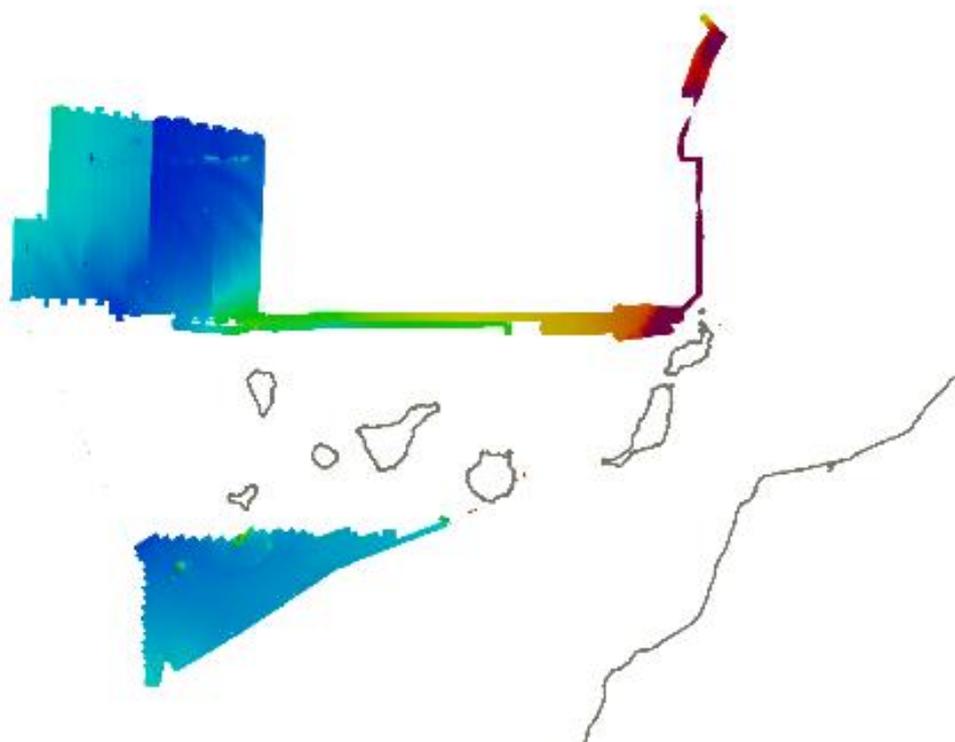




CMIMA  
Pg. Marítim de la Barceloneta 37-49  
08003 - Barcelona, Spain  
Tel. +34 93 230 95 00  
Fax. +34 93 230 95 55  
www.utm.csic.es

UTM  
UNIDAD DE TECNOLOGÍA MARINA



## TÍTULO: INFORME TÉCNICO DE LA CAMPAÑA ZEE

2019

**Autor:** Héctor Sánchez Martínez

**Departamentos:** Equipos fijos

**Fecha:** 28/06/2019

**Páginas:** 48

**Detalles campaña:** Batimetría, Topas, gravímetro, magnetómetro.

# INDICE

<b>0.- INFORMACIÓN GENERAL</b>	<b>4</b>
<b>0.1- FICHA TÉCNICA</b>	<b>6</b>
<b>1.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA</b>	<b>7</b>
<b>1.1.- REGISTRO CON SONDA MULTHAZ DE AGUAS PROFUNDAS</b>	<b>7</b>
<b>1.2.- REGISTRO CON SONDA PARAMÉTRICA TOPAS</b>	<b>7</b>
<b>1.3.- MEDIDAS CON MAGNETÓMETRO</b>	<b>7</b>
<b>1.4.- MEDIDAS CON GRAVÍMETRO</b>	<b>8</b>
<b>1.5.- SONDAS BATITERMOGRÁFICAS</b>	<b>8</b>
<b>2.- INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA</b>	<b>8</b>
<b>2.1.- SONDA MULTHAZ AGUAS PROFUNDAS KONGSBERG SIMRAD EM 122</b>	<b>8</b>
2.1.1.- Descripción	8
2.1.2.- Calibración	11
2.1.3.- Incidencias	11
<b>2.2. SONDA PARAMETRICA TOPAS PS 18</b>	<b>11</b>
2.2.1.- Descripción	11
2.2.2.- Especificaciones	12
2.2.3.- Metodología	13
2.2.4.- Incidencias	14
<b>2.3.- SONDA MONOHAZ SIMRAD EA-600</b>	<b>14</b>
2.3.1.- Descripción	14
2.3.2.- Metodología	15
2.3.3.- Incidencias	15
<b>2.4.- MAGNETÓMETRO MARINO SEA SPY</b>	<b>15</b>
2.4.1.- Descripción	15
2.4.2.- Características técnicas	16
2.4.3.- Metodología	17
2.4.4.- Incidencias	18
<b>2.5.- GRAVÍMETRO MARINO</b>	<b>18</b>
2.5.1.- Descripción general y principios de funcionamiento	18

2.5.2.- Metodología	20
2.5.3.- Incidencias	20
<b>2.6.- GRAVÍMETRO PORTÁTIL</b>	<b>21</b>
2.6.1.- Descripción	21
2.6.2.- Metodología	21
2.6.3.- Incidencias	23
<b>2.7.- SONDAS BATITERMOGRÁFICAS</b>	<b>24</b>
2.7.1.- Descripción	24
2.7.2.- Características técnicas	25
2.7.3.- Calibración	25
2.7.4.- Metodología	25
2.7.5.- Incidencias	27
<b>2.8.- CORRENTÍMETRO DOPPLER</b>	<b>27</b>
2.8.1.- Introduccion	27
2.8.2.- Metodología	28
2.8.3.- Modos de trabajo	31
2.8.4.-Incidencias	31
<b>3.- SISTEMA INERCIAL Y DE POSICIONAMIENTO</b>	<b>31</b>
<b>3.1.- SEAPATH 330</b>	<b>31</b>
3.1.1- Introducción	31
3.1.2.- Descripción del sistema	32
3.1.3.- Características técnicas	34
3.1.4.- Incidencias	35
<b>3.2.- SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL (MRU)</b>	<b>35</b>
3.2.1.- Introducción	35
3.2.2.- Descripción	35
3.2.3.- características técnicas	36
3.2.4.- Incidencias	37
<b>4.- INFORME DE LOS EQUIPAMIENTOS TIC DEL BUQUE</b>	<b>37</b>
<b>4.1- INTRODUCCIÓN</b>	<b>37</b>
<b>4.2.- SERVICIOS</b>	<b>38</b>
<b>4.3.- RESUMEN DE ACTIVIDADES</b>	<b>39</b>
<b>4.4. INCIDENCIAS</b>	<b>40</b>

<b>5.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO</b>	<b>41</b>
<b>CALIBRACIÓN EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA</b>	<b>41</b>
<b>RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA</b>	<b>42</b>
<b>CALIBRACIÓN EN CARTAGENA</b>	<b>44</b>
<b>RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE CARTAGENA</b>	<b>45</b>

## 0.- INFORMACIÓN GENERAL

### Información de Campaña

- Barco: BIO Hespérides
- Acrónimo: ZEE 2019
- Campaña N°: HE-191
- Área: ZEEE en el área de Canarias.
- Fechas: 21 de Mayo al 25 de Junio de 2019.
- IP: Juan Rengel, IHM

## 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 $\mu$ 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

### **Comentarios generales**

No ha habido ninguna incidencia reseñable que afectase al normal desarrollo de la campaña.

## 0.1- FICHA TÉCNICA

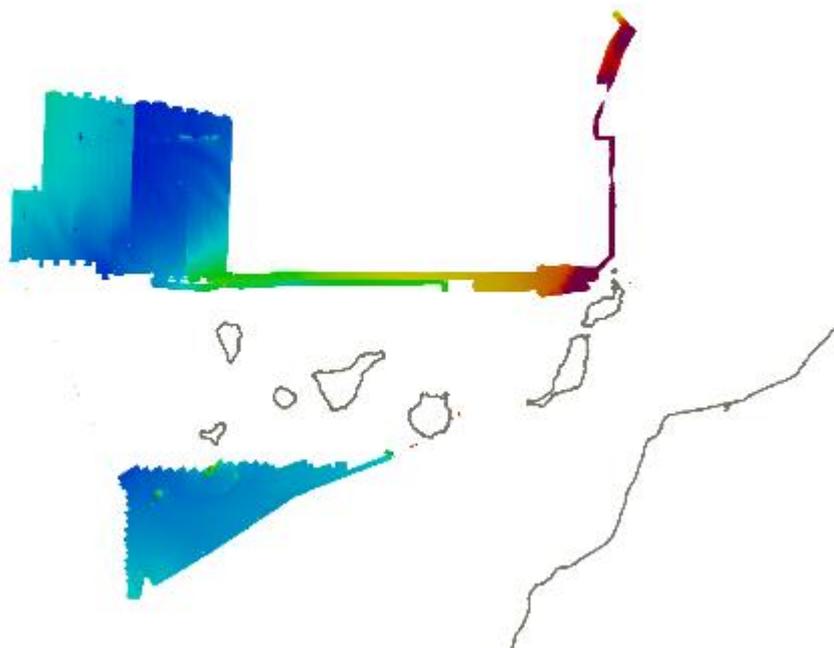
FICHA TÉCNICA			
<b>ACRÓNIMO</b>	<b>ZEE 2019</b>		
<b>TÍTULO PROYECTO</b>	Zona Económica Exclusiva Española		
<b>CÓDIGO REN</b>	XXXXXXX	<b>CÓDIGO UTM</b>	HE-191
<b>JEFE CIENTÍFICO</b>	Juan Rengel, IHM	<b>INSTITUCIÓN</b>	IHM, IEO, IGME, UCM, UCA y ULPGC
<b>INICIO</b>	Las Palmas de Gran Canaria, 23/06/2019	<b>FINAL</b>	Cartagena, 25/06/2019
<b>BUQUE</b>	BIO Hespérides		
<b>ZONA DE TRABAJO</b>	ZEE de Canarias, primero al sur del Hierro y luego al NO de La Palma y Mar de Alborán		
<b>RESPONSABLE TÉCNICO</b>	Héctor Sánchez Martínez	<b>ORGANIZACIÓN</b>	U.T.M.
<b>EQUIPO TÉCNICO</b>	Dulce Afonso (TIC), Héctor Sánchez (UTM Acústica).		

## 1.- CARACTERÍSTICAS DE CAMPAÑA

La campaña se realizó en la ZEE (Zona Económica Exclusiva) de España, concretamente en el sur del Hierro y norte de La Palma.

Se salió de Las Palmas el 23 de Mayo y el tránsito a la zona de trabajo fue de unas horas.

Se hizo una parada a mitad de campaña en Funchal el día 7 de junio y se volvió a salir a la mar el 10, saliendo de Funchal en dirección a Las Palmas donde se hizo un barqueo de personal a medio día, para, a continuación dirigimos a la zona de trabajo.



*Zonas de trabajo de la campaña.*

Las tareas en la campaña fueron las siguientes:

### **1.1.- REGISTRO CON SONDA MULTHAZ 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.

### **1.2.- REGISTRO CON SONDA PARAMÉTRICA TOPAS**

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

### **1.3.- MEDIDAS CON MAGNETÓMETRO**

Se llevó desplegado el magnetómetro durante toda la campaña. Se desplegó por crujía, por el pórtico de popa. Siempre se usó el chigre 3.

## 1.4.- MEDIDAS CON GRAVÍMETRO

Durante toda la campaña se registraron datos de gravimetría. Se calibró al principio en el Campus Universitario de Tafira, Las Palmas y al final de campaña en Cartagena-

## 1.5.- 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.

## 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**

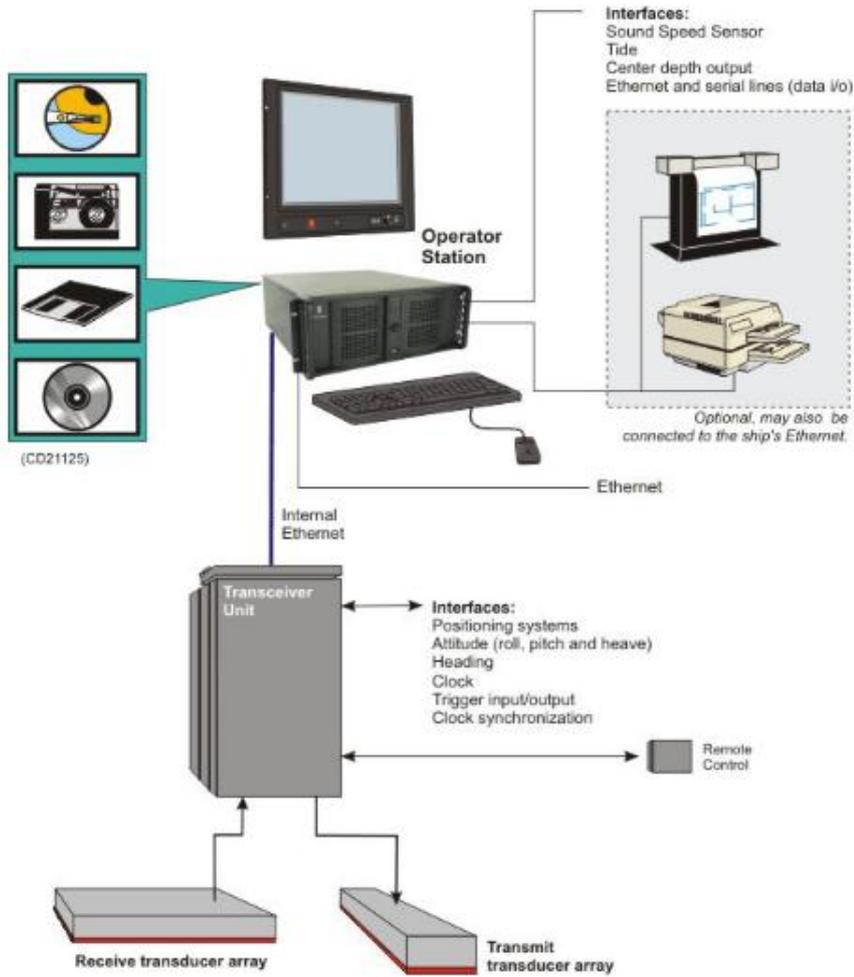
Operating frequency	12 kHz	Suppression of sounding artefacts	8 frequency coded transmit sectors per swath
Depth range	20-11000 m	Beam focusing	On transmit and receive
Swath width	6xdepth, to more than 30 km	Beamforming method	Time delay
Pulse forms	CW and FM chirp	Gain control	Automatic
Swath profiles 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. Los hidrografos del IHM calibraron en roll, pitch y yaw el barco.

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.

### **2.1.3.- Incidencias**

La cobertura de la sonda es menor de la esperada, siendo de unas 2.5 veces la profundidad. Esto se debe a que es necesario un cambio de los transductores tras el cambio completo de la electrónica, pasando de la propia de la EM 120 a la de la EM 122.

Por otro lado, debido a que tras la actualización hace 2 años de la electrónica, cambiándola de la vieja EM 120 a la EM 122, ahora se puede sondear más rápido pues esta nueva dispone de la opción de doble swath (doble disparo), aumentando así la frecuencia de sondeo.

## **2.2. SONDA PARAMETRICA TOPAS PS 18**

### **2.2.1.-Descripción**

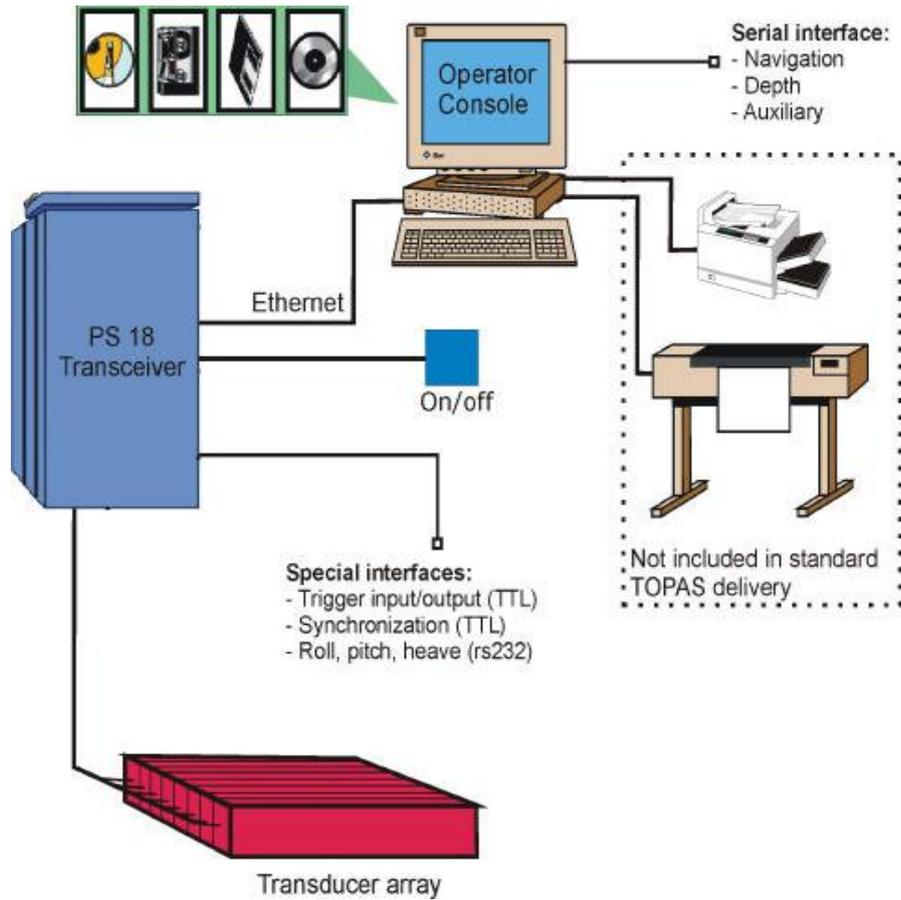
TOPAS PS18 es un perfilador sísmico de alta resolución y haz estrecho con capacidad para trabajar en cualquier océano del globo. Utiliza un único transductor de pequeño tamaño para emisión y recepción aunque opcionalmente puede utilizarse el receptor de banda ancha de la EM122 como receptor.

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, 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 1µPa @ 1 meter at 5 kHz.



Imagen del transductor de la Topas en el BIO Hespérides.

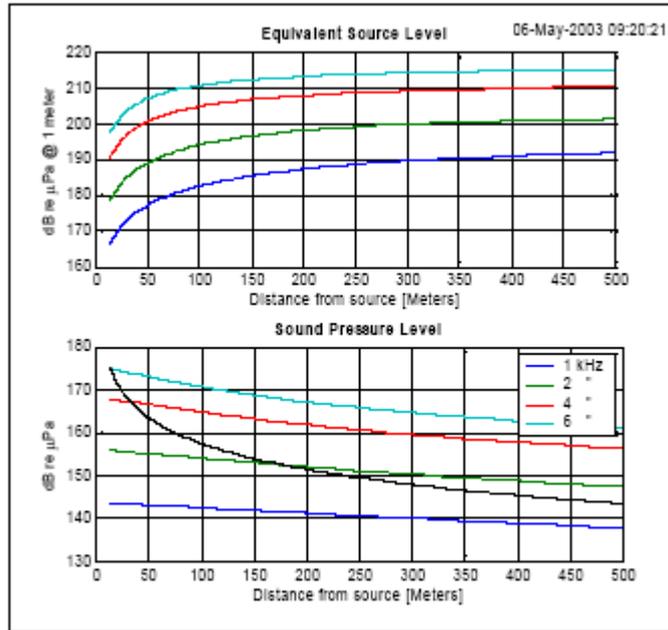


Figure 5.3 Calculated SL for 1 to 6 kHz.

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

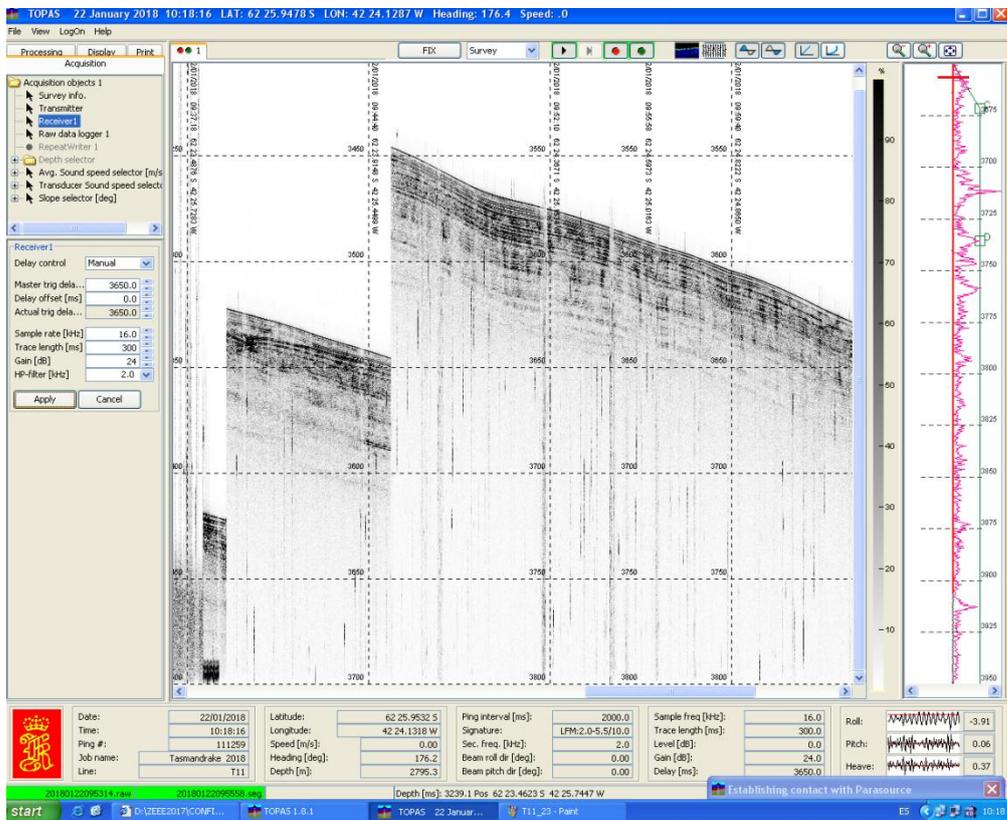


Imagen del registro de la Topas durante la campaña.

### 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 SEG Y.

### 2.2.4.- Incidencias

Trabajamos siempre en coordenadas geográficas a petición de los científicos.

Debido a que la velocidad del buque fue siempre de alrededor de 10 nudos, el registro no ha sido tan bueno como cabría esperar, pues este equipo da resultados mejores a menor velocidad.

En varias ocasiones se quedó bloqueado el software de adquisición, con lo que se hubo de reiniciar. Por lo demás no hubo ninguna incidencia reseñable.

## 2.3.- SONDA MONOHAZ SIMRAD EA-600

### 2.3.1.- Descripción

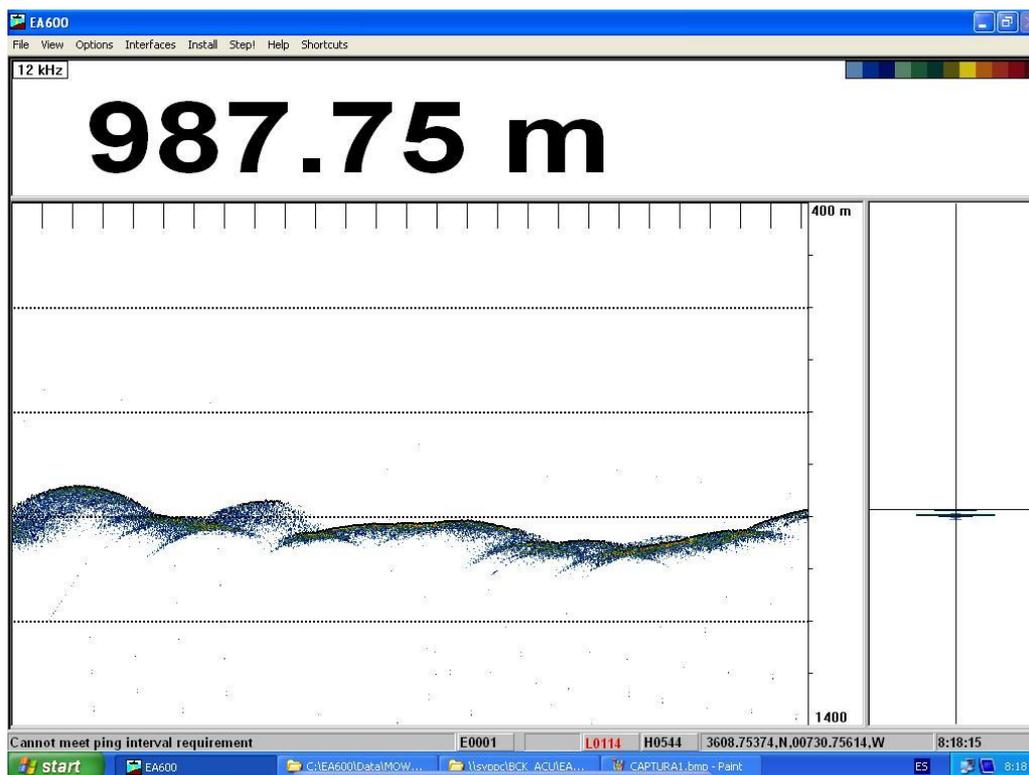
Sonda monohaz de doble frecuencia. Las frecuencias de trabajo son de 12 kHz en modo activo o pasivo activo, (PINGER) utilizado en combinación con el Pinger Benthos, y 200 kHz.

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 generó alguna interferencia poco importante al registro de la EM 122. Debido a esto, los operadores del equipo decidieron apagarlo.

## 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°

### 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 pórtico de popa, por crujía.





*Maniobra de despliegue y operación del magnetómetro*

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

Se trabajó habitualmente con 300 m de cable pero los científicos no le quisieron aplicar el layback al programa.

#### **2.4.4.- Incidencias**

Se trabajó con el software antiguo, SeaLink.

A petición de los científicos del ROA se grabaron datos sólo con fecha, hora y valor de campo magnético. No quisieron los datos de posición en el archivo de adquisición pues prefieren integrar directamente el dato de posición del SADO.

Además, tampoco quieren introducir en este archivo el dato de cable largado, layback, lo prefieren meter en post proceso, sabiendo que siempre se largan 300 m.

En algunas ocasiones se hubo de recoger unos 250 m de cable pues al lanzar los xbt's, estos se enganchaban al cable del magnetómetro. Al acabar la maniobra de largado del xbt se volvía a poner el equipo a 300 m del buque.

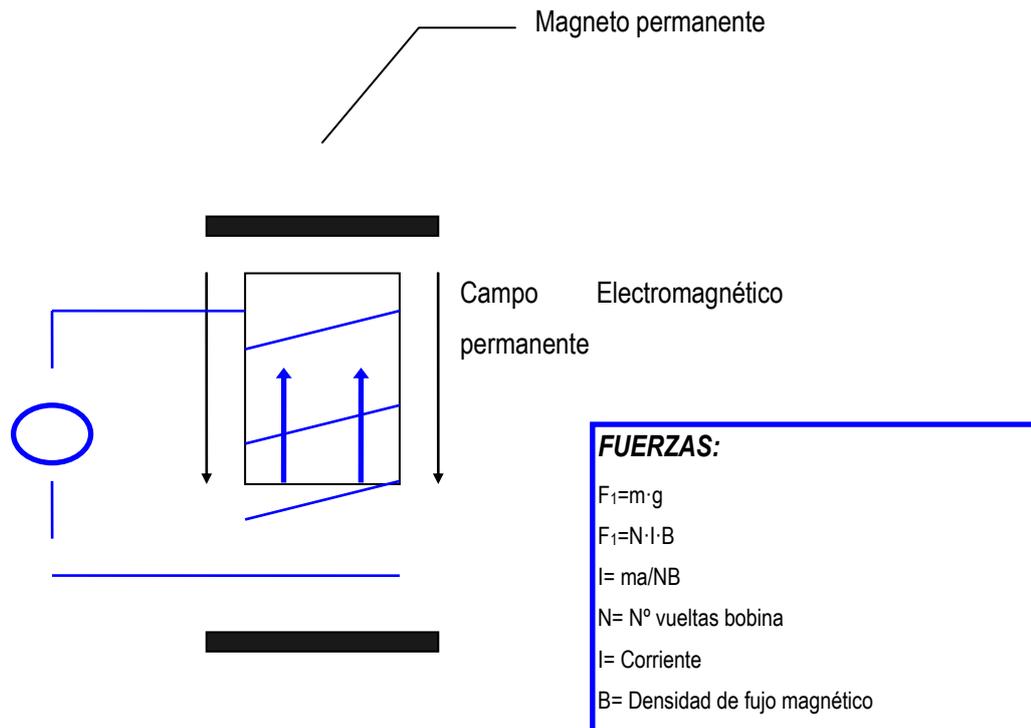
### **2.5.- GRAVÍMETRO MARINO**

#### **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 antes de la salida del barco, en Las Palmas, 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 Cartagena.

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

### **2.5.3.- Incidencias**

Al salir de Las Palmas hubo una vía de agua en la cubierta del gravímetro que a punto estuvo de llegar a inundarlo. Se libró milagrosamente.

## **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.

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

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

## SYSTEM FEATURES

### PORTABLE LIGHT-WEIGHT SURVEY GRAVITY METER

- High-Visibility Console
- All-Weather Operation (-40 to +45 °C)
- Dust-Proof, Water Resistant Meter
- Intuitive Survey-Driven Interface
- Backlit Inclined Display
- Robust Fused-Quartz Sensor
- No Clamping Required
- On-Board GPS Receiver
- Bluetooth Connectivity
- Simplified Leveling Interface
- On-Board Mass Storage (4 GB)
- Hot-Swappable Dual High-Capacity Batteries (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, Tilt, Drift, Temperature)

### RUGGEDIZED SMART TABLET ACCESSORY

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



Las características técnicas del equipo son las siguientes:

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

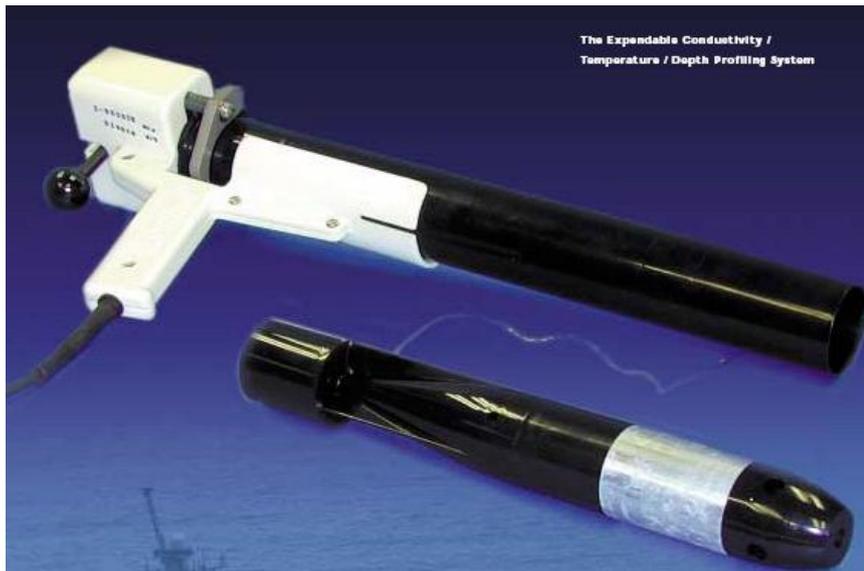
### 2.6.3.- Incidencias

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. En algunos casos los perfiles se han cortado antes de llegar a su profundidad máxima, probablemente debido a que se cortaron con el cable del magnetómetro que estaba desplegado. De hecho se vieron restos de cable de cobre en el cable del magnetómetro.

Tabla de XBT's lanzados durante la campaña.

Sonda	Fecha	Hora Local	Latitud	Longitud	Prof fondo (m)	Prof XBT (m)	Fichero
T5	23/05/19	22:20	27.6105 N	15.9961 W	3300	1517	T5_1_052319
SVP	24/05/19	08:52	27.0210 N	17.3386 W	3320	300	T5_2_052419
T5	24/05/19	09:15	27.0014 N	17.3699 W	3335	1534	T5_3_052419
T5	25/05/19	22:09	27.2310 N	17.2471 W	3326	620	T5_4_052519
T5	26/05/19	08:47	26.3818 N	18.6365 W	3225	1850	T5_5_052619
T5	26/05/19	18:26	26.7829 N	18:0025 W	3150	1850	T5_6_052619
T5	31/05/19	21:01	29.3081 N	20.2823 W	3200	400	T5_7_053119
T5	31/05/19	21:20	29.3290 N	20.2948 W	3200	1850	T5_8_053119
T5	02/06/19	17:38	29.8133 N	19,8087 W	3700	630	T5_9_020619
T5	02/06/19	17:56	29.8440 N	19.8092 W	3700	1850	T5_10_020619
T5	11/06/19	23:10	29.0265 N	15.4076 W	3400	600	T5_11_110619
T5	12/06/19	00:17	29.1723 N	15.4280 W	3400	430	T5_12_120619
T5	12/06/19	16:06	29.1723 N	15.4280 W	3400	780	T5_13_120619
T5	13/06/19	14:20	31.0128 N	18.9165 W	3400	1830	T5_14_130619
T5	14/06/19	19:15	29.9708 N	18.6933 W	3400	1830	T5_15_140619
T5	19/06/19	12:32	29.3616 N	13.9037 W	3200	1830	T5_16_190619
Fast Deep	23/06/19	15:44	36.0091 N	5.2651 W	1200	1100	FastDeep_17_230619
T5	23/06/19	18:24	36.1173 N	4.7699 W	880	480	T5_18_230619

## 2.7.5.- Incidencias

Usamos sondas T5, T7 y Fast Deep.

En varias ocasiones el cable de cobre del XBT se enganchó en el cable del magnetómetro. Por esta razón, en algunos lances se decidió recoger 250 m de los 300 m largados, para, al acercar el magnetometro al espejo de popa se logro que no se enganchara el cable del XBT.

## 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:

```

; 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 VmDes software.
;
; NOTE: This file is best viewed with a fixed-point font (e.g.
courier).
; Modified Last: 12August2003
; _____/

; 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: VmDes 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 narrowband single-ping profile mode (NP), one
hundred (NN) 8 meter bins (NS),
; 8 meter blanking distance (NF)
NP00001
NN100
NS0800
NF0800

; Set for broadband single-ping profile mode (WP), one
hundred (WN) 4 meter bins (WS),
; 8 meter blanking distance (WF), 390 cm/s ambiguity vel
(WW)
WP00001
WN100
WS0400
WF0800
WW390

; 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
; ND111100000

; One and a half seconds between bottom and water pings
TP000000

; Zero seconds between ensembles
; Since VmDes uses manual pinging, TE is ignored by the
ADCP.
; You must set the time between ensemble in the VmDes
Communication options
TE00000000

; 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

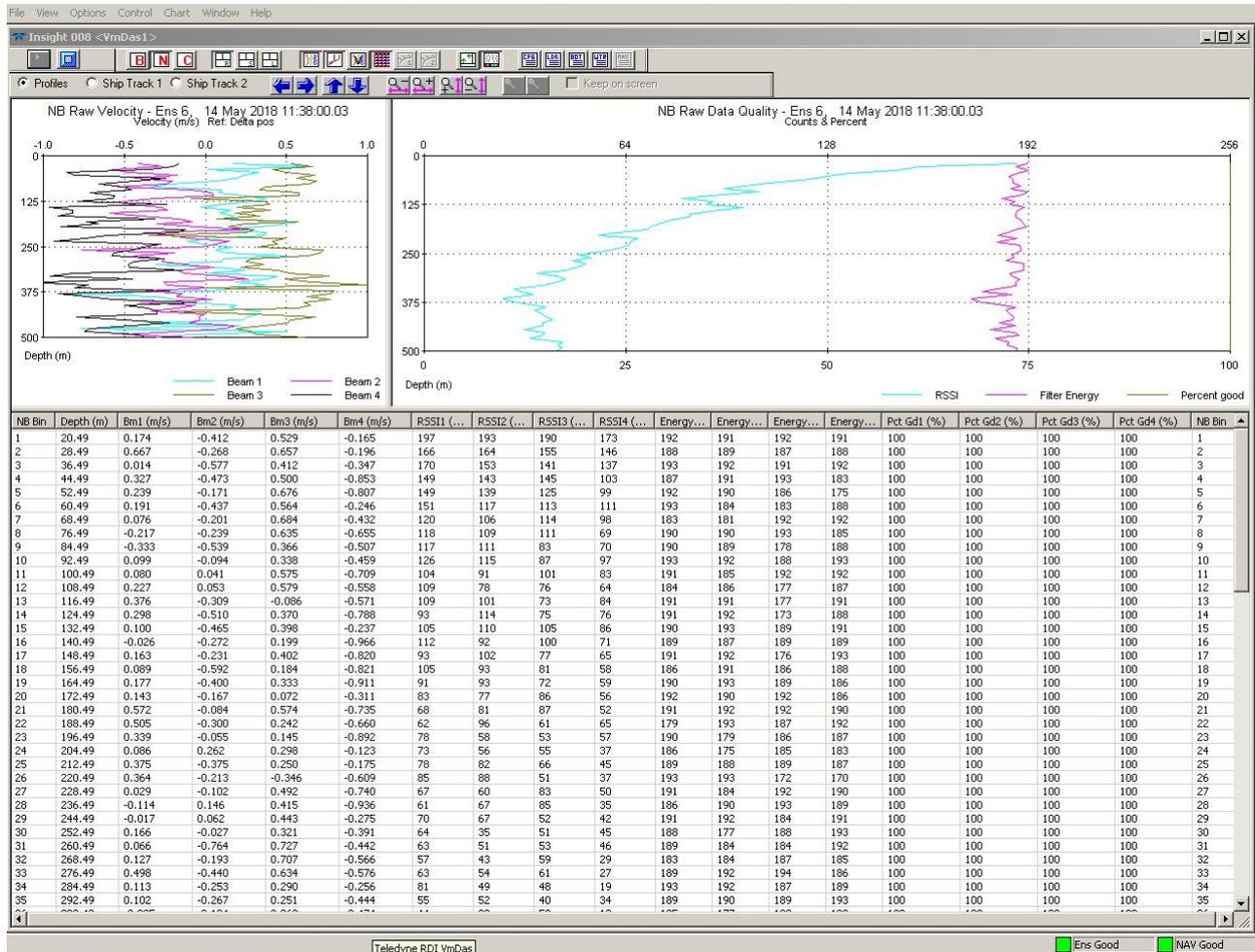
; Set transducer depth (decimeters)
ED00045

; Set Salinity (ppt)
ES35

; save this setup to non-volatile memory in the ADCP
CK ARCHIVO TIC_MOC_BT_1.TXT
; ADCP Command File for use with VmDes software.
;
; ADCP type: 75 KHz Ocean Surveyor
; Setup name: default

```

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.

## 3.- SISTEMA INERCIAL Y DE POSICIONAMIENTO

### 3.1.- SEAPATH 330

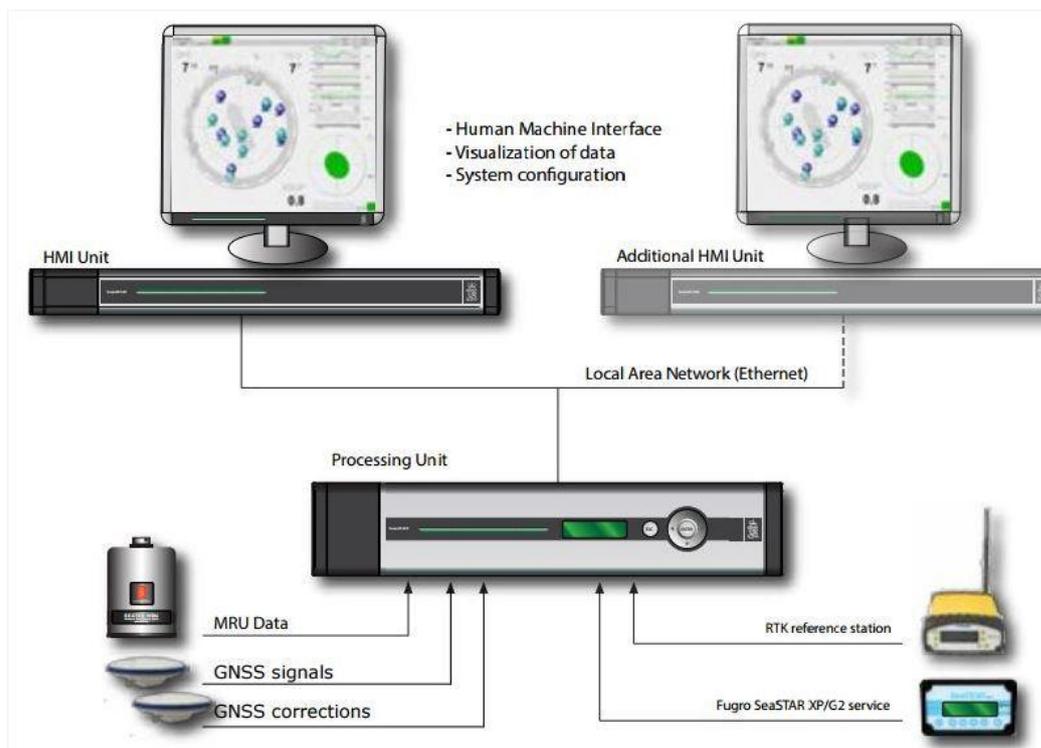
#### 3.1.1- Introducción

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).

### 3.1.2.- 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.

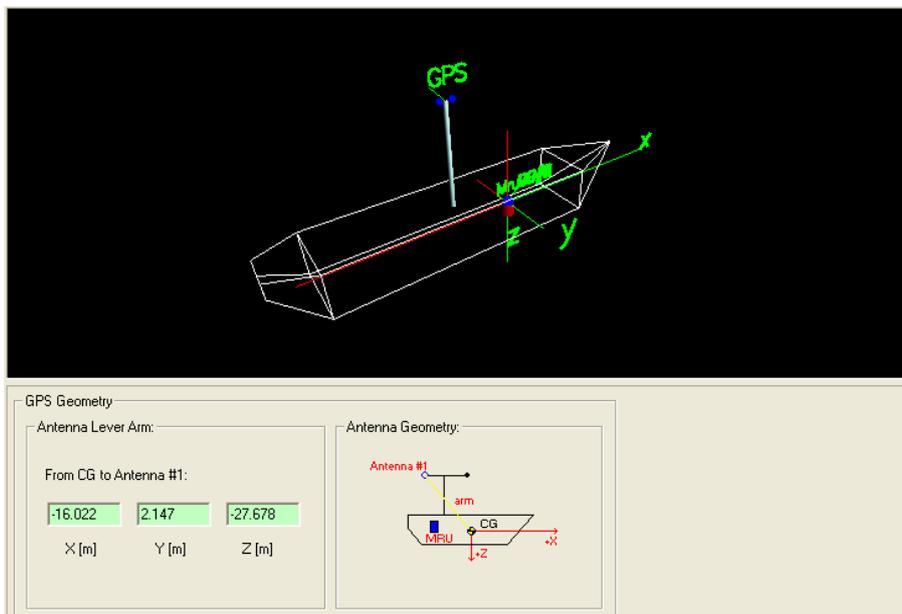
La información de Seapath esta disponible en la pantalla y en 4 Leds situados en la unidad central. Los leds indican el estado de la unidad de forma que el color amarillo indica que el sistema funciona correctamente, el color naranja indica que las prestaciones no son del todo precisas y el color rojo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

### 3.1.3.- 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/IP ports
Data output interval	Programmable in 0.005-sec. steps and 1PPS pulse
Data update rate	Up to 200 Hz

#### WEIGHT AND DIMENSIONS

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

#### POWER

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

#### ENVIRONMENTAL SPECIFICATION

##### Operating temperature

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

##### Humidity (enclosure protection)

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

##### Mechanical

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

##### Electromagnetic compatibility

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

##### PRODUCT SAFETY

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

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

### 3.1.4.- Incidencias

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

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

### 3.2.1.- 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.

### 3.2.2.- Descripción

Esta MRU envía datos de rolido y cabeceo con una exactitud de  $0.01^\circ$  y ruido angular menos de  $0.002^\circ$ . Cada equipo se ha calibrado y probado individualmente, con el correspondiente certificado. Esto se debe al uso de sensores inerciales precisos, incluyendo 3 giróscopos y aceleradores lineares. Estos acelerómetros están indicados para navegaciones exactas.

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

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

#### **PFREEHEAVE® ALGORITHM**

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

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

- 0.01° 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



### **3.2.3.- características técnicas**

Este equipo tiene las siguientes características técnicas.

<p><b>ORIENTATION OUTPUT</b>          Angular orientation range ±180°          Resolution in all axes 0.001°          Angle noise roll, pitch 0.002° RMS          Accuracy 1), 2) roll, pitch (for a ±5° amplitude) 0.01° RMS</p> <p><b>GYRO OUTPUT</b>          Angular rate range ±95°/s          Angular rate noise 0.008°/s RMS          Bias stability (in run bias) 0.03°/h RMS          Bias stability (absolute bias) 20°/h RMS          Angle Random Walk 0.006°/√h (typical)          Scale factor error 0.03 % RMS</p> <p><b>ACCELERATION OUTPUT</b>          Acceleration range (all axes) ±30 m/s<sup>2</sup>          Bias stability (absolute bias) 80 µg RMS          Acceleration noise 0.0003 m/s<sup>2</sup> RMS          Velocity Random Walk 3.3 µg/√h          Scale factor error 0.008% RMS</p> <p><b>HEAVE OUTPUT</b>          Output range ±60 m, adjustable          Periods (real-time) 0 to 25 s          Periods (delayed) 0 to 60 s          Heave accuracy (real-time) 5 cm or 5% whichever is highest          Heave accuracy (delayed) 2 cm or 2% whichever is highest</p> <p><b>ELECTRICAL</b>          Power requirements 12 to 28 V DC, max 12 W          Serial ports:          Com1 Bidirectional RS-422          Com2 Bidirectional RS-422 from the motion box, use configurable RS-232, RS-422          Com3 &amp; Com4 In parallel, use configurable RS-232, RS-422          Analog channels (motion box) # 4, ±10 V, 14 bit resolution          Ethernet output ports 5</p>	<p>Ethernet UDP/IP          Data output rate (max) 200 Hz          Timing &lt; 1 ms</p> <p><b>ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS</b>          Temperature range -5 °C to +55 °C          Humidity range, electronics Sealed, no limit          Vibration IEC 60945/EN 60945</p> <p><b>ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY</b>          Compliance to EMC/D, immunity/emission IEC 60945/EN 60945</p> <p><b>OTHER DATA</b>          MTBF (computed) 50000 h          Housing dimensions Ø 105 x 140 mm (4.134" x 5.525")          Material Anodized aluminum          Weight 2.4 kg          Connector (MIL spec) Souriau 851-36 RG 16-26SSD</p> <p><b>VELOCITY INPUT FORMATS</b>          NMEA0183, Incl. VTG, WHI, V BW or MRU Normal format</p> <p><b>HEADING INPUT FORMATS</b>          NMEA0183, HDT, HDM, LR 40 line rate or MRU Normal format</p> <p><b>DATA OUTPUT PROTOCOLS</b>          - MRU normal - Souter          - NMEA0183 proprietary - EM3000          - Atlas Faiswep - TSS1          - Serial binary 23, 25, 26 - PFree Heave 0          - PRDID</p>
---	--

1) When the MRU is exposed to a combined two-axis sinusoidal angular motion with 10 minutes duration.  
 2) When the MRU is stationary over a 30-minute period.

### 3.2.4.- Incidencias

Sin incidencias

## 4.- INFORME DE LOS EQUIPAMIENTOS TIC DEL BUQUE

### 4.1- INTRODUCCIÓN

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

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

El sistema informático del buque cuenta con los siguientes servidores:

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

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

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

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

## 4.2.- SERVICIOS

### Impresión:

Se ha dispuesto de 1 impresora multifunción en blanco y negro, y dos impresoras láser a color. El plotter ha estado inoperativo durante esta campaña:

- **LaserJet M1212 B/N (Multifunción):** Laboratorio de Equipos Electrónicos Popa.
- **HP Color LaserJet Pro M452 PCL-6 (Color-cc):** Centro de Cálculo.
- **HPColor LaserJetPro M452 PCL-6 (Color-popa):** Laboratorio de Equipos Electrónicos Popa.

### WhatsApp:

Todos los Punto de Acceso Wi-Fi ofrecen este servicio

### Intranet:

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

### Puntos de Acceso Wi-Fi:

Para la conexión inalámbrica a la red interna del Barco se disponen de varios Puntos Wi-F, ubicados en las diferentes cámaras y laboratorios. Todos tienen el mismo SSID “wifi-ciencia”. A través de estos A.P. también se ofrece servicio de *whatsapp*.

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

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

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

### **4.3.- RESUMEN DE ACTIVIDADES**

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

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

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

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

El SADO adquiere el valor de profundidad del haz central de la multihaz cuando ésta está en funcionamiento. Se vigila que cuando se deja de adquirir con la multihaz, la monohaz envíe el dato de profundidad por el puerto 2020.

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

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

#### 4.4. INCIDENCIAS

- Debido a un fallo recurrente en la unidad de cubierta de la estación meteorológica, puntualmente se dejan de adquirir los datos de meteo. Éste es un problema que se espera solucionar con técnicos de la AEMET cuando el barco llegue a puerto.
- El plotter se encuentra inoperativo debido a un fallo en el motor que mueve el eje de papel. Se intentó solucionar en el puerto de Las Palmas, pero por falta de piezas de repuesto se reparará durante el PIP.
- En alguna ocasión se detectan altos tiempos de respuesta del ping al exterior. Se soluciona reiniciando el router FORTI.
- El resto del equipamiento informático utilizado durante la campaña funciona sin más incidencias.

## 5.- ANEXO I: CALIBRACIONES DEL GRAVÍMETRO

### CALIBRACIÓN EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

### HOJA DE CALIBRACIÓN

<b>GRAVÍMETRO:</b>	CG-6 Autograv Scintrex
<b>BUQUE:</b>	BIO HESPERIDES

<b>Fecha:</b>	21/05/19	<b>Hora:</b>	15:20
<b>Referencia BASE</b>	E. I. Industriales y Civiles (ULPGC)		
<b>Localización BASE</b>	Campus Universitario de Tafira, ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria		
<b>Localización BIO</b>	Arsenal de Las Palmas de Gran Canaria		
<b>Campaña</b>	ZEE 2019		
<b>Operador / es</b>	Héctor Sánchez		
<b>Gravímetro portátil</b>	CG-6 Autograv Scintrex		
<b>(0) Valor BASE (mgal)</b>	<b>979314,15</b>		

DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m.)
(1) BIO 1	11:02	3205,507	3,71
(2) BASE 1	11:49	3146,776	
(3) BIO 2	12:15	3205,476	3,23
(4) BASE 2	12:47	3146,755	
(5) BIO 3	13:14	3205,494	2,80
<b>Núm medidas BASE</b>		2	
<b>Núm. medidas BIO</b>		3	

### CÁLCULOS

(6) Valor medio en BIO	3205,49	div.
(7) Valor medio en BASE	3146,77	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7)	58,73	div.
(9) Cte Calibración Scintrex	<b>8254,87200</b>	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9)	484782,49213	mgal.
(11) $G_{\text{muelle}}$ (mgal)	<b>979372,88</b>	mgal.
(12) Altura del muelle (m)	3,25	m.
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación	<b>2,3</b>	m.
(14) Distancia total:	5,55	m.
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre	<b>0,3086</b>	mgal. / m.
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal) (14)*(15)	1,71170	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:	<b>979374,5885</b>	mgal.
(18) Valor medio BGM-3 (G medida en el SADO)	<b>979366,61</b>	mgal.
(19) Bias en BGM-3	852046,55	mgal.
(20) Diferencia a corregir (17) - (18)	7,9755	mgal.
(21) Nuevo BIAS (calculado) (19)+(20)	852054,53	mgal.

## RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



### INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL GRAVIMETRÍA

Subdirección General de Astronomía, Geofísica y Aplicaciones Espaciales

#### RESEÑA DE PUNTO DE OBSERVACIÓN DE GRAVIMETRÍA ABSOLUTA 13/10/2014

##### Datos generales:

Nombre: **E. I. Industriales y Civiles (ULPGC)**  
 Código: **GRCA-UPGC**  
 Municipio: **Las Palmas de Gran Canaria**  
 Provincia: **Las Palmas**  
 Hoja MTN50: **1104**  
 Tipo Señalización: **Cruce baldosas**  
 Fecha medida: **13 de octubre de 2014**  
 Instrumento: **A-10 #006**  
 Observador/es: **Sergio Sainz-Maza Aparicio**  
**Ana Borreguero Gómez**  
 Observaciones:

##### Datos Geodésicos:

UTM:  
 E: **455215.0 m.** N: **3104938.8 m.** h<sub>c</sub>: **325.0 m.**  
 (huso 28)

GEOGRÁFICAS:  
 A: **-15.45578°** φ: **28.06908°** h<sub>s</sub>: **369.4 m.**

GRADIENTE VERTICAL:  
**- 3.086 μGal/cm. (TEÓRICO)**

GRAVEDAD ABSOLUTA:  
**979314150.5 ± 2.1 μGal (a 72 cm. del suelo)**

##### Reseña:

Isla de Gran Canaria. La Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la ULPGC se encuentra en el campus universitario situado en Tafira Baja. La medida se realizó en el Laboratorio de Instrumentos y Métodos Topográficos, en el sótano de la Universidad.

##### Fotos/croquis:



[www.ign.es](http://www.ign.es)

[sainz-maza@fismat.ig.ics](mailto:sainz-maza@fismat.ig.ics), [aborreguero@fismat.ig.ics](mailto:aborreguero@fismat.ig.ics)



Foto del gravímetro portátil en el momento de la calibración en la Facultad de Ingeniería de la ULPGC.

## CALIBRACIÓN EN CARTAGENA

### HOJA DE CALIBRACIÓN

<b>GRAVÍMETRO:</b>	CG-6 Autograv Scintrex
<b>BUQUE:</b>	BIO HESPERIDES

<b>Fecha:</b>	25/06/19	<b>Hora:</b>	18:00
<b>Referencia BASE</b>	Ayuntamiento de Cartagena		
<b>Localización BASE</b>	Escaleras de acceso al Ayuntamiento de Cartagena		
<b>Localización BIO</b>	Muelle de la Curra, Cartagena		
<b>Campaña</b>	ZEE 2019		
<b>Operador / es</b>	Héctor Sánchez / Jose Luis Pozo		
<b>Gravímetro portátil</b>	CG-6 Autograv Scintrex		
<b>(0) Valor BASE (mgal)</b>	<b>980018,20</b>		

DATOS DE CAMPO			
Medidas	Hora GMT	Lectura (div.)	Altura (m.)
(1) BIO 1	17:36	3851,0763	1,77
(2) BASE 1	17:40	3850,9475	
(3) BIO 2	17:56	3851,0808	1,77
(4) BASE 2	18:10	3850,9519	
(5) BIO 3	18:27	3851,0997	1,76
<i>Núm medidas BASE</i>		2	
<i>Núm. medidas BIO</i>		3	

### CÁLCULOS

(6) Valor medio en BIO	3851,09	div.
(7) Valor medio en BASE	3850,95	div.
(8) Diferencia medias (6)-(7)	0,14	div.
(9) Cte Calibración Scintrex	<b>8254,87200</b>	mgal.
(10) Diferencia en mgal (8)*(9)	1121,84	mgal.
(11) $G_{\text{muelle}}$ (mgal)	<b>980018,34</b>	mgal.
(12) Altura del muelle (m)	1,77	m.
(13) Distancia BGM-3 a línea flotación	<b>2,3</b>	m.
(14) Distancia total:	4,07	m.
(15) Cte. por correcc. por Aire Libre	<b>0,3086</b>	mgal. / m.
(16) Correc. total por Aire Libre (mgal) (14)*(15)	1,25497	mgal.
(17) G. calculada en Local gravimetría:	<b>980019,5909</b>	mgal.
(18) Valor medio BGM-3 (G medida en el SADO)	<b>980001,58</b>	mgal.
(19) Bias en BGM-3	852046,55	mgal.
(20) Diferencia a corregir (17) - (18)	18,0129	mgal.
(21) Nuevo BIAS (calculado) (19)+(20)	852064,56	mgal.

## RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA DE CARTAGENA

### Datos gravimétricos



Ministerio de Fomento  
Subsecretaría  
General Ibáñez de Ibero, 3  
28003 Madrid  
Dirección General del Instituto Geográfico Nacional  
Subdirección General de Geodesia y Geofísica



CARTAGENA. 73/96

### Croquis



Información:  Tel. 91 597 95 61  Fax. 91 533 11 58  [posmaster@geo.ign.es](mailto:posmaster@geo.ign.es) ([mailto:posmaster@geo.ign.es](mailto:mailto:posmaster@geo.ign.es)) 

10/07/2018

### RESEÑA DE LA BASE GRAVIMETRICA 1.996

#### Datos geográficos

Hoja del Mapa Topográfico Nacional 1/25.000: 977 - 2

Número de estación: 977 - 61

Nombre de la señal: CARTAGENA 73/96

Nombre de la provincia: Murcia

Longitud: -0° 59' 12,0"

Latitud: 37° 35' 59,9"

Altitud (m): 3,0

#### Datos gravimétricos

Gravedad observada (milligales): 980018,2

Fecha de observación: 16/05/1973

Error medio cuadrático (milligales): 0,01

Reconocimiento: 28/03/1996

Datos altimétricos procedentes de: Nivelación de Precisión.

Datos planimétricos procedentes de: Mapa topográfico 1/50.000

Tipo de red: Red Fundamental

#### Situación

#### Observaciones

#### GPS

© Instituto Geográfico Nacional

C/ General Ibáñez de Ibero 3, 28003 Madrid - España

Tel. +34 91 597 94 22

[ign@fomento.es](mailto:ign@fomento.es)



*Gravímetro portátil calibrando en la entrada del ayuntamiento de Cartagena.*