada vez. Esto pasó en varias ocasiones. Por lo demás no hubo ninguna incidencia reseñable.

2.3.- SONDA MONOHAZ SIMRAD EA-600

2.3.1.- Descripción

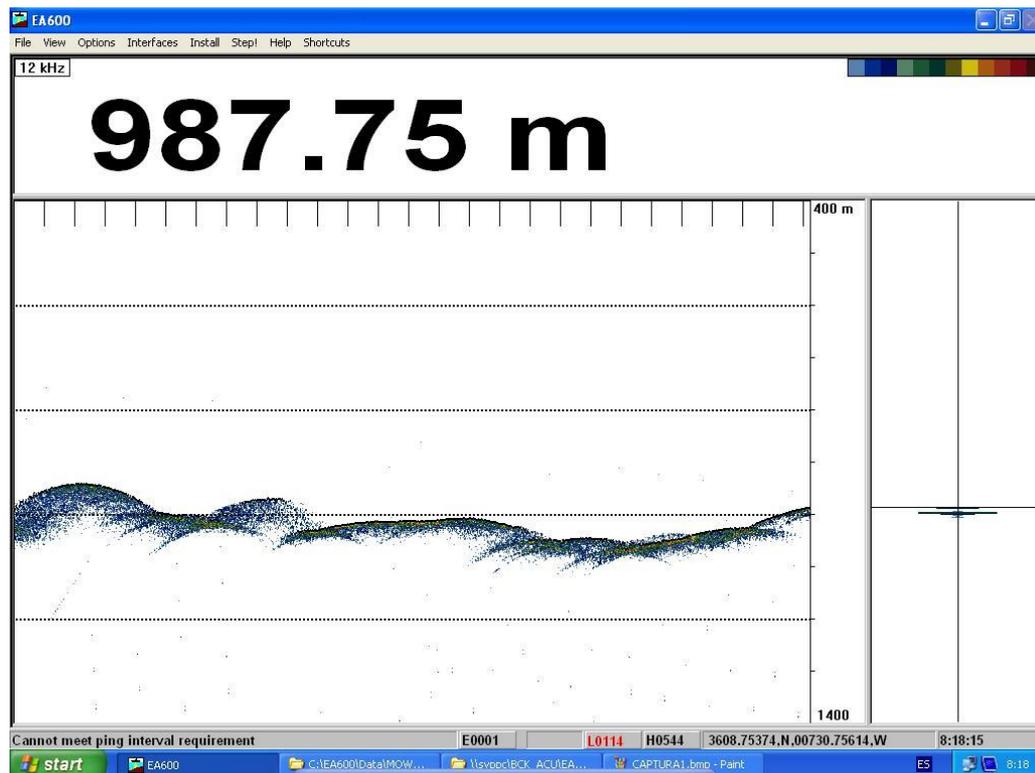
Sonda monohaz de doble frecuencia. Las frecuencias de trabajo son de 12 kHz en modo activo o pasivo activo, (PINGER) utilizado en combinación con el Pinger Benthos, y 200 kHz.

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

2.3.2.- Metodología

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

2.3.3.-Incidencias

Ninguna incidencia de tipo técnico.

El equipo se puso en modo pasivo para evitar interferencias con la EM 122.

2.4.- MAGNETÓMETRO MARINO SEA SPY

2.4.1.- 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

2.4.2.- Características técnicas

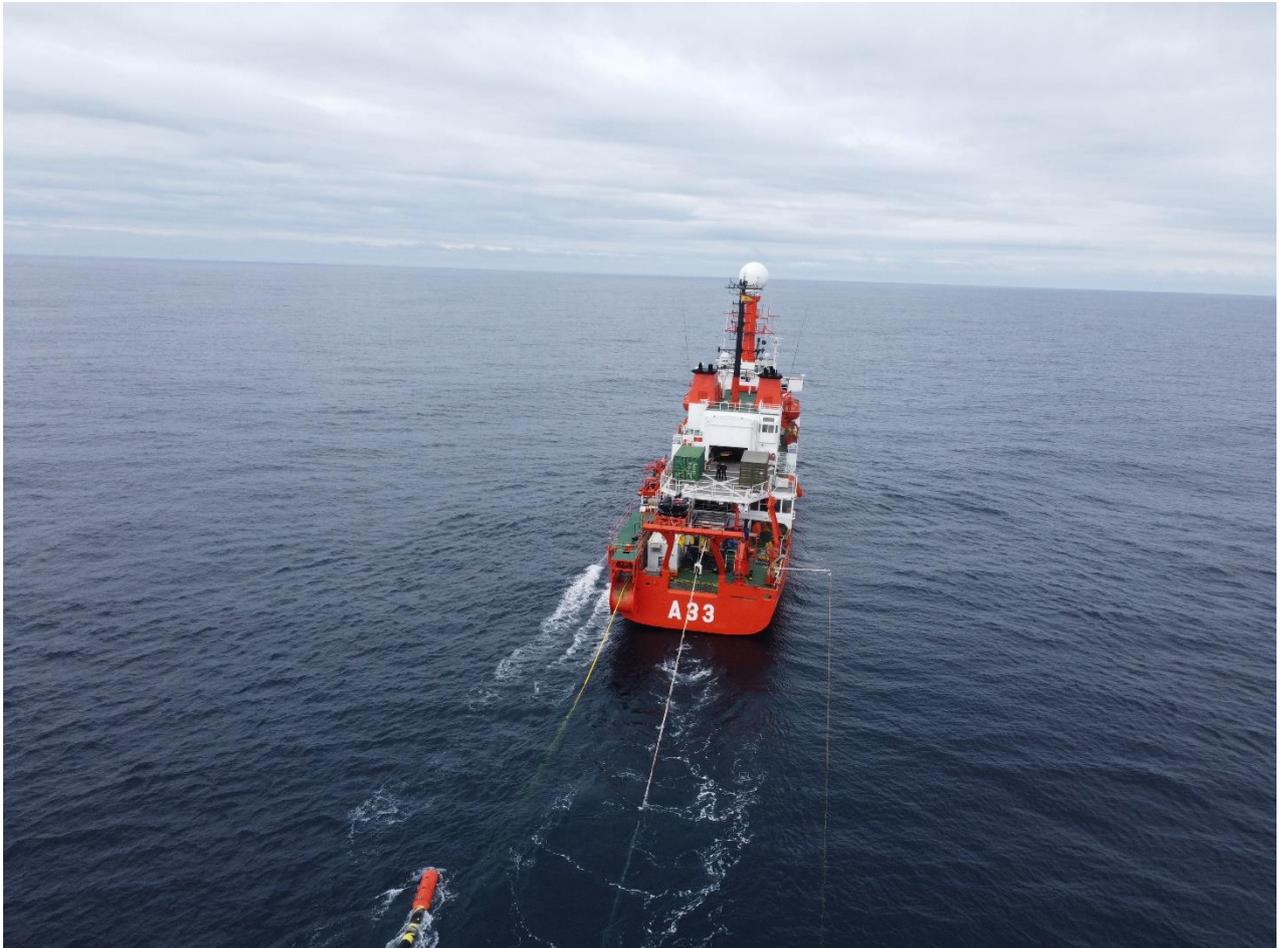
Rango de medida	18000 nT a 120000 nT
Precisión absoluta	0.2 nT
Sensibilidad del sensor	0.01 nT
Sensibilidad del contador	0.001 nT
Resolución	0.001 nT
Zona muerta	ninguna
Heading Error	ninguno
Deriva temporal	ninguna
Consumo de potencia	1 W en parado, 3W máximo
Estabilidad de la base de tiempos	1 ppm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

2.4.3.- 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.

Se ha largado por el tangón de estribor, para, de este modo, apartarlo lo máximo posible al streamer y evitar así que se enredasen entre sí.

En previsión a que esto pudiera suceder, llevamos unos pesos para lastrar el pez y que este fuera una cota inferior al streamer. Es streamer debe ir a unos 15 m de profundidad y el magnetómetro osciló entre los 15 y los 30 m. No hubo necesidad de usar este lastre y en ningún momento se enredaron el streamer y el cable del magnetómetro.



Equipos desplegados



Maniobra de despliegue del magnetómetro

La frecuencia de muestreo fue de un dato cada 0,1 Hz.

Se trabajó habitualmente con 300 m de cable aplicando este offset de layback al programa y por tanto a los datos obtenidos.

2.4.4.- Incidencias

Se trabajó con el software SeaLink.

No se produjo ninguna incidencia durante la campaña.

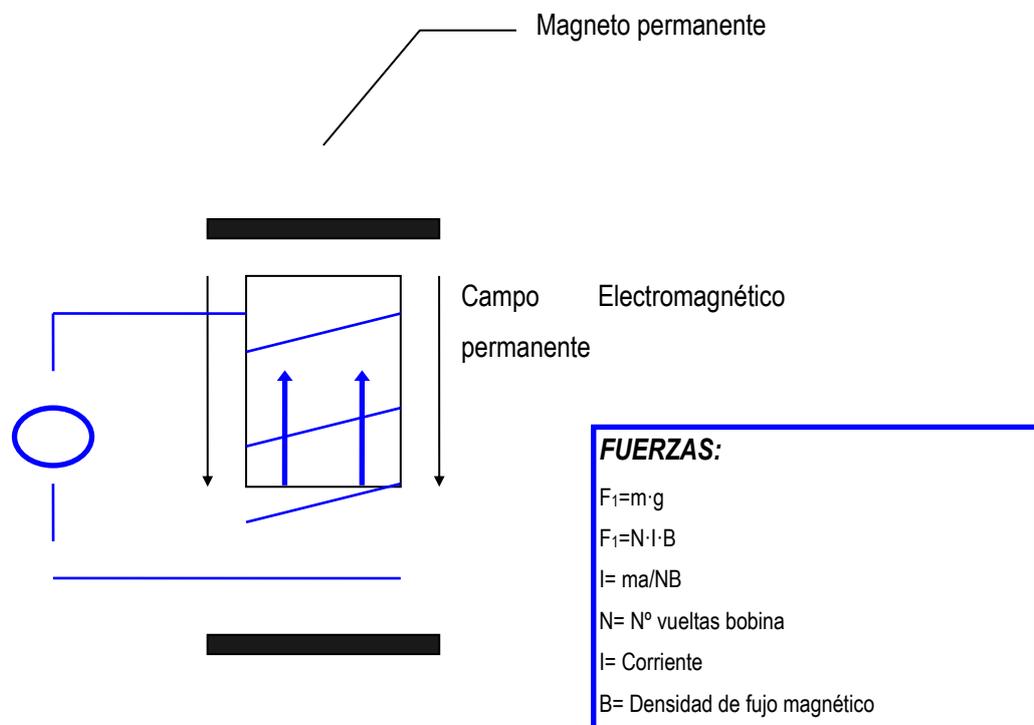
2.5.- GRAVÍMETRO MARINO

2.5.1.- 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.



2.5.2.- Metodología

El equipo se arrancó 3 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 2, en Ushuaia, 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 hicimos una calibración al final de la campaña en el mismo punto.

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

2.5.3.- Incidencias

En el laboratorio se mostró una ventana con el dato de gravedad en una pantalla para facilitar las anotaciones en los estadillos.

Ninguna incidencia técnica durante la campaña.

2.6.- GRAVÍMETRO PORTÁTIL

2.6.1.- Descripción

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

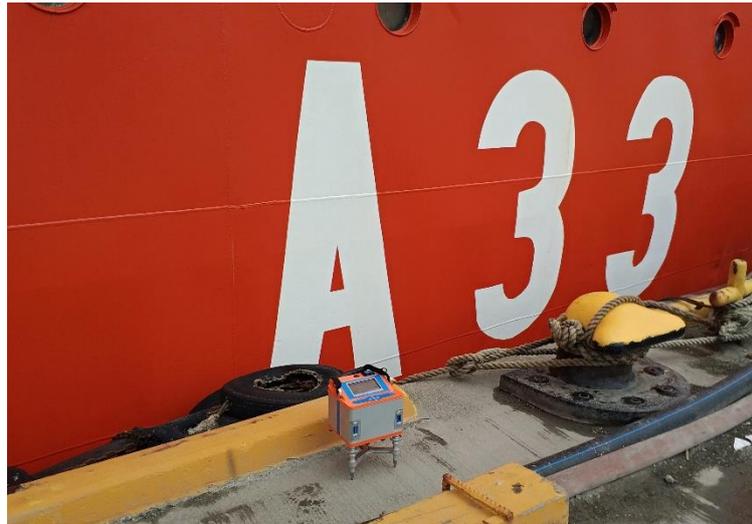
Este modelo se debe enchufar a la corriente eléctrica unas 24 horas antes para que el sensor sea estable.

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.

2.6.2.- 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. Este punto fue la base sita en el muelle de Ushuaia, a escasos metros del atraque del barco.

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.



Calibración del gravímetro en Ushuaia.

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 Levelling Interface
- On-Board Mass Storage (4 GB)
- Hot-Swappable Dual High-Capacity Batteries (2 4 hr at 25 °C)
- 5 microGal Repeatability
- Tares Under 5 microGal for up to 20 g Shocks
- Low Drift Sensor (Uncorrected: < 200 microGal/day)
- Low Residual Drift (< 20 microGal/day)
- Automated Corrections (Tides, Tilts, 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:

CG-6 SPECIFICATIONS

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"> • CG-6 Autograv™ Gravity Meter • CG-6 Tripod • 2 Rechargeable Smart Batteries • Battery Charger • Tablet Computer w/GPS + accessories • Lynx LG Land Gravity Software • Power Supply and USB Cable • Transit Case • Shoulder Strap • User Manual • Spare Parts Kit • Carry Bag
AVAILABLE OPTIONS AND ACCESSORIES	<ul style="list-style-type: none"> • High-Temperature (HT) Meter Option • Cold Weather Survey Accessories • Surveyor's Backpack • Spare Meter Batteries • Spare Tablet Batteries • Trident Gradient Tripod • Spare Battery Caps

2.6.3.- Incidencias

Ninguna incidencia.

2.7.- SONDAS BATITERMOGRÁFICAS

2.7.1.- 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.

2.7.2.- 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.).

2.7.3.- Calibración

Las sondas vienen ya calibradas de fábrica.

2.7.4.- Metodología

Los lanzamientos realizados han sido de sondas XBT del modelo XSV-02, T 5 y T 7. Se han realizado desde la banda de sotavento.

Tabla de XBT's lanzados durante la campaña.

Sonda	Fecha	Hora UTC	Latitud	Longitud	Prof fondo (m)	Prof XBT (m)	Fichero
T5	10/01/20	14:07	-55.345093	-61,811937	1200	1200	T5_01_100120
T5	13/01/20	16:00	-48.901459	-61.156909	2500	1830	T5_02_130120
CTD	11/01/20	11:11	-53.8041666	-62.2333333	740	740	CTD_20200111_1544
T5	21/01/20	19:00	-49,742284	-60,727544	2400	214	T5_03_210120
T5	22/01/20	16:00	-49,282197	-59,682737	3200	1830	T5_04_220120

2.7.5.- Incidencias

Usamos sondas T5 y T7.

2.8.- CORRENTÍMETRO DOPPLER

2.8.1.- Introduccion

El ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) de 75 kHz se ha empleado en la campaña tanto para el usual registro de datos de dirección e intensidad de corriente como para la observación in situ de dicho valor previamente a la inmersión del ROV Luso empleado en la primera fase de la campaña.

El perfilador de corrientes por efecto Doppler es un equipo que nos da las componentes de la velocidad del agua en diferentes capas de la columna de agua. El transductor está instalado en la quilla retráctil de babor. El sistema consta de un transductor que emite ondas acústicas, una unidad electrónica que genera los pulsos y pre-procesa las ondas recibidas, y un PC que adquiere los datos y los procesa.

El ADCP utiliza el efecto Doppler transmitiendo sonido a una frecuencia fija y escuchando los ecos retornados por los reflectores en el agua. Estos reflectores son pequeñas partículas o plancton que reflejan el sonido hacia el ADCP. Estos reflectores flotan en el agua y se mueven a la misma velocidad que el agua. Cuando el sonido enviado por el ADCP llega a los reflectores, éste está desplazado a una mayor frecuencia debido al efecto Doppler, este desplazamiento frecuencial es proporcional a la velocidad relativa entre el ADCP y los reflectores. Parte de este sonido desplazado frecuencialmente es reflejado hacia el ADCP donde se recibe desplazado una segunda vez. La fórmula que relaciona la velocidad con la frecuencia es:



$$F_d = 2 F_s (V/C)$$

Donde:

F_d es el desplazamiento Doppler en frecuencia

F_s es la frecuencia del sonido cuando todo está en calma

V es la velocidad relativa (m/seg.)

C es la velocidad del sonido (m/seg.)

Para poder calcular los vectores tridimensionales de la corriente necesitamos tener tres haces de sonido apuntando en diferentes direcciones. El equipo instalado en el Sarmiento de Gamboa dispone de cuatro haces, un par produce una componente horizontal y una vertical, mientras el otro par de haces produce una segunda componente horizontal perpendicular, así como una segunda componente vertical de la velocidad. De esta forma tenemos dos velocidades horizontales y dos estimaciones de la velocidad vertical para las tres componentes del flujo. Con las dos estimaciones de la velocidad vertical podemos detectar errores debidos a la no homogeneidad del agua, así como fallos en el equipo.

2.8.2.- Metodología

El ADCP OS75 se ha utilizado para obtener datos acerca de la intensidad y dirección de las corrientes marinas. La frecuencia de trabajo fue de 75 kHz, utilizándose una configuración durante toda la campaña.

Existen dos programas, el VmDas y el WINADCP. La adquisición se realiza desde el programa VmDas, el cual hay que configurar mediante una serie de parámetros. Estos parámetros los introducimos en el menú OPTIONS cargando alguno de los perfiles con extensión .INI

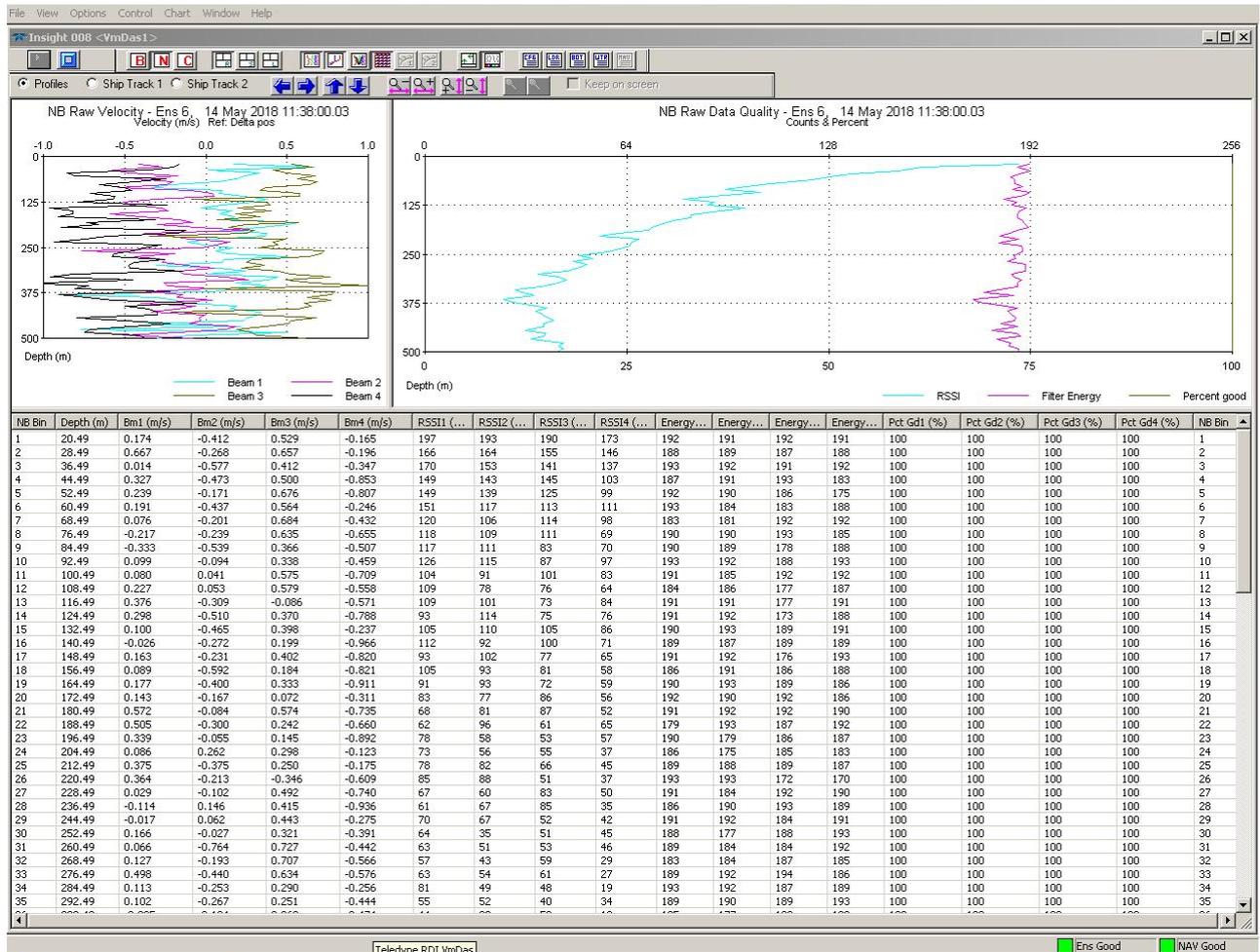
El software de adquisición de datos ha sido el Vm-Das 1.46.

El archivo de configuración que se han utilizado desde el inicio hasta el día 23 fue el siguiente:



```
; ADCP Command File for use with VmDas software.
; ADCP type: 75 Khz Ocean Surveyor
; Setup name: default
; Setup type: High resolution (broadband) and long range profile (narrowband)
; NOTE: Any line beginning with a semicolon in the first
; column is treated as a comment and is ignored by
; the VmDas software.
; NOTE: This file is best viewed with a fixed-point font (e.g. courier).
; Modified Last: 09abril2017
;-----/
; Restore factory default settings in the ADCP
cr1
; set the data collection baud rate to 38400 bps,
; no parity, one stop bit, 8 data bits
; NOTE: VmDas sends baud rate change command after all other commands in
; this file, so that it is not made permanent by a CK command.
cb611
; Set for broadband single-ping profile mode (WP), 100 (WN) 8 meter bins (WS),
; 8 meter blanking distance (WF), 390 cm/s ambiguity vel (WV)
WP00001
WN100
WS0800
WF0800
WV390
; Set for narrowband single-ping profile mode (NP), 100 (NN) 8 meter bins (NS),
; 8 meter blanking distance (NF)
NN100
NP00001
NS0800
NF0800
; Enable single-ping bottom track (BP),
; Set maximum bottom search depth to 1200 meters (BX)
BP001
BX12000
; output velocity, correlation, echo intensity, percent good
WD111100000
; One and a half seconds between bottom and water pings
TP000150
; Three seconds between ensembles
; Since VmDas uses manual pinging, TE is ignored by the ADCP.
; You must set the time between ensemble in the VmDas Communication options
TE00000300
; Set to calculate speed-of-sound, no depth sensor, external synchro heading
; sensor, no pitch or roll being used, no salinity sensor, use internal transducer
; temperature sensor
EZ1020001
; Output beam data (rotations are done in software)
EX00000
; Set transducer misalignment (hundredths of degrees)
EA00000
; Set transducer depth (decimeters)
ED00045
; Set Salinity (ppt)
ES35
; save this setup to non-volatile memory in the ADCP
CK
```

El programa WINADCP sirve para visualizar los ficheros en tiempo real, es muy útil ya que se pueden mirar todos los datos de una forma rápida.



Las características de este ADCP son las siguientes:

Parámetro	Valor
Frecuencia	76800 Hz
Ping Rate	0.7 Hz
Bottom Track	950 m
Angulo de los haces	30°
Configuración del transductor	4 haces, Janus
Patrón de los haces	Convexo
Sensor de temperatura	Interno
Tipo de Transductor	Redondo 32x32
CPU Firmware	23.11
FPGA Version	XC

Las características del perfil de agua en modo Long Range son las siguientes:

Longitud de la celda	Alcance máximo	Precisión (cm/s)
8	520-650	30
16	560-700	17

Las características del perfil de agua en modo Alta precisión son las siguientes:

Longitud de la celda	Alcance máximo	Precisión (cm/s)
8	310-430	12
16	350-450	9

2.8.3.- Modos de trabajo

El Ocean Surveyor puede trabajar en modo NARROW BAND, BROAD BAND y ambos combinados. Esto se especifica en el fichero de configuración .TXT del menú OPTIONS / PROGRAM OPTIONS / ADCP SETUP. Para trabajar en modo Broad Band se ha de especificar que el parámetro WP sea 1 o superior (por defecto es 1) de la misma forma para Narrow band ha de ser NP1 y para trabajar en ambos modos los dos han de estar a 1.

2.8.4.-Incidencias

Sin incidencias.

2.9.- SISTEMA INERCIAL Y DE POSICIONAMIENTO, SEAPATH 330

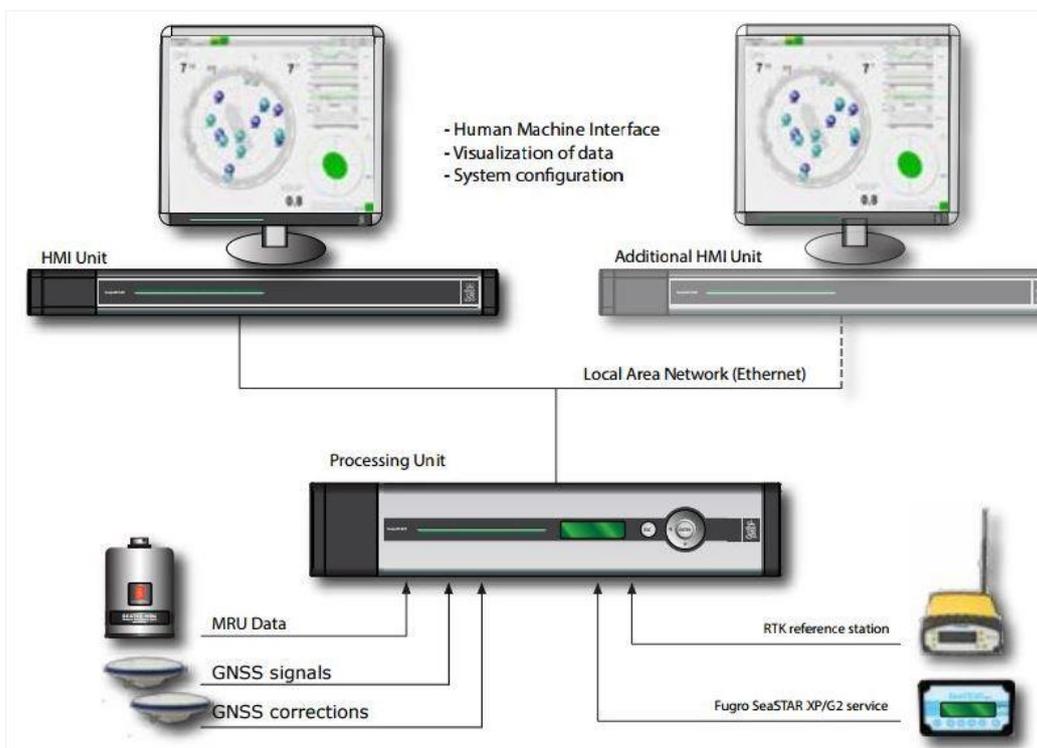
2.9.1.- Introducción

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 (fichero *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).

2.9.2.- Descripción del sistema



Esquema de funcionamiento del sistema SEAPATH 330

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 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.

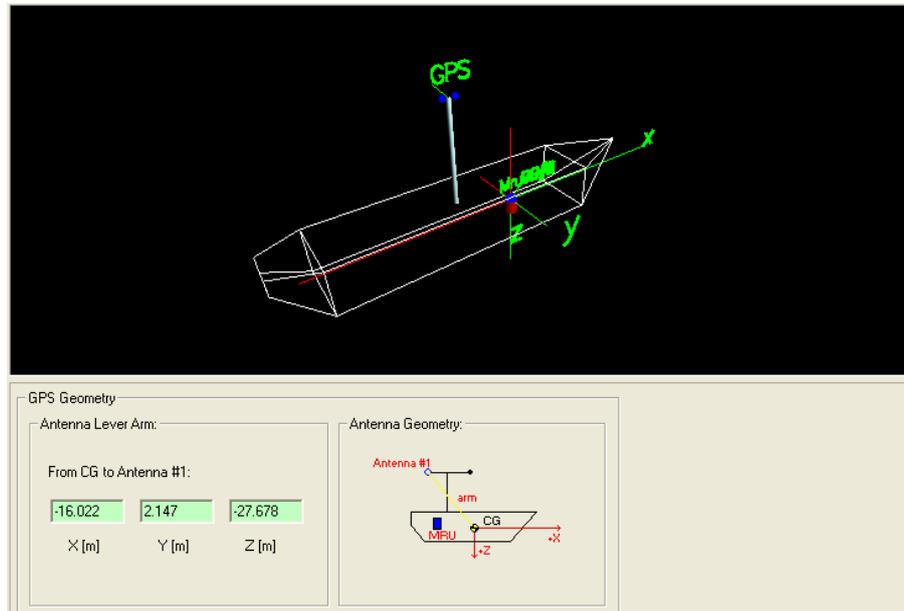
La información de Seapath esta disponible en la pantalla y en 4 Leds situados en la unidad central. Los leds indican el estado de la unidad de forma que el color amarillo indica que el sistema funciona correctamente, el color naranja indica que las prestaciones no son del todo precisas y el color rojo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

2.9.3.- 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 UDP/TCP 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/D, 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.

2.9.4.- Incidencias

El error de posición ha sido de entre 1.2 y 1.8 m.

Ninguna incidencia técnica durante la campaña.

2.10.- SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL (MRU)

2.10.1.- 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.

2.10.2.- Descripción

Esta MRU envía datos de rolido y cabeceo con una exactitud de 0.01° y ruido angular menos de 0.002° .

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 procesamiento de datos.

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

- 0.01° 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



2.10.3.- Características técnicas

Este equipo tiene las siguientes características técnicas.



ORIENTATION OUTPUT		Ethernet UDP/IP	10/100 Mbps
Angular orientation range	±180°	Data output rate (max)	200 Hz
Resolution in all axes	0.001°	Timing	< 1 ms
Angle noise roll, pitch	0.002° RMS		
Accuracy (1, 2) roll, pitch (for a ±5° amplitude)	0.01° RMS	ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	
		Temperature range	-5 °C to +55 °C
		Humidity range, electronics	Sealed, no limit
		Vibration	IEC 60945/EN 60945
GYRO OUTPUT		ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY	
Angular rate range	±75°/s	Compliance to EMC D,	
Angular rate noise	0.008°/s RMS	Immunity/emissions	IEC 60945/EN 60945
Bias stability (in run bias)	0.03°/h RMS		
Bias stability (absolute bias)	20°/h RMS	OTHER DATA	
Angle Random Walk	0.006°/√h (typical)	MTBF (computed)	50000 h
Scale factor error	0.03 % RMS	Hot plug time (s)	Ø 105 x 140 mm (4.134" x 5.525")
		Material	Alodine d aluminum
ACCELERATION OUTPUT		Weight	2.4 kg
Acceleration range (all axes)	±30 m/s ²	Connector (MIL spec)	Socket 851-36 RG 16-26SSD
Bias stability (absolute bias)	80 µg RMS		
Acceleration noise	0.0003 m/s ² RMS	VELOCITY INPUT FORMATS	
Velocity Random Walk	3.3 µg/√h	NMEA 0183, Incl. VTG, VHW, VBW or MRU Normal format	
Scale factor error	0.008% RMS		
		HEADING INPUT FORMATS	
HEAVE OUTPUT		NMEA 0183, HDT, HDM, LR 40 line rate or MRU Normal format	
Output range	±60 m, adjustable		
Periods (real-time)	0 to 25 s	DATA OUTPUT PROTOCOLS	
Periods (delayed)	0 to 50 s	- MRU Normal	- Soudier
Heave accuracy (real-time)	5 cm or 5% whichever is highest	- NMEA 0183 proprietary	- EM3000
Heave accuracy (delayed)	2 cm or 2% whichever is highest	- Atlas Fastweep	- TSS1
		- Separability any 23, 25, 26	- P-Free Heave 0
		- PRDID	
ELECTRICAL			
Power requirements	12 to 28 V DC, max 12 W	1) When the MRU is exposed to a combined two-axis sinusoidal angular motion with 10 minutes duration.	
Serial ports:		2) When the MRU is stationary over a 30-minute period.	
Com1	Bidirectional RS-422		
Com2	Bidirectional RS-422 from junction box, user configurable RS-232, RS-422		
Com3 & Com4	Input only, user configurable RS-232, RS-422		
Analog channels (junction box)	# 4, ±10 V, 14 bit resolution		
Ethernet output ports	5		

2.10.4.- Incidencias

Sin incidencias

2.11.- EQUIPAMIENTO SISMICO MULTICANAL

2.11.1.- Introducción

Se configuró una fuente sísmica compuesta por una ristra de cañones estable de **2020 cu.in.**, a una profundidad de **7.5 metros**; que favoreciese la generación de frecuencias medias y bajas. La ventana de registro ha sido de catorce segundos (**14 seg.**), con una frecuencia de muestreo de 2 ms.

Se instalaron los sistemas de navegación, control y adquisición de datos sísmicos en el laboratorio de electrónicos popa. Continuamente UTM-CSIC realizó un control de calidad del registro sísmico y de la navegación. Los datos de navegación se editaron y depuraron con el sistema de QC de UTM-CSIC, GeometisMX de NortStar® para producir los archivos UKOOA P1 así como los archivos con las posiciones del barco en cada disparo (Custom format). Se han integrado todos los registros en base de datos; revisados y pre-procesados se han entregado al equipo científico, comprobando completa integración de los datos sísmicos con navegación usando RadEx-Pro de Deco®.

La profundidad del **streamer** se ha mantenido estable a **7.5 metros** en todas las líneas. Se ha registrado por distancia, realizándose disparos cada **50 m.**, múltiple de la definición de canal ó traza (**12.5 m.**)

Perfil		Distancia recorrida		Eventos	Disparos realizados
		Km	Nm		
POWELL20_07		6.55	3.54	1012-1143	131
POWELL20_08		87.6	47.30	1015-2767	1752
POWELL20_09		292	157.67	1060-6900	5840
POWELL20_10		20.4	11.02	1037-1445	408
POWELL20_11	11A	11.85	6.40	1001-1238	237
	11B	85.05	45.92	1090-2791	1701
	11C	107.95	58.29	2750-4909	2159
POWELL20_12		233.45	126.05	1001-5670	4669
POWELL20_13	13A	61.25	33.07	1045-2270	1225
POWELL20_13B	13B	72.55	39.17	2200-3651	1451
POWELL20_14		256.9	138.71	955-6093	5138
POWELL20_15		93.35	50.40	855-2722	1867
POWELL20_16		246.25	132.96	1050-5975	4925
POWELL20_17		51.85	28.00	992-2029	1037
POWELL20_18		173.1	93.47	981-4443	3462
POWELL20_19		62.5	33.75	1035-2285	1250
POWELL20_20		56.05	30.26	1080-2201	1121
POWELL20_21		171	92.33	1001-4421	3420
TOTAL		2089.65	1128.320734		

Tabla 1. Líneas y derrotas de sismica reaizadas.

2.11.2.- Instrumentación

2.11.2.1.- Fuente Sísmica

Para la realización de sismica activa se requiere una fuente de alta energía capaz de generar un frente de ondas de gran amplitud 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 estructuras. La energía reflejada y refractada en cada uno de los cambios de impedancia acústica, es registrada por los hidrófonos. Con estas técnicas se pretende alcanzar y caracterizar las estructuras geológicas del subsuelo.

Tras recibir una señal eléctrica procedente del Laboratorio de Sismica se emite un pulso discreto de energía acústica en el agua generado por la implosión del volumen de aire liberado por la ristra de cañones. La energía emitida se obtiene tras la liberación del aire a presión que está siendo suministrado en todo momento por un grupo de compresores y que es almacenado en cámaras de volumen fijo.

Se utilizaron como máximo un total de 7 cañones SERCEL GGUN-II. Las capacidades/volumenes de cada cámara de aire de los cañones utilizados y su distribución para cada configuración se detallan en el esquema siguiente.

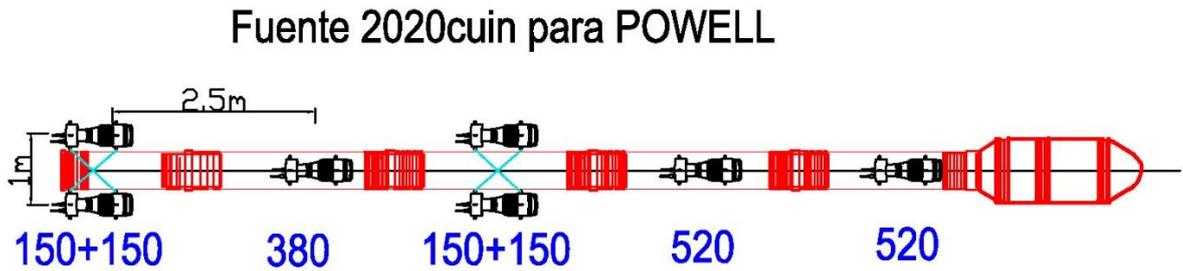


Figura 2 . Esquema de disposición y capacidad de la ristra de cañones empleada como fuente sísmica.

2.11.2.2 Compresores LMF modelo 11SL/138-207-E

Para suministrar el aire a la presión de trabajo, 140 bares (2000 PSI), a los cañones, se utilizaron dos compresores LMF modelo 11SL/138-207-E. Con capacidad de proporcionar 11m³/min. Suministran aire continuamente a unas botellas de volumen fijo, para mantener caudal y presión deseados.

2.11.2.3. Adquisición sísmica. Equipamiento de laboratorio

El equipamiento utilizado para la generación del pulso sísmico, control de sincronización de cañones y registro sísmico ha sido el siguiente:

- Sistema de control de cañones Big Shot[®]
- Sistema de navegación y generación de eventos InProspect TriggerFish[®]
- Sistema de adquisición multicanal SEAL-428 SERCEL[®]
- “Streamer” multicanal SENTINEL SERCEL[®]
- “Birds” DIGICOURSE[®]
- RGPS boya de cola SEAMAP[®]

Sistema de Generación de Disparo

El trigger que activa la secuencia de disparo y grabación para la adquisición sísmica se genera mediante el programa de navegación TriggerFish de INPROSPECT[®], que calcula eventos equidistantes sobre la línea de sondeo. En esta campaña en concreto se ha disparado cada 50 m. Cuando el CMP u otro punto de referencia elegido, pasa por el punto planeado, el sistema de navegación genera el trigger que activa la secuencia de disparo y la adquisición sísmica además de registrar y posicionar la medida de los distintos sensores (birds, compases, GPS, gyro, profundidad, etc.) en ese instante.

Al final tendremos por cada línea una carpeta con los archivos **segd** generados cada **shot** por el sistema de adquisición, un log de texto con la información generada por el controlador de cañones en cada disparo, un archivo con la posición del barco en cada disparo (Custom Format) y un archivo UKOOA P2 generados ambos por el sistema

de navegación. El P2 de UKOOA se procesa para obtener un P1 en el que aparece la posición real de cada receptor (se detalla nomenclatura y formato de ambos tipos de ficheros en apartados siguientes).

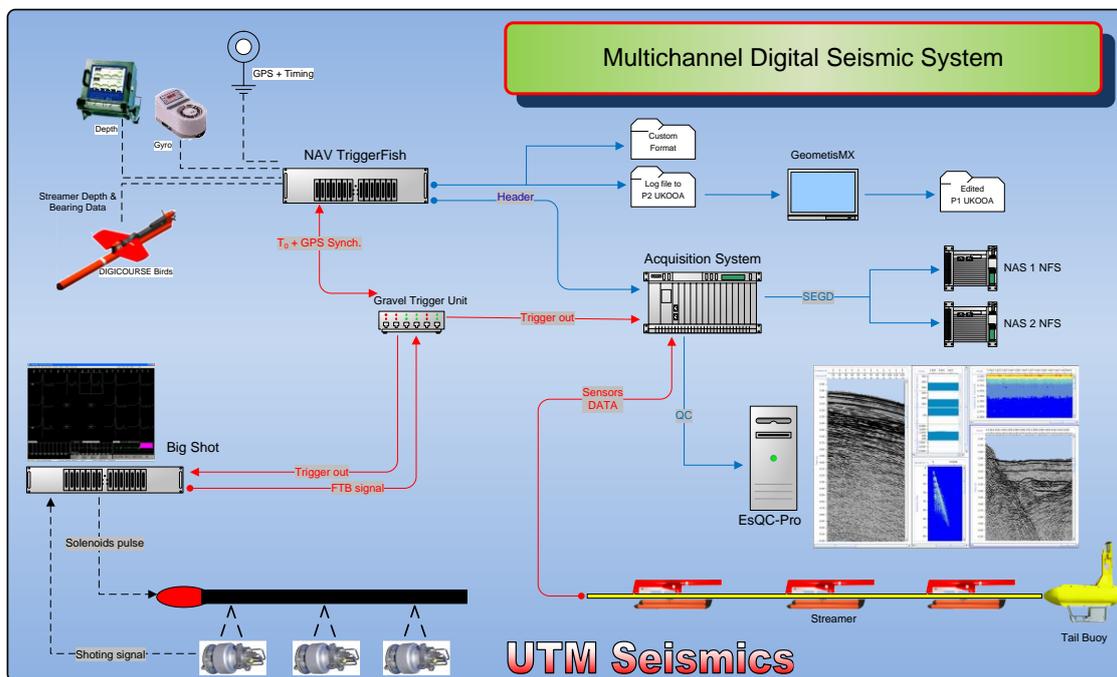


Figura 3. Diagrama de generación de fuente sísmica y adquisición para sísmica de reflexión multicanal 2D.

2.11.2.4.- 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[®] de Real Time Systems[®]*. Nuestro controlador de cañones *Big Shot[®] 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* 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 panel.* 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.

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 de 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.

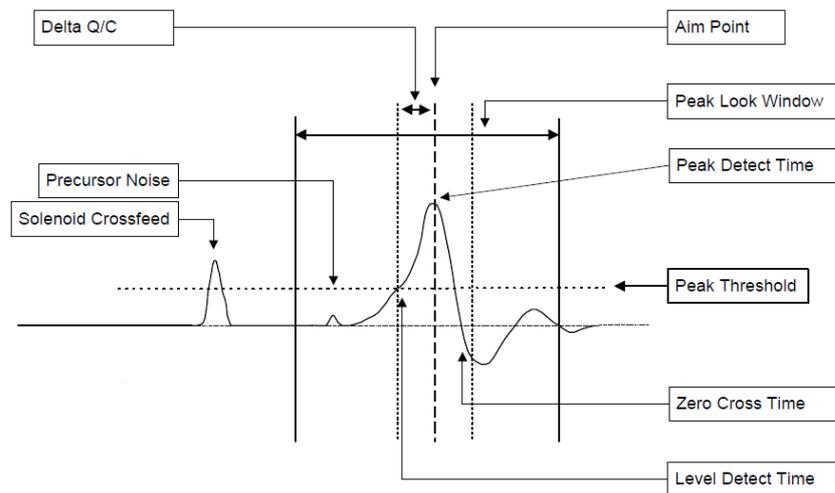
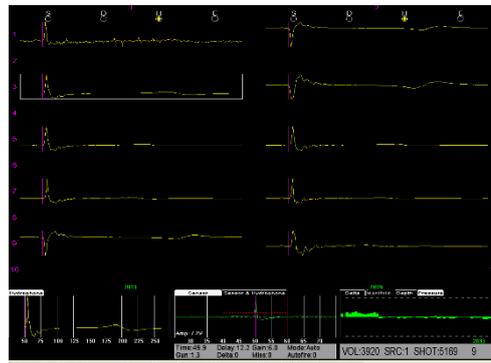
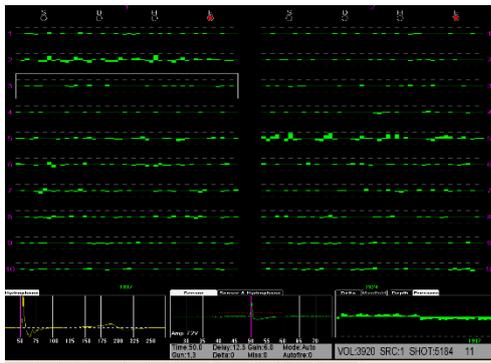
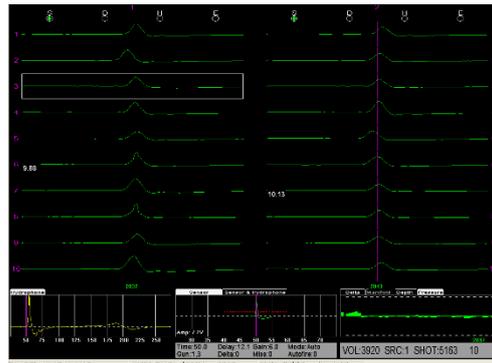


Figura 4. Esquema de generación del pulso en controlador cañones.

Junto con el pulso procedente de la navegación, el controlador de cañones puede recibir por puerto serie (COM 1) toda la información referente al *fix point*: latitud, longitud, fecha, hora UTC, rumbo, velocidad, profundidad, nombre de la línea que se está realizando, y número de evento o de *fix point*. Una vez se ha producido el disparo de los cañones, el controlador emite también por puerto serie (COM2) un telegrama que contiene toda la información recibida del sistema de navegación añadiendo toda la referente a los cañones disparados; como la capacidad total, el desfase temporal de cada cañón respecto al *aiming point*, "missfire", errores de profundidad o presión, más la información referente al *fix point*. El telegrama emitido se exporta al sistema de adquisición como "header".

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, señal que es enviada al sistema de adquisición SEAL para que quede registrado en uno de sus canales auxiliares. El inicio de registro del sistema de adquisición del streamer se produce también con el pulso

generado por el sistema de navegación, de manera que la grabación se inicia también 50ms antes del disparo de los cañones.



Figuras 5,6 y 7. Detalle de funcionamiento del controlador de cañones.

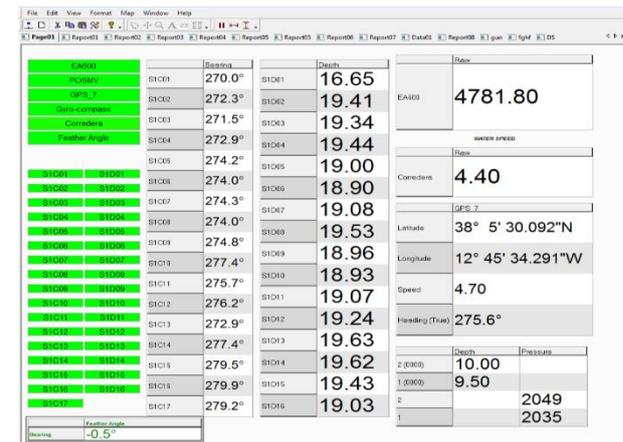
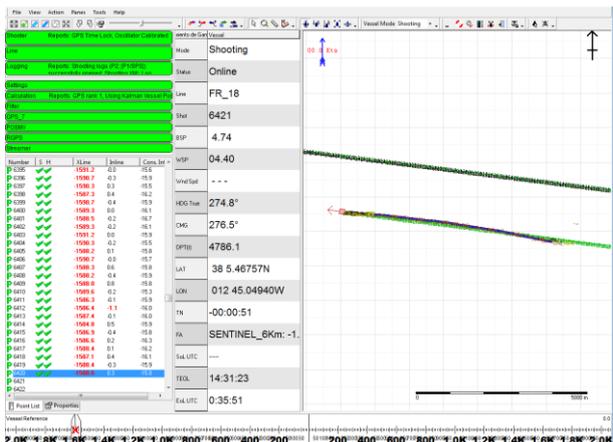
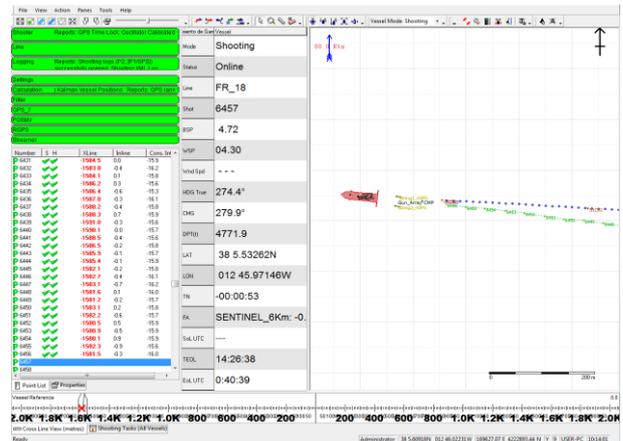
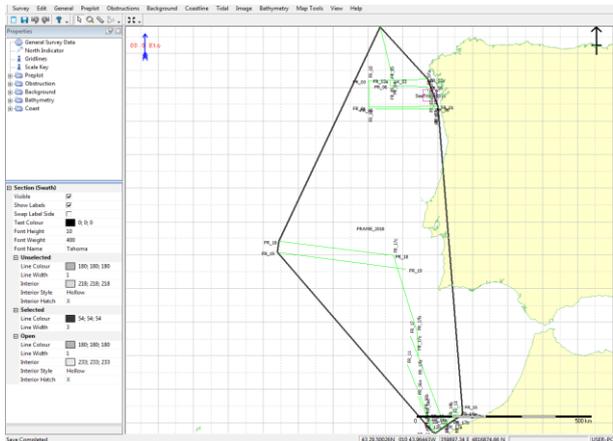
Gun	Port	Source	Cluster	Mode	Delay (msecs)	Invert	Gain	Offset	Volume	Sensor Power	Sensor Detect Method
1	2	1	1	OFF	12.8	<input checked="" type="checkbox"/>	5	0	380	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
2	1	1	1	OFF	12.4	<input type="checkbox"/>	5	0	380	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
3	5	1	2	OFF	10.9	<input checked="" type="checkbox"/>	6	0	150	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
4	6	1	2	OFF	12	<input checked="" type="checkbox"/>	5	0	150	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
5	8	1	3	OFF	11.3	<input type="checkbox"/>	5	0	150	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
6	7	1	4	OFF	12.9	<input type="checkbox"/>	5	0	150	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
7	10	1	4	AUTO	12	<input type="checkbox"/>	5	0	110	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK
8	9	1	0	AUTO	12.7	<input type="checkbox"/>	5	0	110	<input checked="" type="checkbox"/>	PEAK

Figura 8. Control y visualización de los tiempos de retraso/adelanto (delays) en cada cañón por disparo.

2.11.3.- Sistema de navegación INPROSPECT TriggerFish®

TriggerFish® de INPROSPECT® es un sistema de navegación integral 2D y 3DHR certificado para tener perfectamente posicionados equipos desplegados/remolcados que requieren exactitud en su localización constante. En tiempo real, sincroniza todos los datos de cada dispositivo del barco y de los sistemas auxiliares sísmicos, así como de todos los datos registrados.

- Integra información del controlador de cañones, del streamer, sistemas de adquisición, RGPS de boyas de cola y autopilots.
- Sincronización y monitorización de toda la telemetría para posicionar todos los dispositivos y sensores desplegados con fiabilidad y precisión.
- Herramienta de monitorización y QC "on-line" QC y generación de informes a final de línea.



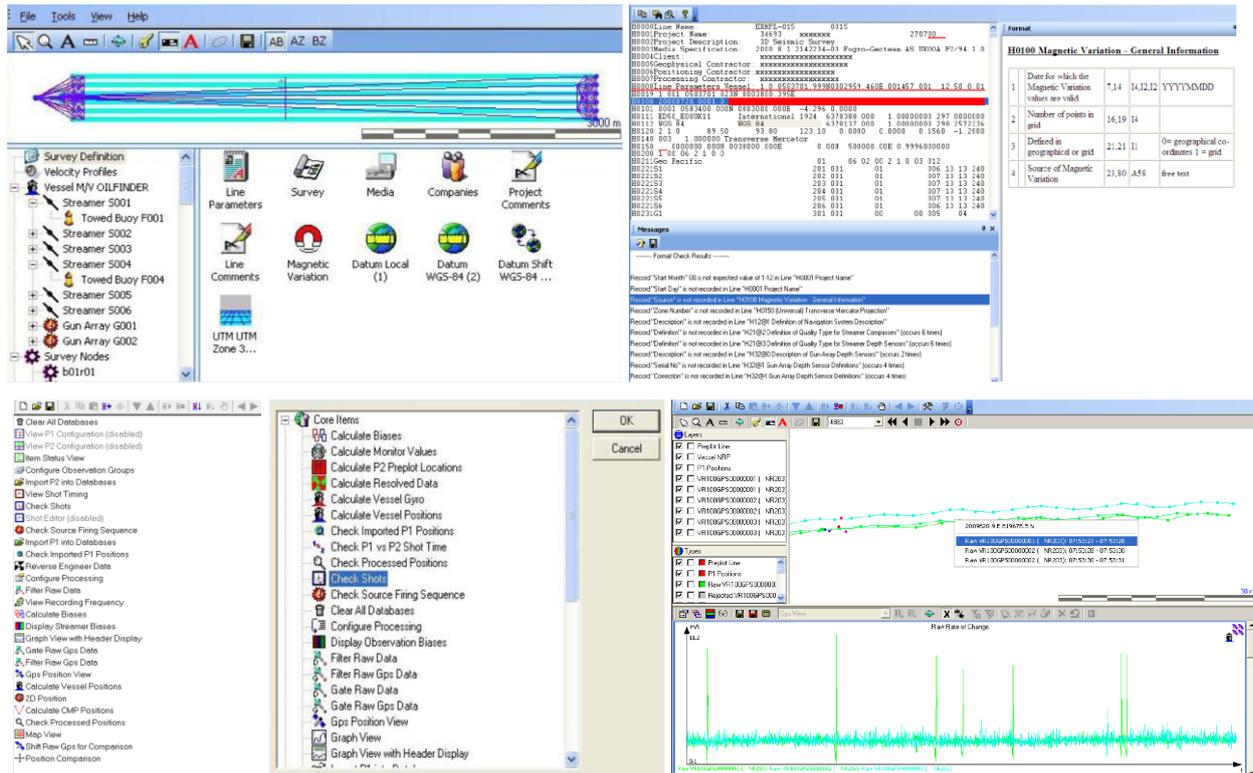
Figuras 9,10,11 y 12. Pantallas de configuración, levantamiento, monitorización y QC de TriggerFish®.

Características técnicas:

- Gestor de la geodesia, planificación y mapeado de un levantamiento.
- Sincronización GPS, QC remoto y generador de cabeceras.
- Radio link dedicada para sincronización y control de fuentes remotas rGPS.
- Integración y generación de archivos de navegación con formatos estándares (UKOOA, SPS, GCS90, User h. 7).
- Configuración y monitorización de cada elemento del Streamer (towpoint, stretch, cálculo catenaria, rotación hasta boya de cola).
- Control de fuente dual en modo "flip-flop" y GAM (Gun Array Mean).
- Marcador MOB, seguimiento del chaseboat/work boat, delimitación de zonas de exclusión, integración AIS.

2.11.4.- Software de procesado y QC de Navegación GeometisMX de NORTHSTART®

GeometisMX® de NORTHSTART® es un sistema de procesado para filtrar cualquier dato erróneo, inexistente o espurio que se haya podido registrar en el levantamiento sísmico. Se leen los formatos y contenidos de los archivos registrados, los datos incorporados de cada uno de los dispositivos y se editan, corrigen, interpolan ó extrapolan los que no pasen los filtros y criterios de calidad.



Figuras 13, 14, 15 y 16. Pantallas de lectura de base de datos, edición y QC de GeometisMX®.

Se incorporan a una base de datos los archivos brutos en formato P2 UKOOA, se editan los offsets y revisan los datos registrados por cada uno de los equipos. Se editan, borrando y/o interpolando los que sean erróneos o no pasen un filtro de control de calidad. Como resultado final se exportan en formato P1 UKOOA y además se genera un archivo con la posición del barco en cada disparo para cada línea (Custom Format).

2.11.4.1.- Criterios de nomenclatura de archivos de navegación y estructura de directorios

El sistema de navegación anexa la secuencia al nombre de la línea en el archivo bruto de navegación que contiene los datos de todos los dispositivos necesarios para posicionar, referenciar y sincronizar todo el escenario sísmico. Esta información es imprescindible para regenerar la geometría relativa.

Previo al levantamiento se definen los puntos de sondeo a lo largo de líneas planificadas, es el denominado "pre-plot". Este se carga en las tareas a ejecutar con una secuencia creciente y continua desde el inicio de la campaña



(la primera línea deberá contener una secuencia y las siguientes otras distintas y consecutivas). Así se diferencian fácilmente líneas, segmentos o “re-shooting” de cualquier tramo continuado de registro.

Cuando se inicia el levantamiento, el sistema de adquisición deberá contener los mismos campos “nombre de línea”, “secuencia” y “shot number” que le proporciona el sistema de navegación en la cabecera del archivo SEG-D. Es decir, debe de haber coincidencia total de estos tres campos y registrarse consecuentemente en el directorio y cabecera (se recomienda consulta del formato de la cabecera en el [anexo I](#)). El archivo final P1 UKOOA, con todos los datos depurados y las posiciones de cada receptor, se generará con el nombre de línea y secuencia final identificativo.

```

H0000Line Name:          EDA11          40straight
H0001Project Name:      1-2019  POWELL2020          2019 117
H0002Project Description:  Shetlands 0
H0003Media Specification: 2019 2 1          Ukooa P2/94 1.1
H0004Client:
H0005Geophysical Contractor:,
H0006Positioning Contractor:
H0007Processing Contractor:
H0018Line Parameters Vessel: 1 1 03020301.79N00356453.53E 513 -1 37.50 0 1
H0019 1 1 03033396.02N 00348182.86E
C0001 Logged by TRIGGERFISH Version 2.0.3 build 2241
C0001 GPS Age of Correction = T621# with DOP Type 5
C0001 if NMEA GPS GGA msg only is used,
C0001 T620# Satellites used field = number in constellation
C0002 If NMEA GST message is used the error ellipse standard
C0002 deviations in the T621# record are 1 sigma
H0100 2019 117 1 0
H0101 1 00000000.000N 00000000.000E 10.400 0.0000
H0111 WGS84 WGS84 6378137.000 1.00000000 298.2572236
H0112 WGS-84 WGS-84 6378137.000 1.00000000 298.2572236
H0120 1 2 0 0.00 0.00 0.00 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
H0140 2 1.00000000 UTM-21S
H0150 21 00000000.000N 05700000.000W 10000000.00N00500000.00E 0.9996000000
H0200 1 0 0 2 1 0 0
H0211Sarmiento de Gamboa 1 1 1 0 1 1 0 2 2
H0221SENTINEL_1500m 201 1 1 0 5 4 120
H0231Gun_Array 301 1 0 0 1 1
H0241TB 401 201 0 0 1
H1010 0.0 GPS antenna at centre
H1110 Vessel Ref Point
H1210 Triggerfish 2D
H1310 0.00 0.000
H1411 -1.1 16.8 6.5 0.00 0.00 010 EA600
H1710 1 00030 1.0 1.0 00 0.00000 0.00000 0.00000 MRU
H2110 201 0.0 -36.8 0.0 0.0 -152.4 -5.0 0.0 0.0
H2111 201 15.0 25.0 10 150.0 150.0 0 0.0 0 0.0 0 0.0 0 0
H2112
H2113
H2210 201 1101 10056 8.8 1 1103 10011 -268.0 1
H2210 201 1102 10013 -568.3 1 1104 10058 -869.0 1
H2210 201 1105 10046 -1169.4 1
H2310 10056 0.0
H2310 10011 0.0
H2310 10013 0.0
H2310 10058 0.0
H2310 10046 0.0
H2410 201 1 0.0 12 -137.5 12 12.5
H2410 201 13 -150.0 24 -287.5 12 12.5
H2410 201 25 -300.4 36 -437.9 12 12.5
H2410 201 37 -450.4 48 -587.9 12 12.5
H2410 201 49 -600.7 60 -738.2 12 12.5
H2410 201 61 -751.1 72 -888.6 12 12.5
H2410 201 73 -901.5 84 -1039.0 12 12.5

```



```

H2410 201 85 -1051.5 96 -1189.0 12 12.5
H2410 201 97 -1201.8 108 -1339.3 12 12.5
H2410 201 109 -1351.8 120 -1489.3 12 12.5
H2510 201 R67702 -293.9 0.0 1 P22521 -594.3 0.0 1
H2510 201 N72648 -895.0 0.0 1 P20315 -1195.4 0.0 1
H3110 301 -4.5 -36.8 0.0 -4.5 -80.0 -5.0 -0.0 -5.0 2000.0110
H3111 301 1 0.5 0.0 0.0 380 2 -0.5 0.0 0.0 380
H3111 301 5 -0.5 -5.0 0.0 150 6 0.5 -5.0 0.0 150
H3111 301 7 0.5 -7.5 0.0 150 8 -0.5 -7.5 0.0 150
H3111 301 9 0.5 -10.0 0.0 110 10 -0.5 -10.0 0.0 110
H3210 301 0
H3211 301 2 0000 -0.5 -7.5 0.0
H3310 301 1 11 111111
H3410 301 4 0000 0.0
H4110 401 201 0.0 -1489.3 0.0 -0.0 -1565.3 -5.0 TB
H5110 1 V1 1 0.0 0.0 0.0
H5110 100 rGPS 1 7.3 -6.0 9.2
H5110 102 Gun_Array 301 0.0 0.0 0.0
H5110 101 TB_rGPS 401 0.0 0.0 2.0
H5211 1 Gyro-compass 1 3 1
H5411 1 1.0000000000 0.0000000000 0 0 1.0000000000 0.00000000 0.000000 1.00 0
H5201 2 rGPS-TB_rGPS-R 100 101 0 1
H5401 2 1.0000000000 0.0000000000 0 0 1.0000000000 0.00000000 0.000000 1.00 0
H5211 3 rGPS-TB_rGPS-B 100 101 3 1
H5411 3 1.0000000000 0.0000000000 0 0 1.0000000000 0.00000000 0.000000 0.50 0
H6004 GPS_7 2 EGNOS 3D Dif. DG 2.0
H6005 POSMV 2
H6204 601 1 1 -3.2 12.7 15.8 GPS_7
H6205 602 2 1 0.0 0.0 0.0 POSMV
H7000 1 2 Anemometer
H7010 1 1 12 WIND DIRECTION
H7010 1 2 12 WIND SPEED IN KNOTS
H7000 2 2 Corredera
H7010 2 1 12 VESSEL WATER SPEED
H7010 2 2 12 VESSEL WATER SPEED VECTOR
H7000 3 3 Tide Gauge
H7010 3 1 12 TIDE LEVEL
H7020 3 1 2 0.00
H7010 3 2 12 DATUM
H7010 3 3 12 SPEED OF SOUND
H7000 4 3 Micro-s shot time from GTU
H7010 4 1 12 MICRO-s_JULIEN_TIME
H7010 4 2 12 UTC TIME USED
H7010 4 3 17 Shotttime-UTC

```

Figura 17. Formato cabecera archivo de navegación bruto P2 UKOOA.

```

H0100Survey Area POWELL2020
H0101General Survey Details 0
H0102Vessel Details Hesperides 1
H0103Source Details Gun_Array 1 1
H0104Streamer Details SENTINEL_1500m 1 1 1
H0200Date of Survey 12012020
H0201Date of Issue 21012020
H0202Tape Version P1/90
H0203Line Prefix
H0300Client
H0400Geophysical Contractor ,
H0500Positioning Contractor
H0600Position Processing
H0700Onboard Navigation Hesperides Triggerfish 2D
H0800Co-ordinate Location Centre of Source
H0900Hesperides to Gun_Array 1 1 -3.50 -86.00
H0900Hesperides to SENTINEL_1500 1 1 2.00 -146.00
H1000Clock Time GMT
H1100Receiver Groups per Shot 120
H1400Surveyed Datum WGS84 WGS84 6378137.000 298.2572236
H1401Transformation to WGS84 0.0 0.0 0.0 0.000 0.000 0.000 0.00000000

```



H1500Post Plot Datum	WGS84	WGS84	6378137.000	298.2572236	
H1501Transformation to WGS84	0.0	0.0	0.0	0.000 0.000 0.000 0.0000000	
H1600Transformation H14 to H15	0.0	0.0	0.0	0.000 0.000 0.000 0.0000000	
H1700Vertical Datum	SL			Echo Sounder	
H1800Projection Type	2UTM-22S				
H1900Projection Zone	22S				
H2000Grid Units	1Meters			1.000000000000	
H2001Height Units	1Meters			1.000000000000	
H2002Angular Units	1Degrees				
H2200Long of Cent Meridian	0510000.000W				
H2301Grid Origin	0000000.000N0510000.000W				
H2302Grid Coords at Origin	00500000.00E10000000.00N				
H2401Scale Factor	0.9996000000				
H2402Lat/Long of Scale Factor	0000000.000N0510000.000W				
VPOWELL20_07	1	1012621554.01S0535003.11W	352877.43093076.0	813.0 12012534	
EPOWELL20_07	1 1	1012621554.08S0535001.96W	352894.23093074.7	813.0 12012534	
SPOWELL20_07	11	1012621553.34S0535008.91W	352793.03093093.1	813.0 12012534	
ZPOWELL20_07	11	1012621553.34S0535008.91W	352793.03093093.1	813.0 12012534	
CPOWELL20_07	111	1012621553.22S0535010.97W	352763.03093095.6	813.0 12012534	
TPOWELL20_07	1 1	1012621541.08S0535159.11W	351187.93093402.3	813.0 12012534	
R 1	352733.13093098.0	6.7	2 352720.83093100.7	6.8 3 352708.53093103.3	6.81
R 4	352696.23093106.0	6.8	5 352683.93093108.6	6.8 6 352671.63093111.3	6.91
R 7	352659.33093113.9	6.9	8 352647.03093116.5	6.9 9 352634.73093119.2	7.01
R 10	352622.43093121.8	7.0	11 352610.13093124.5	7.0 12 352597.83093127.1	7.01
R 13	352585.53093129.7	7.0	14 352573.23093132.4	7.1 15 352560.93093135.0	7.11
R 16	352548.63093137.6	7.1	17 352536.33093140.2	7.1 18 352524.03093142.8	7.11
R 19	352511.73093145.4	7.1	20 352499.43093148.0	7.1 21 352487.13093150.7	7.11
R 22	352474.83093153.3	7.1	23 352462.53093155.9	7.1 24 352450.23093158.5	7.11
R 25	352437.93093161.0	7.2	26 352425.63093163.6	7.2 27 352413.33093166.2	7.21
R 28	352401.03093168.8	7.2	29 352388.73093171.4	7.2 30 352376.33093173.9	7.21
R 31	352364.03093176.5	7.2	32 352351.73093179.1	7.2 33 352339.43093181.6	7.21
R 34	352327.13093184.2	7.2	35 352314.83093186.7	7.3 36 352302.53093189.3	7.31
R 37	352290.23093191.8	7.3	38 352277.83093194.3	7.3 39 352265.53093196.9	7.31
R 40	352253.23093199.4	7.3	41 352240.93093201.9	7.3 42 352228.53093204.4	7.31
R 43	352216.23093206.9	7.3	44 352203.93093209.4	7.3 45 352191.53093211.9	7.31
R 46	352179.23093214.3	7.3	47 352166.93093216.8	7.3 48 352154.53093219.3	7.31
R 49	352142.23093221.7	7.3	50 352129.93093224.1	7.3 51 352117.53093226.6	7.31
R 52	352105.23093229.0	7.3	53 352092.83093231.4	7.3 54 352080.53093233.9	7.31
R 55	352068.23093236.3	7.3	56 352055.83093238.7	7.3 57 352043.53093241.0	7.31
R 58	352031.13093243.4	7.3	59 352018.83093245.8	7.3 60 352006.43093248.2	7.31
R 61	351993.83093250.6	7.3	62 351981.43093253.0	7.3 63 351969.13093255.3	7.21
R 64	351956.83093257.6	7.2	65 351944.53093260.0	7.2 66 351932.13093262.3	7.21
R 67	351919.83093264.6	7.2	68 351907.43093266.9	7.1 69 351895.13093269.2	7.11
R 70	351882.83093271.5	7.1	71 351870.43093273.8	7.1 72 351858.13093276.0	7.11
R 73	351845.43093278.4	7.0	74 351833.03093280.6	7.0 75 351820.73093282.9	7.01
R 76	351808.33093285.1	7.0	77 351795.93093287.4	7.0 78 351783.53093289.6	7.01
R 79	351771.23093291.8	6.9	80 351758.83093294.1	6.9 81 351746.43093296.3	6.91
R 82	351734.03093298.5	6.9	83 351721.63093300.7	6.9 84 351709.33093302.9	6.81
R 85	351696.93093305.1	6.8	86 351684.53093307.3	6.8 87 351672.13093309.5	6.81
R 88	351659.73093311.8	6.8	89 351647.43093314.0	6.7 90 351635.03093316.3	6.71
R 91	351622.63093318.5	6.7	92 351610.33093320.8	6.7 93 351597.93093323.1	6.71
R 94	351585.53093325.4	6.6	95 351573.23093327.7	6.6 96 351560.83093330.0	6.61
R 97	351548.43093332.3	6.6	98 351536.13093334.6	6.6 99 351523.73093337.0	6.51
R 100	351511.33093339.3	6.5	101 351499.03093341.6	6.5 102 351486.63093344.0	6.51
R 103	351474.33093346.4	6.5	104 351461.93093348.8	6.4 105 351449.63093351.2	6.41
R 106	351437.23093353.6	6.4	107 351424.93093356.0	6.4 108 351412.53093358.4	6.41
R 109	351400.23093360.8	6.4	110 351387.93093363.2	6.4 111 351375.53093365.6	6.41
R 112	351363.23093368.0	6.4	113 351350.83093370.5	6.4 114 351338.53093372.9	6.41
R 115	351326.23093375.3	6.4	116 351313.83093377.7	6.4 117 351301.53093380.1	6.41
R 118	351289.13093382.5	6.4	119 351276.83093384.9	6.4 120 351264.43093387.3	6.41

Figura 18. Formato del archivo de navegación procesado P1 UKOOA, con su cabecera y la posición de cada receptor.

El archivo Custom Format tiene el formato de este ejemplo:

SPOWELL20_07 11 1012621553.34S0535008.91W 352793.03093093.1 813.0 12012534
 SPOWELL20_07 11 1013621553.76S0535005.54W 352842.13093082.4 813.4 12012558
 SPOWELL20_07 11 1014621554.15S0535002.17W 352891.23093072.4 813.7 12012622
 SPOWELL20_07 11 1015621554.48S0534958.77W 352940.63093064.1 814.0 12012646

Donde:

Vline	Sq	Shot	Lat(°)	Lat(')	Lat(")		Long(°)	Long(')	Long(")		Easting	Northing	Depth	Julian day	Hour	Min	Sec
SPOWELL20_07	11	1012	62	15	53.34	S	53	50	8.91	W	352793	3093093.1	813	12	1	25	34
SPOWELL20_07	11	1013	62	15	53.76	S	53	50	5.54	W	352842.1	3093082.4	813.4	12	1	25	58
SPOWELL20_07	11	1014	62	15	54.15	S	53	50	2.17	W	352891.2	3093072.4	813.7	12	1	26	22
SPOWELL20_07	11	1015	62	15	54.48	S	53	49	58.77	W	352940.6	3093064.1	814	12	1	26	46

Figura 19. Formato del archivo de navegación Custom Format con la posición de barco en cada disparo.

2.11.5. Sistema de adquisición multicanal SEAL® 428 v1.1 v6.2.13

El SEAL® 428 versión 6.2.13 es el más moderno sistema de adquisición de datos sísmicos de gran capacidad y alta resolución diseñado para la adquisición de datos a través de streamers remolcados. Su alta fiabilidad y versatilidad se derivan de la amplia experiencia de SERCEL® en sistemas de telemetría por cable y del uso de la tecnología electrónica y de estaciones de trabajo más avanzada.

El sistema está formado por dos partes diferenciadas, la **instrumentación de laboratorio** y el **equipamiento marino**. La instrumentación de laboratorio ("On-Board equipment") consta básicamente de estos elementos:

- Servidor SEAL 428: nodo principal de procesamiento, interactúa con las unidades de adquisición, generando y exportando los archivos SEGD.
- Cliente SEAL: interfaz de usuario, utilizada para visualización e interacción del operador al sistema.
- Unidades de adquisición:
 - DCXU-428: Unidad de control y adquisición del streamer. Integra además la gestión del HV.
 - LCI-428: Interfaz de los canales auxiliares y el T₀ del trigger de la navegación.
 - Servidor de tiempo GPS: Receptor GPS para sincronización de todas las unidades de adquisición. Permite la propagación/sincronización del tiempo GPS de referencia.
- Unidades de cubierta y periféricos:
 - AXCU: Unidad de canales auxiliares. Digitalización de canales auxiliares.
 - 2 x NAS NFS: Sistemas de almacenamiento en red.

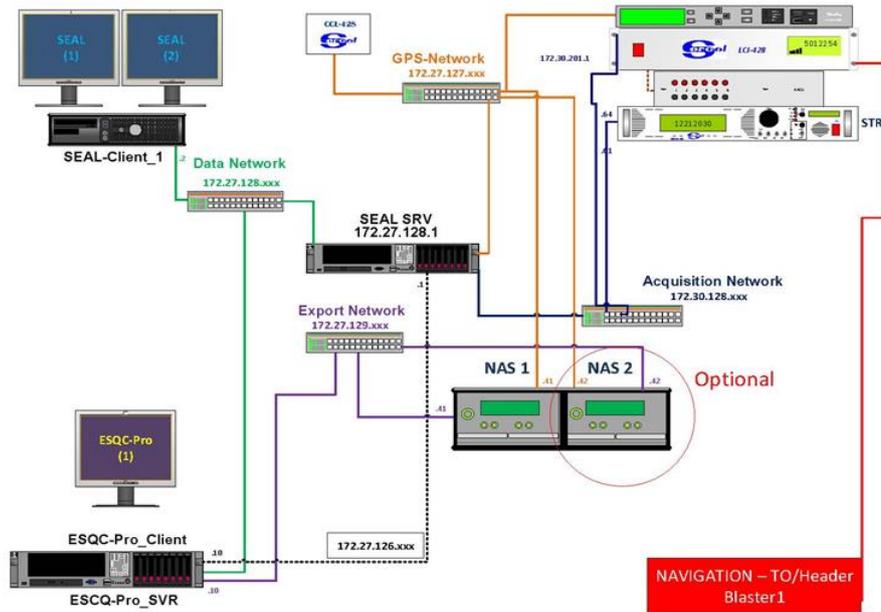


Figura 20. Diagrama de funcionamiento.

El equipamiento remolcado marino (“In-Sea equipment”) está formado por las secciones activas del streamer, las de strecht, las de tiro, las de cola, módulos electrónicos y elementos mecánicos.

El ordenador cliente se dedica a la interacción del sistema por el operador, a través de un paquete de software rápido y completo especialmente diseñado para facilitar la adquisición de datos. El operador controla el sistema completo a través del cliente, basado en un sistema operativo Linux.

Las funciones principales del software Seal-428 incluyen:

- Control de la operación normal
- Pantalla gráfica permanente de alta resolución
- Los archivos de script se pueden guardar y / o cargar
- Visualización concisa de la actividad del sistema.
- Visualización, análisis de la actividad del sistema.
- Registro automático de datos en informe
- Visualización del estado de energía
- Secuencia de adquisición por trigger externo
- Analizador gráfico de señal en línea en tiempo real
- Impresión de todos los parámetros
- Pruebas o test automáticos de los canales
- Información de ayuda en línea

- Tabla 2. SEAL NAVIGATION SETUP	
- Navigation Type	- SPECT RA v2.3
- Sample Rate	- 2ms
- Port Type	- RS-232
- Baud Rate	- 38400
- Trigger	- Blaster 1

Tabla 1. Arquitectura Global	
Arquitectura flexible	Redundancia en los modos de transmisión de datos. Transmisión de datos reconfigurable cuando falla línea.
Alta Integración electrónica	Tecnología ASICS. Convertor 24 bit Sigma/Delta. Convertidores A/D individuales por canal.
Electrónica integrada en las secciones activas del "streamer"	
Reducido peso/diámetro/tensión/alimentación	

El resultado final es la grabación de un fichero SEGD por cada disparo realizado. Integrando en su cabecera los datos del sistema de navegación y de los sensores.

El formato compatible entre el sistema navegación utilizado por UTM-CSIC y SEAL-428 es el

denominado **SPECTRA v2.3**.

El sistema de adquisición cuenta con otro servidor implementado en línea con el software **eSQC-Pro Marine**, que ofrece una herramienta poderosa para el control de calidad en tiempo real de los datos sísmicos. Todas las funciones de control de calidad se realizan independientemente de la adquisición de datos sísmicos sin ralentizar las operaciones.

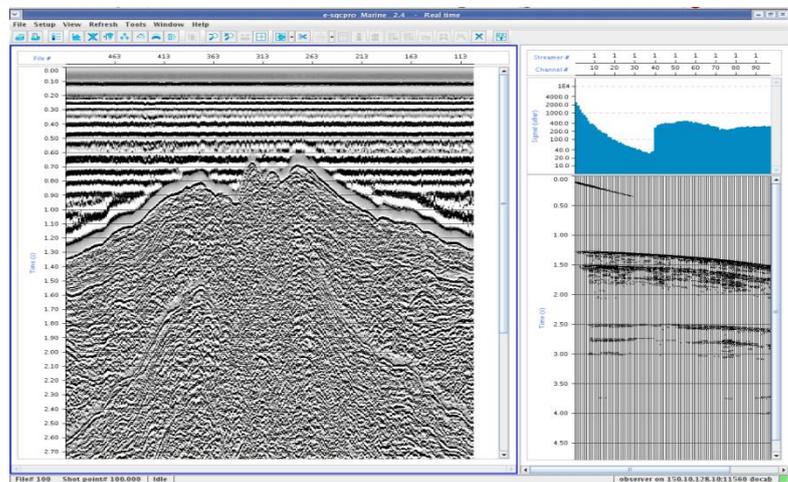


Figura 21. Pantalla de visualización del eSQC-Pro.

Todos los datos sísmicos se envían simultáneamente a la unidad de grabación y a la estación de trabajo eSQC-Pro Marine para análisis y visualización de los disparos, de los canales auxiliares, así como el análisis de la señal de la fuente y del ruido ambiente.

2.11.6.- "Streamer" multicanal SENTINEL Sercel®

En este sistema de adquisición de sísmica marina, el "streamer" multicanal es el primer componente de la cadena, donde se alojan los hidrófonos o sensores de cada canal. A cada grupo de hidrófonos de un canal se asocian dispositivos electrónicos encargados de gestionar de forma adecuada la señal adquirida. La composición del "streamer" se basa fundamentalmente en las secciones activas SENTINEL que contienen 12 canales de 12,5 m en cada sección de 150 m (SSAS). Además de estas secciones se componen de una serie de secciones pasivas para colocar módulos de adquisición y control (LAUM).

El "streamer" se transporta a bordo con un chigre fabricado por SEAMAC®. El despliegue del mismo se hace por la popa del barco pasando por una pasteca especialmente diseñada para este tipo de sensores, ODIM®

modelo 7000/53, que está colgada en el pórtico de popa. Esta maniobra supone una seguridad óptima para los equipos y facilita considerablemente las operaciones de cubierta. Consiste en ir largando de forma continuada hasta que aparezcan las posiciones donde se encuentran asignados los “bird” y “compass-bird”. Los birds se colocan en los nodos con bobinas acústicas para la comunicación a través del “streamer”.

SECCIÓN ACTIVA SSAS 150 m

La sección activa (SENTINEL SOLID ACQUISITION SECTION) es la parte fundamental del “streamer”, contiene la electrónica y sensores necesarios para la adquisición sísmica.

Cada sección tiene un diámetro de 59.5 mm y una longitud de 150 m.

Adquiere datos de 12 canales de 12,5 m de longitud cada uno. Cada canal está formado por 8 hidrófonos, solapando uno entre canales adyacentes. Sumando un total de 96 hidrófonos por sección activa.

Dos bobinas de comunicación: 1 para birds acústicos y 1 para unidades acústicas.

6 Módulos dobles de conversión AD y multiplexación de la señal sísmica (FDU2). Cada pareja se encuentra 50 m. Cada módulo procesa dos canales sísmicos.

Tabla 5. Comportamiento	
Ruido (3-200Hz) @ G1600 @ G400	700 nV RMS 200 nV RMS
Rango dinámico instantáneo	124 dB
Rango dinámico del sistema	136 dB
Distorsión	-105 dB
Precisión de la ganancia	<1%
Precisión de la fase	20s
CMRR	110 dB

Tabla 4. Especificaciones sección SSAS		
Hidrófono	Capacidad Nominal	34,5 nF @ 20°C ± 10%
	Sensibilidad Nominal	-193 dB re 1V/μPa @ 1bar @ 20°C
Canal	Hidrófonos por canal	8
	Capacitancia del canal	278 nF @ 22°C
	Sensibilidad del canal	19,7 V/bar @ 22°C
Dimensiones físicas	Longitud	150 m
	Diámetro del cable	59,5 mm
	Tensiómetro	Twaron/Vectran
Streamer	Máxima longitud sin alimentación con telemetría	15750 / 12n 60 ch
Ambiente	Temperatura de funcionamiento	-10° a +40°C
	Temperatura de almacenamiento	-35° a +50°C
	Max. Profundidad de operación	30m Profundidad restringida = 22 m
	Profundidad de colapso	250 m
	12km streamer	3865 daN @ 5 nudos

2.11.7.- DIGICOURSE® compass birds



La serie 5000 birds Digicourse es la tercera generación de este tipo de dispositivos desarrollados por ION®. Este sistema permite estabilizar el "streamer" a la profundidad requerida. Su diseño modular e hidrodinámico se ensambla fácilmente mediante collares. Su funcionamiento electrónico y mecánico es plenamente compatible con las bobinas de comunicación del "streamer".

- Material no corrosivo y perdurable en medio acuático.
- Sensor de profundidad hasta 122 m (400 ft).
- SLB 150 battery pack o módulos D-cells.
- Comunicación a través de cables o "streamerS".

Dimensiones birds Digicourse 5011	
Length	1.2 m
Weight in air	8.32 kg
Weight in water with batteries	2.78 kg

Modelo 5011 Compass-Bird

El modelo 5011 de esta familia, además de mantener la profundidad requerida, tiene incorporado un "compass" que proporciona el rumbo magnético asignable al tramo de "streamer" que controla. Este modelo incorpora un microprocesador que proporciona la siguiente información:

- Rumbo magnético
- Filtro interno de los datos de rumbo
- Medición y control de profundidad
- Proporciona información para correcto balance de los pesos del "streamer"

Además de presentar las siguientes ventajas:

- Sistema quickCUFF™ de fácil y rápido despliegue/ recogida
- Material no magnético en su construcción

Especificaciones operativas birds Digicourse 5011		
Communications	Type	Serial, FSK
	Frequency	26 kHz
	Data rate	2,400 bit/s
Depth measurement	Operating Range	0 mto 122 m
	Resolution	0.15 m(0.5 ft)
Diving plane	Lift	15.9 kg (35lbs)@ 5 knotsand 15° wing angle
	Airfoil	NACA 651-012 airfoil section
	Wing span	48.3 cm(19 in)
Battery	Cells	SLB 150battery pack(standard) or 4 D-cell lithium batteries (optional)
	Life	150 days (typical) (standard SLB 150 battery pack) 60 days (typical) (optional D-cell batteries)

2.11.8.- GEOSPACE® airbags

Los dispositivos SRD-500S de OYO GEOSPACE[®] sirven para rescatar el “streamer” en caso de accidente. Disponen de un sensor de presión para activar el mecanismo de recuperación automática en caso de hundimiento accidental. Cuando se alcanza una presión que supere las 70 psi (aproximadamente 48 metros de profundidad), automáticamente se libera el globo o “airbag” contenido en el cilindro, inflándose con CO₂. Esto permite la recuperación del “streamer” en caso de accidente, elevándolo a superficie. Para un “streamer” de las características del Sentinel de Sercel[®] se recomienda la instalación de un dispositivo cada 300 metros, no estando asegurada su flotabilidad plena y no por más de 48 horas.



Estos dispositivos tienen un diseño hidrodinámico y se ensamblan al “streamer” con collares específicos en los que, en nuestro caso, también van ensamblados los birds digicourse.

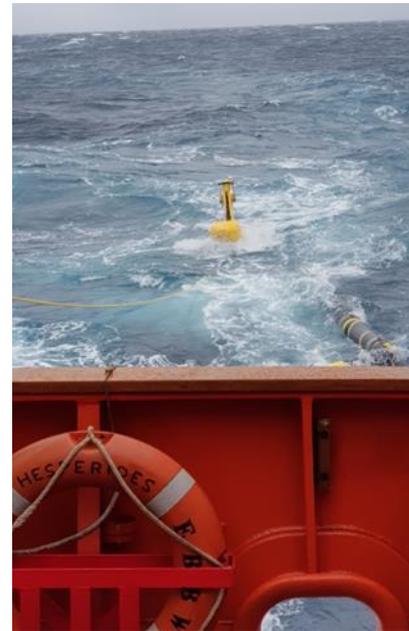
Características principales:

- Carcasa estanca para proteger el instrumental constantemente.
- Batería de larga duración.
- LED frontal parpadeante que indica activación del sistema de “airbag”. Conector magnético que desactiva este mecanismo para evitar apertura accidental en cubierta.
- Resistente a la corrosión marina.
- Peso 13.2Kg

2.11.9.- RGPS Boya de cola SEAMAP®

Para la posición el perfil sísmico se ha incorporado al final del “streamer” una boya de cola diseñada para tal cometido. En esta se ha instalado un receptor GPS y el sistema GunLink®, de SEAMAP®, basado en posicionamiento RGPS capaz de proporcionar posicionamiento en tiempo real del final del “streamer”, del remolque. La boya de cola realiza la labor de un vehículo a distancia, soporte físico de los emisores de datos de posición. Se preparó expresamente para proporcionar estos directamente a través del “streamer”.

Una ventaja que presenta este dispositivo es que la alimentación de los equipos instalados en la boya de cola puede ser proporcionada por un cable de voltaje a final del “streamer”. Tiene como opcional la instalación de equipos autónomos que suministren la energía necesaria como son un panel solar o generador-dinamo hidrodinámico.



Módulo remoto GPS:

Este módulo está montado en la boya de cola, las funciones del cual son las siguientes:

- Recibir la corriente continua de la batería o a través del “streamer”.
- Recibir las señales del GPS por satélite y transmitir la información vía tarjeta RS-485 a través del “streamer”.
- Recibir las señales de sincronización, comandos, datos sobre el estado y consumo a través de grabación interna y/o cable de transmisión vía “streamer”.

La transmisión de cable se limita a aproximadamente 6 km con una velocidad de transmisión de 2400 baudios.

2.11.10.-Servidor de tiempo sincronizado con GPS (NTS)

Se ha utilizado el GPS servidor de tiempos Galleon® instalado a bordo para sincronizar los PCs auxiliares de adquisición del sistema MCS. El sistema de posicionamiento dota adicionalmente del suyo, denominado GTU (“Gravel Trigger Unit”); mientras que el sistema de adquisición Seal-428 requiere específicamente un servidor de tiempos programable Meinberg LanTime M300.

De esta manera se logra una sincronización global de todos los equipos con tiempo absoluto GPS con hora UTC, para trabajar todos al unísono y que no haya problemas de desfase de tiempo entre datos.



Figura 22. Detalles de los servidores de tiempos empleados en adquisición sísmica.

2.11.11.-Sistema de Procesado Sísmico. 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 real (P1 UKOOA), 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 para realizar coherentemente el "stack".

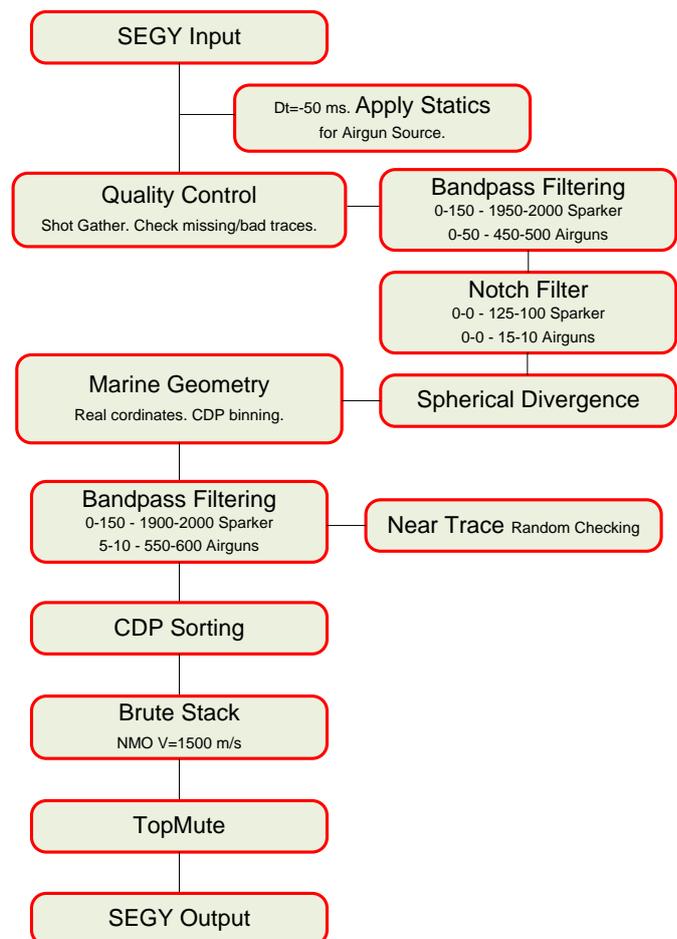


Figura 23. "Flow" del pre-procesado QC sísmico realizado a bordo por UTM-CSIC.

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:

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 en levantamientos con emisión tipo "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.

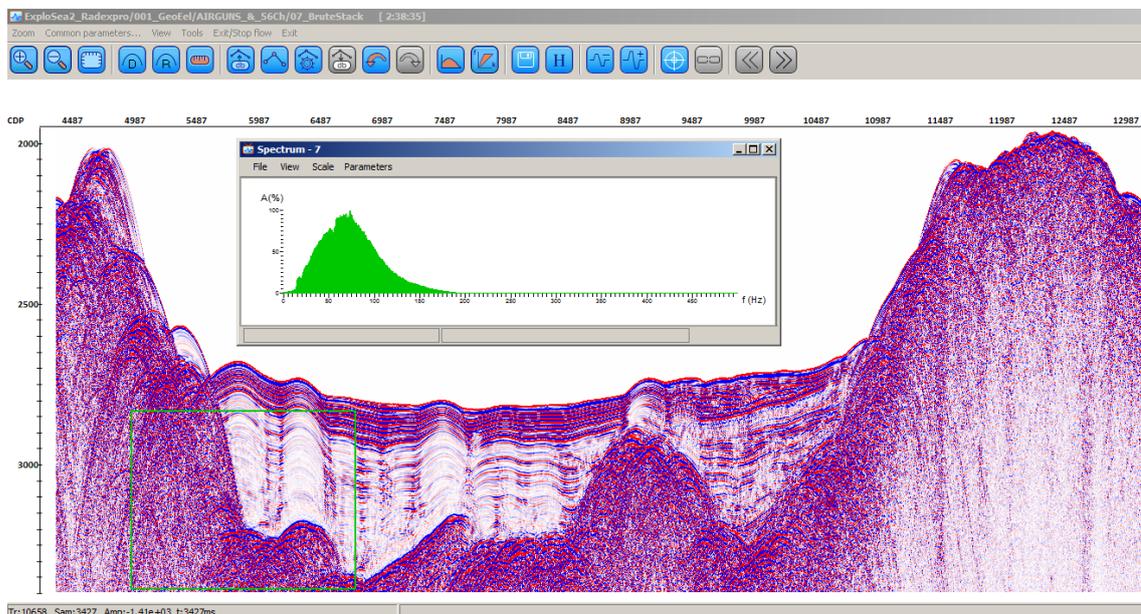


Figura 24 . Interfaz de visualización de RadEx-Pro. Ejemplo UTM-CSIC línea sísmica.

2.11-12.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Metodología / Maniobra

El streamer se ha desplegado por la popa del barco pasando por una pasteca especialmente diseñada para streamers, la ODIM® modelo 7000/53, que está colgada en el pórtico de popa.

Los cañones se han desplegado desde la estructura montada a tal efecto en babor.

2.11.13.- ADQUISICIÓN SÍSMICA. Incidencias

Alarmas constantes en la recepción de los datos del streamer, consecuencia de fallos de telemetría entre el primer dispositivo electrónico (HAU) de este en conexión al cable de tracción (Lead-in cable). Esporádicamente se pierde información de los hidrófonos, sin mayor consecuencia.

Durante la calibración de equipos, el "bird" con s/n: 12248 estaba inoperativo. Tras el cambio de los módulos de comunicación y motor no se pudo compensar su sensor de profundidad. Este recambio no se necesitó, pero se recomienda su puesta a punto para futuras campañas.

Graves problemas hidráulicos en el chigre del "streamer" pusieron en peligro la última recogida de la campaña. Pese a su puesta a punto previa al embarque, se deben realizar trabajos de mantenimiento y reparación adicionales a su vuelta al taller que conoce su perfecto funcionamiento en Vigo.

2.12.- CTD Y ROSETA

2.12.1.- Descripción

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.



Imagen de la roseta con el CTD y sensores

2.12.2.- Características técnicas

Especificaciones generales				
	Temp (°C)	Cond (S/m)	Presión	Entrada A/D
Rangos de medida	-5 a +35	0 a 7	0 a 10500	0 a 5 Voltios
Precisión inicial	0.0001	0.0003	0.015 %	0.0005 Voltios
Estabilidad	0.0002	0.0003	0.0015 %	0.001 Voltios
Resolución (24 Hz)	0.0002	0.00004	0.001 %	0.0012 Voltios
Caja	Aluminio (6800 metros profundidad)			
Peso	25 Kg (Aire)		16 Kg (Agua)	

2.12.3.- Metodología y Maniobra

Al ser una campaña principalmente de sísmica, se concentraron los periodos de muestreo con el CTD al principio y al final de la campaña. Se realizaron un total de 8 estaciones con CTD-Roseta, concretamente del 7 al 11 de enero se realizaron 5 perfiles y del 26 al 27 de enero los 3 perfiles restantes.

La velocidad de largado y cobrado de los CTD's osciló entre 45 y 55 metros/minuto con el chigre nº 2, y se obtuvieron medidas de conductividad, temperatura, fluorescencia, oxígeno disuelto, pH, transmitancia y turbidez en todas las estaciones, además de toma de muestras de agua con las 24 botellas Niskin de 12 l.

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_0774.xmlcon, en el cual se encontraron las configuraciones del perfilador y todos sus sensores.

2.12.4.- Calibración

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

- CTD SBE 9 Plus 0774 (31/07/2019)
- Sensor de temperatura primario SBE 3P 6435 (17/10/2019)
- Sensor de conductividad primario SBE 4C 4922 (11/10/2019)
- Sensor de temperatura secundario SBE 3P 6436 (17/10/2019)
- Sensor de conductividad secundario SBE 4C 4923 (11/10/2019)
- Voltaje 0 Sensor de PH 339 (06/11/2019)
- Voltaje 1 Free
- Voltaje 2 Sensor Fluorómetro Wetlabs FLNRTU 3546 (19/08/2019)
- Voltaje 3 Sensor Turbidímetro Wetlabs FLNRTU 3546 (19/08/2019)
- Voltaje 4 Sensor Transmisómetro 0973 DR (23/05/2016)
- Voltaje 5 Free
- Voltaje 6 Sensor Oxígeno SBE43 1072 (23/05/2016)
- Voltaje 7 Sensor Altimetro 51674 (13/07/2016)



2.12.5.- Resultados

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

Station (m)	File Name	Date	GMT	Lat (S)	Lon (W)	Depth
CTD01	Powell001	07-01-2020	14:05	62 12.16	58 56.29	66
CTD02	Powell002	09-01-2020	05:47	62 58.27	60 39.50	113
CTD03	Powell003	10-01-2020	22:12	61 37.89	54 53.93	2224
CTD04	Powell004	11-01-2020	08:51	61 59.19	55 00.42	1294
CTD05	Powell005	11-01-2020	15:44	62 14.00	53 48.25	803
CTD06	Powell006	26-01-2020	09:15	61 21.50	50 15.47	3033
CTD07	Powell007	27-01-2020	15:13	62 09.05	56 27.85	1351
CTD08	Powell008down/up	27-01-2020	20:01	62 14.94	57 37.05	1924

2.12.6.- Incidencias

Del 03/01/2020 al 05/01/2020

Durante el transito del Drake y aprovechando que el estado de la mar lo permitía, antes de comenzar con las maniobras del CTD se realiza un mantenimiento preventivo de todo el conexionado desde el Sleeve-Ring del Chigre 2 hasta el Sea-Cable y la lágrima, ya que se observa una conexión bastante deteriorada y realizada con termoretráctil. Se procede a cortar los últimos 70 metros de cable del chigre 2 ya que el cobre del cable coaxial está oxidado y no permite una buena transmisión de datos. Se cortan unos 70 metros aproximadamente hasta que el cobre se ve reluciente y sin síntomas de oxidación.

Se realiza una conexión con resina de poliuretano dejando curar unas 24 horas y posteriormente se rehace la lágrima de sujeción sustituyendo los perrillos.

También se destapa el Sleeve-Ring y se observa que hay aceite hidráulico acumulado bajo la tapa, se limpia y se rehacen las soldaduras de nuevo de todo el cableado.

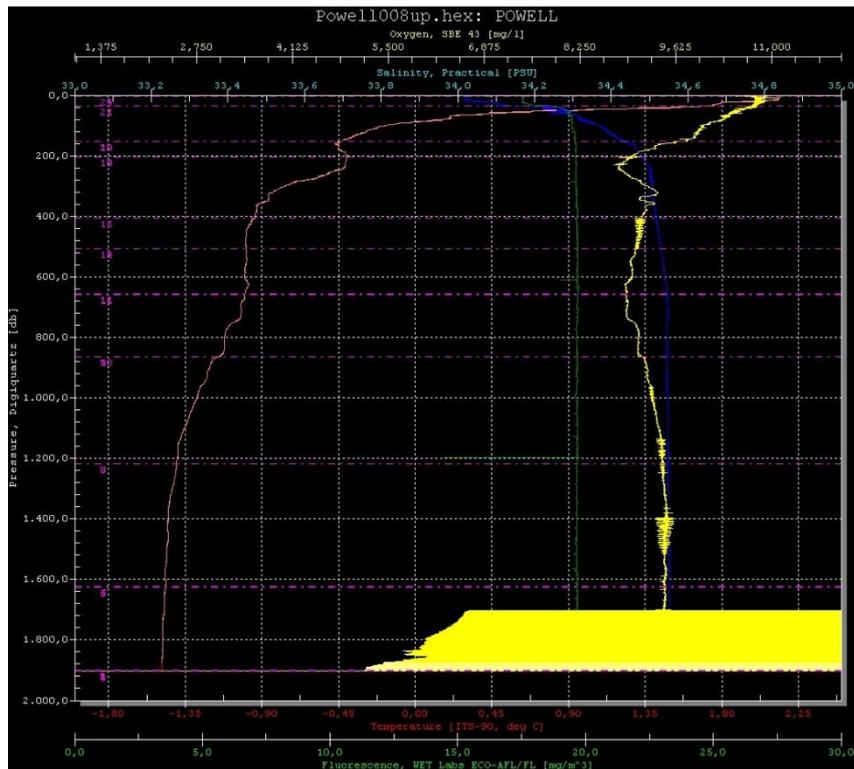
Para abrir la tapa es necesario cortar los tornillos con radial y se sustituyen por unos nuevos INOX Cabeza Hexagonal M 8X50.



Estado del Sleeve-Ring después de rehacer el conexionado y limpiar el habitáculo de aceite.

27/01/2020

Durante el transcurso del último perfil "Powell008" se observa ruido en el sensor de oxígeno, llegando a impedir la correcta visualización del graficado de datos en tiempo real con el programa de adquisición "Seasave". Esta incidencia obligó a desactivar la visualización de dicho sensor a partir de los 1400 metros en el perfil de bajada para poder visualizar los otros parámetros que sí funcionaban correctamente. Dicha acción hizo necesario el cierre del perfil de bajada nombrándolo "Powell008down" y la creación de un segundo cast de subida que fue nombrado como "Powell008up".



Perfil de bajada CTD Powell008down



Perfil de subida CTD Powell008up

El problema de ruido en el sensor de Oxígeno fue generado por entrada de agua en el conector del cable Y duplicador de canal de voltaje del CTD 9+ tal como se observa en la imagen más abajo. Este cable Y fue desconectado y marcado como defectuoso.



Electrolisis en el conector de los canales de voltaje 6/7 del CTD 9+ 0774

2.13. - TERMOSAL

2.13.1.- Descripción

El termosalinógrafo 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.



Imágenes del equipo, localizado en la sala de máquinas del barco

2.13.2.- Características técnicas

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

2.13.3.- Calibración

El termosalinógrafo utilizado durante la campaña Powell ha sido el TSS SBE21 **3466** de reciente adquisición y siendo su primera instalación y uso en dicha campaña.

La fecha de calibración es del 22 de septiembre de 2019.

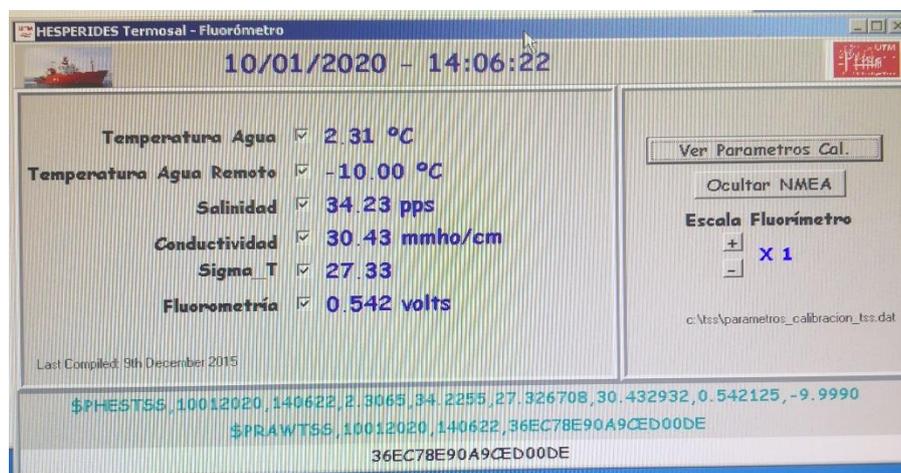
2.13.4.- Incidencias

Al ser un equipo de reciente adquisición e instalación, al iniciar la campaña Powell no disponíamos de los parámetros de calibración antiguos (A, B, C, D) necesarios para la adquisición e integración de los datos del TSS y el Fluorómetro en el SADO. Por lo que se solicitaron a la empresa suministradora del equipo el día 02/01/2020 pero nos contestaron que hasta el día 7 como mínimo no podríamos disponer de ellos ya que el fabricante estaba cerrado por vacaciones hasta ese día.

Decidimos adquirir los datos mediante el programa de adquisición SeaSave y los parámetros de calibración nuevos (E, F, G, H) y así lo hicimos del 3 al 10 de enero de 2020.

Durante estos días hubo algunos periodos de pérdida de datos a causa del cierre del programa de adquisición SeaSave y/o reinicio del PC de adquisición ya que este programa no está preparado para largos periodos de adquisición ininterrumpida y se cortaba la adquisición en momentos de ausencia del personal durante la noche mayoritariamente. Al conseguir los parámetros de adquisición viejos se procedió a adquirir los datos del TSS + Fluor con el programa SADO pero allí hubo que hacer algunas modificaciones en el software SADO ya que dicho software estaba preparado para una Unidad de TSS antigua y el actual equipo al ser nuevo tenía alguna diferencia, como por ejemplo el firmware que es una versión superior a la 5.0.

Los técnicos del departamento TIC adaptaron el software para que funcionase con el nuevo TSS y apartir del día 10/01/2020 se adquirió normalmente.



Pantallazo del programa de adquisición TSS-SADO funcionando correctamente con el nuevo TSS 3466.

2.14. – ESTACIÓN METEOROLOGICA

2.14.1.- Descripción

La estación meteorológica instalada en el barco es del fabricante Aanderaa Instruments que mide en continuo en intervalos de 1 minuto. Los sensores que tiene instalados son los siguientes:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Presion atmosférica
- Radiación solar
- Dirección del viento
- Velocidad del viento
- Racha de viento

2.14.2.- Incidencias

La estación meteorológica funcionó sin incidencias destacables durante toda la campaña a pesar del problema con la resistencia de referencia, solo se observaron cortes de comunicación durante un día que hubo muy mal tiempo con fuertes vientos. Los datos fueron constantes y coherentes durante el resto del tiempo.



Detalle de la visualización de los datos de la estación meteorológica en el visualizador SADO.

2.15.- SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUA MARINA EN CONTINUO

2.15.1.- Introducción

El agua se recoge mediante una bomba con el corazón de teflón situada a unos 4,5 metros de profundidad. El agua es distribuida a los laboratorios a través de tuberías de silicona libre de epóxidos, para evitar contaminación química.

El sistema de continuo del Hespérides está formado por 3 bombas de impulsión independientes. Este sistema está acoplado a un termosalinografo Seabird 21 y a un fluorómetro. Durante la campaña se usó la bomba número 2.

Este agua se bombea hacia los laboratorios del barco donde se estuvo muestreando agua durante toda la campaña.



2.15.2.- Especificaciones técnicas

2.15.2.1.- Fluorómetro 10 AU (Turner Designs)

S.N. 6881 RTD

Descripción:

Instrumento para cuantificar la cantidad de clorofila del medio en tiempo real. Medición en continuo.



Características técnicas:

- Detector: Fotomultiplicador; Rojo (185-870 nm)
- Límites de detección
- Chlorophyll a: 0.025 µg/L
- Rhodamine WT Dye: 0 - 250 ppb
- FluoresceinDye: 0 - 250 ppb
- Rango de medida
- Chlorophyll a: 0 - 250 µg/L
- Rhodamine WT Dye: 0 - 250 ppb
- FluoresceinDye: 0 - 250 ppb
- Filtros: Clorofila, Rodamina y sin filtro.
- Portacubetas: Flujo continuo
- Fuente de luz: Lámpara halógena UV (clorofila)

2.15.3.- Incidencias

El fluorímetro no funcionaba al principio pues el enchufe al que estaba conectado no tenía alimentación, por lo que hubo que conectarlo a otro mediante una alargadera.

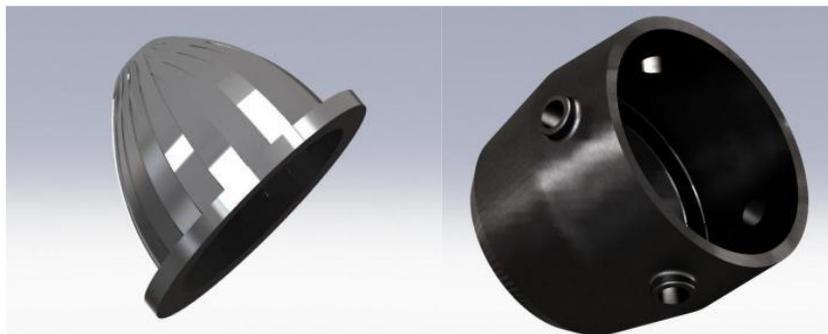
Se produjeron 3 fugas en el circuito que se solucionaron reapretando las abrazaderas. Suele ser normal cuando el equipo funciona con aguas frías.

2.16.- GRAVITY CORER



2.16.1.- Características técnicas

- **Peso:** 800 Kg
- **Longitud contrapeso:** 1m
- **Longitud Lanzas:** 3 y 5m
- **Diámetro lanza acero:** 77mm Ø Int, 90mm Ø Ext
- **Diámetro tubo Pvc:** 70,4mm Ø Int, 75 mm Ø Ext
- **Sistema de cierre:** Posterior por diafragma y superior por válvula de vacío en cono



2.16.2.- Metodología / Maniobra

La maniobra de largado se realiza con el pórtico lateral utilizando el chigre geológico. Una vez está el equipo en vertical y liberado del soporte se empieza a largar en modo manual los primeros metros, luego se aumenta la velocidad hasta 90 m/min pasando a modo automático, se está pendiente de la tensión ya que una vez clava el testigo en el fondo la tensión bajará.

La maniobra de cobrado se inicia una vez clavado el testigo. Se empezará a cobrar a 10 m/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 aumentará la velocidad a 40 m/min hasta 20 m antes de superficie, donde se pasará a control manual y se pondrá el equipo en el soporte para retirar la muestra.

Estas maniobras están condicionadas a que no se superen vientos de 30 nudos y 3 m de ola .

2.16.3.- Estaciones

Testigo de Gravedad	Fecha	Zona	Latitud	Longitud	*Profundidad del fondo (m)	Secciones	Total (cm)
TG01	11/01/2020	Bransfield	61°38,2446	54°54,276	2.143	4	430
TG02	11/01/2020	Bransfield	61°39,2733	55°77,372	2.245	3	383
TG03	11/01/2020	Bransfield	61°59,2295	55°05,63	1.295	3	437
TG04	11/01/2020	Powell Basin	62°14,1143	53°48,252	820	1	36
TG05	26/01/2020	Powell Basin	61°21,5255	50°15,604	2.994	3	393

2.16.4.-Incidencias

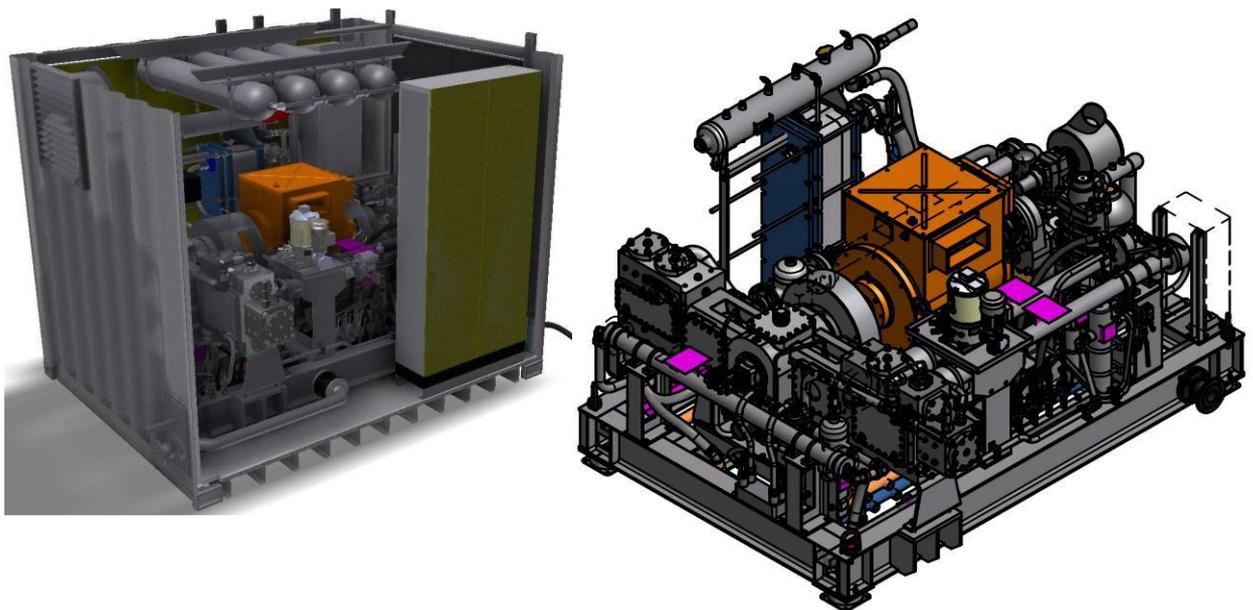
Las bombas hidráulicas saltaron por sobrecarga continuamente lo que ralentizó algunas maniobras con el chigre geológico.

2.17.- FUENTE SÍSMICA

2.17.1.- Compresor LMF 11 SL/138-207-E

2.17.1.1.- Descripción

Sistema de aire de alta presión ciclo combinado tornillo/pistón de 4 etapas, utilizado para la demanda de la fuente sísmica (2020 Cu.in)



Nombre	Valor
Tipo de unidad	LMF11sL/138-207-E50
Número de fases	4
Medio comprimido	Aire
Presión de entrada	Atmósfera
Máx. temperatura entrada	45°C = 113°F
FAD (en condiciones entrada)	11 m ³ /min = 388 cfm
Presión descarga 1	138 bar = 2000 psig
Presión descarga 2	207 bar = 3000 psig
Velocidad nominal del accionamiento principal	1700 rpm
Consumo energía	188 kW

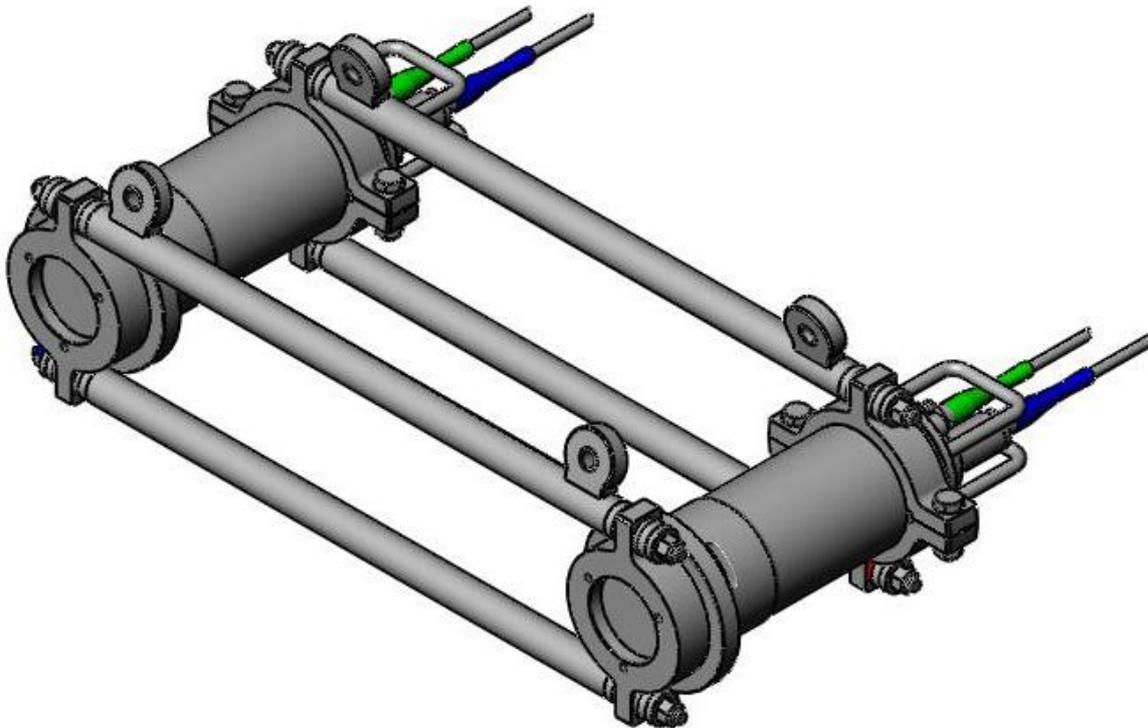
2.17.1.2.- Características técnicas

Nombre	Valor (aprox.)
Longitud	2750 mm
Ancho	2320 mm
Altura	1810 mm
Peso seco/mojado	5630 kg / 5800 kg
Espacio servicio	+ 500 mm a cada lado del compresor

2.17.1.3.- Incidencias

Ninguna incidencia

2.17.2.- Cañones de aire G GUN II



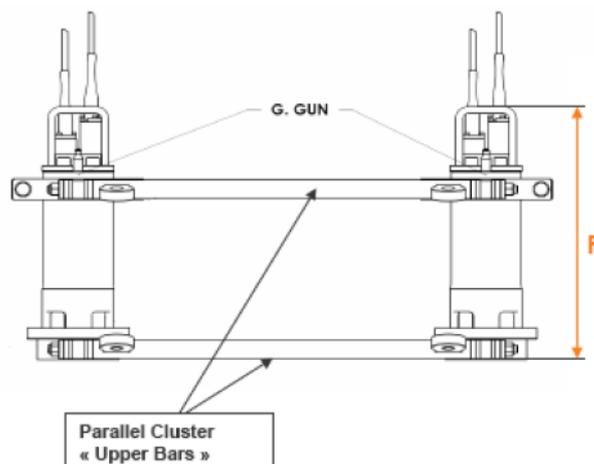
2.17.2.1.- Descripción

Los cañones G Gun II son una fuente de energía sísmica de aire comprimido a alta presión. El volumen del G. GUN II se puede ajustar con diferentes cuerpos y reducciones además son utilizados de forma independiente o en parallel cluster.

2.17.2.2.- Características técnicas

Modelo: G-GunII Sercel

Nº de cañones utilizados: 7 (3 Single y 4 en parallel Cluster)





Volúmenes Utilizados:

520 cu.in	520 cu.in	150-150 cu.in	380 cu.in	150-150 cu.in
-----------	-----------	---------------	-----------	---------------

Volumen Total: 2020 cu.in

Presión de trabajo: 138 bares/ 2000 psi

2.17.2.3.- Incidencias

12/01/2020

14:22

Mantenimiento y reparación. Falla el cañón 3 (150 cu.in.) y la señal del sensor del cañón num. 1 (520 cu.in.)

20:27

Se inicia el despliegue de cañones

13/01/2020

Se pierde la señal con el sensor de profundidad

14/01/2020

12:59

Se inicia la recogida de cañones. Fallo de comunicación en el cañón numero 1

17:25

Se inicia la maniobra de largado de cañones

20:03



Paramos para recoger los cañones. El cañón 1 funcionó solo unos pocos disparos. Se realizan trabajos de mantenimiento.

15/01/2020

03:30

Iniciamos el SoftStar y falla la comunicación en el cañón número 1. Se decide parar y cambiar la conexión en la campana.

16:31

Se desactiva el cañón número uno por fallo de comunicación.

17/01/2020

Se realizan trabajos de mantenimiento en la ristra de cañones, arreglando el problema de comunicación del cañón número 1.

18/01/2020

18:17

Fuga de aire por rotura de la manguera del cañón 2, se recogen los cañones y se repara. A las 22:00 se largan los cañones.

2.18.- INFORME DE LOS EQUIPAMIENTOS TIC DEL BUQUE

2.18.1- INTRODUCCIÓN

Durante la campaña se han utilizado los recursos de la red informática del buque para la adquisición y el almacenamiento de datos, la edición e impresión de documentos, el primer procesado de los datos y el servicio de correo electrónico.

El Sistema Informático del buque cuenta con los siguientes servidores:

- **FORTYHES**:..... Firewall, con los servicios añadidos: VPN, DNS, DHCP, ROUTER, etc.
- **TERMOSAL**:..... Equipo con el software del Termosalinómetro.
- **COPERNICO**:..... SADO Principal, Data-Turbine, WebGUMP-II y Web de Eventos.
- **PTOLOMEO**:..... SADO de respeto.
- **ARWEN**:..... Intranet.
- **METEO**:..... Equipo con el software de la Meteo.
- **ABBYSS**:..... NAS con Carpetas/ficheros la UTM.
- **BATTY**:..... NAS con el histórico de Fotos del buque, y Datos de Campaña en curso.
- **NTP2**:..... Servidor de tiempo 2.
- **ROUTER-4G**:..... Servidor de salida a internet vía 4G.



Para acceder a Internet se dispone de 4 PCs de usuario situados en el laboratorio de electrónicos popa. El resto de dispositivos se conecta a la red del barco usando el servicio DHCP que asigna direcciones a estos equipos de manera automática, salvo configuraciones manuales requeridas para el Jefe Científico.

Para la impresión se ha dispuesto de 3 impresoras y un plotter:

- **Plotter:**..... HP DesignJet T1100ps, sito en el laboratorio de Sondas.
- **Multifunción:**.... HP-LaserJet M1212 b/n, en el laboratorio de equipos electrónicos popa.
- **Multifunción:**.... HP- LaserJet Pro M452, en el laboratorio de equipos electrónicos popa.
- **Color-Info:**..... HP Color LaserJet Pro M452nw, sita en la Centro de Cálculo.

Los datos adquiridos por el Sistema de Adquisición de Datos Oceanográficos (S.A.D.O.), se almacenan en:

[\\sado](#)

El espacio colaborativo común para informes, papers, etc. de los científicos, está en: [\\batty\datos compartida\POWELL](#)

Los Datos adquiridos por los instrumentos y los Metadatos generados se almacenan en la siguiente ruta:

[\\batty\datos\POWELL](#)

Al final de la campaña, de todos estos datos se realizan 3 copias, una que se entrega a la jefa Científica del IACT (Carlota Escutia), otra copia para el también jefe científico del IGME (Fernando Bohoyo), y la copia para la UTM queda en custodia en el barco en un disco duro etiquetado, hasta su envío a Barcelona.

Posteriormente y antes de comenzar la siguiente campaña, se borran TODOS los datos de campaña de:

[\\batty\datos\POWELL](#) e igualmente se borran todos los ficheros de: [\\batty\datos compartida\POWELL](#)

2.18.2.- SERVICIOS

2.18.2.1.- Acceso a Internet.

La conexión de banda ancha permite el acceso permanente desde el buque a redes que trabajen con protocolos IP -Internet. Por motivos de seguridad y eficiencia dicho acceso se ha limitado a ciertos equipos, que disponen de un emplazamiento fijo, una configuración controlada y una funcionalidad que precisa dicha conexión.

El resto de ordenadores del buque solo accederán a Internet cuando el buque esté en un puerto nacional a través de la conexión de telefonía móvil 4G.

El uso y las limitaciones previstas para estos puestos con conexión IP es el siguiente:

- Conexión a servidores de los centros de investigación con el fin de recibir/enviar datos (protocolos scp, sftp, etc) y consultar bases de datos (bibliográficas, meteorológicas, oceanográficas, geofísicas, etc).
- Navegación por sitios Web. Se excluye la descarga/subida de contenidos multimedia (videos, música, presentaciones) de sitios no relacionados con la actividad científico/técnica que se desarrolle en el buque.

2.12.2.2.- Intranet del Buque:

Se ofrecen diversos servicios a través de la Intranet del buque cuya url es: <http://arwen> ó <http://intranet>, como son:

- Metadatos.
- Herramienta de introducción de eventos en el sistema de adquisición.
- Herramienta de extracción de datos y generación de mapas de navegación en PDF, KMZ, KML.



2.18.2.3.- Puntos de Acceso Wi-Fi:

Existen diversos puntos de acceso Wi-Fi a la red del Buque, dichos accesos sirven durante las campañas tanto para la conexión a la red interna del buque, como para el servicio de Whatsapp. En puertos nacionales a través de dichos puntos de acceso también es posible la conexión a Internet a través de la red 4G. El SSID de los A.P. es en todos los casos: **wifi-ciencia** a pesar de que sean varios los puntos de acceso.

2.18.2.4.- WhatsApp:

Todos los Punto de Acceso Wi-Fi ofrecen este servicio.

2.18.3.- Acceso a los datos de la campaña:

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

El acceso a los datos de la campaña se realiza de la siguiente forma:

Para Windows:  →  → `\\192.168.1.115` (Usuario/Contraseña: **ciencia**)



/ ciencia)

Ir

Para iOS y Linux: → Conectar con el servidor y escribir → <smb://192.168.1.115>

- **Datos equipos:** <\\192.168.1.115\datos\POWELL> NOTA: **Solo Lectura.**
- **Datos científicos:** <\\192.168.1.115\datos compartida\POWELL> NOTA: **Lectura y Escritura.**
- **Fotos:** <\\192.168.1.115\fotos\2020\01-POWELL> NOTA: **Lectura y**
- **S.A.D.O.:** <\\192.168.1.115\sado> NOTA: **Solo Lectura.**

2.18.4- Acceso a la red de la UTM en el CMIMA

Otra de las características de la conexión del buque es que permite enlazar la red de área local de abordaje con los recursos de red que la UTM tiene en su centro de Barcelona (situado en el Centro Mediterráneo de Investigaciones Marinas y Ambientales) mediante una Red Privada Virtual (VPN).

Este enlace que se establece mediante protocolos de red seguros (IPSec) permite entre otras cosas lo siguiente:

- Realizar copias de seguridad de datos en los servidores de la UTM.
- Envío en tiempo real de datos. Monitorizar desde la sede de Barcelona los parámetros de propósito general de los sistemas de adquisición del buque. Acceso desde cualquier punto de Internet a la visualización en tiempo real de un conjunto escogido de dichos parámetros.
- Sincronizar las bases de datos de los sistemas de trabajo corporativo y difusión pública de la UTM con el segmento embarcado de dichos sistemas (página web, sistema de documentación, sistema de gestión de flotas, etc.)
- Acceso remoto a los sistemas informáticos del buque desde la sede de Barcelona. Lo que permite la tele-asistencia en caso de avería, problema o configuración de la mayoría de equipos embarcados críticos.

2.18.5.- Telefonía

El número de teléfono oficial del buque será el **913 124 071**, para recibir llamadas desde el exterior, que serán solo en caso de emergencia.

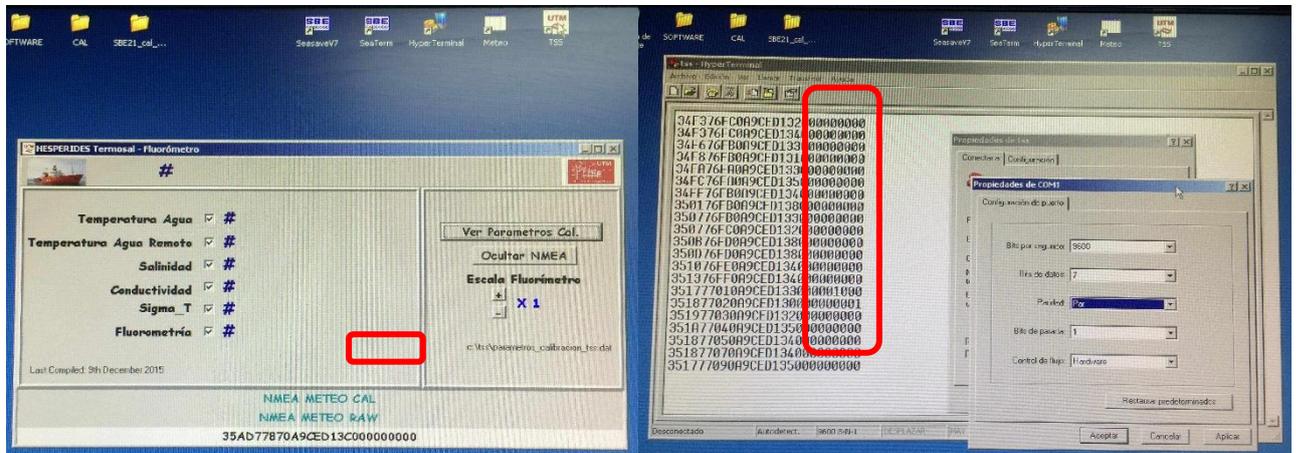
Para llamar a España marcar previamente el prefijo: **8151** (Ejemplo: 8151 + 986 21 22 23)

Para llamar a países extranjeros hay que avisar al puente de mando con 24 horas de antelación.

2.18.6. Incidencias

Los primeros días de transito no se registran datos del Termosalinómetro puesto que había que configurar con el software: SeaTerm los valores correctos de salida para que el software TSS lo enviara correctamente al SADO, como se ve en las imágenes, incluía al final valores (00000000) de sensores que era necesario eliminar de los telegramas para que el software del TSS los tratara correctamente. Estos datos se han grabado en un disco local y fueron incluidos en los datos finales de la campaña.

Ajustados los valores de salida en el SeaTerm y con el TSS apropiado para el Hespérides se comienza a registrar datos en el sistema de adquisición.



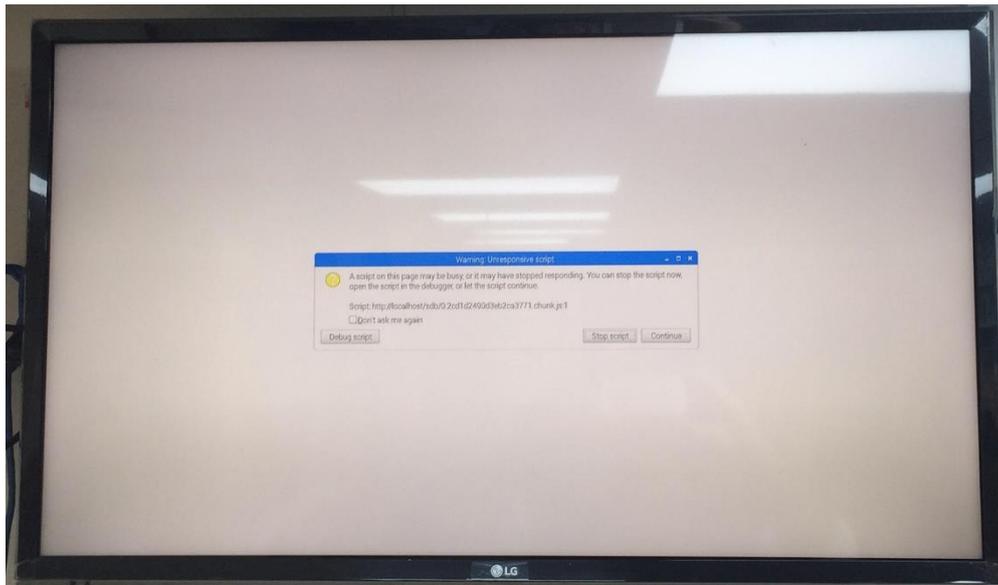
El PC del Termosalinómetro se reinicia en ocasiones.

En varias ocasiones se deja de recibir datos de la Meteo.

A los requerimientos de envío de los datos registrados durante el tránsito por el pi-SADO, se accede a la Raspberry y se copian todos los datos que hay en ella en el directorio /BaseDatosContinua, pero se comunica que no están todos, pues faltan datos de Diciembre de 2019 entre otros. Los directorios y datos que hay en dicho equipo son los siguientes:

Nombre	Fecha de modifica...
01-2019	06/01/2020 17:01
03-2019	06/01/2020 17:02
04-2019	06/01/2020 17:02
07-2018	06/01/2020 17:02
11-2018	06/01/2020 17:02
11-2019	06/01/2020 17:03
12-2018	06/01/2020 17:03

Las Rasperrys-Pi (SDBS) conectadas a los monitores grandes en los laboratorios de sondas y de electrónicos donde se visualizan los datos de adquisición en tiempo real, suelen con el tiempo mostrar un error y dejar de ofrecer esta información. Se soluciona reiniciando el sistema, pero al cabo de unos días de uso vuelve a repetirse la incidencia.





3.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO

CALIBRACIÓN EN USHUAIA, 02/01/2020

HOJA DE CALIBRACIÓN

GRAVÍMETRO:		CG-6 Autograv Scintrex	
BUQUE:		BIO HESPERIDES	
Fecha:		02/01/20	Hora: 16:30
Referencia BASE:		Base Gravimétrica de enlace, Puerto de Ushuaia	
Localización BASE:		Muelle de Ushuaia, 3ª farola empezando desde tierra	
Localización BIO		Muelle de Ushuaia, frente a la altura de la 3ª farola.	
Campaña:		Powell, 2020	
Operador / es:		Héctor Sánchez	
Gravímetro portátil:		CG-6 Autograv Scintrex	
(0) Valor BASE (mgal):		981468,46	
DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m.)
(1) BIO 1	16:36	5300,314	2,13
(2) BASE1	16:44	5300,41	
(3) BIO2	16:50	5300,28	2,19
(4) BASE2	16:56	5300,37	
(5) BIO3	17:02	5300,3	2,22
Núm medidas BASE		2	
Núm. medidas BIO		3	
CÁLCULOS			
(6) Valor medio en BIO:		5300,30	div.
(7) Valor medio en BASE:		5300,39	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7):		-0,09	div.
(9) Cte Calibración Scintrex :		8254,87200	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9):		-759,44822	mgal.
(11) G_{muelle} (mgal):		981468,37	mgal.
(12) Altura del muelle (m.):		2,18	m.
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación:		2,3	m.
(14) Distancia total:		4,48	m.
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre:		0,3086	mgal. / m.
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal.): (14)*(15)		1,38253	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:		981469,75053	mgal.
(18) Valor medio BGM-3 (G medida en el SADO):		981465,01	mgal.
(19) Bias en BGM-3		852046,55	mgal.
(20) Diferencia a corregir (17) - (18)		4,7396	mgal.
(21) Nuevo BIAS (calculado) (19)+(20):		852051,29	mgal.



CALIBRACIÓN EN USHUAIA, 03/02/2020

HOJA DE CALIBRACIÓN, USHUAIA 03/02/2020

GRAVÍMETRO:		CG-6 Autograv Scintrex	
BUQUE:		BIO HESPERIDES	
Fecha:		03/02/20	Hora: 17:30
Referencia BASE:		Base Gravimétrica de enlace, Puerto de Ushuaia	
Localización BASE:		Muelle de Ushuaia, 3ª farola empezando desde tierra	
Localización BIO		Muelle de Ushuaia, frente a la altura de la 3ª farola.	
Campaña:		Powell, 2020	
Operador / es:		Héctor Sánchez	
Gravímetro portátil:		CG-6 Autograv Scintrex	
(0) Valor BASE (mgal):		981468,46	
DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m.)
(1) BIO 1	20:34	5298,44	2,56
(2) BASE1	20:40	5298,51	
(3) BIO2	20:47	5298,44	2,61
(4) BASE2	20:53	5298,52	
(5) BIO3	20:59	5298,48	2,60
Núm medidas BASE		2	
Núm. medidas BIO		3	
CÁLCULOS			
(6) Valor medio en BIO:		5298,45	div.
(7) Valor medio en BASE:		5298,52	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7):		-0,06	div.
(9) Cte Calibración Scintrex :		8254,87200	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9):		-509,05044	mgal.
(11) G_{muelle} (mgal):		981468,40	mgal.
(12) Altura del muelle (m.):		2,59	m.
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación:		2,3	m.
(14) Distancia total:		4,89	m.
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre:		0,3086	mgal. / m.
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal.): (14)*(15)		1,50905	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:		981469,90739	mgal.
(18) Valor medio BGM-3 (G medida en el SADO):		981445,014	mgal.
(19) Bias en BGM-3		852046,55	mgal.
(20) Diferencia a corregir (17) - (18)		24,8934	mgal.
(21) Nuevo BIAS (calculado) (19)+(20):		852071,44	mgal.

RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE USHUAIA

Datos Geográficos:

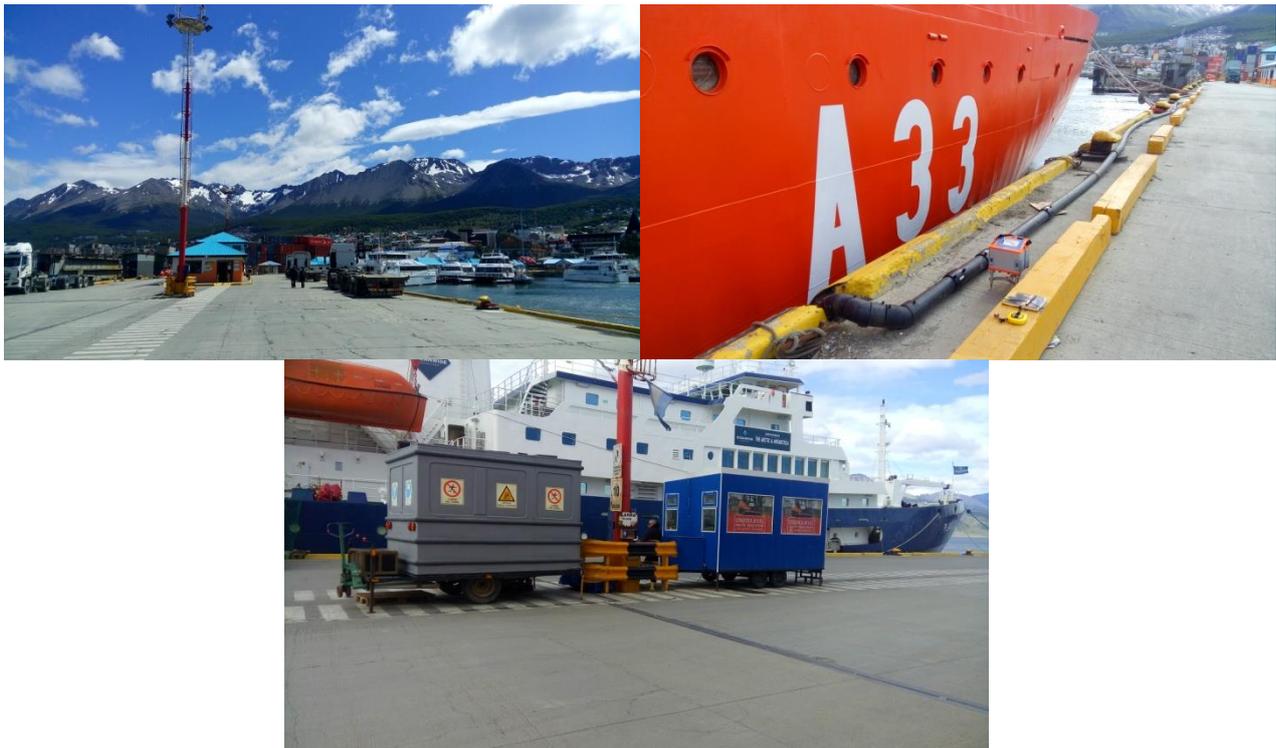
- Número de estación:
- Latitud:: 54° 48' 35.6" S
- Longitud 68° 18' 05.9" W
- Altitud (m): xxx m. (no lo pone en la reseña).

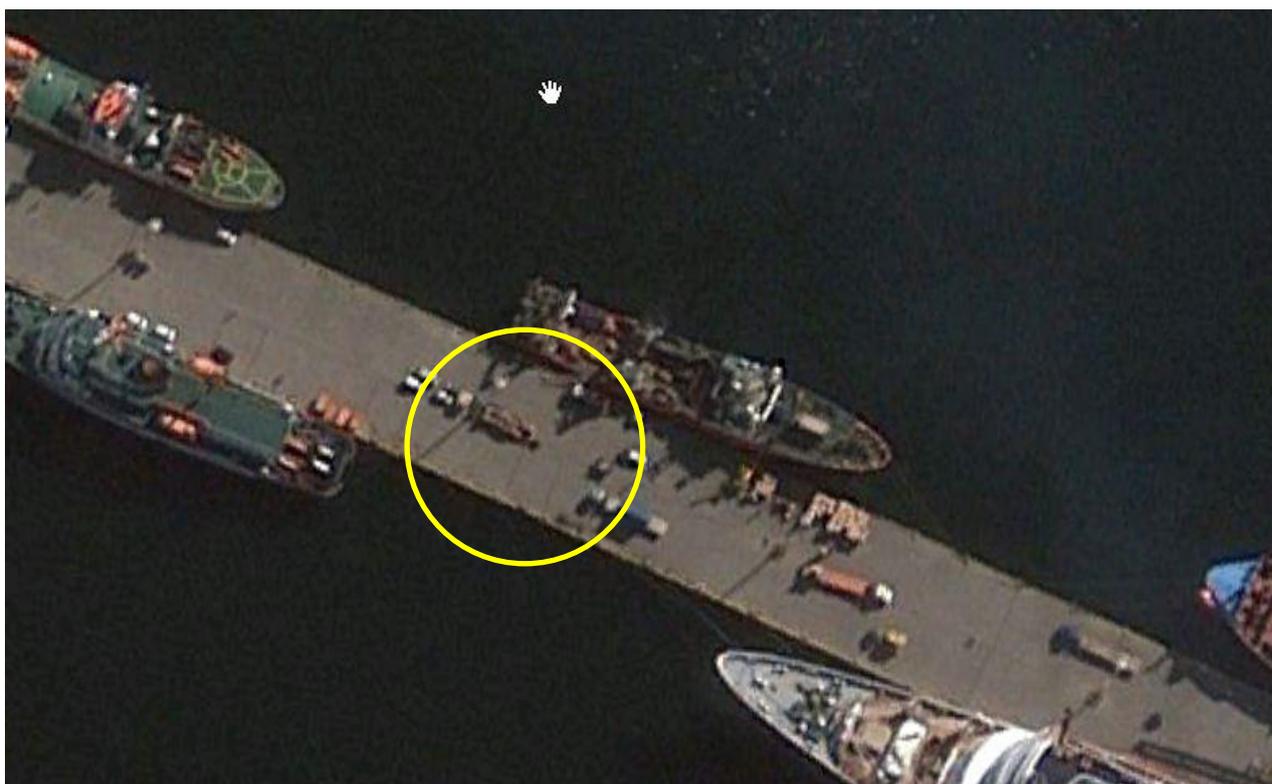
Datos Gravimétricos:

- 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 el suelo estaba con varias casetas metálicas.





Imágenes del emplazamiento de la base gravimétrica de enlace, en Ushuaia.



ANEXO II. OBSERVER LOGS (ANOTACIONES SÍSMICA)

FIELD DATA												
SURVEY		POWELL 2020										
SCIENTIST CHIEF		Dra. Carlota Escutia Dr. Fernando Bohoyo										
Streamer depth:	7.5 m.											
Source depth:	7.5 m.											
Total power:	Airguns 2020 cu.in.											
Sample rate:	2ms											
				GOBIERNO DE ESPAÑA				MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES				
DATE	UTC TIME	LINE	SHOT GUNS	FILE SEG-D	GUNS VOLUME	STREAMER DEPTH	Shooting Interval	Record length	REMARKS			
11/01/2020	20:00	Se inicia el despliegue de los cañones										
	20:05	Cañones en el agua										
	21:00	Se inicia el despliegue del streamer										
	21:10	Boya en el agua										
	23:05	Fin del deploy										
12/01/2020	00:22	Start SoftStart										
	00:53	End SoftStart										
	01:25	POWELL20_07	1012	1012	1870 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	02:15		1143	1143					EOL			
	02:37		1015	1015					SOL			
	03:24	POWELL20_08	1113	1113	1870 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	Presencia de grandes icebergs. se cae poco a poco hacia el sur para hacer una línea paralela a la original			
	08:34		1953	1953					Avisan que ya no hay problemas de hielos y se decide ir de nuevo poco a poco hacia la línea original			
	14:21		2767	2767					EOL			
	14:22	Airguns retrieval. Mantenimiento + reparación. Falla cañón 3 (150 cu.in.) y señal sensor del cañón num. 1 (520 cu.in.)										
	20:27	Se inicia el despliegue de los cañones										
	20:42	Cañones en el agua										
	20:44	Start SoftStart										
	21:04	End SoftStart										
	13/01/2020	11:44	POWELL20_09	1060	1060	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL		
		12:02		6900	6900					Perdemos el sensor de profundidad de la ristra a las 00:30h. EOL		
12:58		POWELL20_10	1037	1037	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
12:58			1445	1445					EOL antes de terminar la traza debido a que al cañón de la posición 1 le falla el sensor			
14/01/2020	12:59	Airguns retrieval										
	17:25	Se inicia el despliegue de los cañones										
	17:55	Cañones en el agua										
	17:59	Start SoftStart										
	18:22	End SoftStart										
	18:31	POWELL20_11	1001	1001	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	20:03		1238	1238					EOL parcial. Paramos para recoger cañones. El sensor del cañón 1 solo funcionó unos pocos disparos			
	15/01/2020	03:30	Se realizan trabajos hasta que se da con la solución del problema en el cañón, teniendo que realizarse dos despliegues frustrados. Durante una de las recogidas se lia el flotador con los cañones.									
03:50		Start SoftStart										
05:40		End SoftStart. La posición 1 sigue fallando. Se para softstart y se cambia en la campana la posición 1 por la 3.										
06:07		Start SoftStart										
06:07		End SoftStart.										
06:07		POWELL20_11B	1090	1090	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
16:31			2791	2791					Se desactiva cañón 1 por falta completa de señal del sensor.			
16:52			1500	1500					EOL			
16:53		Se desactiva toda la fuente, se acercan cañones para evitar enganche con streamer										
19:00		Se inicia recogida de streamer										
21:00		Fin de la recogida										
21:15		Boya a bordo										
00:15	Se inicia recogida de cañones											
00:45	Fin de la recogida											
01:00	Se inicia el despliegue del streamer											
03:00	Boya en el agua											
17/01/2020	03:10	Fin del deploy										
	03:50	Se inicia el despliegue de los cañones										
	05:45	Cañones en el agua										
	06:05	Start SoftStart										
	06:25	End SoftStart										
18/01/2020	06:31	POWELL20_12	1001	1001	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	10:56		5670	5670					EOL			
	11:07	POWELL_13	1045	1045	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	18:17		2270	2270					Fuga aire. Rotura línea de aire cañón posición 2. Tls se rompe el cabo de proa del flotador. El 2260 es el último disparo bueno. Se levanta ristra, para reparar.			
	22:00	Largamos cañones.										
	22:32	Start SoftStart										
	22:53	End SoftStart										
	19/01/2020	22:55	POWELL_13B	2200	2200	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL Empezamos desde el 2200		
		07:16		3617	3617					EOL provisional, provocada por no tener pre-plot shots. Hueco-gap al siguiente shot.		
		07:20		3626	3626					Se continua línea POWELL20_13B con new task run-out.		
07:33		3651		3651	EOL							
07:59		Start SoftStart										
08:21		End SoftStart										
20/01/2020	08:35	POWELL20_14	955	955	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	17:38		6093	6093					EOL			
	17:49	Continuamos disparando cada 30 segundos, con mínima potencia.										
21/01/2020	17:49	POWELL20_15	855	855	2020 cuin	7.5 m	50 m	14sg	SOL			
	05:41		2722	2722					EOL			
	06:02	POWELL20_16	1050	1050	2020 cuin	7.5 m	50 m	14sg	SOL. A partir de esta línea ya están re-ajustados los offsets en el TriggerFish.			
13:19	5975		5975	EOL								
22/01/2020	13:23	Start SoftStart										
	13:43	End SoftStart										
	13:43	POWELL20_17	992	992	2020 cuin	7.5 m	50 m	14sg	SOL			
	19:56		2029	2029					EOL			
	20:09	POWELL20_18	981	981	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	17:03		4443	4443					EOL			
23/01/2020	17:41	POWELL20_19	1035	1035	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	01:51		2285	2285					EOL			
	02:19	POWELL20_11c	2750	2750	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL. Continuación línea POWELL20_11.			
15:36	4909		4909	EOL								
24/01/2020	16:01	POWELL20_20	1080	1080	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	22:58		2201	2201					EOL			
	23:20	POWELL20_21	1001	1001	2020 cuin	7.5 m	50 m	14 sg	SOL			
	19:21		4421	4421					EOL			
25/01/2020	19:30	Se inicia recogida de cañones. Simultáneamente intentamos recogida del streamer pero en el momento de empezar el chigre no responde, finalmente se puentea el sensor del aceite y podemos comenzar la maniobra										
	20:00	Fin de la recogida de cañones										
	23:00	Fin de recogida del streamer										

ANEXO III. CONFIGURACIÓN SECCIONES STREAMER



Channels	1.7 Km Streamer config for 2 ms sample rate DIGICOURSE Birds + GEOSPACE retrievers	Length	Offset from Winch	Offset from Towpoint	Offset from MRU (0,0)	Compass offset from Towpoint	Digicourse bird s/n	Tow-point in sea offset
	Lead in Tow Cable s/n M60070 001	250.00	82.31	74.81	122.70			
	SHS 4476	6.00	88.31	80.81	128.70			
	HAU428 s/n: 6690499 (cambiando el HAU-808)	0.32	88.63	81.13	129.02			
	SNS 70/70	0.72	89.35	81.85	129.74			
	HESE (se pondría en la Antártida)	0.00	89.35	81.85	129.74			
	Solid HESA 196	10.00	99.35	91.85	139.74	89.35	Bird 1 70939	-8.75
1-12	SSAS 11842 (no additional ballast)	150.00	249.35	241.85	289.74	216.07	Compass-Bird 2 75121	117.97
13-24	SSAS 11803 (no additional ballast)	150.00	399.35	391.85	439.74	516.07	Compass-Bird 3 71543	417.97
25-36	SSAS 11851 (no additional ballast)	150.00	549.35	541.85	589.74	816.07	Bird 4 19576	717.97
37-48	SSAS 11700 (no additional ballast)	150.00	699.35	691.85	739.74			
49-60	SSAS 11816	150.00	849.35	841.85	889.74			
	LAUM 4086 ó LAUM428 s/n: 6690169	0.34	849.69	842.19	890.08			
61-72	SSAS 11804	150.00	999.69	992.19	1040.08	1116.41	Compass-Bird 5 76585	1018.31
73-84	SSAS 11867	150.00	1149.69	1142.19	1190.08	1416.41	Compass-Bird 6 29195	1318.31
85-96	SSAS 11854	150.00	1299.69	1292.19	1340.08			
97-108	SSAS 11843	150.00	1449.69	1442.19	1490.08			
109-120	SSAS 11865	150.00	1599.69	1592.19	1640.08			
	TAPJ 767 ó TAPU428 s/n: 6684429	0.45	1600.14	1592.64	1640.53			
	TES 4294	50.00	1650.14	1642.64	1690.53			
	STIC	25.00	1675.14	1667.64	1715.53			
	Tail Swivel	0.50	1675.64	1668.14	1716.03			
	TBJ	2.00	1677.64	1670.14	1718.03			

Figura 25 . Configuración y offsets “streamer” sísmico multicanal digital SENTINEL® de campaña.

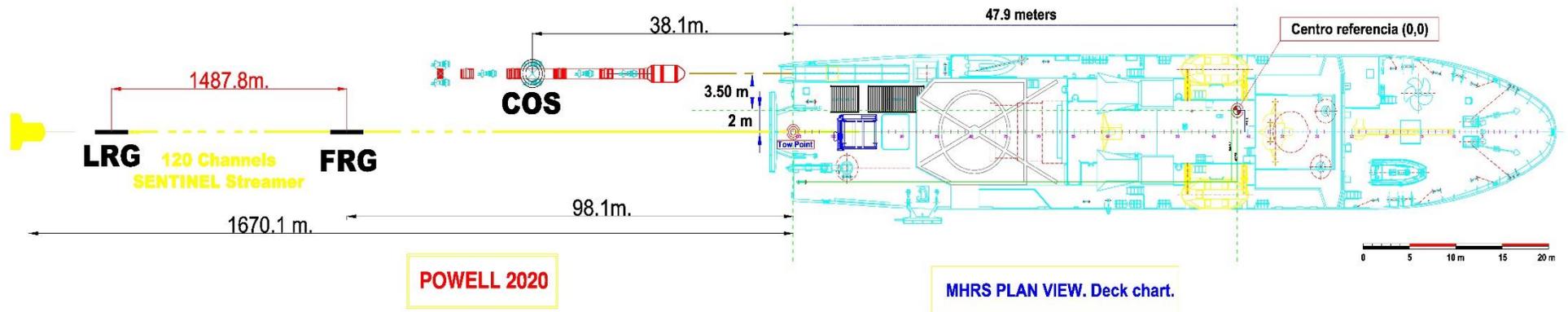


Figura 26 . Offsets equipos sísmicos remolcados.

GUNDALF array modelling suite - Array report

Gundalf revision AIR8.1m, Date 2017-12-14, Epoch 2017-08-10

Tue Sep 24 15:53:13 Hora de verano 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.

Report pre-amble

Author: Jose Luis ALONSO

Author Organisation: UTM-CSIC

Customer Organisation: IGME

Survey Details: High penetration source . Powell_2020

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 airgun 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 model against its calibration data. 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	7
Total volume (cu.in.)	2020.0 (33.1 litres)
Peak to peak in bar-m.	50.4 +/- 0.96 (5.04 +/- 0.096 MPa, ~ 254 db re 1 muPa. at 1m.)
Zero to peak in bar-m.	26.7 (2.67 MPa, 249 db re 1 muPa. at 1m.)
RMS pressure in bar-m.	2.67 (0.267 MPa, 229 db re 1 muPa. at 1m.)
Primary to bubble (peak to peak)	11.4 +/- 2.79
Bubble period (s.)	0.145 +/- 0.00804
Maximum spectral ripple (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	5.65
Maximum spectral value (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	205
Average spectral value (dB): 10.0 - 50.0 Hz.	204
Total acoustic energy (Joules)	42906 80245.0
Total acoustic efficiency (%)	17.6

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:-

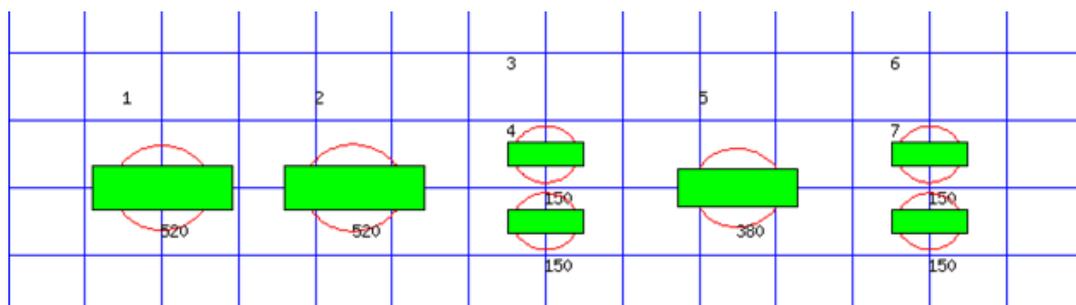
- The peak to peak varies only as the cube root of the volume for the same gun type so that even small guns contribute significantly. This is particularly relevant to drop-out analysis.
- The peak to peak can also be depressed due to clustering effects as reported by Strandenes and Vaage (1992), "Signatures 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.)
1	2000.0	520.0	G-GUNII	67.500	4.500	7.500	0.00000	1	16.6
2	2000.0	520.0	G-GUNII	70.000	4.500	7.500	0.00000	1	16.0
3	2000.0	150.0	G-GUNII	72.500	4.000	7.500	0.00000	1	12.6
4	2000.0	150.0	G-GUNII	72.500	5.000	7.500	0.00000	1	12.7
5	2000.0	380.0	G-GUNII	75.000	4.500	7.500	0.00000	1	16.4
6	2000.0	150.0	G-GUNII	77.500	4.000	7.500	0.00000	1	12.8
7	2000.0	150.0	G-GUNII	77.500	5.000	7.500	0.00000	1	12.9

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

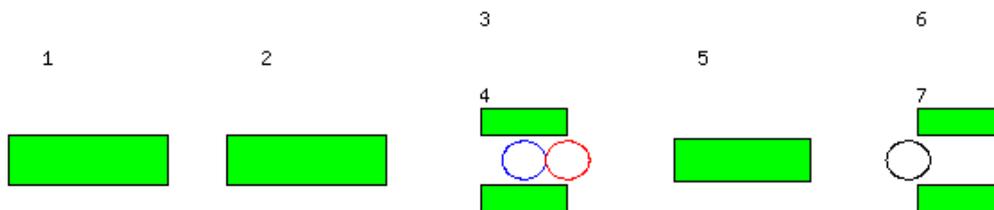
The following diagram shows the array geometric centre, the centre of pressure and the centre of energy defined as follows:

- 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 (72.5, 4.5, 7.5)

The centre of pressure is at (73, 4.5, 7.5)

The centre of energy is at (76.9, 4.5, 7.5)

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.

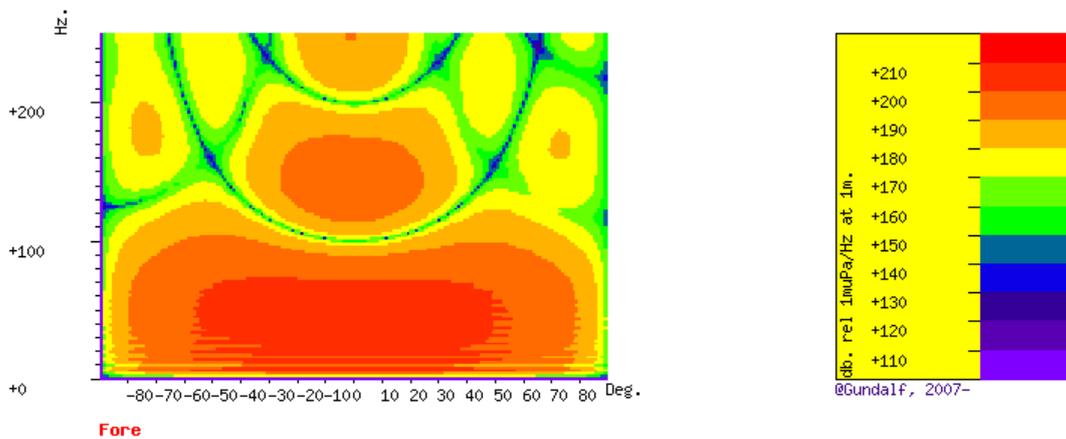
Note that inline is used nominally to mean any angle within +/- 45 degrees of the boat direction (which corresponds to a bearing of zero degrees). Similarly, crossline is used nominally to mean any angle within +/- 45 degrees of the perpendicular to the boat direction which is measured as a bearing of 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.

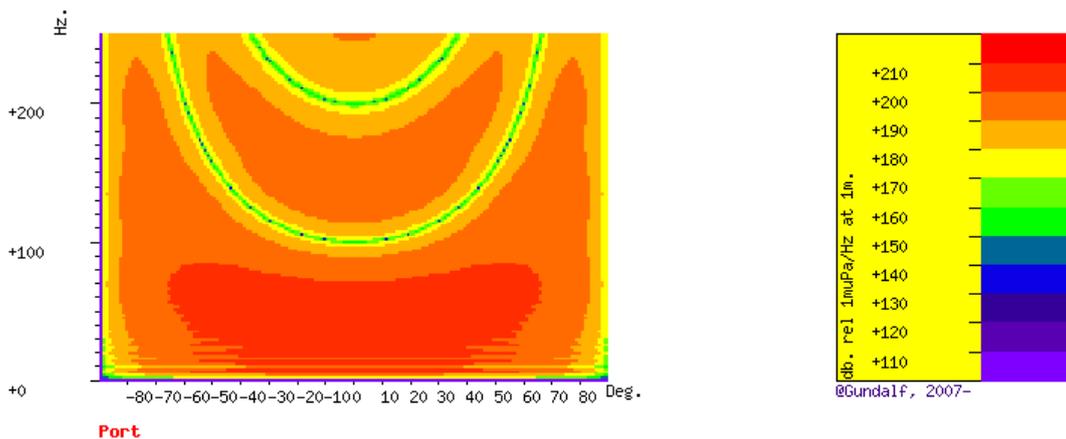
Angle-frequency form

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 muPa. per Hz. at 1m.

Inline directivity, bearing = 0 degrees



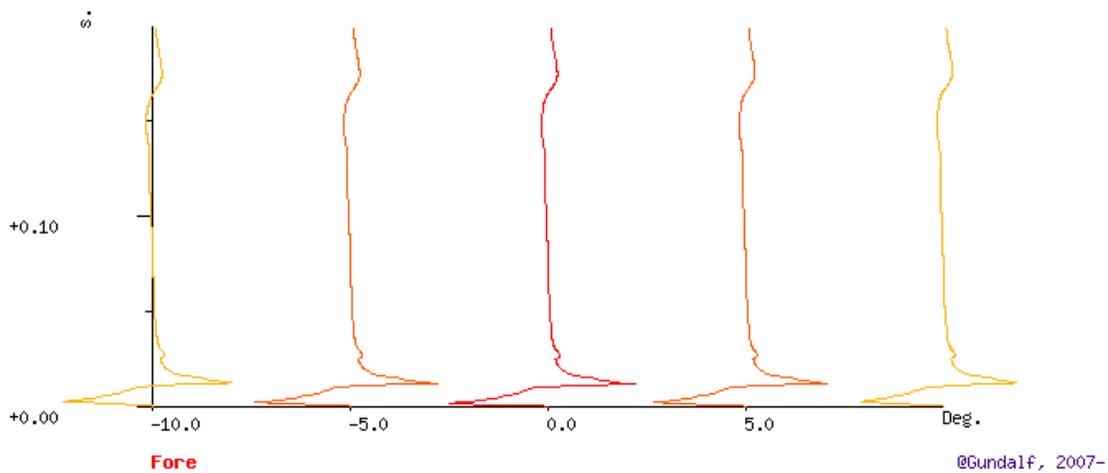
Crossline directivity, bearing = 90 degrees



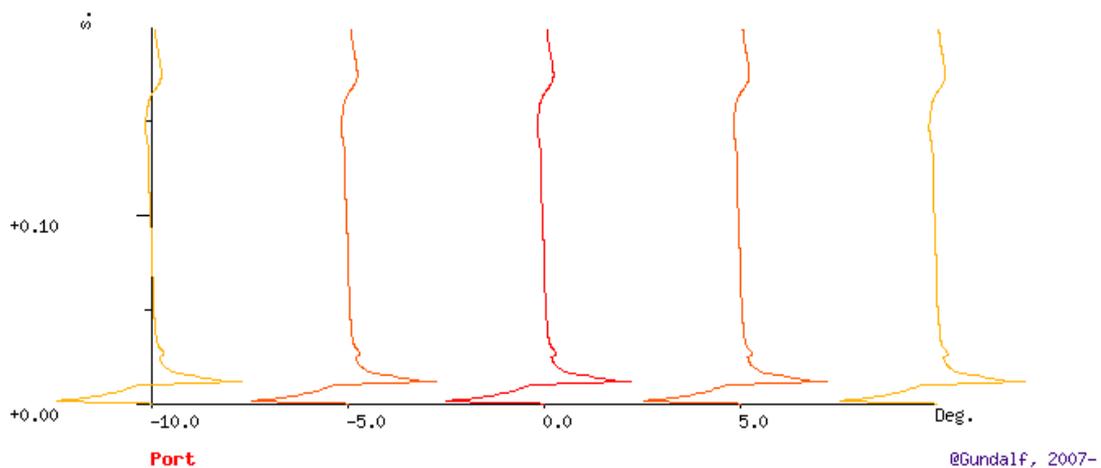
Angle-amplitude form

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 form with 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



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 μPa . 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.

Informe técnico de la Campaña POWELL 2020

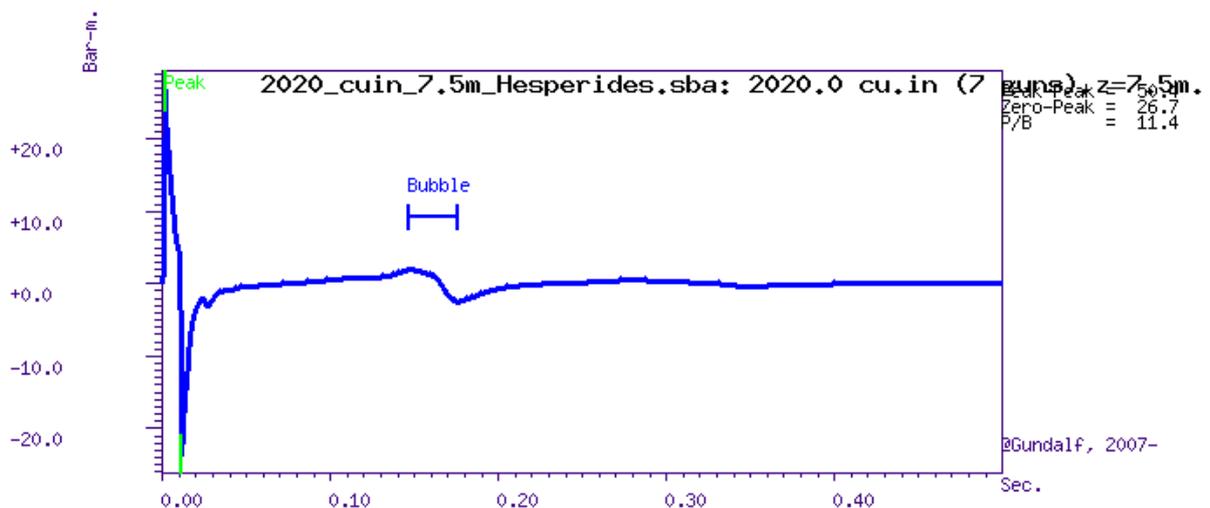
- How frequently the gun is being cycled during measurement. This is rarely recorded but a warmed up gun might be 50deg C warmer than the sea, changing its normal peak-to-peak and other parameters by 5-10% compared with when it is first fired.
- Filtering differences. Filtering is recorded but filtering 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.

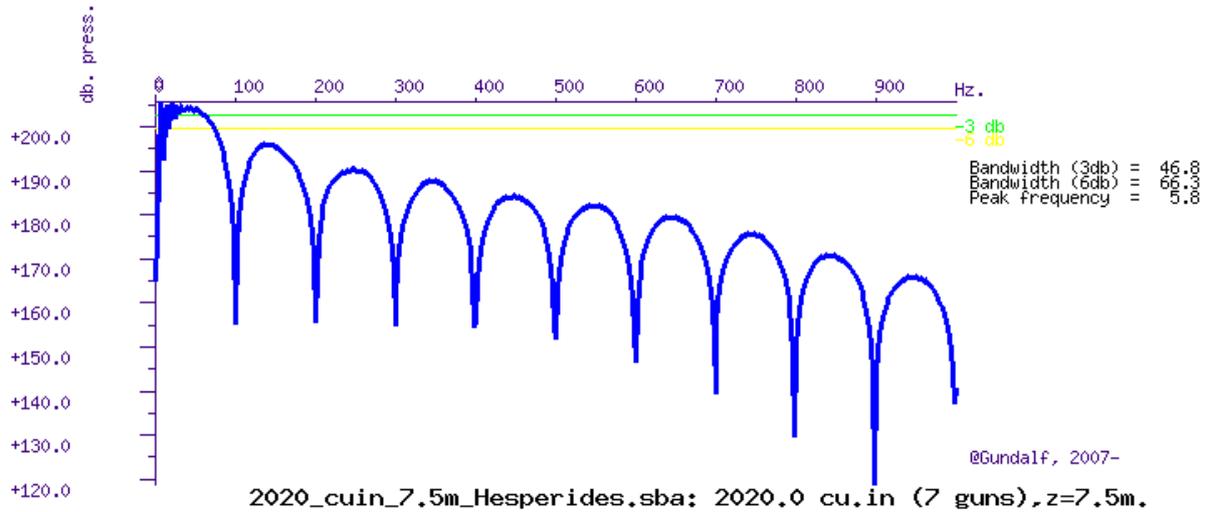
The error bounds simply mean that *it is very likely that the true values for these primary characteristics will be within the ranges shown, but it is not possible to be more precise.* If other comparison data or models indicate values outside this range, this means that those data or models are very 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.)
50.4 +/- 0.96	26.7 +/- 0.48	11.4 +/- 2.79	0.145 +/- 0.00804

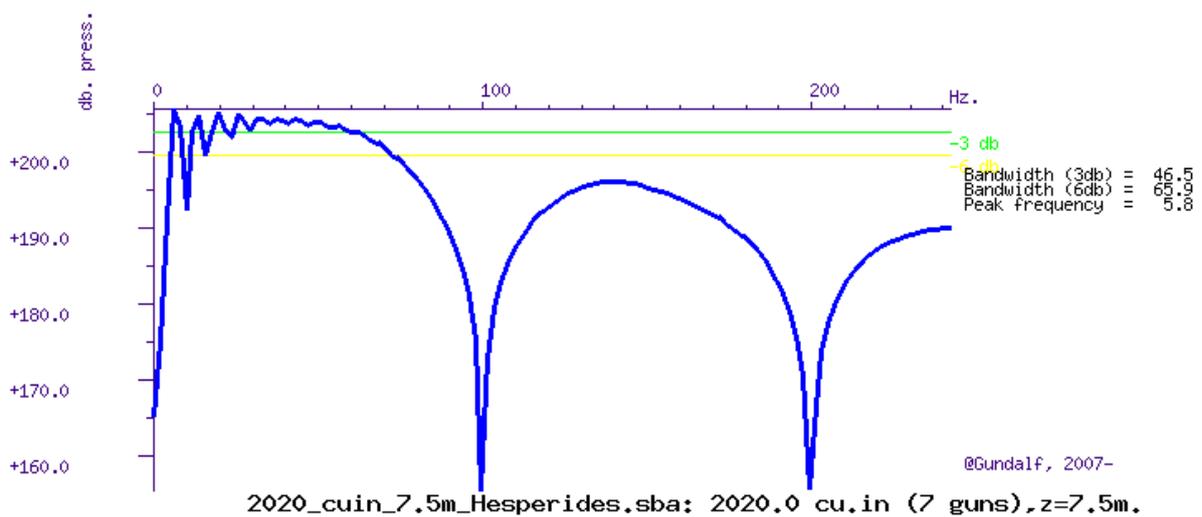


Filtered amplitude spectrum Amplitude spectrum.

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)	10
Velocity of sound in water (m./s.)	1496
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
80245.0	14888.9	456885.2	17.6%

Individual acoustic energy contributions

Volume (cuin)	x (m.)	y (m.)	z (m.)	Acoustic energy contribution (j.)
520.0	67.50	4.50	7.50	28817.1
520.0	70.00	4.50	7.50	-63492.5
150.0	72.50	4.00	7.50	17178.4
150.0	72.50	5.00	7.50	17234.7
380.0	75.00	4.50	7.50	26761.6
150.0	77.50	4.00	7.50	26836.4
150.0	77.50	5.00	7.50	26909.3

The red entries denote guns which are catalysing the array by absorbing energy.

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.



Informe técnico de la Campaña POWELL 2020

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

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

Product code : GDF8.1Designer

Licenced to : jlonso@utm.csic.es

Organisation : UTM-CSIC

Maximum users : 1

ANEXO V. CALIBRACIÓN BIRDS DIGICOURSE.

Parámetros de calibración de los sensores de profundidad de los birds, previos al inicio de la campaña.

<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.25 1.250</p> <p>Offset: 31.11 31.11</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -4.6 -0.3</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>	<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.253 1.254</p> <p>Offset: 30.05 30.05</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -5.9 -0.1</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>
<p>Bird 1. Modelo 5010. S/n: 70939</p>	<p>Compass-bird 2. Bird Modelo 5011. S/n: 75121</p>
<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.248 1.248</p> <p>Offset: 32.61 32.61</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -2 -0.1</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>	<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.226 1.227</p> <p>Offset: 23.19 23.19</p> <p>Sample rate: 0.5</p> <p>Time constant: 0</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -4.2 -0.3</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>
<p>Compass-bird 3. Bird Modelo 5010. S/n: 71543</p>	<p>Bird 4. Bird Modelo 5010. S/n: 19576</p>

<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.234 1.234</p> <p>Offset: 32.15 32.15</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -5.1 -0.1</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>	<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.257 1.258</p> <p>Offset: 25.36 25.36</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -2.4 -0.1</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>
<p>Compass-bird 3. Bird Modelo 5010. S/n: 76585</p>	<p>Compass-bird 3. Bird Modelo 5010. S/n: 29195</p>
<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Download final values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: 1.242 1.242</p> <p>Offset: 31.77 31.77</p> <p>Sample rate: 2.0</p> <p>Time constant: 2</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: -2.3 -0.4</p> <p>Download</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>	<p>Depth & Temperature Calibration</p> <p>Save current values</p> <p>Depth Settings</p> <p>Slope: FAIL</p> <p>Offset: 0.00</p> <p>Sample rate: 0.5</p> <p>Time constant: 1</p> <p>Temperature</p> <p>Offset: 0.0</p> <p>Read</p> <p>Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5</p> <p>IDLE < Back Next > Close</p>
<p>Spare 1. Bird Modelo 5010. S/n: 70925</p>	<p>Spare 2. Compass-Bird Modelo 5011. S/n: 12248</p>