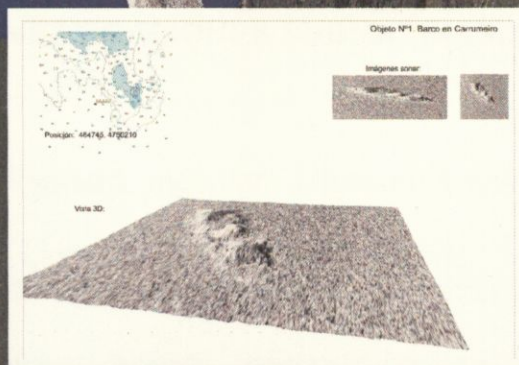


Prospección geofísica arqueológica en el entorno del Cabo Finisterre- Ría de Corcubión (Coruña)

Noviembre 2008



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE
CULTURA E DEPORTE

DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO CULTURAL

02.B.088.2008.001

INDICE

PROSPECCIÓN DE GEOFÍSICA ARQUEOLÓGICA EN EL ENTORNO DEL CABO FINISTERRE RÍA DE CORCUBIÓN, LA CORUÑA

Realizado por:

CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS, S.L.

Equipo de realización:

D. Manuel D. Lago Reguera, Ingeniero telecomunicación, especialista
geoacústica
D. Iago Pose García. Licenciado en Ciencias del Mar
D. Ginés Martínez Balmisa. Licenciado en Geología, especialista en
geofísica
D. Carlos Duran Neira. Biólogo, responsable de la prospección
acústica
D. Miguel San Claudio Santa Cruz. Arqueólogo
D. Raúl González Gallero, Arqueólogo
D. Manuel Blanco Parga. Informático especialista en SIG.
Dña. M^a Victoria Pereira Munin. Administrativa

Cliente:

XUNTA DE GALICIA. DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO

Noviembre 2008

1.- ANTECEDENTES

INDICE

1.- Antecedentes	3
2.- Marco Geográfico	5
3.- Objetivos del estudio	7
4.- Plan de los trabajos	8
5.- Material y métodos	11
5.1.- Sistema de navegación	13
5.2.- Sonar de barrido lateral	15
5.3.- Sonda multihaz	18
5.4.- Perfilador de sedimentos	28
5.5.- El magnetómetro	34
6.- Personal técnico	40
7.- Resultados	41
8.- Conclusiones	59

Anexos:

Cartografía

DVD

Anexo Fotográfico

- Naufragios

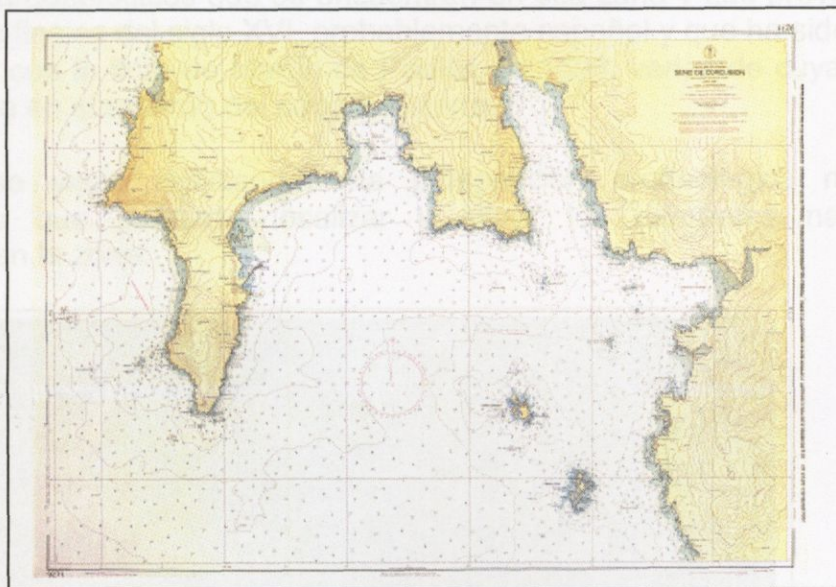
Toda esta zona presenta una gran riqueza en cuanto a yacimientos arqueológicos subacuáticos en su totalidad procedentes de naufragios cuyas características y circunstancias se detallan en el apartado correspondiente.

1.- ANTECEDENTES

La especial situación del cabo Finisterre en relación con las rutas marítimas que rodean a la Península Ibérica lo sitúan frente al tránsito de la mayoría del tráfico comercial europeo a lo largo de toda la historia moderna y contemporánea y aún más atrás en el ámbito de las comunicaciones del occidente europeo. La riqueza arqueológica del entorno subacuático del cabo Finisterre está en íntima relación por tanto con la situación del accidente geográfico y con el tráfico marítimo desarrollado por estos parajes.

Con los trabajos realizados se pretendió hacer una primera aproximación a conocer la riqueza arqueológica del entorno del cabo Finisterre, pero además optimizar una herramienta, como es la prospección geofísica, para su aplicación en las costas gallegas. Pretendiendo dar un primer paso que permita validar la potencialidad de este método para desarrollar en el futuro nuevas intervenciones extensivas en ésta u otras zonas de una forma precisa y con viabilidad económica

- Marco histórico del área de intervención.



- Naufragios

Toda esta zona presenta una gran riqueza en cuanto a yacimientos arqueológicos subacuáticos en su totalidad procedentes de naufragios cuyas características y circunstancias se detallan en el apartado correspondiente:

Pecios

En la zona tenemos conocimiento previo de una serie de pecios que serán objetivos prioritarios en la presente intervención. El posicionamiento y descripción de los mismos permitirán poner al día y avanzar en el **"Inventario de Xacementos Arqueolóxicos Subacuáticos"**

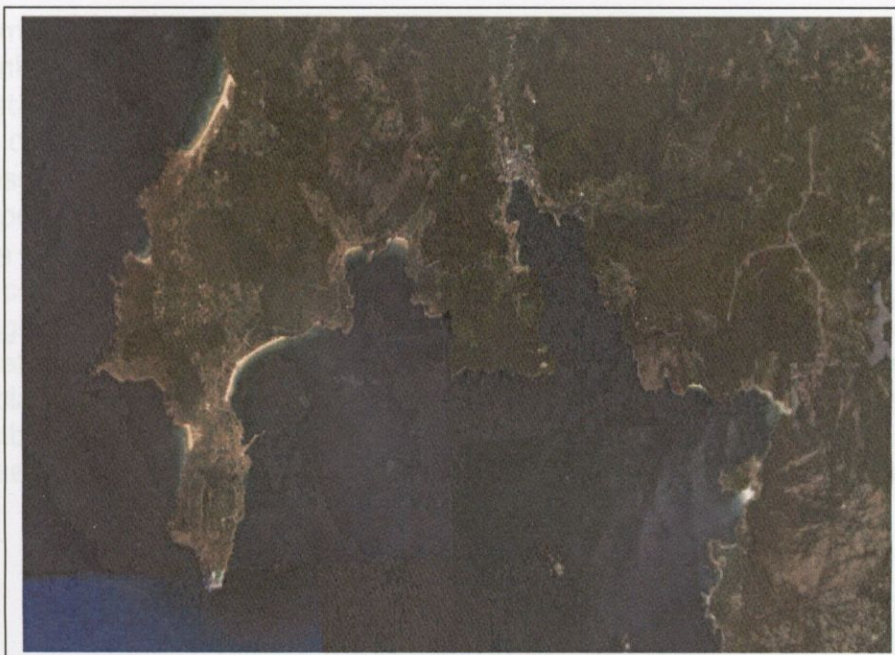
Pecio De Nemiña GA03__103	Pecio de Petóns dos Oídos GA03__104	Pecio de punta Restelos GA04__3
SAN JERÓNIMO 1596 GA04__15	PECIO DE BOCA DE SAPO GA04__70	CAÑONERA CORCUBIÓN 1809 GA04__5

- Intervenciones arqueológicas previas

La primera intervención en la zona de fue la realizada por el catedrático de la Universidad de Zaragoza Dr. Manuel Martín Bueno. Una prospección encargada por la Xunta de Galicia y desarrollada con el soporte técnico del **Centro de Investigaciones Submarinas** en el verano de 1987.

En punta Restelos en los últimos meses viene desarrollándose una intervención destinada a recuperar y garantizar la conservación de los materiales arqueológicos que se encuentran en esa zona y que provienen de un pecio de finales del siglo XVI, probablemente español y que ha sido puesto en relación con la flota de Martín de Padilla de 1596, varias de cuyas naves se perdieron en el entorno del cabo Finisterre.

También se viene realizando una prospección arqueológica mediante buceadores que pretende localizar y situar los diferentes naufragios conocidos en la zona.



2.- MARCO GEOGRÁFICO.

Las costas de Galicia se adentran como un espolón, yugulando las rutas comerciales marítimas que discurren frente a ellas. Estos caminos del mar se estrechan y los buques que los siguen se acercan a la costa, otras naves se adentran en las rías y de todos ellos, varios han dejado sus restos esparcidos en las aguas que rodean estas islas, lo mismo que en el resto de las costas de Galicia.

El seno de Corcubión se halla comprendido entre el cabo Finisterre y punta Remedios, situada a 7 millas al sudeste del cabo. En el centro del seno se halla la ría de Corcubión; a sus lados las ensenadas del Sardiñeiro y de Ézaro y al W los fondeaderos de Langosteira y Finisterre.

En el interior del seno se encuentran los grupos de islotes Lobería Grande y Lobería Chica, al norte de los cuales se encuentran los también islotes Carrumeiro Grande y Carrumeiro Chico.

Punta Sardiñeiro.

Alta, escarpada y limpia, avanza 300m hacia el S y forma la divisoria entre la ensenada de su nombre por el E y la de Langosteira. Por su parte occidental hay una pequeña cala, en la que se puede desembarcar con viento y marejada del NE.

Ensenada de Sardiñeiro.

Fondeadero.

Comprendida entre la punta del mismo nombre y la de Mosgenta al E. Tiene 1 milla de abra en su boca y profundiza 1 milla hacia el N., siendo sus dos costas, oriental y occidental, casi paralelas, escarpadas y regularmente altas. La oriental, de orilla algo más accidentada, presenta inmediata a la punta Mosgenta, la pequeña cala Abeleira do Corno, de 200m de seno, limitada al N. por el frontón, de punta do Corno, de 200m de longitud, pasado el cual hay otra ensenadita igualmente profunda y de 40m de abra hasta punta Estorde. La costa W. presenta hacia su mitad un pequeño frontón saliente, de 300m de longitud, llamado punta Illa. En el fondo de la ensenada se ven dos playas de igual extensión separadas por un frontón bajo y peñascoso con un saliente hacia el S., llamado punta Arnela. La playa del W., denomina Sardiñeiro, recibe su nombre del pueblo que hay sobre ella. En la del E, llamada Estorde, desemboca un riachuelo que pasa por el lugar del mismo nombre



En verano suelen fondear algunos barcos en esta ensenada cuando fuera de Finisterre sopla viento fresco del NW al NNW en espera de que éste abonance. En invierno entran en ella de lleno la mar y el viento y no es utilizable.

Bajo La Eira.

Es un bajo con 0.7m de agua en bajamar, situado en medio de la ensenada, N-S con punta Arnela y E-W con punta Illa. Por su parte del E deja paso de 800m con 12m de agua, y por la del W, entre el bajo y punta Illa distantes entre sí 400m, el fondo es de 4 a 7m. puede fondearse al N del bajo, en fondos mayores de 10m, arena. A 125m al SE de esta piedra, hay otra con 4,3m de agua encima, situada a 475m al 097° de la citada punta.

3.- OBJETIVOS

El objetivo del trabajo de campo es la realización de una prospección geofísica que ayude a la mejor descripción posible de la superficie del fondo marino que pudiese albergar restos de interés patrimonial

Localizar e incluir en el **“Inventario de Xacementos Arqueolóxicos Subacuáticos”** el mayor número de pecios existentes en el área de estudio.

Para ello se procederá a:

- Ejecutar una prospección geofísica mediante instrumentos y técnicas de acústica y magnetometría.
- Determinar la configuración de los posibles yacimientos.
- Examinar la matriz geológica donde se insertan los diferentes yacimientos localizados.
- Determinar la configuración de los diferentes yacimientos.
- Evaluar contextualmente y cartografiar los diversos ítems visibles en cada uno de los yacimientos.

El Estudio se centrará en los siguientes puntos básicos:

- Recopilación de información previa de patrimonio marítimo en la zona.
- Identificación y propuesta de cada una de las zonas de estudio.
- Propuesta metodológica de la prospección.
- Resultados y conclusiones.
- Elaboración de un informe - síntesis de los resultados obtenidos en las diferentes localizaciones y por los diferentes métodos de investigación empleados.
- Anexo cartográfico y material gráfico (dossier fotográfico).

2ª fase

Realización de las campañas de prospección

Consistió en la realización de una serie de recorridos (transectos) mediante embarcaciones dotadas de equipos de teledetección con objeto de detectar cualquier elemento de naturaleza geológica, etnográfica o arquitectónica y que nos permita valorar tanto la ubicación de cada uno de los yacimientos como su estado y su situación actual y los riesgos a los que puedan verse sometidos.

Se ejecuta como es habitual en este tipo de trabajos mediante la utilización de diversas técnicas de prospección en base a las características puntuales de cada lugar (profundidad, estado de la mar, naturaleza del sustrato, navegabilidad etc).

Los trabajos se desarrollaron en fases que genéricamente denominamos:

4.- PLAN DE TRABAJOS

Una vez obtenido el permiso de control arqueológico por parte de la **Dirección Xeral do Patrimonio**, se procedió a la realización de las tres fases para llevar a cabo los trabajos:

1ª fase

Realización de una cartografía básica de trabajo

Se refiere a la situación de aquellos elementos de interés patrimonial en el área de estudio, conocidos por profesionales del mar que desarrollan su actividad en el área de actuación. Proyectar el esfuerzo de muestreo de cada técnica por zonas de interés a nivel cartográfico en función de la información previa disponible, tipo de fondo, profundidad etc.

Movilización y desmovilización de equipos

Incluye el embalado, traslado, desembalado y emplazamiento a bordo de todos los equipos necesarios para la realización de los trabajos y de los elementos necesarios que permitan su manejo por parte de los técnicos designados. Esta fase incluirá además su posterior retirada una vez concluida la campaña de prospección.

Dotación e instalación de equipos sobre el barco

Incluye el cableado y el montaje final de los equipos y elementos auxiliares a bordo de la embarcación.

2ª fase

Realización de las campañas de prospección

Consistió en la realización de una serie de recorridos (transectos) mediante embarcaciones dotadas de equipos de teledetección con objeto de detectar cualquier elemento de naturaleza arqueológica, etnográfica o arquitectónica y que nos permita valorar tanto la situación de cada uno de los yacimientos, como su estado y su situación actual y los riesgos a los que puedan verse sometidos.

Se ejecuta como es habitual en este tipo de trabajos mediante la utilización de diversas técnicas de prospección en base a las características puntuales de cada lugar (profundidad, estado de la mar, naturaleza del sustrato, navegabilidad etc).

Los trabajos se desarrollaron en fases que genéricamente denominamos:

- 1.- Estudios previos. Redacción del proyecto
- 2.- Trabajos de campo
- 3.- Análisis de la información
- 5.- Redacción de documentos y memoria final

Si bien cada una de las fases de la asistencia técnica están imbricadas entre sí, algunas se superponen en el tiempo y se ejecutan al unísono por personal diferente, lo que permite una mayor eficacia en el uso del plazo de ejecución.

La asignación de tiempos a las distintas fases de ejecución viene dada por la configuración y experiencia del equipo de trabajo, las labores a realizar y la amplitud de la zona de estudio que se oferta. Todo ello nos permite garantizar el plazo de ejecución ofertado en **3 meses** (para el conjunto de las fases), sin merma alguna de la calidad que se pretende.

El tiempo necesario para desarrollar las labores de prospección arqueológica vino dada por la capacidad de los medios técnicos a disposición de los trabajos y por la superficie a prospectar. Con los medios disponibles y dada la superficie afectada fueron necesarios **catorce días** de trabajo, una vez desplazados los medios al área de estudio y obtenidos los permisos necesarios

Las fechas definitivas de prospección fueron del 11 al 25 de Julio de 2008.

3ª fase

Trabajos de gabinete.

Entre los trabajos específicos de esta fase están el análisis de la documentación de los estudios previos y de los resultados de la segunda fase detallada más arriba.

Se acometieron las gestiones e informes necesarios para cumplir con las exigencias de la ***Dirección Xeral do Patrimonio***.

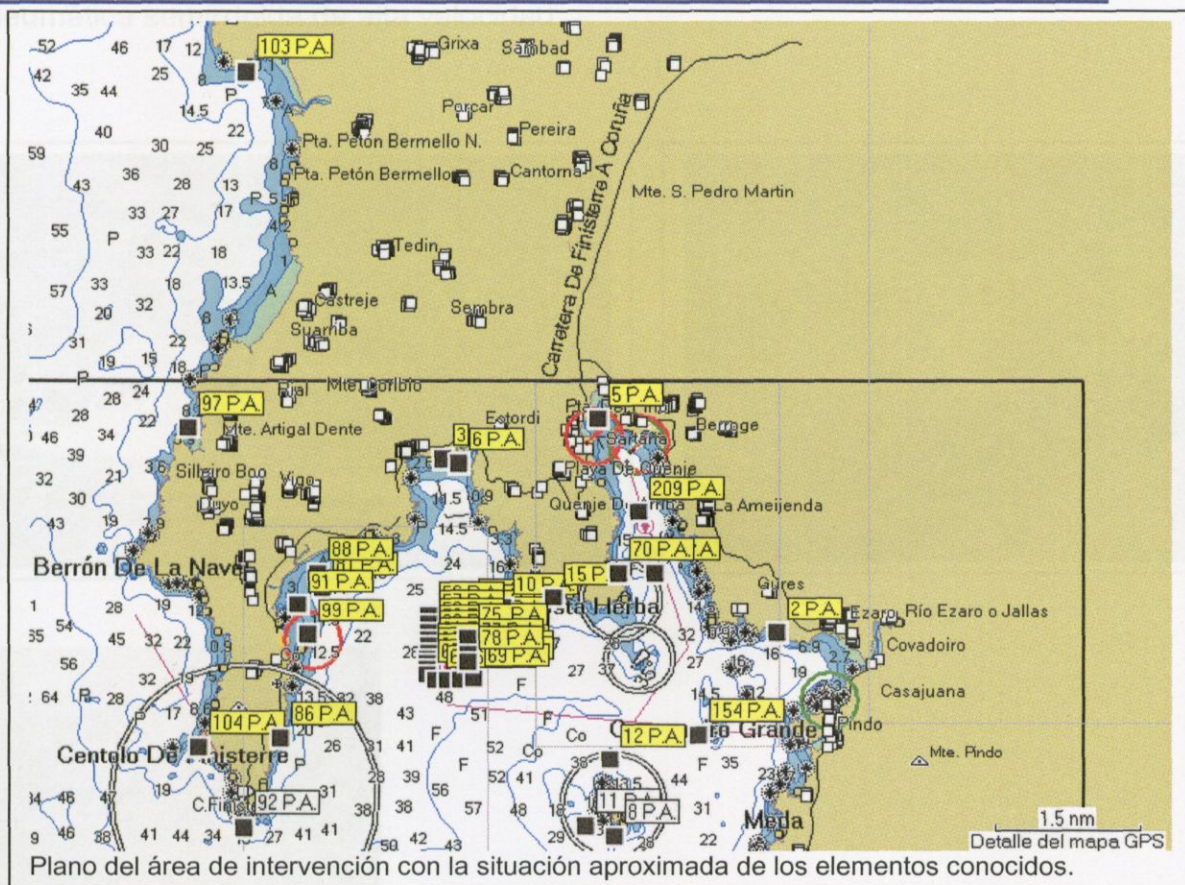
Una parte importante es la edición de documentos. Especial esmero merecerá el dossier fotográfico y la guía ilustrada de hallazgos así como su inventario detallado.

Los procesadores de textos serán *Word* y la cartografía arqueológica está realizada en multiformato digital compatible con los estándar de cartografía y SIG.

Sistema de tratamiento de la información

Los resultados de la prospección son compatible con un sistema GIS que permitan una rápida localización de los mismos y acceso como a la información.

Todas las tareas relacionadas con arqueología son compatibles con ser tratadas mediante un programa informático específico; el Site Recorder 4, desarrollado por 3H Consulting. O cualquier otro Sistema de Información Geográfica (SIG), diseñado especialmente para el trabajo arqueológico en el medio marítimo.



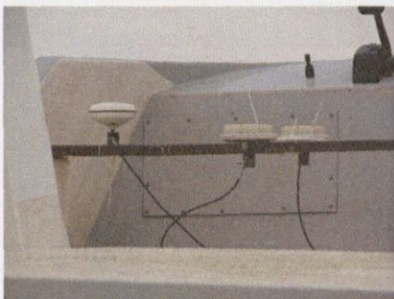
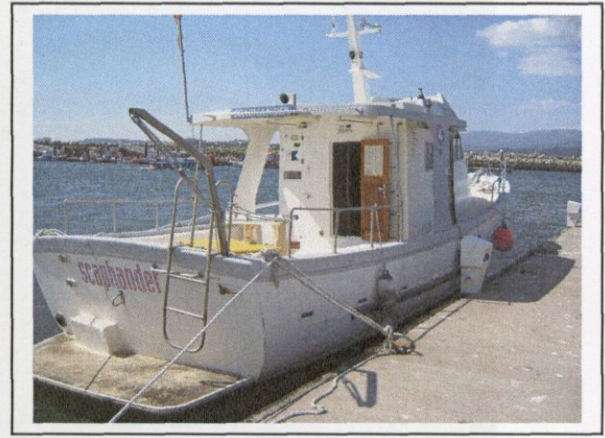
5.- MATERIAL Y METODOS

La **prospección geofísica** hizo uso de los siguientes medios:

- Embarcaciones

El soporte físico de todos los elementos necesarios para la realización de la intervención planteada será una embarcación específica para prospección submarina. Esta dotado de todos los medios precisos para albergar los equipos de prospección y contó con todos los permisos y certificados oficiales que permiten realizar la tarea propuesta. El barco hidrográfico "Scaphander" tiene base en el puerto de Rianxo

Se contó como elemento de apoyo y seguridad con una embarcación neumática semirrígida de alta velocidad.



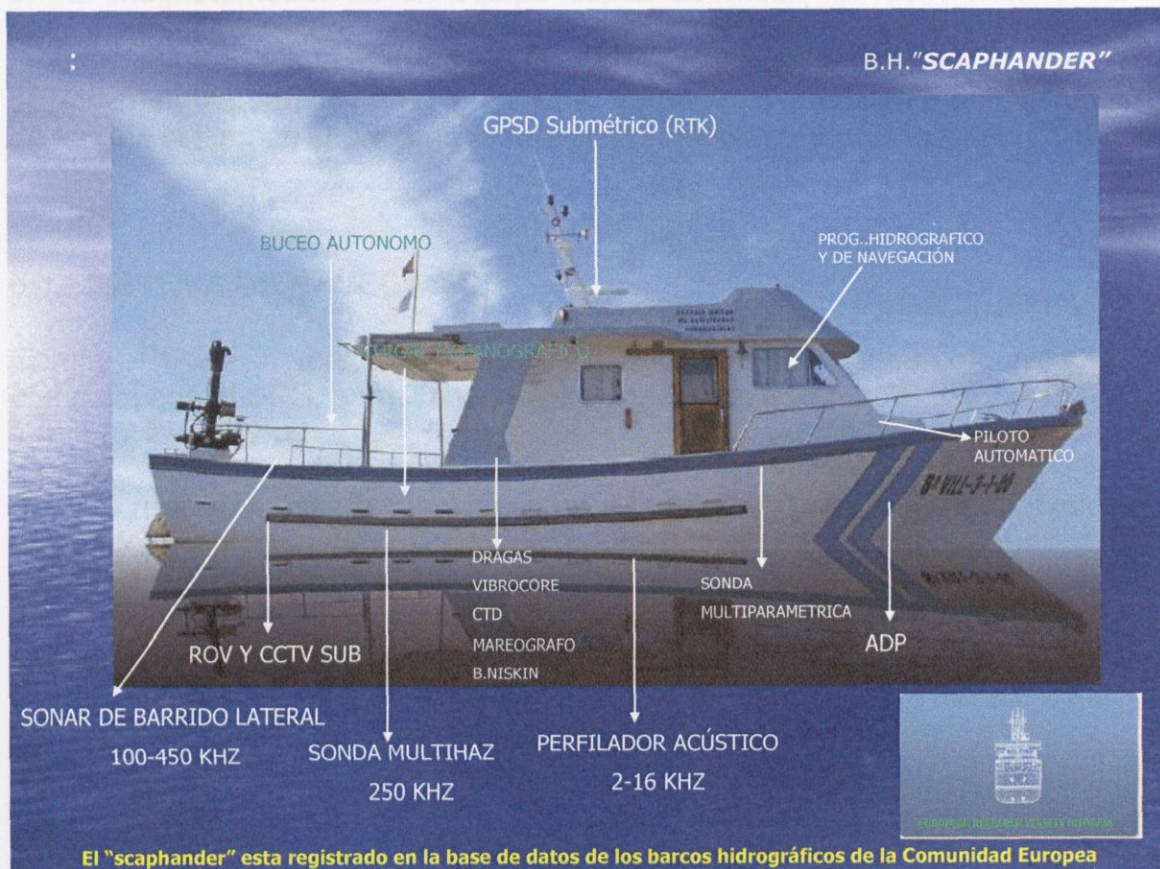
Sistema de posicionamiento GPSD

2.- Sonar de barrido lateral: es un equipo de geoaústica capaz de realizar registros del fondo marino superficial clasificando los fondos en función de su reflectividad. Esta reflectividad está en relación directa con la dureza y textura de los materiales, así marca oscuro los fondos rocosos y mas claros los sedimentarios.



Sistema de navegación vía software y piloto automático

5.- El magnetómetro es un equipo capaz de medir las demandas pes del



El "scaphander" está registrado en la base de datos de los barcos hidrográficos de la Comunidad Europea

Una de las características importantes que hay que destacar de CompaGPS es que descarga mapas gratuitos de internet en formato de imagen (mapas escaneados).

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS

1.- Sistema de navegación: permite gestionar la planificación de la campaña ayudando a gobernar el barco y realizar las rutas necesarias para poder cubrir el área de estudio de forma precisa y sistemática.

2.- Sonar de barrido lateral: es un equipo de geoacústica capaz de realizar registros del fondo marino superficial clasificando los fondos en función de su reflectividad. Esta reflectividad está en relación directa con la dureza y textura de los materiales, así marca oscuro los fondos rocosos y mas claros los sedimentarios.

3.- La sonda multihaz: es un equipo similar al sonar de barrido lateral capaz de hacer una representación en 3 dimensiones del fondo marino. Ayuda a dibujar el fondo marino resaltando el relieve con extremada precisión.

4.- El Perfilador acústico: es una sonda de gran potencia capaz de penetrar en los sustratos sedimentarios reflejando las ondas acústicas en aquellos objeto que se encuentre enterrado en el sedimento, dando información del tamaño y posición en la que se encuentra respecto al fondo marino.

5.- El magnetómetro: es un equipo capaz de medir las desviaciones del campo magnético que habitualmente están causadas por acúmulos de metales sobre el fondo marino; por lo que es especialmente útil para detectar pecios con abundantes partes metálicas. Se muestra eficaz en todos los tipos de fondos si bien en sobre fondos rocoso donde se hace mas útil.

5.1.- SISTEMA DE NAVEGACION

CompeGPS es un versátil software de navegación que posee comunicación completa con el GPS, permitiendo el intercambio de información GPS↔PC de forma fácil y cómoda.

Permite realizar múltiples funciones con rutas, tracks, mapas y otros objetos, pudiéndose cargar y descargar tracks, waypoints y rutas del ordenador al GPS y viceversa de forma rápida y sencilla.

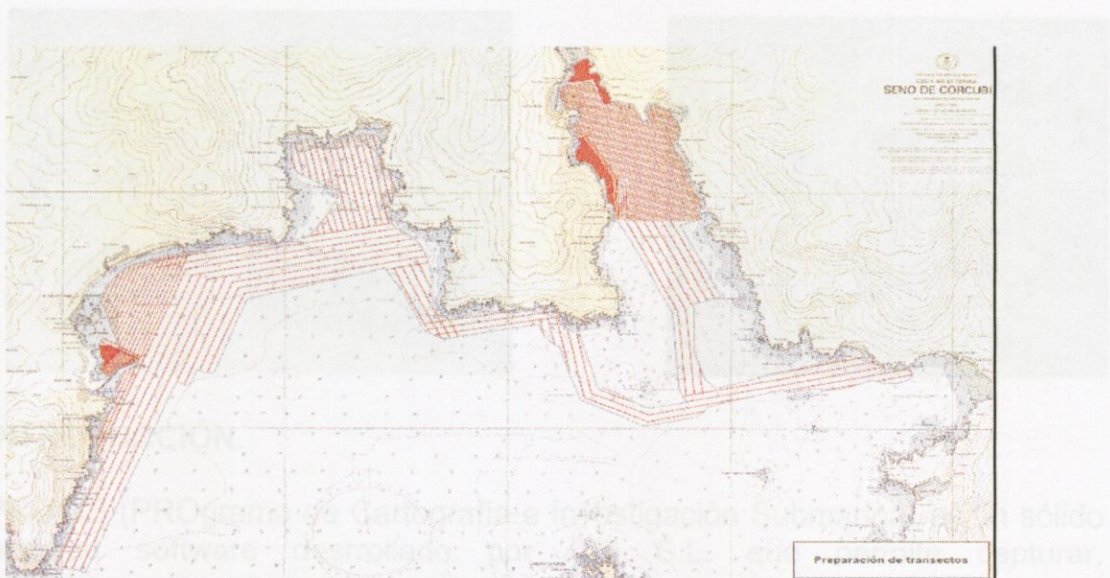
Las innumerables posibilidades que ofrece lo hacen ideal para poder crear, realizar y analizar todo tipo de rutas.

MAPAS

Una de las características importantes que hay que destacar de CompeGPS es la utilización de mapas. CompeGPS descarga mapas gratuitos de internet y permite la utilización de mapas en formato de imagen (mapas escaneados en papel), como por ejemplo archivos *.JPG o *.PNG entre otros. Para la utilización de estos mapas (imágenes) en CompeGPS previamente hay que calibrarlos para situarlos en la superficie terrestre, opción también incluida en el programa.

Otra ventaja de CompeGPS es que permite abrir más de un mapa al mismo tiempo encajándolos perfectamente. Es compatible con múltiples formatos de mapas: *.jpg, *.bmp, *.png, *.map, *.tif, *.ecw, *.sid, *.kap, *.geo, *.mpv, *.e00, *.dxf, *.dwg.

5.2.- SONAR DE BARRIDO LATERAL



Planificación de la campaña.

WAYPOINTS, RUTAS Y TRACKS.

Desde **CompeGPS** se puede trabajar con waypoints y rutas cómodamente. Permite crear waypoints y rutas sobre cualquier mapa abierto, por lo que crear y localizar waypoints es una tarea sumamente fácil.

De igual modo, el trabajo con tracks es sumamente sencillo pudiendo ser estos almacenados y posteriormente recargados para su análisis.

Resultados:

Se han cartografiado más de 46 km² de fondos marinos con 268 Km de navegación ejecutados

5.2.- SONAR DE BARRIDO LATERAL



INTRODUCCIÓN.

PROCIS (PROgrama de Cartografía e Investigación Submarina) es un sólido paquete software desarrollado por CIS S.L. que permite capturar, georreferenciar, almacenar y visualizar la información proporcionada por el sónar de barrido lateral Dual Frequency Side Scan Sonar de GeoAcoustics y un GPS, todo ello de forma automática y en tiempo real, utilizando un único PC y sin necesidad de emplear grandes impresoras térmicas e interminables rollos de registro en papel.

La aplicación se ejecuta sobre sistema operativo Linux lo que le confiere una gran robustez y fiabilidad.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

Como ya se ha dicho PROCIS va a emplear dos sensores para su funcionamiento: un DGPS conectado a un puerto serie RS-232 y un sónar de barrido lateral o Side Scan Sonar (SSS) que estará conectado a través de un transceiver a la tarjeta de sonido del PC.

El sónar de barrido lateral con el que se cuenta en la empresa es el Dual Frequency Side Scan Sonar de GeoAcoustics que aparece en la Figura 1. Se trata de un sensor de sonografía multihaz, que permite disponer de batimetría y reflectividad de la totalidad de la superficie de trabajo, no dejando espacio a la extrapolación de datos. Se compone de una unidad de superficie o transceiver (modelo SS941) y de un vehículo de arrastre o pez (modelo 159D) que aloja un multiplexor (modelo SS982) y dos transductores de doble frecuencia (modelo 196D, 100kHz y 500kHz), uno para el canal de babor y el otro para el de estribor. Las dos unidades se conectan mediante un cable coaxial que actúa a su vez de cable de arrastre.

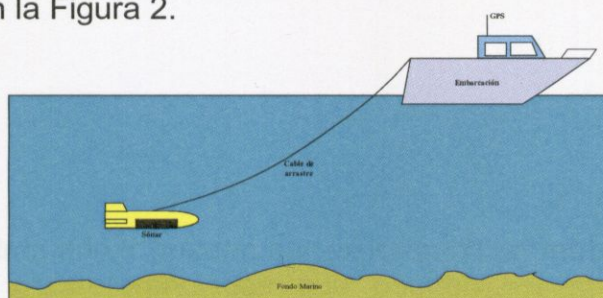


Dual Frequency Side Scan Sonar de GeoAcoustics

El transceiver le permite al usuario controlar diversos parámetros de forma sencilla. La unidad incluye controles estándar tales como: Ganancia, Ganancia Variable en el Tiempo (TVG) y Control Automático de Ganancia (AGC) con controles duplicados para el canal de babor y el de estribor. Así mismo permite controlar la frecuencia de operación, que puede ser establecida a 100 o 500 kHz.

El hecho de contar con dos frecuencias de funcionamiento diferentes permite flexibilizar el compromiso resolución-penetración. Con frecuencias de 100kHz se tiene mayor capacidad de penetración en el sustrato pero menor resolución en la detección de pequeños objetos mientras que con la de 500kHz ocurre lo contrario.

El esquema de montaje de los diferentes sensores sobre la embarcación puede observarse en la Figura 2.



Montaje de los sensores para el funcionamiento con PROCIS

FUNCIONAMIENTO.

PROCIS almacena los datos adquiridos por el GPS y el sónar en una base de datos relacional empleando para ello un sistema gestor de bases de datos MySQL.

A partir de los datos capturados por el GPS (que proporcionan la situación de la embarcación), se estiman los datos de situación del sónar, empleando para ello algoritmos de posicionamiento que utilizan como parámetros la profundidad la distancia del sónar al fondo y la longitud del cable de arrastre. Se dispone de este modo de **registro sónar perfectamente georreferenciado.**



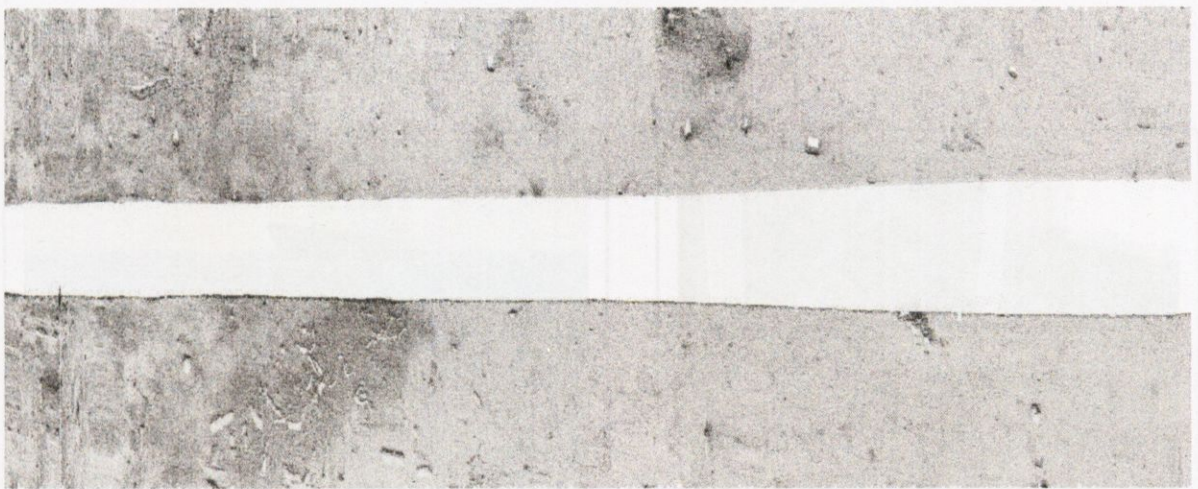
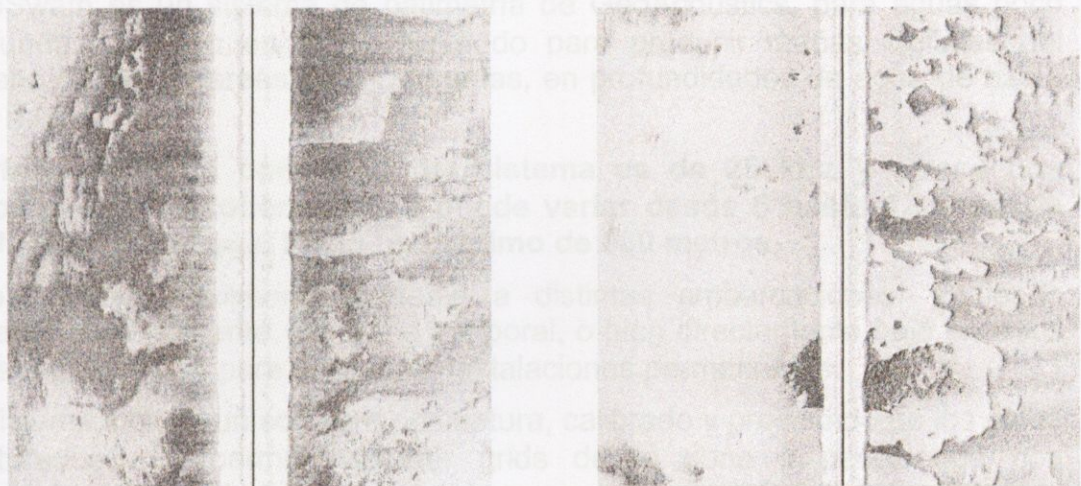


Figura 15: Registro sonar.

Finalmente los registros sónar pueden ser exportados en forma de imágenes GeoTiff, totalmente georreferenciadas que pueden ser manipuladas por cualquier GIS (Geographical Information System).



Ejemplos de registro sónar capturados con PROCIS

Resultados:

9 perfiles ejecutados con sonar de 500 khz, 18 km de registros de sonar (Véase anexo en DVD y anexos cartográficos)

5.3.- Sonda multihaz



INTRODUCCIÓN.

GeoSwath es un sistema de batimetría de GeoAcoustics, para aguas poco profundas, basado en PC y diseñado para producir mapas digitales del terreno (DTM) de áreas inspeccionadas, en profundidades de agua de hasta 200 metros.

La frecuencia de operación del sistema es de 250kHz y ofrece una amplia zona de cobertura que puede variar desde 6 hasta 12 veces la profundidad de agua, hasta un máximo de 600 metros.

GeoSwath es fácilmente portable a distintas embarcaciones, pudiendo instalarse lateralmente, de forma temporal, o bien directamente bajo el casco de la embarcación para el caso de instalaciones permanentes.

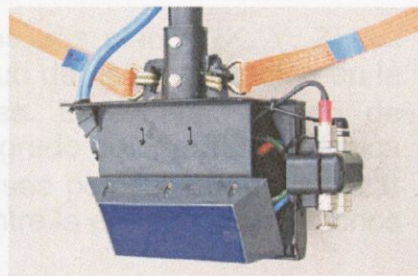
El sistema incluye un software de captura, calibrado y procesado de los datos capturados que permite obtener grids de la zona inspeccionada con correcciones de velocidad del sonido y mareas y en diferentes formatos de archivo (ASCII, GRD, etc).

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

GeoSwath se compone de una unidad de adquisición y procesado de datos basado en un PC, dos transductores, el cableado asociado y todo el software necesario de forma que, cuando se conecta con los sensores externos apropiados (GPS, giróscopo, etc), el usuario puede capturar, procesar, visualizar e imprimir datos de batimetría y de sónar de barrido lateral de alta resolución.



Unidad de adquisición y procesamiento de datos



Montaje de los transductores.

Cada transductor de GeoSwath cuenta con un elemento transmisor y cuatro elementos receptores. Como si de un sonar de barrido lateral se tratase, los transmisores generan pulsos cortos de energía acústica que se propagan a la velocidad del sonido en el agua y rebotan sobre el lecho marino en una estrecha tira perpendicular a la dirección de avance de la embarcación. El tiempo total empleado por la señal en volver desde el lecho marino se mide y utiliza para determinar la distancia, mientras que los pequeños retardos temporales entre los receptores desigualmente espaciados se miden y utilizan para determinar el ángulo de procedencia.

Esto es suficiente para proporcionar medidas precisas de distancia e inclinación relativas a la posición de los transductores y a la embarcación sobre la cual éstos se encuentran montados.

La resolución en la medida de la distancia es de una longitud de onda, esto es:

$$\text{Resolución} = \frac{\text{velocidad del sonido}}{\text{frecuencia de operación}} = \frac{1500 \text{ m/s}}{250 \text{ kHz}} = 6 \text{ mm}$$

Así pues la precisión en las medidas de distancia depende de la precisión absoluta de la frecuencia sonar transmitida (la cual es de ± 100 partes por millón o $\pm 0.01\%$) y de la corrección de la velocidad del sonido. Por lo tanto las incertezas en la medida de la velocidad del sonido en la columna de agua, aunque pequeñas, parecen ser el mayor contribuyente al error de distancia.

Por su parte la resolución de la medida de fase de cada uno de los cuatro elementos receptores es de 1.4° . Cuando las fases de los cuatro elementos se combinan para dar una medida del ángulo, la resolución angular es de 0.04° . Nuevamente en esta medida va a influir la naturaleza de la propagación del sonido en el agua.

SENSORES ADICIONALES.

Como ya se ha dicho, el sistema GeoSwath proporciona medidas de posición de puntos del lecho marino relativas a la posición de los transductores. Para convertir estas posiciones relativas en posiciones absolutas, es necesario medir la orientación y la posición tridimensional de los transductores empleando sensores adicionales.

Sensor de movimiento.

Para posicionar correctamente cada punto en los tres planos (X, Y, Z), es necesario medir el movimiento continuo y la actitud de la embarcación en la que se encuentran instalados los transductores. El cabeceo, grado de inclinación y balanceo deben medirse con un alto grado de precisión dinámica y tan cerca de los transductores acústicos como sea posible, para minimizar así errores causados por el movimiento relativo entre la embarcación y dichos transductores.

Para medir todos estos parámetros e introducir las correcciones oportunas, se dispone del sensor de movimiento "Seatex MRU5" montado entre ambos transductores para maximizar así la precisión de las correcciones. Esta unidad se conecta directamente al GeoSwath y típicamente proporciona datos a una velocidad de 20Hz lo cual proporciona una muy buena compensación de movimiento en tiempo real.

Sensor de rumbo.

La dirección de navegación debe ser conocida y actualizada a una velocidad lo suficientemente alta para minimizar errores en la visualización de la trayectoria seguida por la embarcación.

Para conocer este dato se dispone de un giróscopo "TTS Meridiam" que también se conecta directamente al GeoSwath.

Sensor de navegación.

Debe conocerse la posición absoluta (en términos de latitud y longitud o esating y northing) de la embarcación para poder posicionar con exactitud los datos adquiridos. Estos datos son proporcionados por un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Actualmente el DGPS (GPS Diferencial) es el sistema de navegación más empleado encontrándose la precisión de este sistema por debajo de un metro.

En el CIS se cuenta con el "Vector GPS", siendo éste un DGPS que proporciona sentencias NMEA para puerto serie a una velocidad de 1Hz y por tanto directamente conectable al GeoSwath.

Sensor de velocidad del sonido.

La velocidad del sonido en el agua puede variar desde los 1400m/sg hasta los 1550m/sg. Esta variación es debida, en gran parte, a variaciones en la salinidad y temperatura y no es constante a lo largo de la columna de agua.

Como GeoSwath es un sistema de amplia cobertura y pensado para aguas poco profundas, las diferencias en la longitud del camino y la refracción del sonido pueden llevar a errores significativos en las partes exteriores de los transectos.

Con el fin de evitar estos errores es necesario obtener un perfil de la velocidad del sonido en la columna de agua. Para ello se dispone de un perfilador "Valeport 650" que se comunica con el PC a través de puerto serie

y proporciona un fichero de texto con una relación de velocidades del sonido para las diferentes profundidades.

PROTOCOLO DE TRABAJO.

El protocolo de trabajo con el sistema GeoSwath se divide en cuatro fases claramente diferenciadas: planificación, montaje de equipos, adquisición y procesado.

Fase de planificación.

En esta primera fase se recaba toda la información necesaria relativa a la zona de trabajo (cartas náuticas, fotos aéreas, planos de obra, ...) que permita, entre otras cosas, determinar los accesos a la zona, conocer sus infraestructuras (rampas para botar la embarcación, grúas, etc), estudiar los mejores emplazamientos para la colocación de mareógrafos y equipos de posicionamiento, y, lo más importante, permita conocer si existe algún tipo de peligro u obstáculo para la navegación (bajos, otras embarcaciones, boyas, ...).

A continuación, sobre uno de estos mapas se trazan líneas paralelas planificando de este modo los recorridos que posteriormente realizará la embarcación en la fase de adquisición. Generalmente estas líneas suelen trazarse sobre carta náutica con una separación entre ellas de 4.5 veces la profundidad de agua, de forma que se garantiza un solape de datos que permite obtener gran redundancia y evitar que queden zonas sin prospectar. Un ejemplo de planificación de campaña es el que aparece en la Figura 3.

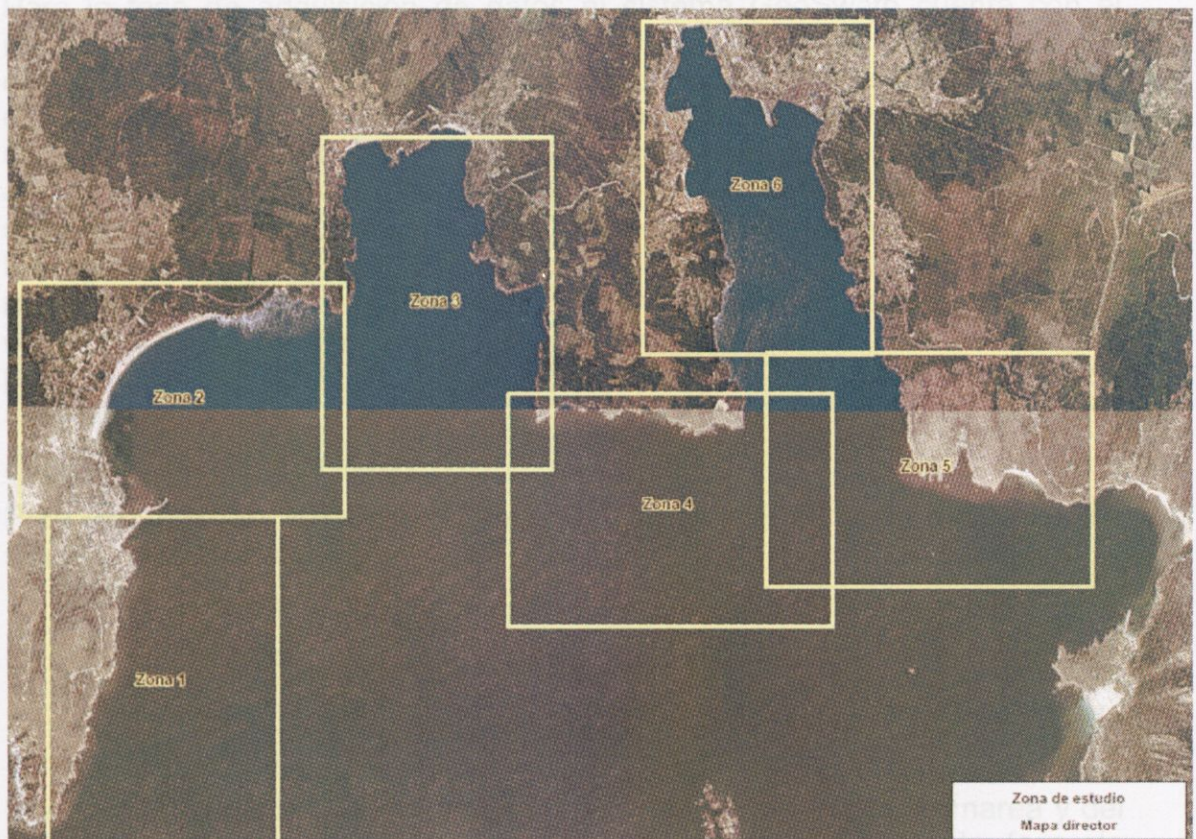
Ejemplo de planificación de campaña.

Fase de montaje de equipos.

En esta fase son varios los trabajos que se llevan a cabo. Por un lado es necesario instalar un mareógrafo en la zona de trabajo que posteriormente nos permita aplicar las correcciones de marea en la fase de procesado de datos. Este mareógrafo se instala generalmente en el fondo y nos proporcionará una curva de marea relativa a su posición. Con el fin de ajustar esta curva al cero de la zona de trabajo se instala un GPS RTK en una base conocida y se toman lecturas de la marea periódicamente, durante la fase de adquisición, de forma que posteriormente podremos desplazar la curva proporcionada por el mareógrafo para que coincida con los valores medidos con el GPS.

A continuación se instalan el transductor y el resto del equipo en la embarcación, se realizan las conexiones necesarias y se miden los offsets entre la situación de la antena del GPS y el transductor así como la distancia de éste a la superficie del agua.

Una vez está todo instalado se comprueba que todos los sensores funcionan correctamente y envían sus datos sin ningún tipo de problema y se ajusta la hora del PC para que coincida exactamente con la proporcionada por el GPS.



Ejemplo de planificación de campaña.

Fase de montaje de equipos.

En esta fase son varios los trabajos que se llevan a cabo. Por un lado es necesario instalar un mareógrafo en la zona de trabajo que posteriormente nos permita aplicar las correcciones de marea en la fase de procesado de datos. Este mareógrafo se instala generalmente en el fondo y nos proporcionará una curva de marea relativa a su posición. Con el fin de ajustar esta curva al cero de la zona de trabajo se instala un GPS RTK en una base conocida y se toman lecturas de la marea periódicamente, durante la fase de adquisición, de forma que posteriormente podremos desplazar la curva proporcionada por el mareógrafo para que coincida con los valores medidos con el GPS.

A continuación se instalan el transductor y el resto del equipo en la embarcación, se realizan las conexiones necesarias y se miden los offsets entre la situación de la antena del GPS y el transductor así como la distancia de éste a la superficie del agua.

Una vez está todo instalado se comprueba que todos los sensores funcionan correctamente y envían sus datos sin ningún tipo de problema y se ajusta la hora del PC para que coincida exactamente con la proporcionada por el GPS.

Fase de adquisición de datos.

Para la fase de adquisición de datos el sistema GeoSwath cuenta con el módulo software GeoSwath32 que permite adquirir datos puros en tiempo real. Durante esta fase la embarcación recorre los transectos establecidos durante la fase de planificación con ayuda de un software de navegación, a una velocidad constante que puede andar entre los 4 y 6 nudos aproximadamente. En la fase de adquisición, GeoSwath32 proporciona una serie de ficheros ".dat" (uno por cada transecto) con datos puros (raw data) a los que no se les ha aplicado ningún tipo de corrección (velocidad del sonido, mareas, parámetros de calibrado...). En medio de esta fase es necesario obtener al menos un perfil de la velocidad del sonido en la columna de agua, para lo cual se utiliza el perfilador de velocidad del sonido mencionado anteriormente.

Fase de procesamiento de datos.

Para esta fase del trabajo, el sistema GeoSwath cuenta, entre otros, con los siguientes módulos:

- Calibrator32: Sistema de calibración de GeoSwath.
- Swath32: Post-procesado de los datos puros.
- Gridder32: Visualización de los datos procesados y generación de grids.

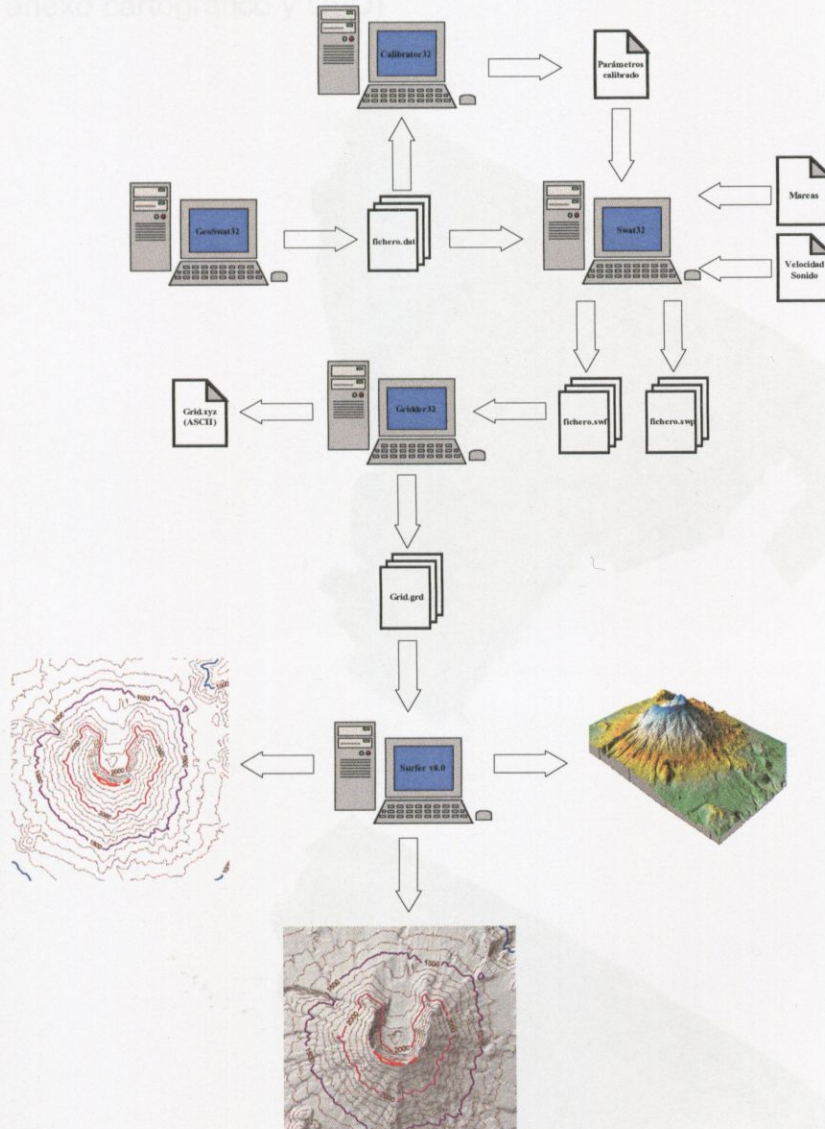
Una vez se han adquirido los datos y se dispone de la curva de marea y del perfil de velocidad del sonido, ya se puede comenzar con la fase de procesamiento de los datos. En esta fase es necesario llevar a cabo un proceso de calibración previo para determinar una serie de parámetros concernientes a la posición relativa de los transductores con respecto al giróscopo y al sensor de movimiento. A continuación cada uno de los transectos es procesado y filtrado individualmente, mediante Swath32, aplicándosele todas las correcciones mencionadas. Con este procesamiento se pueden obtener ficheros de batimetría ".swf" y ficheros de imagen sónar ".swp". Posteriormente los ficheros ".swf" se cargan en Gridder32 pudiéndose generar una grid de puntos en diferentes formatos (ASCII, GRD para Surfer, etc) y de diferentes medidas (0.5m, 1m, 5m...). Los ficheros ".swp" también pueden ser cargados en Gridder32 para formar un mosaico de imagen sónar.

Finalmente los ficheros ".grd" pueden ser manipulados con el software Surfer v8.0 que permite obtener diferentes tipos de mapas (curvados, mapas de superficie, levantamientos 3D...). A continuación se presenta, de forma gráfica, un esquema simplificado del funcionamiento de GeoSwath.

RESULTADOS REALES.

A continuación se presentan una serie de resultados reales obtenidos en la campaña y que permiten observar la gran potencialidad del equipo.

Se han realizado 89 perfiles lo que supone 137 Km de registros de sonar 250 khz y levantamiento en 3D. Se han detectado 128 anomalías de interés (ver anexo cartográfico y

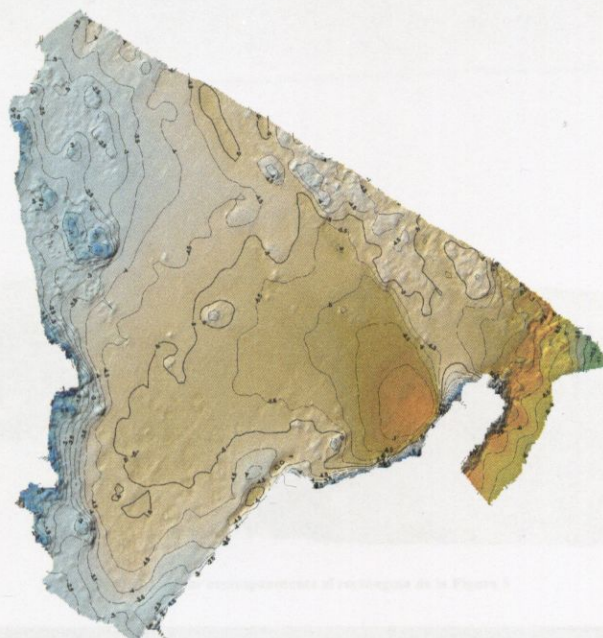


Esquema simplificado del funcionamiento de GeoSwath

RESULTADOS REALES.

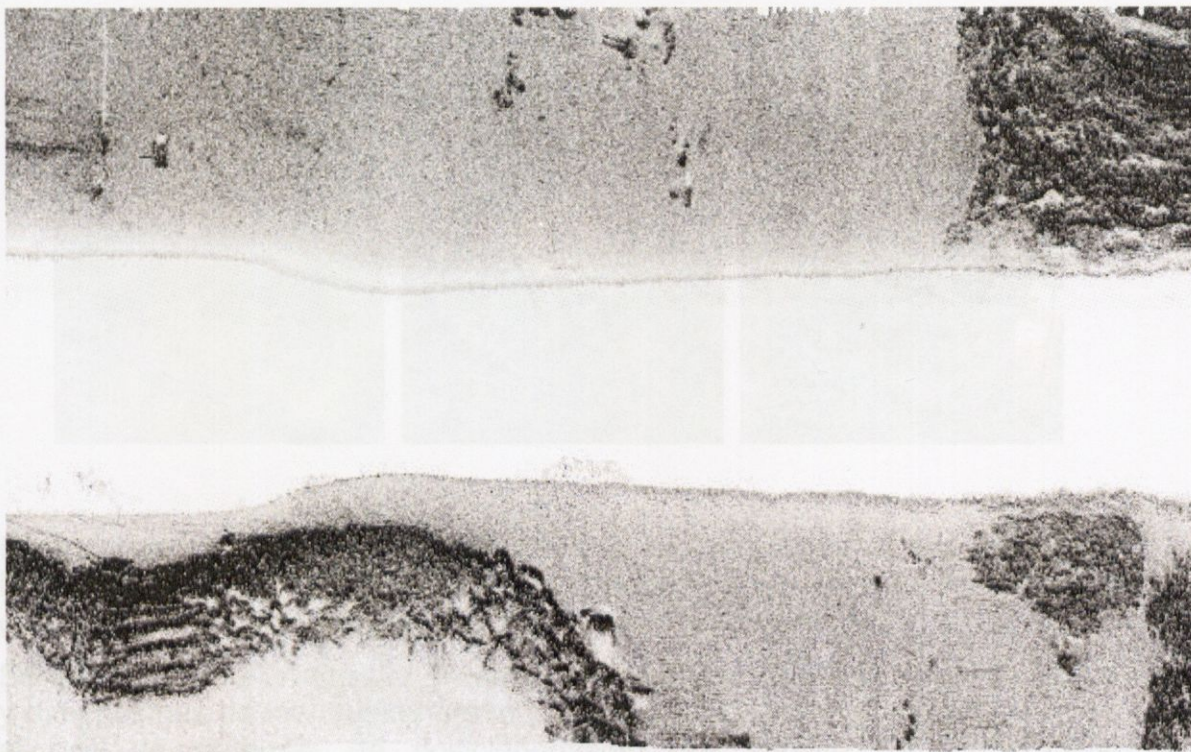
A continuación se presentan una serie de resultados reales obtenidos en la campaña y que permiten observar la gran potencialidad del equipo.

Se han realizado 89 perfiles lo que supone 137 Km de registros de sonar 250 khz y levantamiento en 3D. Se han detectado 128 anomalías de interés (ver anexo cartográfico y DVD)

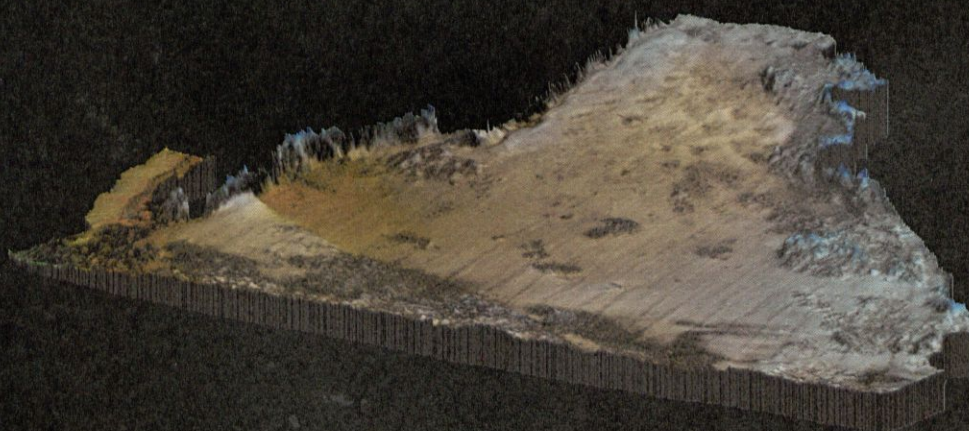


Mosaico sónar

5.4 - Perfilador de sedimentos

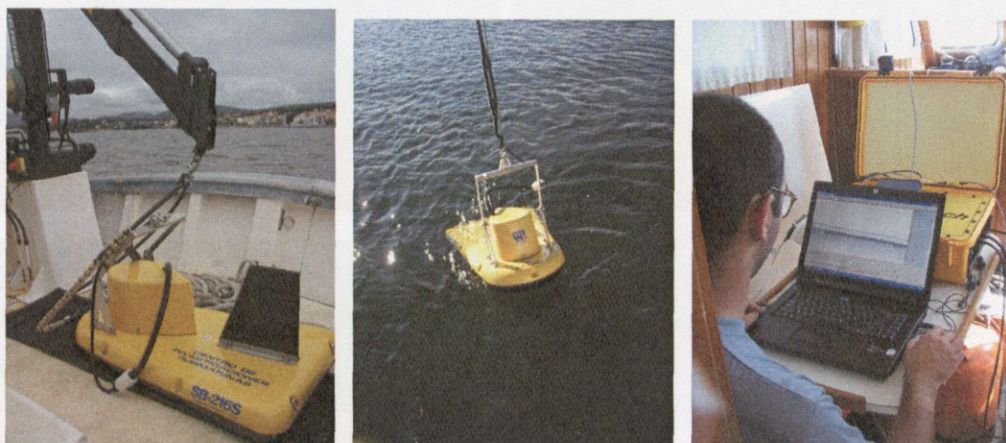


Transecto sónar correspondiente al rectángulo de la Figura 5



Levantamiento 3D

5.4.- Perfilador de sedimentos

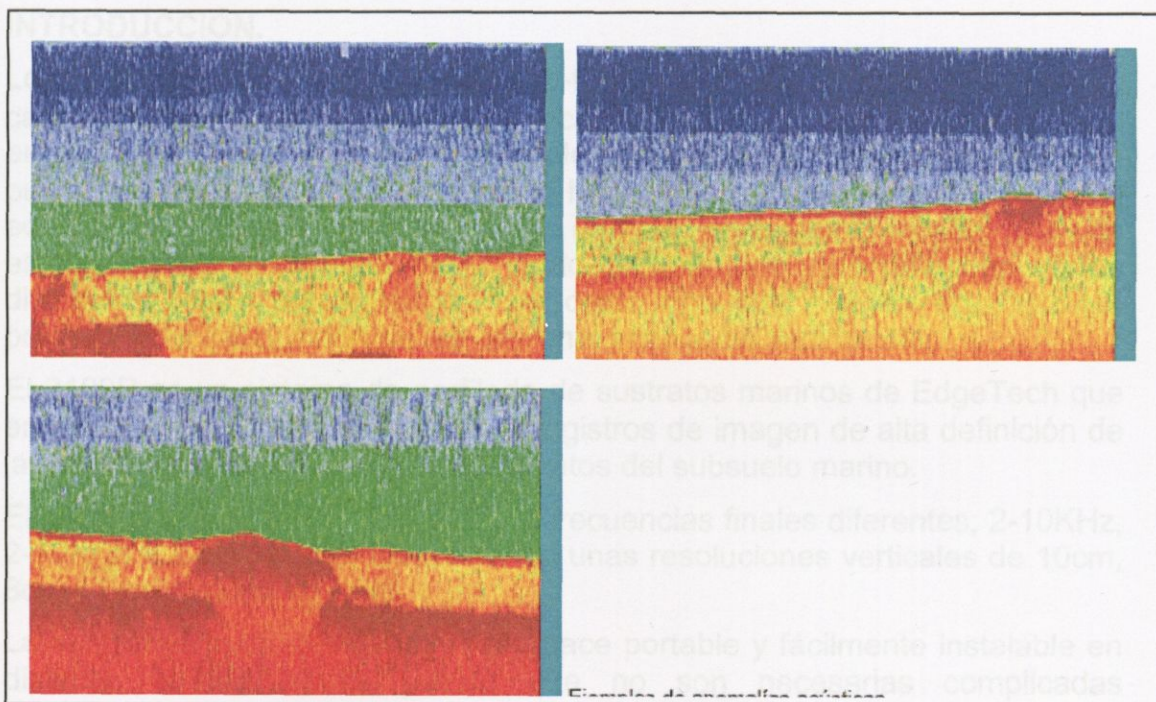


Este sistema de teledetección tiene por objeto el estudio de los elementos inmersos en la matriz estratigráfica. Su detección se produce por técnicas geoacústicas capaces de penetrar en las capas sedimentarias.

Se confeccionará un dossier de anomalías estratigráficas donde la ubicación y dimensiones de los objetos serán dados con precisión centimétrica gracias al uso de sistemas de posicionamiento por satélite GPS diferencial topográficos (sistemas RTK).

Como es habitual la prospección en este caso se realizará mediante el trazado de transeptos paralelos que permitan conocer la situación sedimentaria del área a prospectar.

Sonografía realizada en 2002 por nuestro equipo en Huelva y que muestra un posible pecio antiguo.



En caso de detectar alguna anomalía de interés se efectuará una más densa cuadrícula que permita conocer más en profundidad las características del contacto localizado.



Sonografía captada en 2002 por nuestro equipo en Rande y que muestra un posible pecio antiguo

INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de perfilado del sub-fondo se utilizan para identificar y caracterizar capas de sedimentos o roca bajo el lecho marino. La técnica que emplean es similar a la de una simple ecosonda; un transductor emite un pulso de sonido verticalmente dirigido hacia el fondo y un receptor recoge el eco del pulso una vez que este ha sido reflejado en el lecho marino. Partes de este pulso van a penetrar en el fondo sedimentario y se reflejarán en las diferentes capas del subsuelo. Los datos obtenidos usando este sistema proporcionan información de las diferentes capas de sedimentos.

El 3100P es un sistema de perfilado de sustratos marinos de EdgeTech que emplea pulsos CHIRP para obtener registros de imagen de alta definición de la estructura y disposición de los sustratos del subsuelo marino.

El sistema puede emitir 3 pulsos con frecuencias finales diferentes, 2-10KHz, 2-12KHz y 2-15KHz que proporcionan unas resoluciones verticales de 10cm, 8cm y 6cm respectivamente.

La sencilla estructura del sistema lo hace portable y fácilmente instalable en distintas embarcaciones puesto que no son necesarias complicadas infraestructuras para su instalación.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El 3100P se compone de una unidad de adquisición y procesamiento de datos basado en un PC portátil con el software apropiado, una unidad de cubierta donde se procesa y acondiciona la señal recibida, un vehículo de arrastre (modelo SB-216S) donde se alojan los transductores y, por último, todo el cableado necesario para interconectar las diferentes partes.

El sistema emplea una tecnología CHIRP de espectro completo propietaria de EdgeTech. Ésta consiste en transmitir un pulso FM que es linealmente desplazado sobre todo el espectro de un determinado rango de frecuencias en un tiempo determinado (por ejemplo 2-16kHz durante 20 milisegundos). El eco acústico recibido en los hidrófonos se pasa a través de un filtro de compresión de pulsos, generando imágenes de alta resolución de la estratigrafía del sub-fondo en océanos, lagos y ríos.



Vehículo de arrastre SB-216S



Unidades de procesamiento y adquisición.



Puesto que el pulso FM se genera con un conversor analógico-digital con un amplio rango dinámico y un transmisor con componentes lineales, la energía, amplitud y fase características del pulso acústico se pueden controlar de forma muy precisa. Esta precisión proporciona una gran repetitividad y definición de señal necesarias para la clasificación de sedimentos.

A continuación se muestra una pequeña tabla con las principales características técnicas del sistema.

Rango de frecuencias	2-16kHz
Pulsos (seleccionables por el operador)	2-16kHz / 2-12kHz / 2-10kHz
Resolución Vertical	6cm / 8cm / 10cm
Apertura de Haz	17° / 20° / 24°
Penetración típica en arenas calcáreas gruesas	6m
Penetración típica en arcillas	80m

Características técnicas.

SENSORES ADICIONALES.

Sistema de navegación.

Debe conocerse la posición absoluta (en términos de latitud y longitud o easting y northing) de la embarcación para poder posicionar con exactitud los datos adquiridos. Estos datos son proporcionados por un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Actualmente el DGPS (GPS Diferencial) es el sistema de navegación más empleado encontrándose la precisión de este sistema por debajo de un metro.

En el CIS se cuenta con el "Vector GPS", siendo éste un DGPS que proporciona sentencias NMEA para puerto serie a una velocidad de 1Hz y por tanto directamente conectable al 3100P a través de un conversor RS232-USB

PROTOCOLO DE TRABAJO.

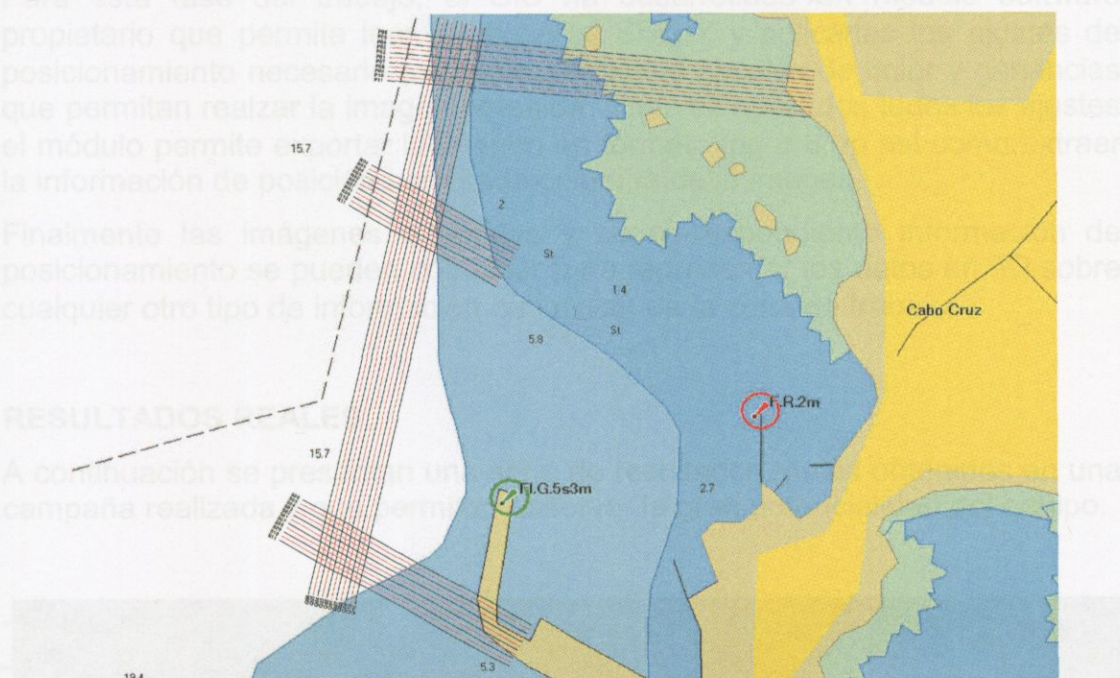
El protocolo de trabajo con el sistema 3100P se divide en cuatro fases claramente diferenciadas: planificación, montaje de equipos, adquisición y procesado.

Fase de planificación.

En esta primera fase se recaba toda la información necesaria relativa a la zona de trabajo (cartas náuticas, fotos aéreas, planos de obra, ...) que permita, entre otras cosas, determinar los accesos a la zona, conocer sus

infraestructuras (rampas para botar la embarcación, grúas, etc.), y, lo más importante, permita conocer si existe algún tipo de peligro u obstáculo para la navegación (bajos, otras embarcaciones, boyas, ...).

A continuación, sobre uno de estos mapas se trazan líneas paralelas a lo largo de la zona de trabajo y otras paralelas perpendiculares a las anteriores dando como resultado una especie de cuadrícula. Esta cuadrícula constituye los recorridos que posteriormente realizará la embarcación en la fase de adquisición. Generalmente estas líneas suelen trazarse sobre carta náutica con una separación entre ellas que puede ir desde los 5m hasta la separación máxima que se precise, dependiendo siempre de las necesidades finales del cliente. Un ejemplo de planificación de campaña es el que aparece en la siguiente Figura.



Ejemplo de planificación de campaña.

Fase de montaje de equipos.

Esta fase es sumamente sencilla y consiste simplemente en conectar el vehículo de arrastre con la unidad de cubierta y ésta con el PC portátil de adquisición de datos. A continuación se instala y conecta el GPS también con el PC.

Una vez está todo instalado se sumerge el vehículo de arrastre en el agua, se comprueba que todos los sensores funcionan correctamente y envían sus datos sin ningún tipo de problema y se ajusta la hora del PC para que coincida exactamente con la proporcionada por el GPS.

Fase de adquisición de datos.

Para la fase de adquisición de datos el sistema 3100P cuenta con el módulo software Discover que permite adquirir datos puros en tiempo real. Durante

esta fase la embarcación recorre los transectos establecidos durante la fase de planificación con ayuda de un software de navegación, a una velocidad constante que puede andar entre los 3 y 5 nudos aproximadamente. En la fase de adquisición, el software Discover proporciona una serie de ficheros ".sgy" (uno por cada transecto) con datos almacenados en formato SEG-Y, un formato estándar utilizado en el mundo de la sismología. Durante la fase de adquisición es necesario tener controlada la distancia de cable que separa el vehículo de arrastre de la embarcación para posteriormente, durante la fase de procesado, ajustar de forma aproximada las diferencias entre el posicionamiento de la embarcación y el del vehículo de arrastre.

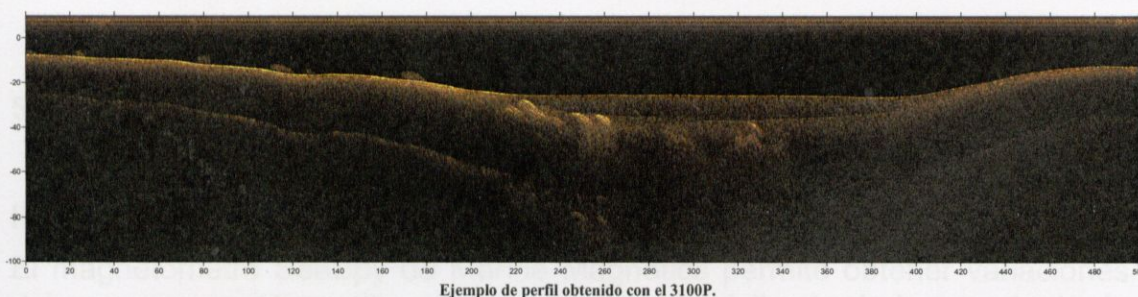
Fase de procesado de datos.

Para esta fase del trabajo, el CIS ha desarrollado un módulo software propietario que permite leer los ficheros SEG-Y y aplicarles los ajustes de posicionamiento necesario así como diferentes escalas de color y ganancias que permitan realzar la imagen obtenida. Una vez aplicados todos los ajustes el módulo permite exportar la imagen en formato jpg o bmp así como extraer la información de posición para cada columna de la imagen.

Finalmente las imágenes obtenidas y su correspondiente información de posicionamiento se pueden combinar para representar los datos en 3D sobre cualquier otro tipo de información que exista de la zona de trabajo.

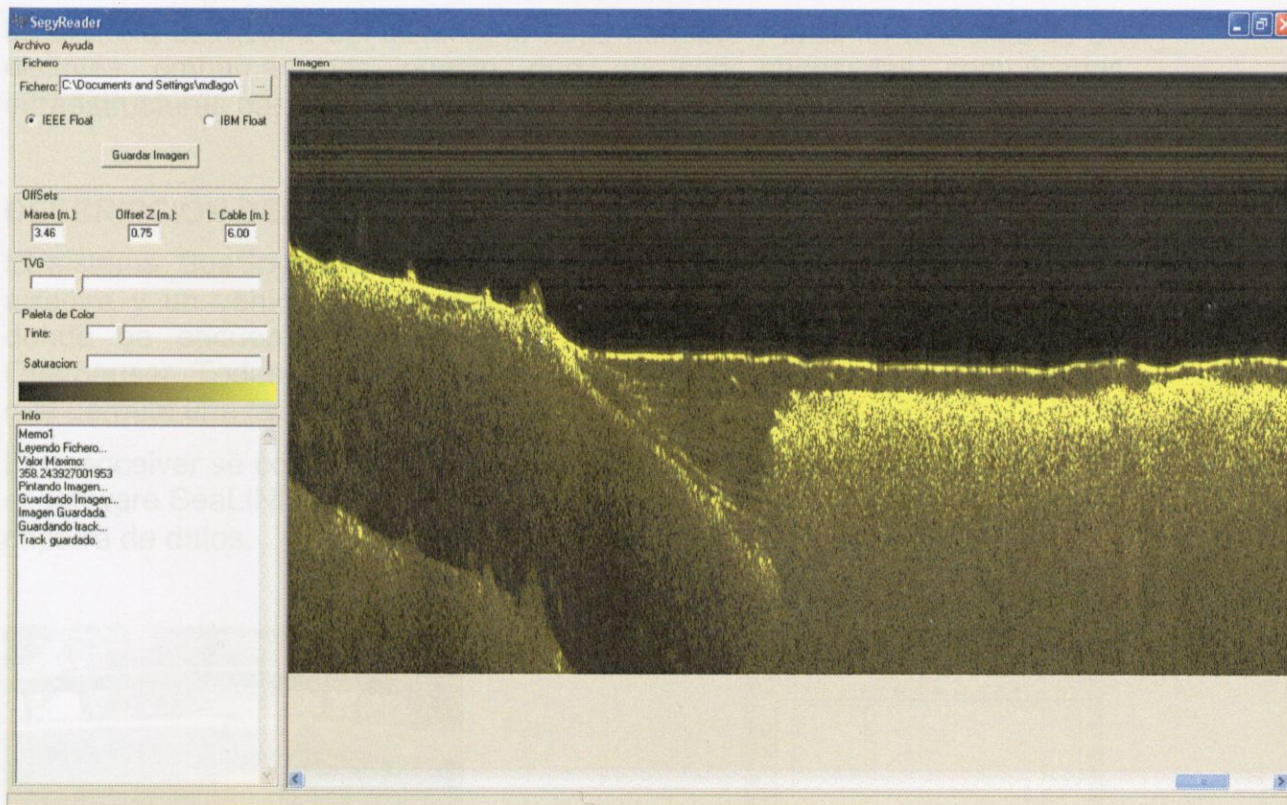
RESULTADOS REALES.

A continuación se presentan una serie de resultados reales obtenidos en una campaña realizada y que permiten observar la gran potencialidad del equipo.



Ejemplo de perfil obtenido con el 3100P.

Se realizaron 32 perfiles lo que supone 39 Km de registros. (Ver anexo cartográfico y DVD)



Interfaz da ferramenta de tratamento de dados do perfilador de sustratos.

5.5.- EL MAGNETOMETRO

INTRODUCCIÓN.

El magnetómetro SeaSpy de Marine Magnetics permite obtener variaciones del campo magnético utilizando un campo especializado de la tecnología de resonancia magnética nuclear.

El SeaSpy no es lo que comúnmente se denomina un “magnetómetro de protones” sino que se trata de un magnetómetro tipo Overhauser. el sistema Overhauser representa el estándar a seguir en lo que respecta a exploración mineral de alta sensibilidad, mediciones de carácter ambiental y de ingeniería, además de otros tipos de mediciones.

Entre las principales ventajas de este tipo de tecnología están una sensibilidad bastante alta comparada con magnetómetros mucho más costosos, y la ausencia de “zonas muertas” (zonas en las que el equipo no es capaz de obtener señal) o errores direccionales durante la adquisición de datos.

La sencilla estructura del sistema lo hace portable y fácilmente instalable en distintas embarcaciones puesto que no son necesarias complicadas infraestructuras para su instalación.

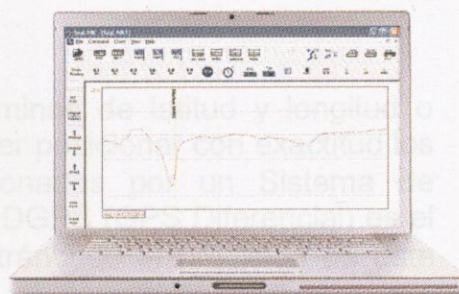
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El sistema SeaSpy está compuesto por un transceiver FSK, un cable de arrastre y un vehículo de arrastre consistente en una especie de torpedo donde se encuentran alojados un módulo de electrónica y el sensor Overhauser. Todas las partes del sistema cuentan con una alta modularidad que permite una fácil y rápida reparación en caso de fallo.

El transceiver se conecta por puerto serie RS232 a un PC portátil y mediante el software SeaLINK se controla todo el proceso de configuración del equipo y captura de datos.



Vehículo y cable de arrastre.



Portátil con el Software SeaLINK.

El efecto Overhauser saca ventaja de las características del átomo de hidrógeno. Este efecto ocurre cuando se combina una solución especial (que contiene electrones) con hidrógeno, y luego se expone a un campo magnético con frecuencias altas de radio (RF). Se aplican campos RF debido a que estos son transparentes en relación con el campo de la Tierra y no afectan de forma adicional al ruido de los datos recibidos.

Los electrones libres de la solución especial (por lo general una mezcla de radicales libres) transfieren su estado excitado (es decir energía) a los núcleos de hidrógeno (protones). Esta transferencia de energía altera el estado del espín de los protones y polariza la solución – de la misma manera que un magnetómetro de protones – pero con mucha menos energía y mayor alcance. La frecuencia de la señal recibida es proporcional a la intensidad del campo magnético de forma que el dispositivo de medida va a consistir, a grandes rasgos, en un contador de frecuencia de elevada precisión.

A continuación se muestra una pequeña tabla con las principales características técnicas del sistema.

Resolución	0.001nT
Sensibilidad	0.015nT
Zonas muertas	No
Precisión absoluta	0.2nT
Frecuencia de muestreo	0.1Hz - 4Hz
Comunicaciones	RS232, 9600bps

Características técnicas.

Para la captura de datos, el SeaSpy cuenta con un módulo software denominado SeaLINK que mostrar gráficamente y en tiempo real los datos capturados. Estos datos de intensidad de campo magnético son almacenados en un fichero de texto junto con la fecha, hora y posición proporcionada por el GPS.

SENSORES ADICIONALES.

Sistema de navegación.

Debe conocerse la posición absoluta (en términos de latitud y longitud o easting y northing) de la embarcación para poder posicionar con exactitud los datos adquiridos. Estos datos son proporcionados por un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Actualmente el DGPS (GPS Diferencial) es el sistema de navegación más empleado encontrándose la precisión de este sistema por debajo de un metro.

En el CIS se cuenta con el "Vector GPS", siendo éste un DGPS que proporciona sentencias NMEA para puerto serie a una velocidad de 1Hz y por tanto directamente conectable al 3100P a través de un conversor RS232-USB

PROTOCOLO DE TRABAJO.

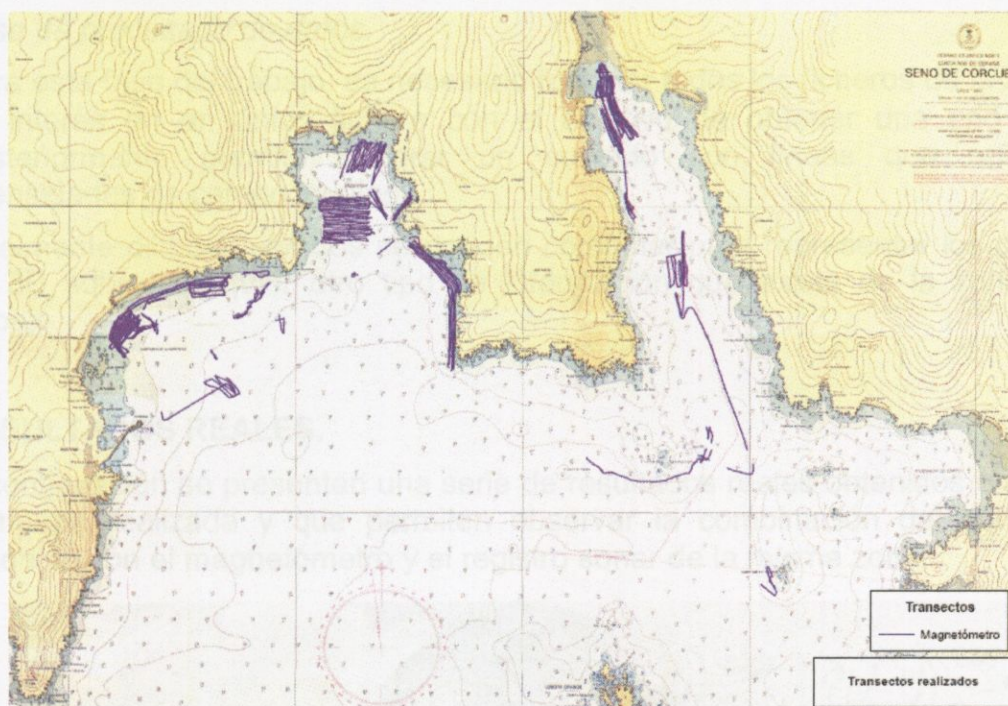
El protocolo de trabajo con el sistema SeaSpy se divide en cuatro fases claramente diferenciadas: planificación, montaje de equipos, adquisición y procesado.

Fase de planificación.

En esta primera fase se recaba toda la información necesaria relativa a la zona de trabajo (cartas náuticas, fotos aéreas, planos de obra, ...) que permita, entre otras cosas, determinar los accesos a la zona, conocer sus infraestructuras (rampas para botar la embarcación, grúas, etc.), y, lo más importante, permita conocer si existe algún tipo de peligro u obstáculo para la navegación (bajos, otras embarcaciones, boyas, ...).

A continuación, sobre uno de estos mapas se trazan líneas paralelas a lo largo de la zona de trabajo que constituirán los recorridos que posteriormente realizará la embarcación en la fase de adquisición. Generalmente estas líneas suelen trazarse sobre carta náutica con una separación entre ellas que puede ir desde los 5m hasta la separación máxima que se precise, dependiendo

siempre de las necesidades finales del cliente. Un ejemplo de planificación de campaña es el que aparece en la Figura 3.



Esfuerzo de muestreo realizado con el magnetómetro.

Fase de montaje de equipos.

Esta fase es sumamente sencilla y consiste simplemente en conectar el vehículo de arrastre con la unidad de cubierta y ésta con el PC portátil de adquisición de datos. A continuación se instala y conecta el GPS también con el PC.

Una vez está todo instalado se sumerge el vehículo de arrastre en el agua, se comprueba que todos los sensores funcionan correctamente y envían sus datos sin ningún tipo de problema y se ajusta la hora del PC para que coincida exactamente con la proporcionada por el GPS.

Fase de adquisición de datos.

Para la fase de adquisición de datos el sistema SeaSpy cuenta con el módulo software SeaLINK que permite adquirir datos puros en tiempo real. Durante esta fase la embarcación recorre los transectos establecidos durante la fase de planificación con ayuda de un software de navegación, a una velocidad constante que puede andar entre los 3 y 5 nudos aproximadamente. En la fase de adquisición, el software SeaLINK proporciona una serie de ficheros ".xyz" (uno por cada transecto) con datos en formato ASCII, en los que se almacena la intensidad de campo magnético junto con la fecha, hora, y posición proporcionadas por el GPS. Durante la fase de adquisición es necesario tener controlada la distancia de cable que separa el vehículo de arrastre de la embarcación para posteriormente, durante la fase de

procesado, ajustar de forma aproximada las diferencias entre el posicionamiento de la embarcación y el del vehículo de arrastre.

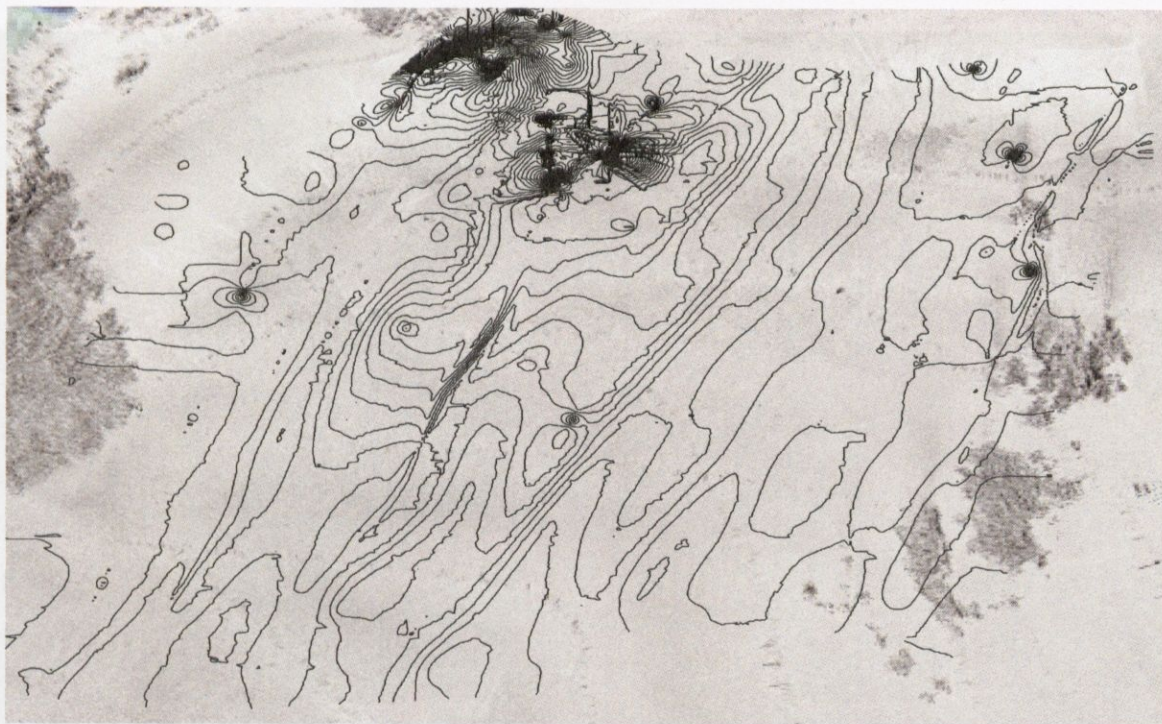
Fase de procesamiento de datos.

Para esta fase del trabajo, es necesario fusionar todos los ficheros de la zona de interés en un único fichero con el objetivo de obtener una grid que posteriormente permita generar un curvado con líneas que reflejen intensidades de campo iguales.

Finalmente dichos curvados se pueden combinar para representar los datos en 3D sobre cualquier otro tipo de información que exista de la zona de trabajo.

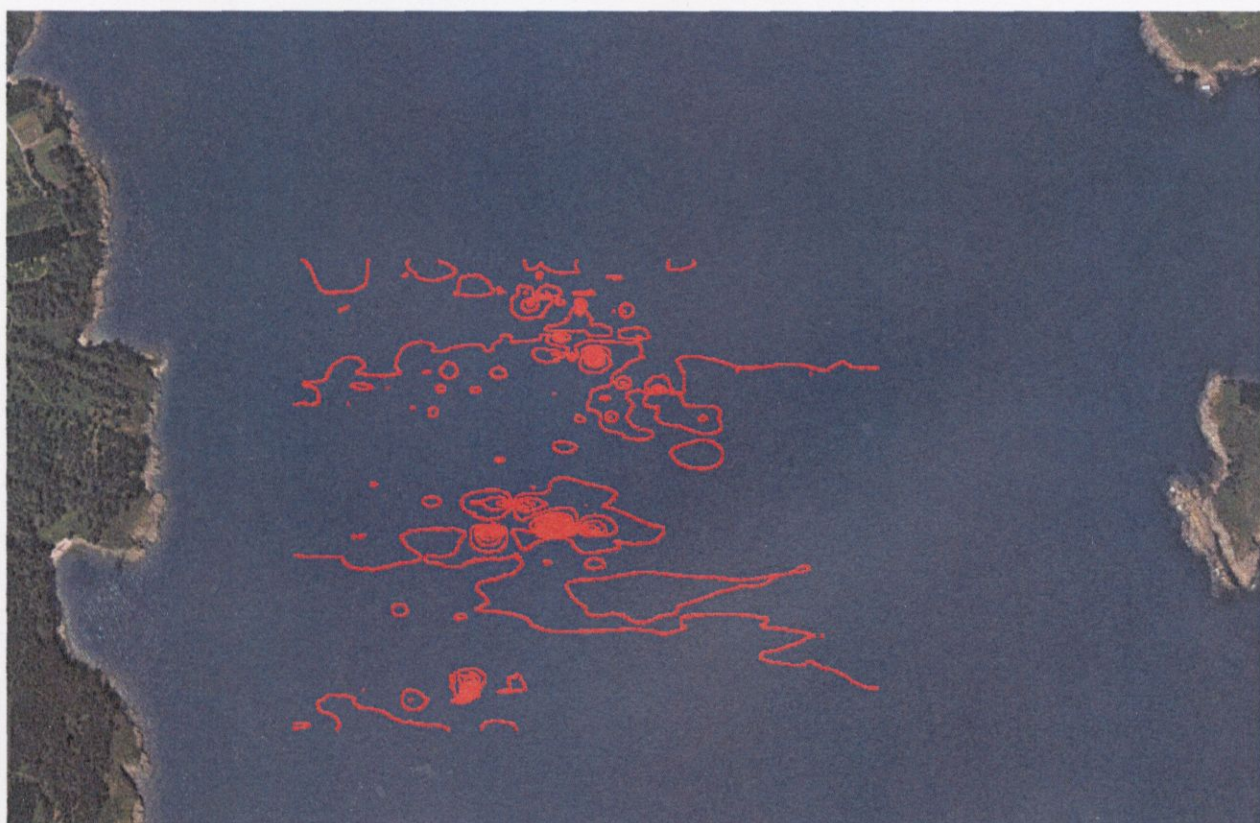
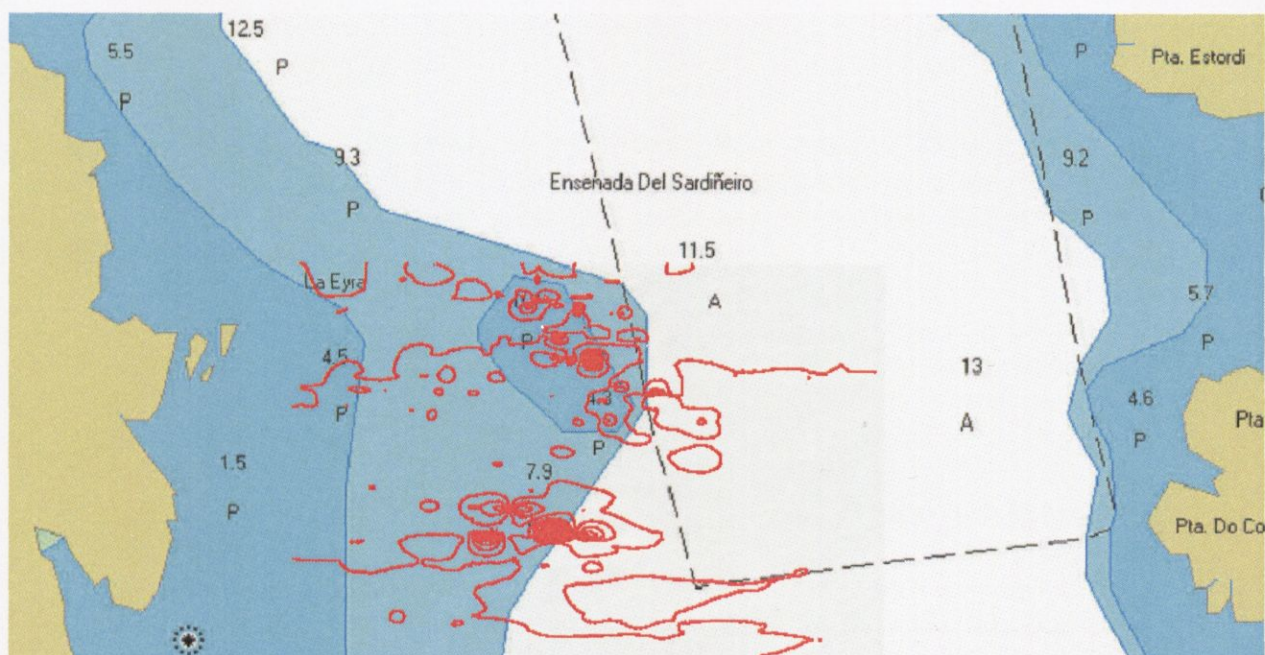
RESULTADOS REALES.

A continuación se presentan una serie de resultados reales obtenidos en una campaña realizada y que permiten observar la combinación del curvado obtenido con el magnetómetro y el registro sonar de la misma zona.

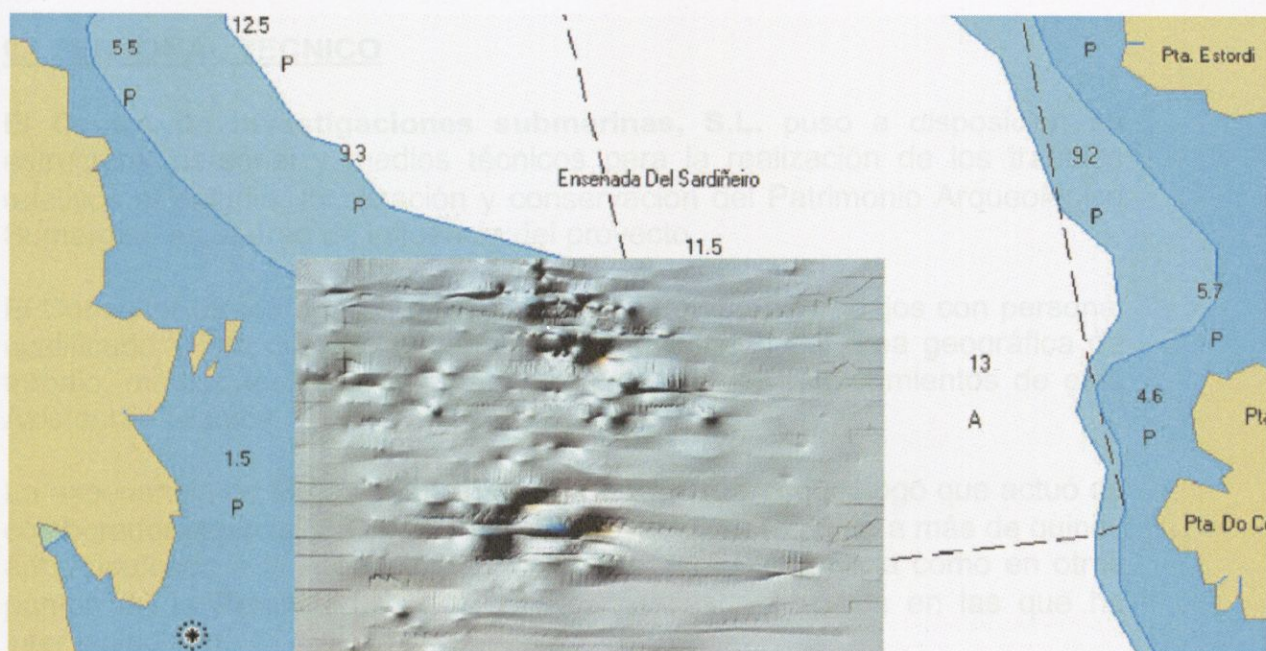


Ejemplo de combinación de curvado del magnetómetro con geofísica.

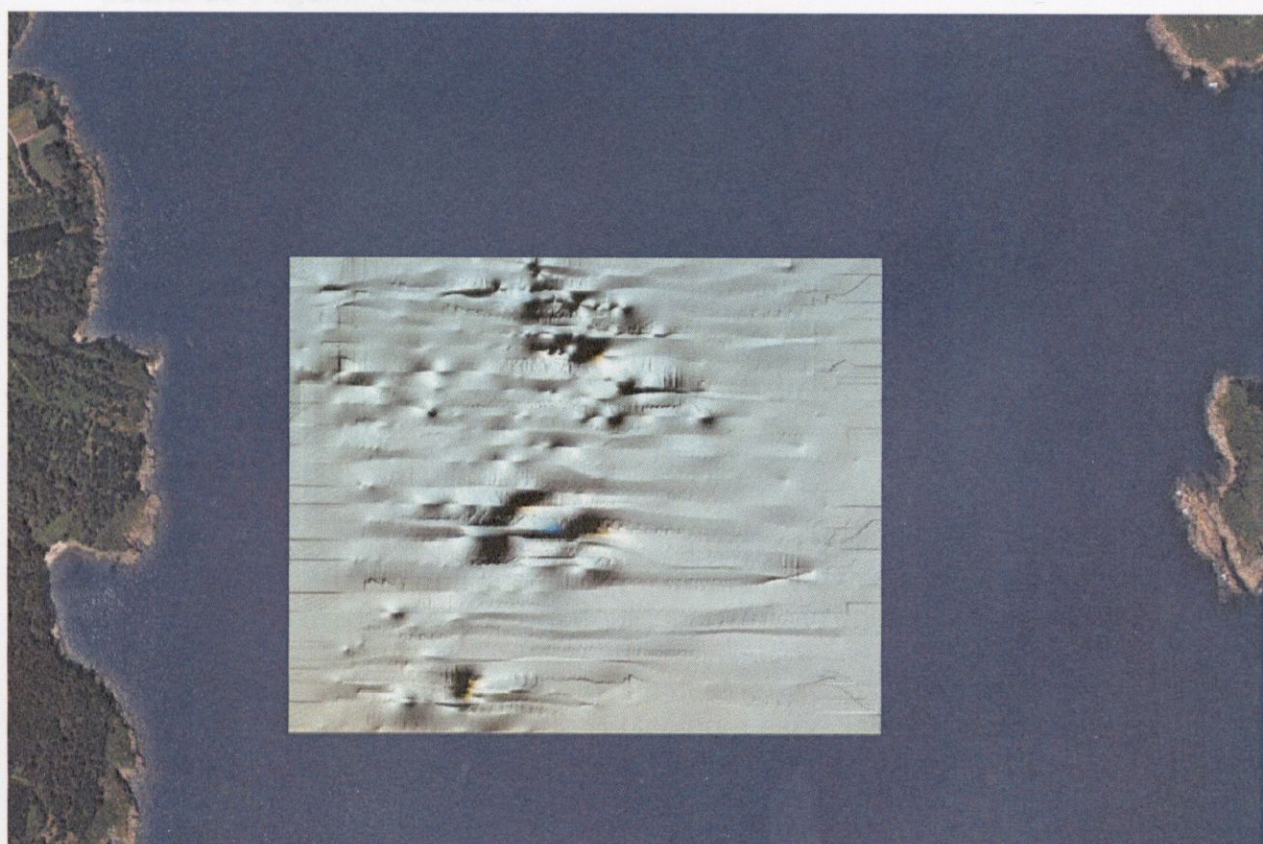
Se han realizado 36 perfiles lo que suponen 92 km de prospección sobre el área de estudio (Véase anexo cartográfico y DVD). Se llegaron a identificar un total de 36 anomalías.



Distintas representaciones de las anomalías magnéticas georreferenciadas



Excavaciones arqueológicas: pecio del galeón San Jerónimo (Corcubión) pecio fenicio Mazarrón II (Murcia), pecio de Punta de Barbeira (Ferrol), Arroyo de los Palos y Puente Mayorga (Cádiz) y puerto de Sagunto (Valencia).



D. Raúl González Gallero, arqueólogo.
D. Manuel Blanco Parga, informático especialista en SIG.
Dña. M^a Victoria Pereira Muniz, Administrativa.

6.- PERSONAL TECNICO

El **Centro de Investigaciones submarinas, S.L.** puso a disposición su estructura, personal y medios técnicos para la realización de los trabajos relativos al estudio, localización y conservación del Patrimonio Arqueológico Sumergido en el área de influencia del proyecto.

El Consultor ofrece una organización para este tipo de trabajos con personal cualificado y de dilatada experiencia, conocimiento del área geográfica de trabajo, medios técnicos propios y adecuados a los requerimientos de esta Asistencia Técnica.

La experiencia de **Miguel San Claudio Santa Cruz**, arqueólogo que actuó de colaborador especialista en el presente proyecto, se remonta a más de quince años dedicado a la Arqueología Submarina, tanto en Galicia como en otros puntos de la Península Ibérica. Las campañas principales en las que ha intervenido son:

- Excavaciones arqueológicas: pecio del galeón *San Jerónimo* (Corcubión) pecio fenicio Mazarrón II (Murcia), pecio de Punta de Barbeira (Ferrol), Arroyo de los Patos y Puente Mayorga (Cádiz) y puerto de Sagunto (Valencia).
- Prospecciones arqueológicas: puerto de La Coruña, puerto exterior de La Coruña, litoral de Murcia, ensenada de Rande (Pontevedra), Punta Sismundi (Cariño, La Coruña), muelle del Arenal (Vigo), puerto de Vilanova de Arousa, puerto de Aldán, puerto de Vilagarcía de Arousa.
- Controles de dragado: Puerto de La Coruña, Cabo Trafalgar (Cádiz), Vilagarcía de Arousa, Sagunto (Valencia), Puerto de Bayona.

El equipo humano de apoyo lo constituye un grupo de profesionales especializados con experiencia en el manejo y explotación de los equipos técnicos utilizados

El equipo humano del Cis sl. encargados para la realización de los trabajos está constituido por los titulados superiores que a continuación se nombran:

D. Manuel D. Lago Reguera, Ingeniero en telecomunicaciones especialista en geoacústica.

D. Iago Pose García. Licenciado en Ciencias del Mar

D. Ginés Martínez Balmisa. Licenciado en Geología especialista en geofísica

D. Carlos Duran Neira. Biólogo, responsable de la prospección acústica.

Otro personal auxiliar:

D. Raúl González Gallero, arqueólogo.

D. Manuel Blanco Parga. Informático especialista en SIG.

Dña. M^a Victoria Pereira Munin. Administrativa.

7.- RESULTADOS

Entre los objetivos de la campaña de prospección estaba solventar las posibles dificultades e incompatibilidades que pudieran surgir del uso de los distintos sensores. De forma inmediata se ve que los sensores como la sonda multihaz y el sonar de barrido lateral permiten cubrir amplias zonas de trabajo, el perfilador acústico y el magnetómetro precisan una planificación mas restrictiva dado el reducido alcance lateral que tienen.

Este hecho recomendó la realización de un trabajo de prospección en dos fases en las que se trabaja con distintos sensores. Una primera campaña cubre todo el área de estudio mediante sonda multihaz y sonar de barrido lateral y posteriormente, tras un análisis de los registros y sus resultados se proyecta cubrir las áreas de mayor interés y de forma mas restrictiva con perfilador acústico y magnetómetro, que trabajando al unísono y donde el perfilador actúa como sensor primario cuando el sustrato del fondo marino es de naturaleza sedimentaria; el magnetómetro actuara de sensor primario cuando se trabaje sobre roca.

La integración de ambas campañas se hace sin dificultad gracias a la georeferenciación de precisión centimétrica con la que se cuenta en todo momento para posicionar los registros de todos los sensores.

Esta forma de trabajar obliga a una planificación distinta a la que inicialmente se planifico al ser necesario un preprocesado de las señales acústicas entre ambas fases, pero esto no impide que el trabajo de campo no sea continuo dado que se puede tener un equipo en gabinete procesando a diario los registros del día anterior tomados en el mar

La adquisición de datos de campo se realizo entre el 11 y el 25 de Julio de 2008, realizándose en primer lugar una prospección con sonda multihaz para la obtención del levantamiento 3D y conjuntamente la prospección con sonar de barrido lateral para obtener los registros de reflectividad. La segunda fase se planifico en función de las zonas con mayor índice de anomalías y sobre ellas, dependiendo del tipo de sustrato del fondo se prospecto con el perfilador acústico o el magnetómetro como sensor primario.

Tras la adquisición de datos, se procede al acondicionamiento y procesado de los datos, siguiendo los necesarios protocolos de calibración que se realiza con el apoyo de sofisticados paquetes de software específico de cada equipo. A modo de síntesis se muestra a continuación la batimetría general y la geofísica en mosaicos obtenida de las diferentes zonas trabajadas



Figura 23: Batimetria Zona 1.



Figura 24: Geomorfologia Zona 1.

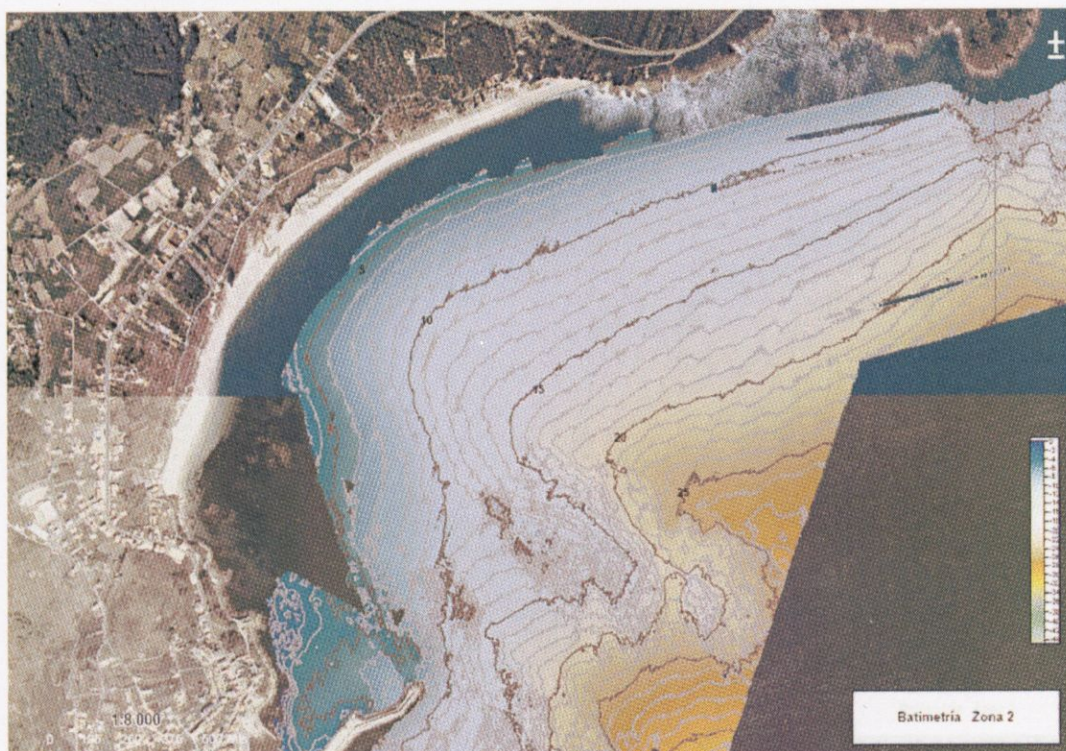


Figura 25: Batimetria Zona 2.



Figura 26: Geomorfologia Zona 2.



Figura 27: Batimetria Zona 3.



Figura 28: Geomorfologia Zona 3.



Figura 29: Batimetria Zona 4.

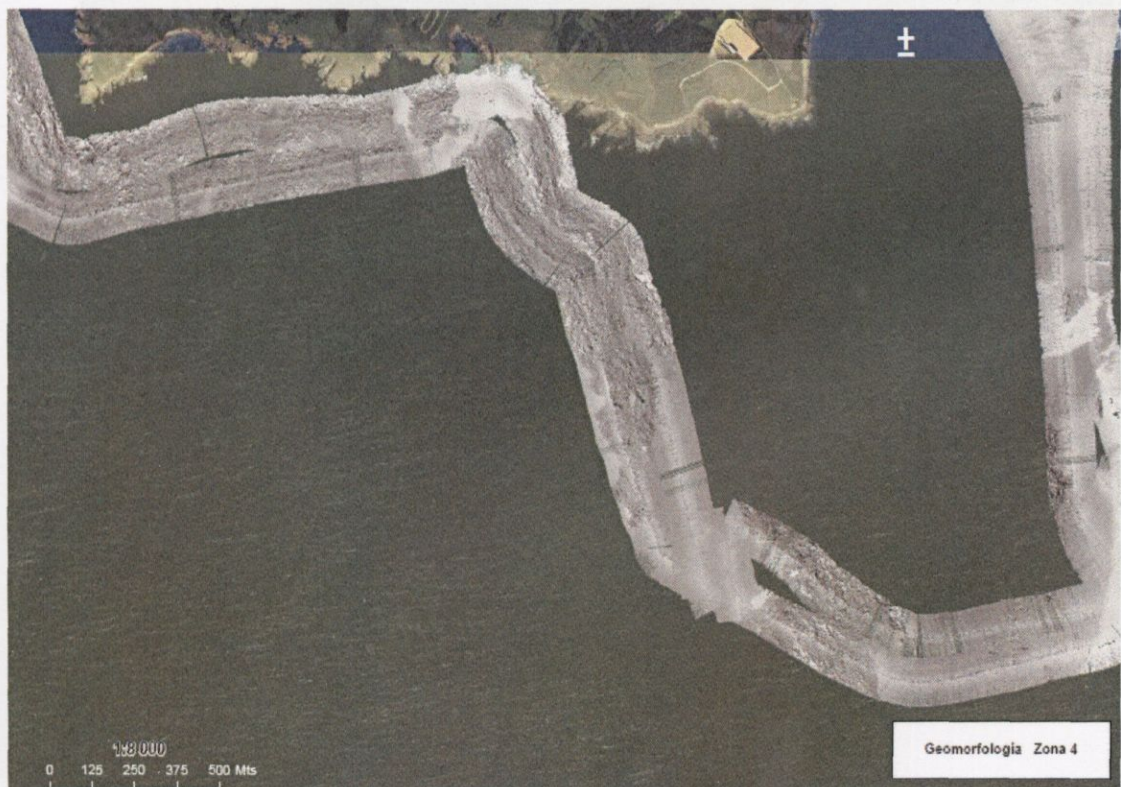


Figura 30: Geomorfologia Zona 4.

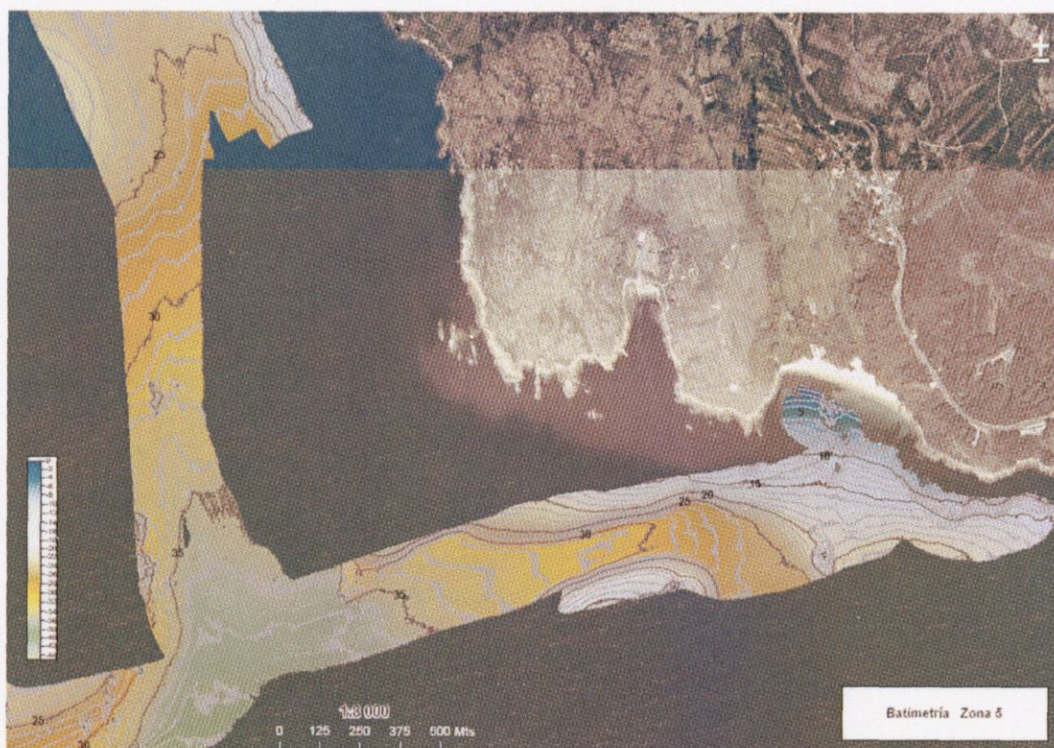


Figura 31: Batimetría Zona 5.



Figura 32: Geomorfología Zona 5.

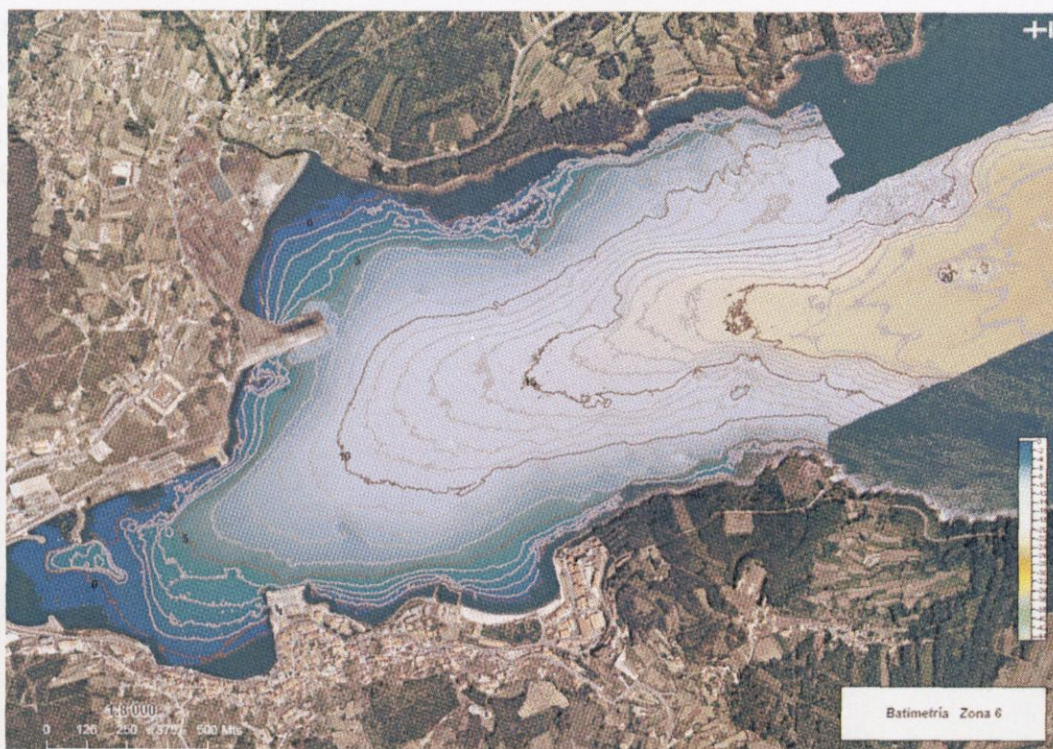
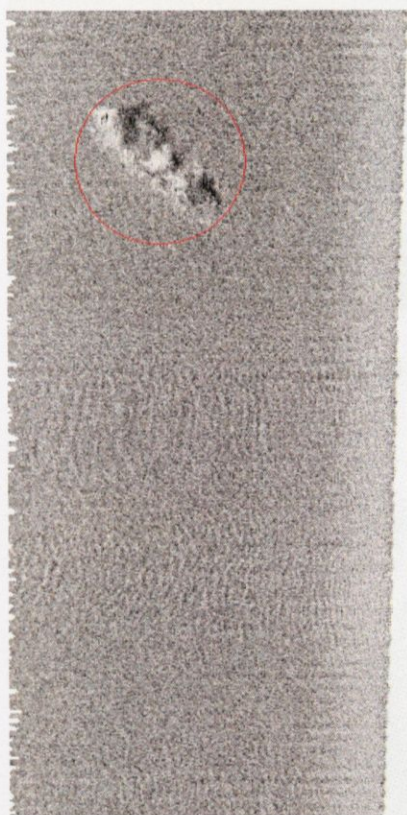


Figura 33: Batimetría Zona 6.



Figura 34: Geomorfología Zona 6.

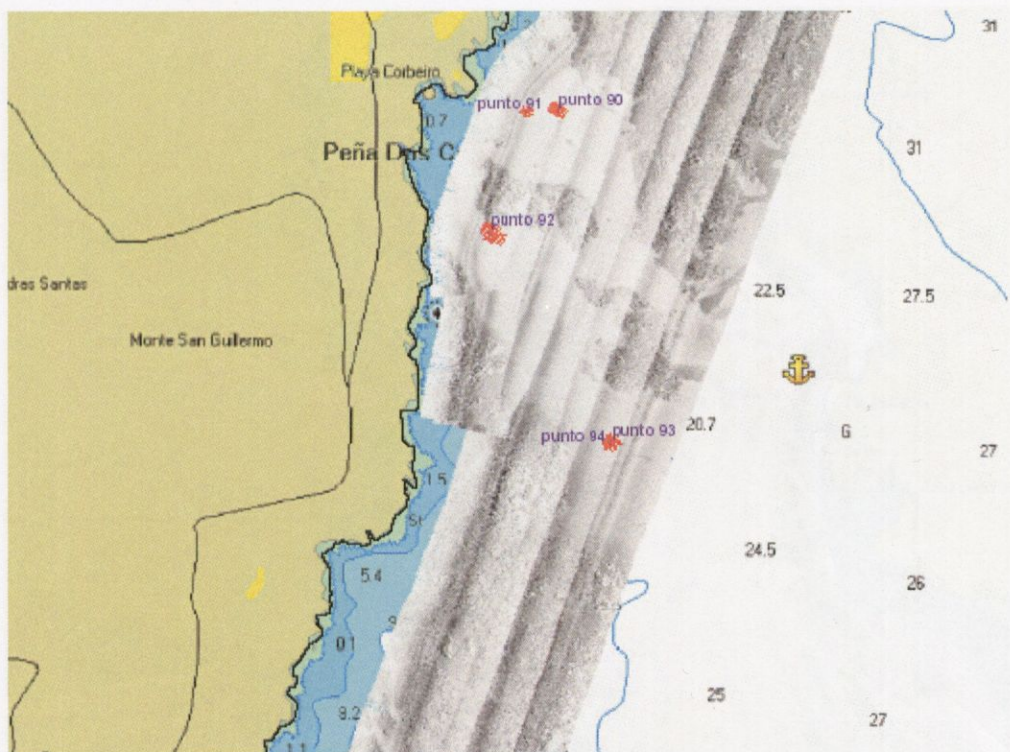
Los mosaicos son el resultado de la integración de los registros individuales del sonar. Son estos registros individuales los que se someten a un detallado análisis en búsqueda de anomalías y sobre las que se anotan cada una de ellas. A modo de ejemplo se muestra en la Fig. 35 el registro de sonar en el que se aprecia el pecio del entorno del bajo del Carrumeiro



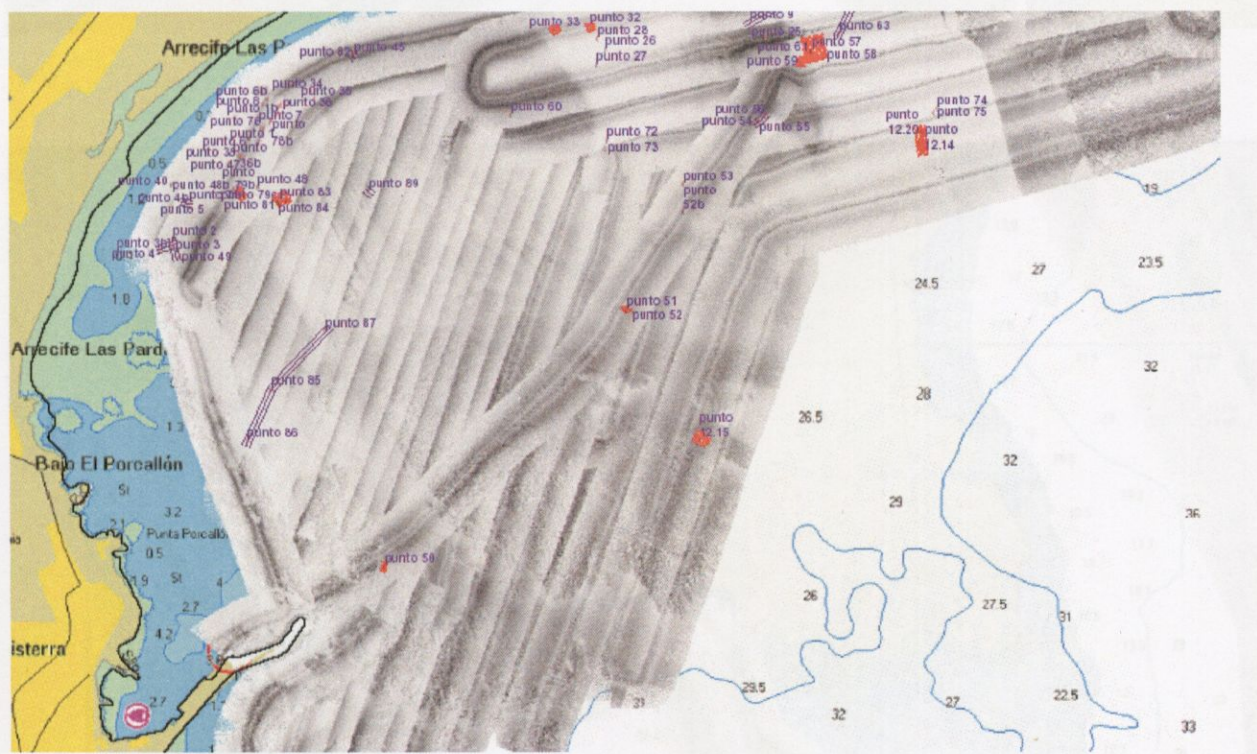
Pecio hundido en el entorno do Baixo do Carrumeiro.

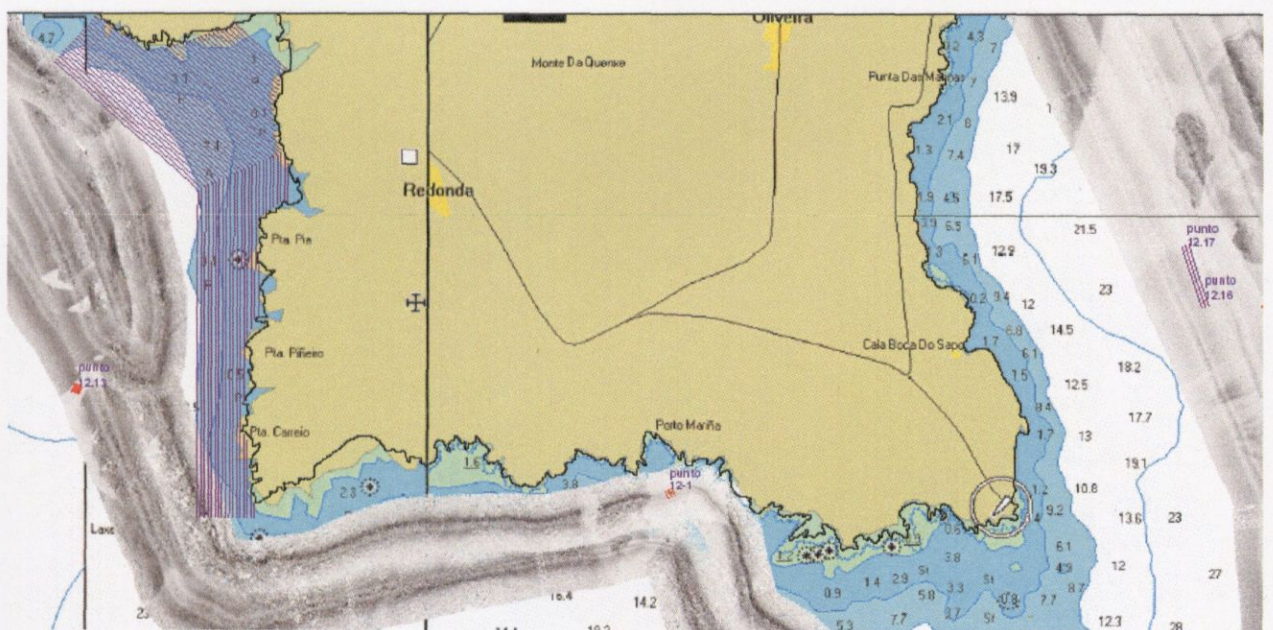
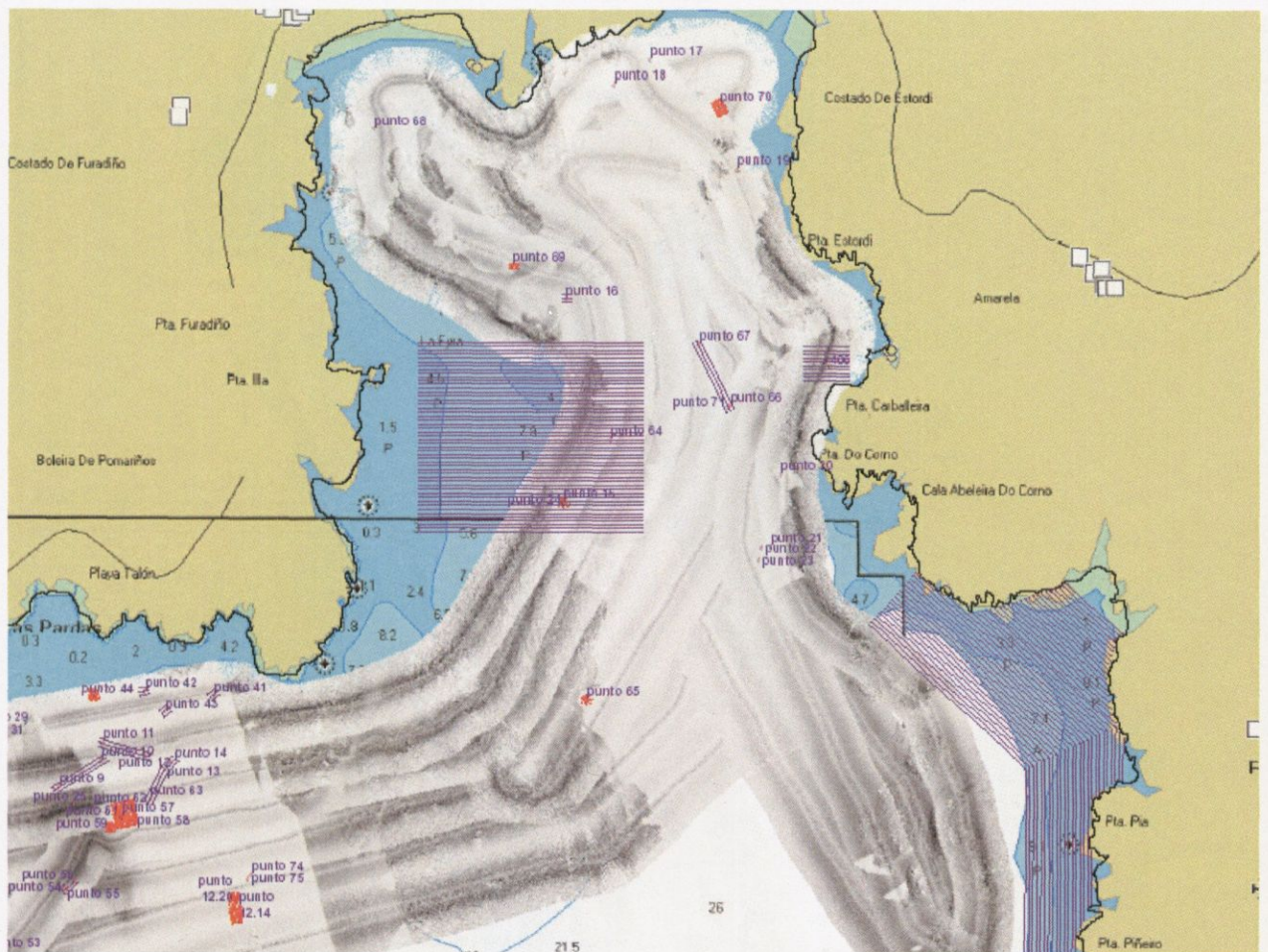
Tras el primer análisis de los registros de sonar se pueden observar los yacimientos de deberán ser inspeccionados por el perfilador de sustratos o por el magnetómetro , que en el caso que nos ocupa fue el que se muestra en las siguientes figuras.

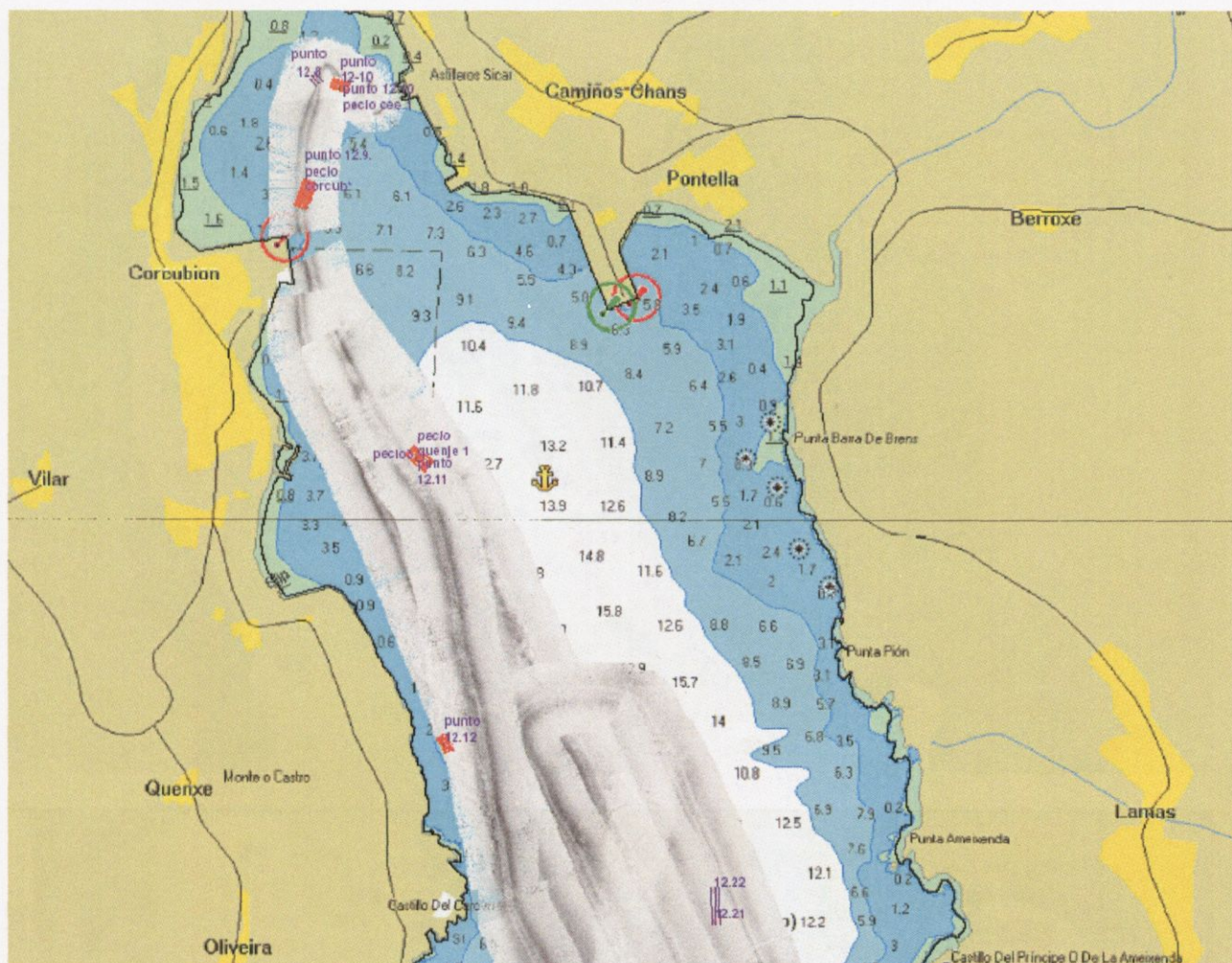
La totalidad de los registros de sonar pueden verse en el anexo digital correspondiente. (CD adjunto)

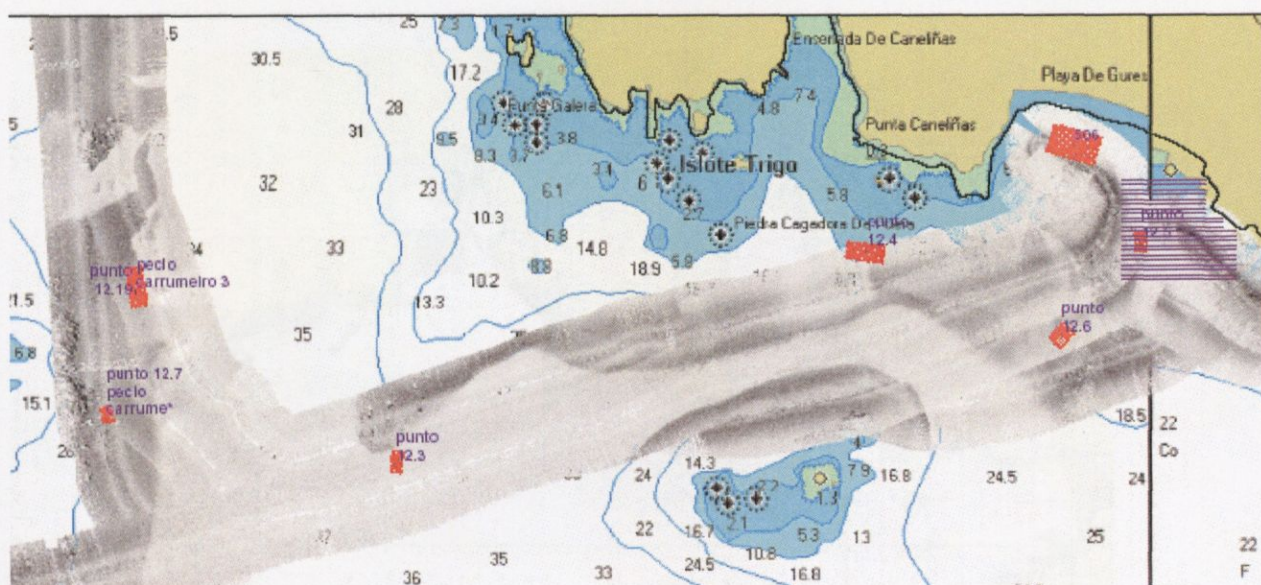
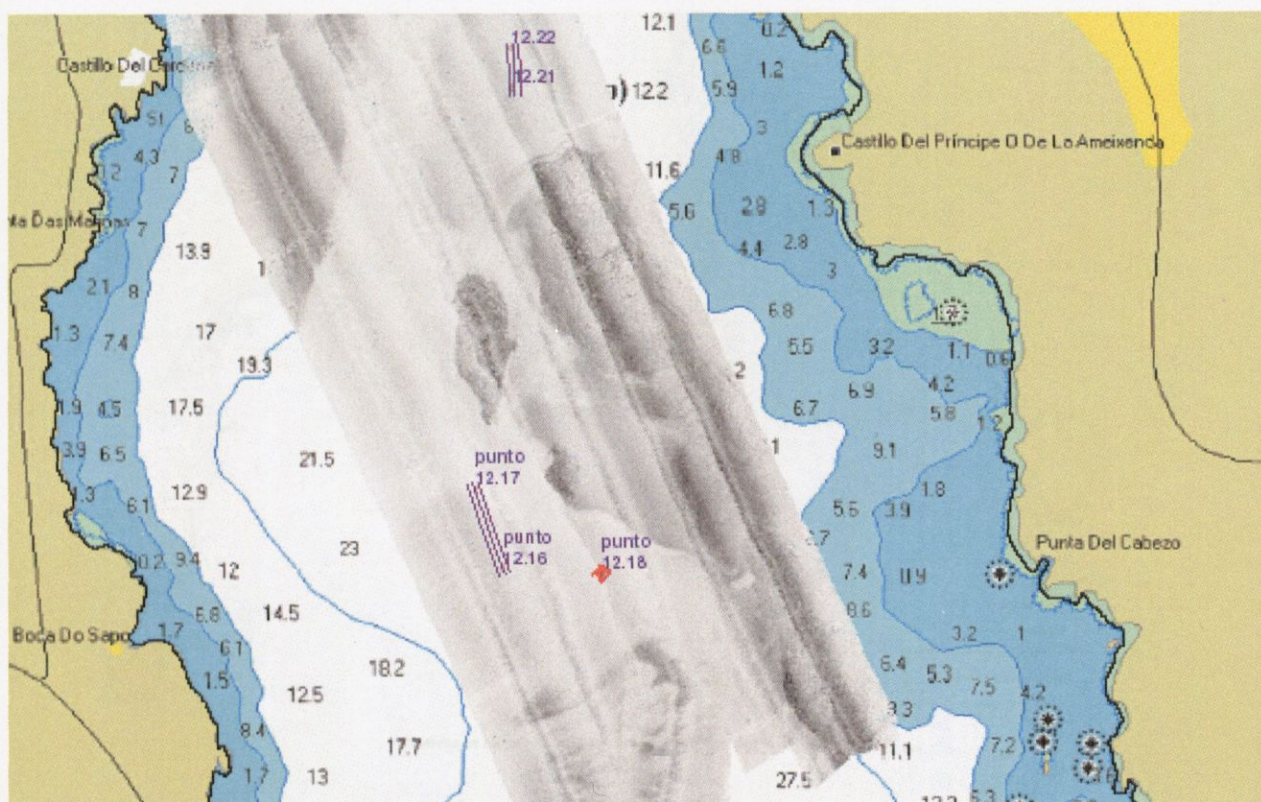


Representación de anomalías sobre un mosaico de sonar de barrido lateral





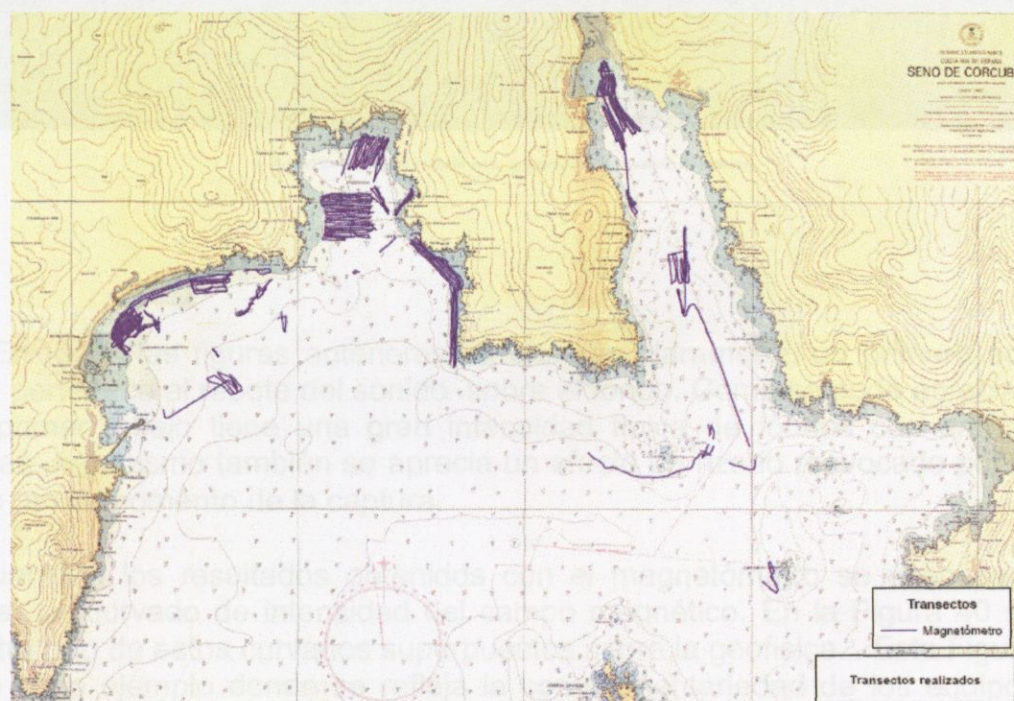




A continuación se muestran algunos fragmentos de registros de perfil de fondos donde se puede apreciar algunos afloramientos rocosos y diversas anomalías que podrían corresponder con objetos enterrados.



Esfuerzo de muestreo realizado con el perfilador de sustratos.



Esfuerzo de muestreo realizado con el magnetómetro.

A continuación se muestran algunos fragmentos de registros de perfilador de fondos donde se puede apreciar algunos afloramientos rocosos y diversas anomalías que podrían corresponder con objetos enterrados.

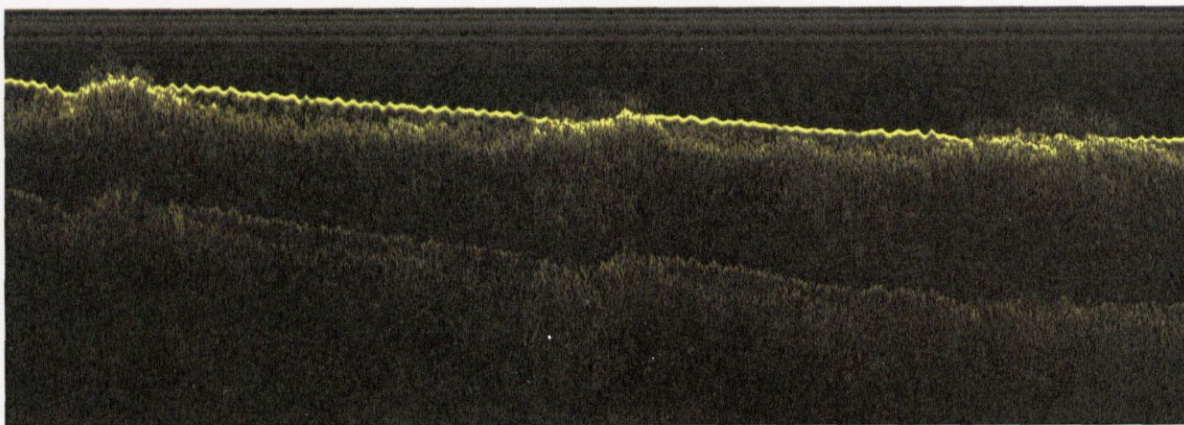


Figura 37: Fragmento de perfil con afloramientos de roca.

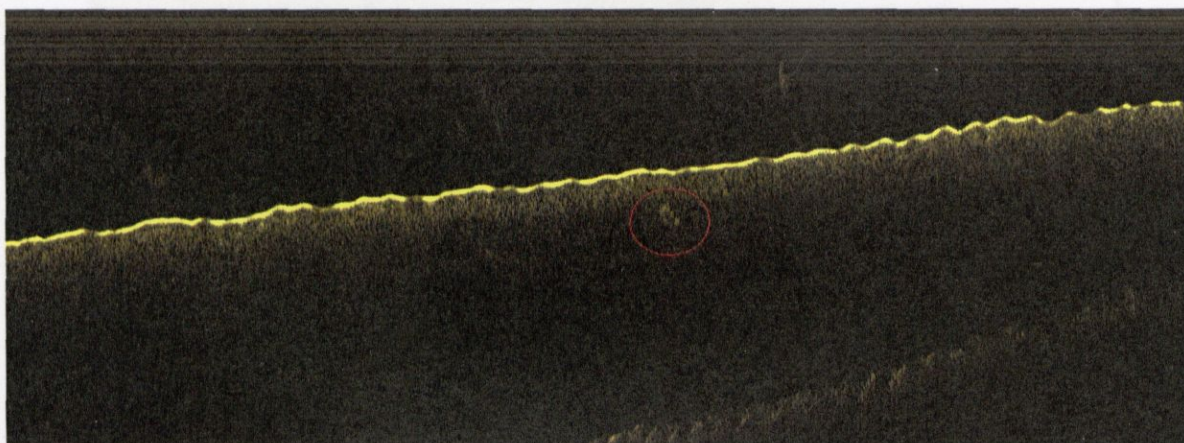


Figura 38: Fragmento de perfil en la que aparece una anomalía no sustrato.

En todas las figuras anteriores se observa claramente un primero eco fuerte pertenece al rebote del sonido sobre el fondo. Como se puede apreciar, este primer reflejo tiene una gran intensidad típica de fondos con arenas gruesas. Así mismo también se aprecia un efecto de rizado provocado por el oleaje en el momento de la captura.

En cuanto a los resultados obtenidos con el magnetómetro se usan para realizar un curvado de intensidad del campo magnético. En la Figura 40 se muestra uno de estos curvados superpuestos sobre la geofísica. Esta Figura es un claro ejemplo donde se refleja la complementariedad de los equipos pues se trata de una zona de roca, la detección de anomalías empleando solamente la imagen sonar no aporta apenas información, mientras que con registros del magnetómetro se observan puntos más claros donde posiblemente hay restos de materiales ferrosos. En color naranja aparece el recorrido seguido por el magnetómetro y en color negro aparecen las isolíneas que reflejan niveles iguales de campo magnético.



Curvado obtenido con los datos del magnetómetro superpuesto sobre el registro sonar.

Los resultados deben calificarse de excelentes en relación con el número de anomalías detectadas, tanto en zonas conocidas con anterioridad como en las nuevas. La superposición de líneas de evidencia detectadas por dos o mas sensores sobre un punto y el mapeo final de las anomalías agrupadas en yacimientos, son prueba de la eficacia del sistema que trabaja tanto sobre fondos sedimentarios como rocosos. Las cartas arqueológicas obtenidas las denominamos mapas de anomalías clasificadas, dado que precisan de campañas arqueológicas de investigación que identifiquen, valoren, cuantifiquen y les otorguen cronología a cada una de las citadas anomalías. Este trabajo queda fuera de las pretensiones y objetivos de esta Asistencia técnica

En los días de trabajo de campo se cartografiaron fondos muy heterogéneos y donde el número de anomalías superó las previsiones más optimistas.

Para este tipo de campaña fue preciso contar con un equipo humano compuesto por: un ingeniero de telecomunicaciones, un geólogo, un licenciado en ciencias del mar, un biólogo marino y dos arqueólogos, además de un patrón y un marinero.

ASPECTOS ARQUEOLÓGICOS DE LA PROSPECCIÓN.

Desde el punto de vista arqueológico, se pueden apuntar varios aspectos respecto a los datos obtenidos de la primera prospección.

En primer lugar conviene destacar la zona en cuanto al número de elementos aparentemente antrópicos que se detectaron y posicionaron dispersos por los fondos del área de estudio y en segundo lugar destacar la eficiencia y eficacia de la estrategia de prospección empleada dado el número de anomalías presumiblemente de origen antrópico en las inmediaciones del cabo Finisterre-seno de Corcubión.

Como consecuencia de los trabajos realizados se tienen debidamente georeferenciados numerosos puntos susceptibles de resultar de interés patrimonial. Los equipos empleados y las tecnologías que los soportan permitieron acotar aquellos elementos de origen antropica, individualizándolos sobre el relieve del fondo marino. La combinación de las distintas tecnologías empleadas permitió detectar puntos en el fondo que difícilmente se harían visibles por cada una de las tecnologías en caso de usarse de forma individual, al permitir descartar elementos emergentes de formación natural.

De forma previa y durante al análisis de datos se utilizó todo el conocimiento arqueológico previo del área de estudio que se tiene acumulado en dos años de trabajos y sucesivas campañas en la zona. De esta manera, combinando los resultados de los distintos equipos con la información previa se pudieron posicionar e identificar numerosos puntos que se corresponden con elementos de interés patrimonial.

Se ha tenido la oportunidad de validar el funcionamiento del sistema multisensorial basado en acústica y magnetometría, al hacer prospecciones en puntos donde previamente se conocían la existencia de elementos de origen antrópico. Mediante el uso de esta estrategia se pudo valorar la respuesta de los equipos ante pecios conocidos facilitando la interpretación de registros en otras zonas menos conocidas. Así ante respuestas similares podemos intuir la posibilidad de encontrarnos ante elementos de similares característicos.

Se debe destacar que aunque la arqueología subacuática no termina en los pecios, en la campaña de prospección que se tiene realizada la mayoría de anomalías corresponderán con este tipo de yacimiento.

En total se han identificado 402 anomalías o puntos de interés, de los cuales al menos 139 se reflejan en el sonar de barrido lateral por tener objetos emergentes sobre el fondo marino o se observar semienterrados gracias a los registros del perfilador acústico. Los restantes 263 puntos corresponden a anomalías del campo magnético medio del fondo marino.

De todos los puntos de interés seleccionados, 402 al menos un 10%, es decir 40 fueron registrados por dos o mas equipos, lo que aumenta las posibilidades de que estén puntos tengan un origen antrópico

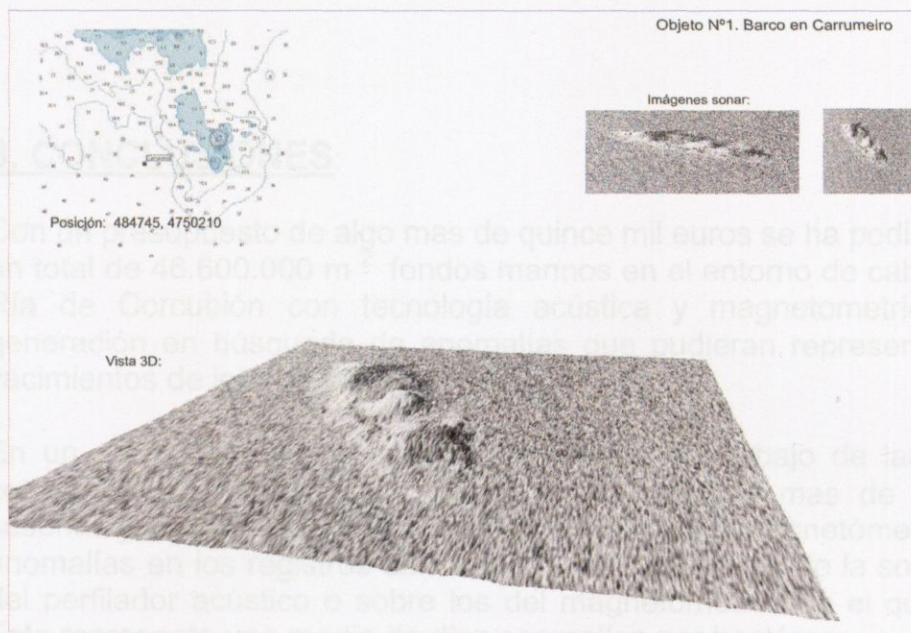
En otros casos, sobre todo aquellos localizados sobre fondos rocosos, en el que los sistemas de acústica ofrecen menos oportunidades para localizar anomalías, la no detección de anomalías en algunos equipos no implica que no existan objetos de interés. Así fuertes alteraciones del campo magnético detectadas no suelen corresponder a otras cosas que no sean objetos antropicos de posible interés patrimonial. Si bien es cierto que aunque exista certeza de su origen antrópico no todos los puntos y objetos deberán ser corresponder con anomalías de interés arqueológico o patrimonial, máxime en la zona de estudio objeto de esta Asistencia técnica donde se tienen registros de numerosos naufragios de cronología próxima a nuestros días.

Se hace necesario un trabajo de prospección con medios diversos para identificar y consolidar estas anomalías y convertirlas en pecios propiamente dichos. Para ello se propone como metodología la revisión de todas las anomalías mediante cámaras de CCTV submarina, por ser un procedimiento rápido y seguro de obtener imágenes geoposicionadas de gran valor para que los arqueólogos valoren cada anomalía, descarten aquellos puntos de origen geológico o biológico al tiempo que se pueda clasificar ordenando por importancia el listado de anomalías disponible, de cara a programar prioridades de investigación arqueológica mas directa sobre cada yacimiento.

A modo de ejemplo se muestra el tipo de ficha de anomalía que se ha obtenido en esta asistencia técnica: en la se ubica sobre carta náutica la anomalía, se representa la imagen fonográfica y el 3D cuando tiene relieve.

garantizan no causar daño alguno en el yacimiento

Finalmente será necesario realizar inmersiones por arqueólogos experimentados que permitan identificar cada uno de los puntos de interés y atribuirles de esta manera una cronología. Queda por tanto pendiente la realización de una o más campañas de inspección directa que permita comprobar esos 40 puntos de interés resultantes, a los que se podrían añadir otros tantos puntos donde las anomalías magnéticas sobre roca pueden deparar nuevos yacimientos arqueológicos subacuáticos.



Y esta es la imagen real del pecio que se puede obtener con la campaña de CCTV sub con la que comprueba que se trata de un pecio de acero con una caldera de vapor



(fotos cedidas por Arqueonauta s.l.)

Como complemento a los CCTV submarina se puede usar en ciertas condiciones los ROVs, que permiten obtener imágenes con mayor detalle y la posibilidad de hacer una búsqueda mas selectiva dentro de un área concreta. Ambos métodos no precisan buceadores, no son intrusivos y por tanto garantizan no causar daño alguno en el yacimiento.

Finalmente será necesario realizar inmersiones por arqueólogos experimentados que permitan identificar cada uno de los puntos de interés y atribuirles de esta manera una cronología. Queda por tanto pendiente la realización de una o más campañas de inspección directa que permita comprobar esos 40 puntos de interés resultantes, a los que se podrían añadir otros tantos puntos donde las anomalías magnéticas sobre roca pueden deparar nuevos yacimientos arqueológicos subacuáticos.

RELACION DE ANOMALIAS DETECTADAS

8. CONCLUSIONES:

Con un presupuesto de algo mas de quince mil euros se ha podido prospectar un total de 46.600.000 m² fondos marinos en el entorno de cabo Finisterre y Ría de Corcubión con tecnología acústica y magnetométrica de ultima generación en búsqueda de anomalías que pudieran representar objetos o yacimientos de interés arqueológico o patrimonial.

En un plazo de no mas de veinte jornadas de trabajo de las cuales seis corresponden a trabajo de mar se han detectado mas de cuatrocientas sesenta y cuatro (128 sobre sonar y 336 sobre magnetómetro) de estas anomalías en los registros del sonar de barrido lateral, de la sonda multihaz, del perfilador acústico o sobre los del magnetómetro con el que se trabajo. Esto representa una media de diez anomalías por hectárea

TECNICA	Nº de Perfiles	Km. Prospectados
Perfilador acústico	32 perfiles	39 Km.
Sonda multihaz	89 perfiles	137 Km.
Magnetómetro	36 perfiles	92 Km.
Sonar 500Khz.	9 perfiles	18 Km.
Totales	166 perfiles	286 Km.

Buena parte de estas anomalías se muestran en mas de un registro y muchos se agrupan en áreas concretas del fondo a modo de yacimiento de anomalías. Todo ello le otorga más probabilidad de que se traten de elementos antrópicos y por tanto con potencialidad de tener interés arqueológico.

Para conocer el porcentaje de estas anomalías con origen antrópico se propone la prospección de cada una de ellas mediante equipos de CCTV submarina georeferenciada. Técnica puesta a punto por el Centro de investigaciones Submarinas que permite obtener imágenes del fondo marino posicionando dichas imágenes con GPSD. De esta manera se podrá descartar todas aquellas anomalías que no tengan origen antrópico y permitiendo valorar la importancia de cada una de las que si pudieran tener valor patrimonial.

RELACION DE ANOMALIAS DETECTADAS

Anomalías de sonar

Nombre = Nombre de la anomalía

Descripción = Descripción de la anomalía

X Y = Coordenadas del punto (UTM WGS84 Huso 29)

Nombre	Descripción	X	Y
P 1	posible cadena	479013	4752101
P 10	elemento emergente	480406	4752451
P 11	elemento emergente	480408	4752493
P 12	elemento emergente	480516	4752463
P 12-1	EE. b26	484082	4751588
P 12-10	b 47. pecio	484653	4755107
P 12-2	pecio carrumeiro 1. b.28	484745	4750209
P 12.10 pecio cee 1	pecio. b47,48,49,50,51	484653	4755107
P 12.11	b52, m10. pecio	484847	4754166
P 12.12	b52. pecio	484916	4753443
P 12.13	pecio. b59	482433	4751877
P 12.14	pecio. b60, t16b	480756	4752035
P 12.15	b61. pecio	480160	4751272
P 12.16	EE. m08	485576	4752125
P 12.17	varios EE's. m08	485526	4752269
P 12.18	pecio, mancha. m09, m10	485753	4752115
P 12.19	pecio. b45	485901	4750649
P 12.20	EE. t16	480749	4752092
P 12.3	2 elementos emergentes. b35	486445	4750280
P 12.4	pecio. b41	487435	4750734
P 12.5	pecio. b42	488010	4750750
P 12.6	pecio. b42	487844	4750551
P 12.7 pecio carrumeiro 2	pecio. m07	485838	4750379
P 12.8	EE. b46	484590	4755122
P 12.9. pecio corcubion 1	pecio. b46	484565	4754834
P 13	elemento emergente	480567	4752429
P 14	elemento emergente	480586	4752448
P 15	elemento emergente	481584	4753112
P 16	EE	481590	4753631
P 17	EE	481804	4754242
P 18	EE	481711	4754185
P 19	EE	482026	4753965
P 1b	posible cadena 2	479060	4752164

P 2	ala del avion	478774	4751807
P 20	EE	482139	4753184
P 21	EE	482113	4752997
P 22	EE	482090	4752991
P 23	5.0 m profundidad m□	482082	4752961
P 24	elemento emergente alto	481585	4753111
P 25	sombra	480332	4752333
P 26	EE	479913	4752306
P 27	EE	479890	4752268
P 28	EE	479892	4752335
P 29	EE	480084	4752534
P 3		478775	4751790
P 30	posible cadena	480011	4752537
P 30b	posible cadena	479906	4752478
P 31	EE	480066	4752520
P 32	mancha alagada	479873	4752370
P 33	mancha alargada	479780	4752363
P 34	mancha	479137	4752203
P 35	mancha	479147	4752181
P 36	cadena	479054	4752159
P 36b	cadena	479001	4752069
P 37	EE	478963	4752024
P 38	EE	478949	4752031
P 39	EE	478921	4752007
P 3b	5.0 m - 10.0 m	478768	4751788
P 4	cadena 2	478737	4751776
P 40	EE	478770	4751953
P 41	EE	480693	4752615
P 42	EE	480516	4752625
P 43	EE	480569	4752572
P 44	pecio	480387	4752613
P 45	EE	479251	4752292
P 46	cadena	479045	4752136
P 46b	cadena	479011	4752083
P 47	EE	478954	4752026
P 48	cadena	478997	4751945
P 48b	cadena	478934	4751942
P 49	EE	478788	4751759
P 4b	cadena 2	478816	4751897
P 5	elemento emergente	478799	4751903
P 50	EE. mag.	479329	4750935
P 51	EE	479968	4751616
P 52	cadena	479983	4751615

P 52b	cadena	480118	4751877
P 53	EE	480118	4751954
P 54	EE	480310	4752110
P 55	EE	480318	4752115
P 56	EE	480335	4752133
P 57	sombra alta	480457	4752302
P 58	EE	480489	4752290
P 59	2 EE	480430	4752276
P 6	posible cadena	478975	4752076
P 60	EE	479665	4752135
P 61	sombra	480456	4752304
P 62	EE	480470	4752331
P 63	sombra	480530	4752346
P 64	EE	481703	4753275
P 65	sombra 5m	481646	4752606
P 66	elemento emergente con sombra	482009	4753357
P 67	sombra	481930	4753517
P 68	EE asociado a larga sombra	481099	4754066
P 69	EE y sombra	481455	4753717
P 6b	posible cadena	479024	4752181
P 7	posible cadena	479030	4752116
P 70	mancha con relieve 21m. mag. per.	481982	4754130
P 71		482005	4753359
P 72	b21.EE	479918	4752067
P 73	b21	479912	4752046
P 74	EE	480788	4752152
P 75	punto en EE punto 74	480780	4752139
P 76	cadena	479006	4752100
P 76b	cadena T01	478976	4752077
P 77	sombra 22m	478953	4751925
P 78	t01b. cadena	479069	4752168
P 78b	t01b. cadena	479035	4752122
P 79	t01b. cadena	478959	4751923
P 79b	t01b. cadena	479000	4751947
P 79c	t01b. cadena	479051	4751903
P 7b	posible cadena	479051	4752153
P 8	elementos emergentes	479011	4752167
P 80	EE con sombra p.a.a cañón bronce	479073	4751910
P 81	EE con sombra	479051	4751904
P 82	estructura cuadrangular 12 m	479250	4752295
P 83	EE, 4,2m longitud	479057	4751911
P 84	EE. 6,95m longitud	479053	4751902

P 85	EE. t03,t03b. 9m	479030	4751402
P 86	EE. t03. 8m	478970	4751267
P 87	EE. t04	479176	4751560
P 89	EE con sombra. t03b. 12m	479290	4751932
P 9	posible pecio	480296	4752379
P 90	EE, pecio. t07.	478886	4749863
P 91	EE. t 07. 10m	478819	4749861
P 92	pecio. t07, t09. 10m	478744	4749608
P 93	pecio. t14.10m	478994	4749174
P 94	EE. t15	478991	4749176

Anomalías de magnetómetro

Zona = Perfil de magnetómetro

Punto = Anomalía en ese perfil

X Y = Coordenadas del punto (UTM WGS84 Huso 29)

Valor = Valoración de la importancia de la anomalía (de 1 a 3)

Zona	Punto	X	Y	Valor
F01	1	482302.5	4753517.5	2
F01	2	482251.9	4753449.4	3
F01	3	482183.9	4753350	1
F01	4	482299	4753546.4	1
F01	5	482244.9	4753449.6	3
F01	6	482299.8	4753465.5	3
F01	7	482318.1	4753506.9	1
F01	8	482298	4753577.5	3
F01	9	482309.4	4753507.5	3
F01	10	482271.6	4753461.9	3
F01	11	482241.4	4753450.1	3
F04_05	1	481485.1	4753535.2	3
F04_05	2	481493.3	4753522.8	2
F04_05	3	481505.5	4753502	1
F04_05	4	481447.2	4753504.6	2
F04_05	5	481483.3	4753490.1	1
F04_05	6	481510.4	4753493.2	1
F04_05	7	481539.5	4753487	2
F04_05	8	481591.7	4753482.4	1
F04_05	9	481517.1	4753451.7	1
F04_05	10	481609.6	4753451.4	3
F04_05	11	481559.3	4753426.8	1
F04_05	12	481504.2	4753429.9	3
F04_05	13	481253.5	4753405.2	3

F04_05	14	481374.3	4753408.6	3
F04_05	15	481606.3	4753393.3	1
F04_05	16	481567.6	4753378.4	2
F04_05	17	481368.5	4753361.8	3
F04_05	18	481576.1	4753355.3	1
F04_05	19	481682.5	4753354.3	2
F04_05	20	481515.9	4753320.8	3
F04_05	21	481459	4753303.6	3
F04_05	22	481301.1	4753276.8	3
F04_05	23	481525.7	4753269	3
F04_05	24	481461.2	4753253.1	1
F04_05	25	481530.2	4753223.1	1
F04_05	26	481433.4	4753220	2
F04_05	27	481528.9	4753185.5	3
F04_05	28	481328	4753129.2	3
F04_05	29	481409.6	4753034.4	2
F04_05	30	481413.3	4753041.3	2
F04_05	31	481376.1	4753024.3	3
F04_05	32	481443.1	4752991.4	3
F04_05	33	481344.2	4753031.3	3
F06_07	1	481965.4	4754107.7	3
F06_07	2	481981.3	4754094.7	2
F06_07	3	482001.1	4754164.1	3
F06_07	4	482019.4	4754198.1	3
F06_07	5	481974.1	4754162.8	2
F06_07	6	481956.5	4754215.3	2
F06_07	7	481780.7	4754002	2
F06_07	8	481797.2	4754164.6	1
F06_07	9	481769.5	4754128.8	3
F06_07	10	481816.3	4754195.8	3
F06_07	11	481855.4	4754208.9	3
F06_07	12	481770.5	4754184.1	1
F06_07	13	481707.7	4754057.7	2
F06_07	14	481770.9	4754222.6	3
F06_07	15	481769.7	4754157.8	1
F06_07	16	481730.5	4754242.7	1
F06_07	17	481635.9	4754076.7	3
F06_07	18	481744.7	4754216.4	3
F09	1	481585.1	4753113.5	3
F12	1	480451.7	4752362.3	3
F13	1	480287.5	4752100.3	1
F13	2	480343.9	4752147.5	1
F13	3	480292.3	4752115.1	2

F13	4	480355.4	4752143.8	1
F15_16	1	480124.7	4752579.2	3
F17	1	480351.2	4752611.7	3
F17	2	480443.8	4752624.9	1
F17	3	480551	4752632.4	2
F17	4	480622.1	4752616.8	1
F17	5	480371	4752621.3	1
F19_21	1	479255	4752286.6	3
F19_21	2	479158.1	4752274.7	3
F19_21	3	479251.3	4752296	2
F19_21	4	479252.1	4752293.4	1
F20	1	479106.2	4752182.6	3
F22	1	479048.5	4751980.1	2
F22	2	479036.2	4751920.6	3
F22	3	478998.4	4751836.6	2
F22	4	479054.5	4751988.1	1
F23	1	479271.2	4752046.2	3
F23	2	479277.6	4751958.2	1
F23	3	479284	4751926	3
F23	4	479263.7	4751979.3	3
F23	5	479204.1	4752041.4	2
F23	6	479203.9	4752040.6	2
F23	7	479228.5	4751982.2	3
F23	8	479253.3	4751920.5	3
F23	9	479215	4752035.5	1
F24	1	478956.5	4751931.3	2
F24	2	478945	4751909.3	3
F24	3	478895.1	4751941.3	2
F24	4	478980	4751919.3	1
F24	5	478981.6	4751918.5	1
F29	1	480172.5	4751230.9	2
F29	2	480207.4	4751166.4	2
F29	3	480194.4	4751234.4	2
F29	4	480039.3	4751298.6	2
F29	5	480080.3	4751266.2	2
F29	6	480157.7	4751214.4	2
F29	7	480207.3	4751168.8	2
F29	8	480037.5	4751266.7	3
F35	1	482445.3	4752889.6	1
F35	2	482603.9	4752661.1	3
F35	3	482785.9	4752200.9	3
F35	4	482786	4752074.7	3
F35	5	482786.8	4751960	3

F35	6	482781.7	4751802.7	1
F35	7	482765.4	4751499.3	3
F35	8	482793.9	4751815.1	3
F35	9	482790.2	4751960.4	3
F35	10	482803	4752079.5	3
F35	11	482805.8	4752193.9	3
F35	12	482811.7	4752341.2	3
F35	13	482807.7	4752408.8	3
F35	14	482595.2	4752645.8	3
F35	15	482822.8	4752424.3	1
F35	16	482826.5	4752339.3	2
F35	17	482816.2	4751667.6	3
F35	18	482817	4751580.1	3
F35	19	482829.1	4751575.4	1
F35	20	482829.5	4751661.9	3
F35	21	482829.9	4751734.6	3
F35	22	482834.8	4751892.4	3
F35	23	482835.3	4751964.5	1
F35	24	482836.5	4752024.5	2
F35	25	482840.7	4752337.4	3
F35	26	482852.1	4752433.5	2
F35	27	482682.8	4752637.4	3
F35	28	482652.5	4752674	3
F35	29	482612.4	4752712.5	3
F35	30	482475.7	4752832.6	3
F35	31	482452.4	4752895.2	1
F35	32	482553.8	4752799.9	2
F35	33	482648.1	4752704	2
F35	34	482712.6	4752638.9	1
F35	35	482870.7	4752390	2
F35	36	482861.1	4752307.4	2
F35	37	482862.6	4752063.4	2
F35	38	482861.3	4752035.1	2
F36	1	482421	4752977.1	1
F36	2	482331.9	4753064.2	2
F37	1	484758	4750210.2	1
F37	2	485162	4750104.8	3
F37	3	485856.3	4750365.8	2
F38	1	485879.2	4750733.3	3
F41	1	485603.3	4752073.3	3
F41	2	485509.2	4752379.1	3
F41	3	485575.9	4752116.3	3
F41	4	485595.2	4752356.2	2

F41	5	485591.6	4752563.3	1
F41	6	485603.4	4752562.3	1
F41	7	485576.5	4752562.6	1
F41	8	485568.3	4752650.4	1
F41	9	485547.7	4752624.3	1
F41	10	485566.3	4752476.2	2
F41	11	485518.3	4752481.6	2
F41	12	485503.9	4752662.7	1
F41	13	485481.2	4752638.1	1
F41	14	485402.7	4752770.1	3
F41	15	485617.3	4752821.2	3
F41	16	485636.9	4752580.3	3
F41	17	485612.2	4752558.1	1
F42	1	484893.5	4753531.4	2
F42	2	484902	4753582.7	1
F43	1	484874.3	4754050.1	2
F43	2	484825.3	4754275.1	3
F43	3	484713.3	4754412.8	1
F43	4	484830.5	4754103.7	3
F43	5	484861.9	4754061.1	3
F43	6	484826.9	4754182	3
F43	7	484792.7	4754267.2	2
F43	8	484763	4754333.9	8
F43	9	484724.6	4754420.1	1
F43	10	484689	4754508.8	1
F45	1	484571.4	4754849.8	1
F45	2	484586.4	4754784.9	2
F45	3	484601.5	4754742.1	2
F45	4	484554	4754808.5	3
F45	5	484562.2	4754849.2	1
F45	6	484591.1	4754853.6	1
F45	7	484604.1	4754741.5	2
F45	8	484623.9	4754775.8	3
F45	9	484598.4	4754852.8	1
F45	10	484638.7	4754907.5	2
F45	11	484625.1	4754818.9	1
F45	12	484627.8	4754764.9	2
F45	13	484663	4754750.1	3
F45	14	484645.9	4754794.2	1
F45	15	484646.7	4754888.7	1
F45	16	484678.3	4754882.3	2
F45	17	484673.2	4754807.2	3
F45	18	484680.6	4754726.8	2

F45	19	484702.3	4754636.4	1
F45	20	484779.5	4754463.1	2
F45	21	484833.8	4754338.5	3
F45	22	484849.8	4754386.8	2
F45	23	484797.7	4754471.5	3
F45	24	484749.7	4754564.8	2
F45	25	484720	4754642.4	1
F45	26	484708.3	4754675.7	1
F45	27	484691.6	4754732.3	2
F45	28	484682	4754812.8	3
F45	29	484678.9	4754885.8	1
F45	30	484709.8	4754837.3	2
F45	31	484727.2	4754669.4	3
F45	32	484804.7	4754513.7	2
F45	33	484887.2	4754371.7	3
F45	34	484914.9	4754388.6	3
F45	35	484823.1	4754512	2
F45	36	484740.3	4754672.3	3
F45	37	484722.7	4754726.6	3
F45	38	484728.4	4754800.3	2
F45	39	484732.2	4754918.4	2
F45	40	484761.2	4754844.9	3
F45	41	484815.5	4754559.2	1
F45	42	484857.4	4754494.1	3
F45	43	484949.7	4754418.2	3
F45	44	484842.9	4754545.6	3
F45	45	484782.8	4754663.5	2
F45	46	484726.2	4754847.9	3
F45	47	484661.5	4755068.5	2
F46	1	484647	4755104.9	1
F46	2	484613.1	4755071.4	2
F46	3	484634.7	4755002.1	2
F46	4	484583.7	4754985.5	2
F46	5	484597.9	4755064.2	1
F46	6	484632.6	4755106.3	1
F46	7	484695.4	4755024.6	3
F46	8	484600.8	4755063.2	1
F46	9	484654.8	4755075.8	2
F46	10	484640	4755114.4	1
F46	11	484583.9	4755081.6	2
F46	12	484628.4	4754686.2	2
F46	13	484727.5	4754448.2	2
F46	14	484747.1	4754382.7	3

F46	15	484801.7	4754268.2	2
F46	16	484729.8	4754267.2	3
F46	17	484698.9	4754338.2	2
F46	18	484668.6	4754414.8	1
F46	19	484632.8	4754506.4	3
F46	20	484642.7	4754552.5	3
F46	21	484699	4754423.2	1
F46	22	484748.7	4754322.5	2
F47	1	486672	4748734.3	2
F47	2	486716.2	4748757.3	2
F47	3	486677.9	4748839.2	3
F47	4	486594.6	4749077	2
F47	5	486666.3	4748861.8	2
F47	6	486689.2	4748833.2	2
F48	1	479250.1	4751972.5	2
F48	2	479174	4751949.3	2
F48	3	479053.3	4751896.9	2
F48	4	479098.6	4751926.4	2
F48	5	479061.7	4751918.1	2
F48	6	478976	4751831.8	3
F48	7	478947.2	4751917.7	2
F48	8	478951.1	4751934.9	2
F48	9	478858.6	4751888.9	2
F48	10	478958.4	4751955.9	1
F48	11	478941.4	4751975.5	1
F48	12	478879	4751865.3	2
F48	13	478841.8	4751875.2	2
F48	14	478936.7	4751980.5	1
F48	15	478960.9	4752100.5	3
F48	16	478942.7	4752065.9	2
F48	17	478900.1	4751968.4	2
F48	18	478885.4	4751867	2
F48	19	478941.8	4751976.8	1
F48	20	479044.9	4752085	3
F48	21	478958.3	4752048	2
F48	22	478916.7	4751971.3	2
F48	23	478848	4751847.4	2
F49	1	478776.2	4751747.4	2
F49	2	478749.3	4751703.7	1
F49	3	478713	4751698	2
F49	4	478729.4	4751742.8	1
F49	5	478745.3	4751760	1
F49	6	478809.7	4751869.2	2

F49	7	478876.9	4751983.9	2
F49	8	478894.6	4751976.5	2
F49	9	478824	4751846.5	2
F49	10	478778.5	4751753.3	3
F49	11	478806.6	4751765.4	2
F49	12	478953	4751964.7	1
F49	13	478927.6	4752076.8	2
F49	14	478845.2	4751982.5	2
F49	15	478798.3	4751878.4	2
F49	16	478785.2	4751770.1	2
F49	17	478783.5	4751743	2
F49	18	478808.9	4751707.5	2
F49	19	478821	4751871.1	3
F49	20	478898.9	4752017.9	3
F49	21	478935.2	4752071.8	2
F49	22	478934.7	4752121.8	3
F49	23	478900.3	4752079.5	1
F49	24	478839.7	4751990.9	3
F49	25	478792.7	4751885.2	2
F49	26	478785.8	4751760.9	1
F49	27	478944.7	4751893.5	2
F49	28	479044	4751997.8	2
F49	29	478821	4752006.4	2
F49	30	478786.4	4751903.9	1
F49	31	478772.9	4751751.7	1
F49	32	478904	4751821.8	3
F49	33	478981.6	4751917.1	2
F49	34	479054.3	4751995.1	2
F49	35	478922.3	4752084.8	2
F49	36	478804.4	4752032.6	2
F49	37	478769.9	4751924.3	2
F49	38	478749.6	4751852.4	2
F49	39	478750.2	4751773.3	2
F49	40	478782.2	4751729.1	1
F49	41	478824.1	4751672.2	2
F49	42	478833.4	4751648.3	2
F49	43	478784.7	4751706	2
F49	44	478774.6	4751734.9	1
F49	45	478759.3	4751761.5	2
F49	46	478742	4751785.7	2
F49	47	478743.9	4751855.4	2
F49	48	478769.6	4751925.2	2
F49	49	478822.3	4752096.2	3

F49	50	478941.3	4752112.9	3
F49	51	478716.3	4751875.3	3
F49	52	478727.8	4751783.1	2
F49	53	478760.8	4751761.4	1
F49	54	478814.5	4751705.6	2
F49	55	478760.2	4751761.8	2
F49	56	478736.7	4751784.2	2
F49	57	478742.9	4751888.2	1
F49	58	478871	4752118.8	3
F49	59	480119.6	4752505.4	2
F49	60	478889.4	4752117.3	2

ANEXOS

CARTOGRAFÍA

Zona de estudio - Mapa director

Preparación de transectos

Transectos realizados:

Multihaz

Magnetómetro

Sonar 500Khz

Perfilador

Batimetría por zonas

Geomorfología por zonas

Sonar 500Khz zonas 2 y 3

Puntos de interés sobre Geomorfología por zonas

Lecturas de magnetómetro, perfil y 3D (Perfiles 13, 23, 35, 45, 46 y 48)

Anomalías de magnetómetro sobre Perfilador

Primeros planos de anomalías sobre sonar

ANEXOS

Contenido del DVD

Carpeta 1 Director Preparación Reconidos

Mapa1-Director.pdf

Mapa2-TransectosPreparacion.pdf

Mapa3-1-TransectosMultihaz.pdf

Perfilador.pdf

Sonar500Khz.pdf

Mapa3-4-TransectosMagnetometro.pdf

CARTOGRAFÍA

Zona de estudio - Mapa director

Preparación de transectos

Transectos realizados:

Multihaz

Magnetómetro

Sonar 500Khz

Perfilador

Batimetría por zonas

Geomorfología por zonas

Sonar 500Khz zonas 2 y 3

Puntos de interés sobre Geomorfología por zonas

Lecturas de magnetómetro, perfil y 3D (Perfiles 13, 23, 35, 45, 46 y 49)

Anomalías de magnetómetro sobre Perfilador

Primeros planos de anomalías sobre sonar

Mapa5-Sonar250Khz-Zona3.pdf

Mapa5-Sonar250Khz-Zona4.pdf

Mapa5-Sonar250Khz-Zona5.pdf

Mapa5-Sonar250Khz-Zona6.pdf

Mapa6-Sonar500Khz-Zona2.pdf

Mapa6-Sonar500Khz-Zona3.pdf

Carpeta 4 Sonar

Carpeta Anomalías sobre sonar

Carpeta Anomalías sobre sonar primeros planos

Carpeta Puntos de interés sobre Geomorfología

Carpeta Perfiles Sonar250Khz

Carpeta Perfiles Sonar500Khz

Carpeta 5 Magnetometro

Lecturas originales

Curvados DWG

Representación de anomalías magnetometro

Carpeta Curvados (pdf)

Representaciones de anomalías en 3D y con perfil

Contenido del DVD

Carpeta 1 Director Preparación Recorridos

- Mapa1-Director.pdf
- Mapa2-TransectosPreparacion.pdf
- Mapa3-1-TransectosMultihaz.pdf
- Mapa3-2-TransectosPerfilador.pdf
- Mapa3-3-TransectosSonar500Khz.pdf
- Mapa3-4-TransectosMagnetometro.pdf

Carpeta 2 Multihaz

- Mapa4-Multihaz-Zona1.pdf
- Mapa4-Multihaz-Zona2.pdf
- Mapa4-Multihaz-Zona3.pdf
- Mapa4-Multihaz-Zona4.pdf
- Mapa4-Multihaz-Zona5.pdf
- Mapa4-Multihaz-Zona6.pdf

Carpeta 3 Geomorfologia

- Mapa5-Sonar250Khz-Zona1.pdf
- Mapa5-Sonar250Khz-Zona2.pdf
- Mapa5-Sonar250Khz-Zona3.pdf
- Mapa5-Sonar250Khz-Zona4.pdf
- Mapa5-Sonar250Khz-Zona5.pdf
- Mapa5-Sonar250Khz-Zona6.pdf
- Mapa6-Sonar500Khz-Zona2.pdf
- Mapa6-Sonar500Khz-Zona3.pdf

Carpeta 4 Sonar

- Carpeta Anomalias sobre sonar
- Carpeta Anomalias sobre sonar primeros planos
- Carpeta Puntos de interes sobre Geomorfologia
- Carpeta Perfiles Sonar250Khz
- Carpeta Perfiles Sonar500Khz

Carpeta 5 Magnetometro

- Lecturas originales
- Curvados DWG
- Representación de anomalías magnetometro
 - Carpeta Curvados (pdf)
 - Representaciones de anomalias en 3D y con perfil

AnomaliasMagnetometroSobrePerfilador.pdf

Carpeta 6 Perfilador

Carpeta Original Perfiles en JPG

Carpeta Escenas Perfiles en formato "escena" para visualizar
con el programa adjunto

Carpeta 7 GIS shp ecw

SHP de anomalías sonar y magnetómetro

Raster georeferenciados de carta náutica y mosaico sonar

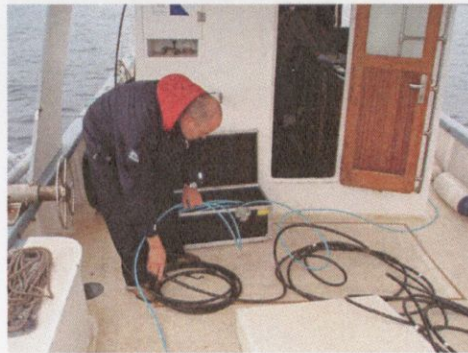
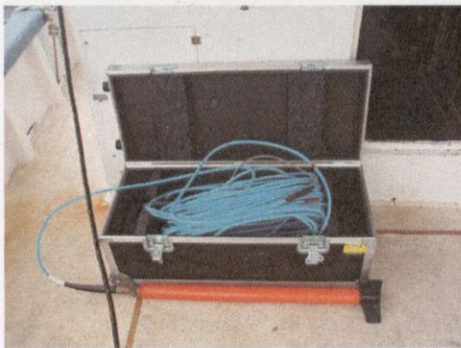
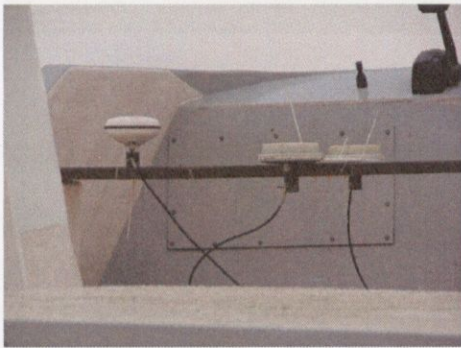
Carpeta 8 Carrumeiro

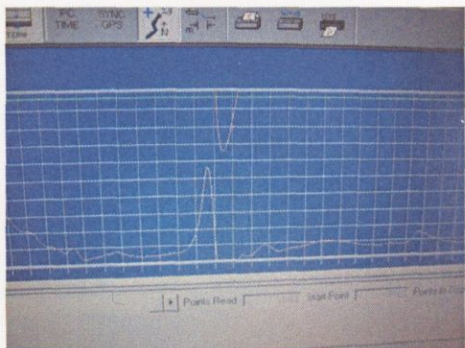
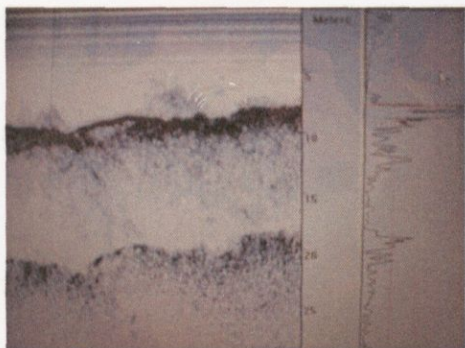
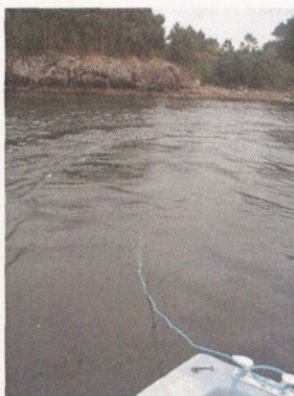
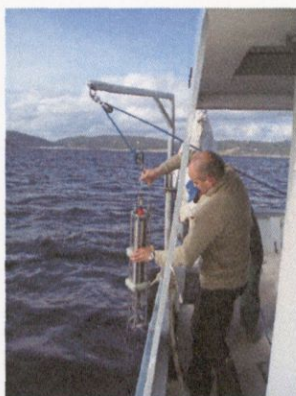
Pdf y escenas del pecio de Carrumeiro

ANEXO FOTOGRAFICO



ANEXO FOTOGRAFICO







CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS, S.L.

