

**Levantamiento batimétrico
multihaz en el frente marítimo de
Bakio (Bizkaia)**

elittoral

**LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO MULTIAZ
EN FRENTE MARÍTIMO DE BAKIO (BIZKAIA)**

AUTORES

Francisco Vila de Miguel

Kella Santana Miranda

SEPTIEMBRE DE 2018

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	6
1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	7
2. ÁREA DE ESTUDIO	8
3. METODOLOGÍA SISTEMA MULTHAZ	9
3.1. Sistema multihaz.	9
3.1.1. Profundidad.	9
3.1.2. Posicionamiento.	11
3.1.3. Rumbo.	11
3.1.4. Pitch, Roll & Heave.....	12
3.1.5. Medida de la velocidad del sonido en el agua de mar.....	13
3.1.6. Medida de la Marea.	14
3.1.7. Sistema de referencia en posición y en cota.	14
3.1.8. Medida de los <i>offset</i>	16
3.1.9. Calibración del sistema.....	17
3.1.10. Adquisición de datos.....	18
3.1.11. Procesado de los datos.	19
3.2. Cartografiado.	20
4. RESULTADOS	21
4.1. Batimetría.....	21
ANEXOS	25
ANEXO I. FOTOGRAFÍAS	27
ANEXO II. MAPAS	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de localización del área de estudio. El área resaltada es la zona de levantamiento.....	8
Figura 2. Arriba: soporte y transductor. Abajo: Esquema levantamiento batimétrico mediante tecnología multihaz.	10
Figura 3. Izquierda: Sistema Navegación inercial GNSS I2NS. Derecha: Antena I2NS.	11
Figura 4. Posicionamiento de las antenas en el barco para la medida del rumbo verdadero.	12
Figura 5. Izq.: Pitch, Roll, Yaw & Heave. Dch.: Sensor de movimiento I2SN.	12
Figura 6. Izquierda: ejemplo de perfil adquirido durante el levantamiento. Derecha: Perfilador para la medida directa de la velocidad del sonido, MiniSVP Valeport.	13
Figura 7. Parámetros geodésicos utilizados durante la adquisición	14
Figura 8. Esquema del datum del mareógrafo instalado en el puerto de Bilbao.....	15
Figura 9. Offset entre el transductor de la ecosonda y el CRP.	16
Figura 10. Valores del patch test obtenidos.....	17
Figura 11. Ordenador portátil de altas prestaciones y adquisición en el barco mediante HYSWEEP.....	18
Figura 12. Ejemplo de aplicación del filtro Savitsky-Golay para una función polinómica de primer orden	19
Figura 13. Software MBMAX en post-proceso.....	20
Figura 14. Mapa batimétrico cada 1 metro.	21
Figura 15. Mapa batimétrico cada 5 metros.....	22
Figura 16. Mapa batimétrico resultado de multihaz en RGB.	23

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En julio de 2018, la empresa ***elittoral Estudios de Ingeniería Costera y Oceanográfica S.L.N.E.*** envía, como respuesta a la solicitud previa de BIOSFERA XXI, una propuesta de elaboración de un levantamiento batimétrico multihaz en el frente marítimo de Bakio (Bizkaia).

El objeto del contrato es tener información base de la zona que sirva para realizar el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental para la interconexión occidental España-Francia por el Golfo de Bizkaia-Gascogne, así como para el evaluar nuevas alternativas del trazado del cable.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está localizada en el frente marítimo que se ubica entre las localidades de Lemóniz y de Bakio, costa perteneciente a la provincia de Bizkaia (Figura 1).

El área barrida tiene unas dimensiones aproximadas de 17,4 km², desde costa hasta la cota -80m respecto al Nivel Medio del Mar (en adelante NMM).

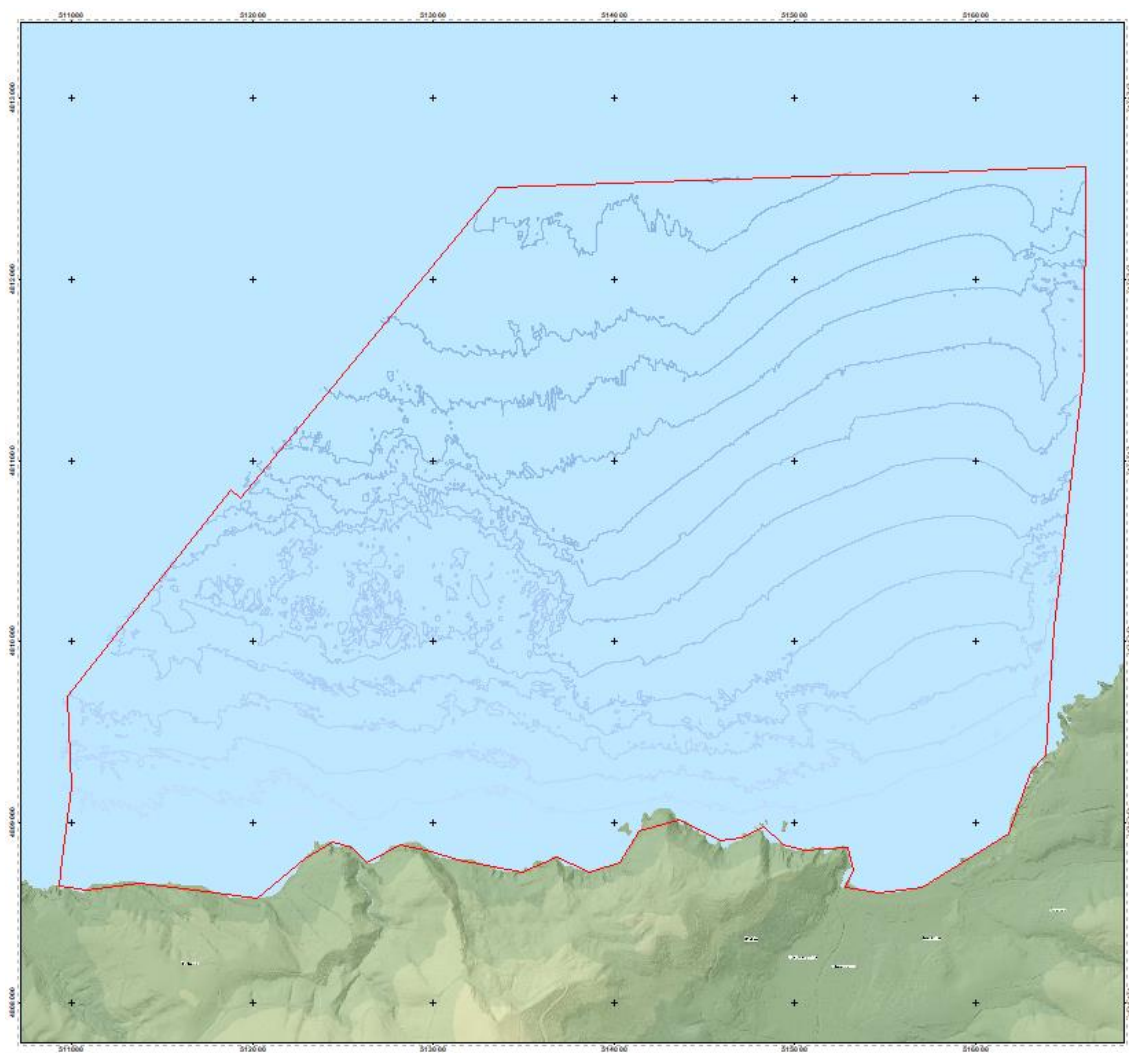


Figura 1. Croquis de localización del área de estudio. El área resaltada es la zona de levantamiento.

3. METODOLOGÍA SISTEMA MULTHAZ

3.1. Sistema multihaz.

El estudio batimétrico con multihaz (en adelante MBE, acrónimo inglés *MultiBeam Echosounder*) se llevó a cabo el día 25 de julio al 5 de agosto de 2018.

Para la adquisición de los datos se utilizó la embarcación Olatu, una embarcación rígida cabinada, con motor fueraborda de 300 CV, de eslora 6m, ideal para trabajos de hidrografía costeros.

Los equipos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Ecosonda multihaz R2SONIC 2022.
- Sensor de movimiento inercial *Applanix Wavemaster*.
- Sistema de navegación *Applanix* bajo tecnología *Trimble*.
- Sensor velocidad del sonido en el cabezal de la ecosonda *Valeport MiniSV*.
- Perfilador velocidad del sonido *Valeport MiniSVP*.

Las especificaciones técnicas de los equipos empleados se encuentran descritas en el Anexo 10.7 del Estudio de Impacto.

3.1.1. Profundidad.

La ecosonda multihaz emite 256 haces en forma de abanico (*sweep*) abarcando un ángulo de hasta 160° desde el transductor. De esta forma a diferencia de una tecnología monohaz, permite abarcar una longitud en la dirección de avance aproximadamente del triple de la profundidad (Figura 2).

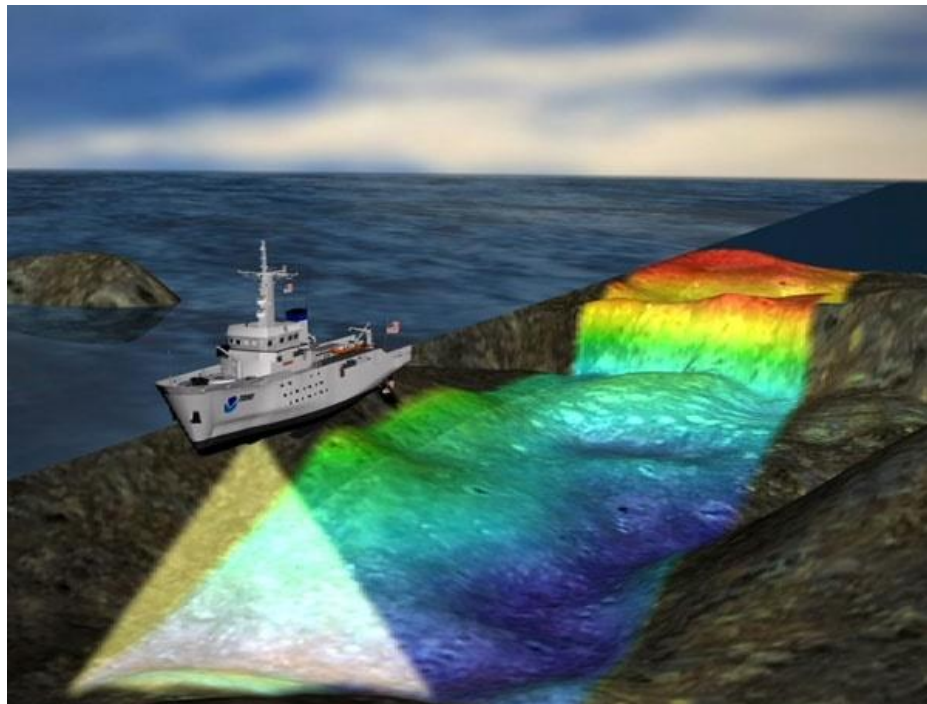


Figura 2. Arriba: soporte y transductor. Abajo: Esquema levantamiento batimétrico mediante tecnología multihaz.

3.1.2. Posicionamiento.

Los datos de posicionamiento fueron adquiridos con un Sistema Global de Navegación por Satélite (su acrónimo en inglés GNSS) que permite adquirir posiciones de dos constelaciones: GPS y GLONASS. Las posiciones adquiridas por este sistema son, a su vez, alimentadas vía internet (telefonía móvil) con correcciones Cinemáticas en Tiempo Real (RTK, en inglés) mediante el servicio de Estaciones Permanentes SAREA de GeoEuskadi (<http://www.gps2.euskadi.net/tiemporeal.php>). Esto nos asegura una precisión en el posicionamiento centimétrico.

La Figura 3 muestra una imagen del sistema de navegación instalado en la embarcación.



Figura 3. Izquierda: Sistema Navegación inercial GNSS I2NS. Derecha: Antena I2NS.

3.1.3. Rumbo.

Para los sistemas multihaz no solo es crítico tener la posición con una precisión alta, sino también es crítico conocer el rumbo para saber cómo está orientado el “abanico” de la multihaz. Esta medida se consigue a través del Sistema de Medición del Azimut GNSS (GAMS en inglés) el cuál mide la diferencia de fase entre las dos antenas del sistema inercial de posicionamiento. La Figura 4 muestra la localización de las antenas en el barco para poder hacer una medición real del rumbo.



Figura 4. Posicionamiento de las antenas en el barco para la medida del rumbo verdadero.

3.1.4. Pitch, Roll & Heave.

Los movimientos del oleaje producen oscilaciones en el barco que se traducen en desviaciones fuertes en el posicionamiento de los haces de la multihaz. Para ello se dispone de un Sensor de movimiento que mide todas estas oscilaciones y desplazamientos para su posterior corrección en el procesamiento de datos (Figura 5).

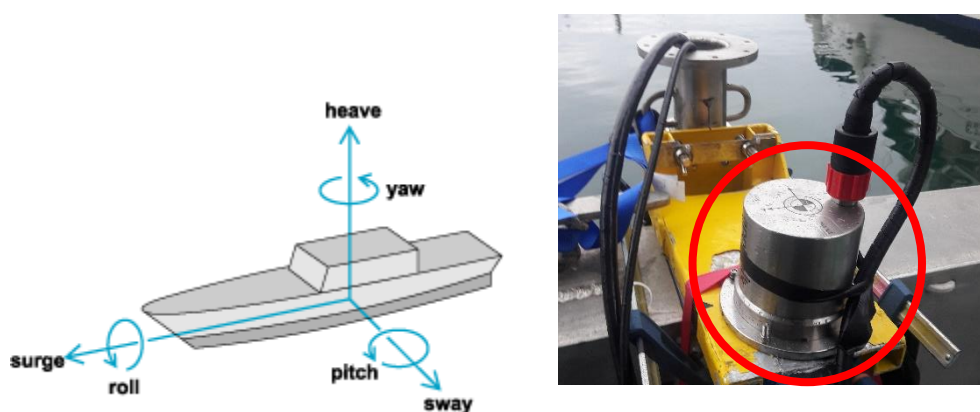


Figura 5. Izq.: Pitch, Roll, Yaw & Heave. Dch.: Sensor de movimiento I2SN.

3.1.5. Medida de la velocidad del sonido en el agua de mar.

El dato bruto con el que trabajan las ecosondas (ya sean multihaz o monohaz) es el tiempo (t) que tarda en llegar el pulso sonoro que emiten desde el transductor. Para calcular la profundidad (d) utilizan la fórmula (1) por lo que es necesario saber con exactitud la velocidad del sonido (v).

$$(1) \quad d = v \cdot t$$

La velocidad del sonido en el agua del mar está influenciada por la salinidad, la temperatura y la profundidad (presión). Así pues, midiendo estos parámetros a través de un sensor de la velocidad del sonido (Figura 6) se pudo medir dicha magnitud de manera directa.

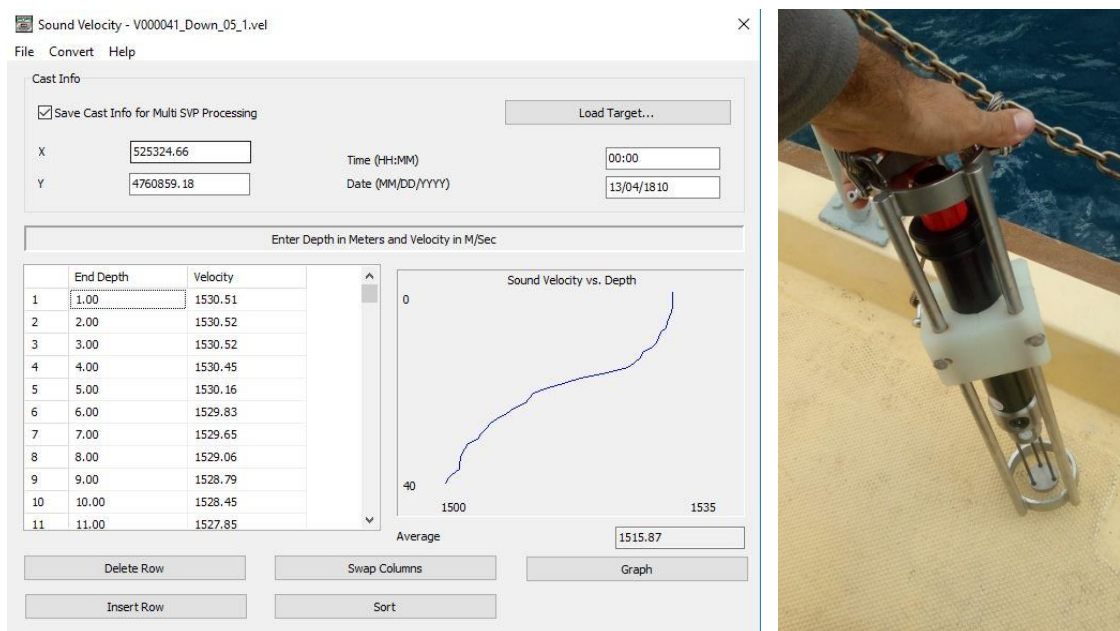


Figura 6. Izquierda: ejemplo de perfil adquirido durante el levantamiento. Derecha: Perfilador para la medida directa de la velocidad del sonido, MiniSVP Valeport.

3.1.6. Medida de la Marea.

La medida de la marea se obtiene a través del sistema de navegación inercial GNSS. Al tener precisiones centimétricas tanto en las posiciones XY como en la cota Z, este dato de altura se utilizó para el cálculo de la marea.

3.1.7. Sistema de referencia en posición y en cota.

El sistema de referencia utilizado es el elipsoide WGS84, UTM 28N. Para la cota, las alturas obtenidas por el GNSS (alturas elipsoidales) fueron corregidas mediante el modelo geoidal EGM08-REDNAP para la península ibérica, y la diferencia entre el geoide y el cero hidrográfico (*LAT, Lowest Astronomical Tide*) (Figura 7). Estas diferencias se obtienen del esquema del datum vertical proporcionado por el mareógrafo de Puertos del Estado instalado en el Puerto de Bilbao (Figura 8).

Figura 7. Parámetros geodésicos utilizados durante la adquisición

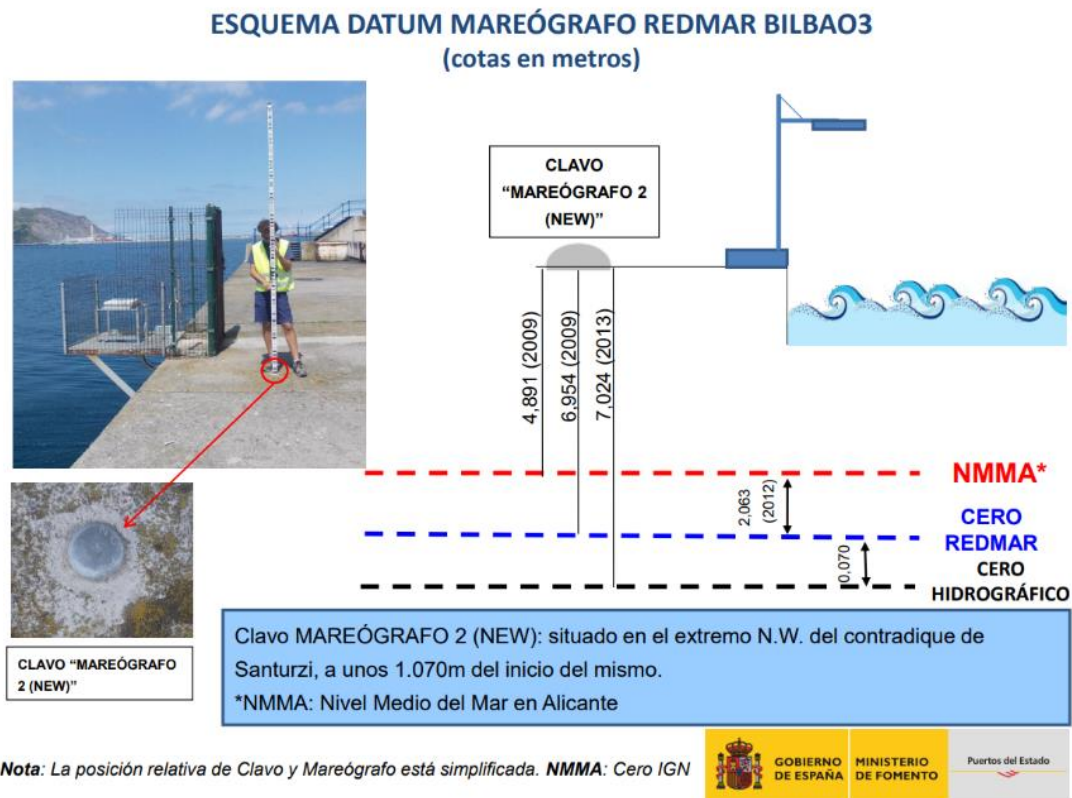


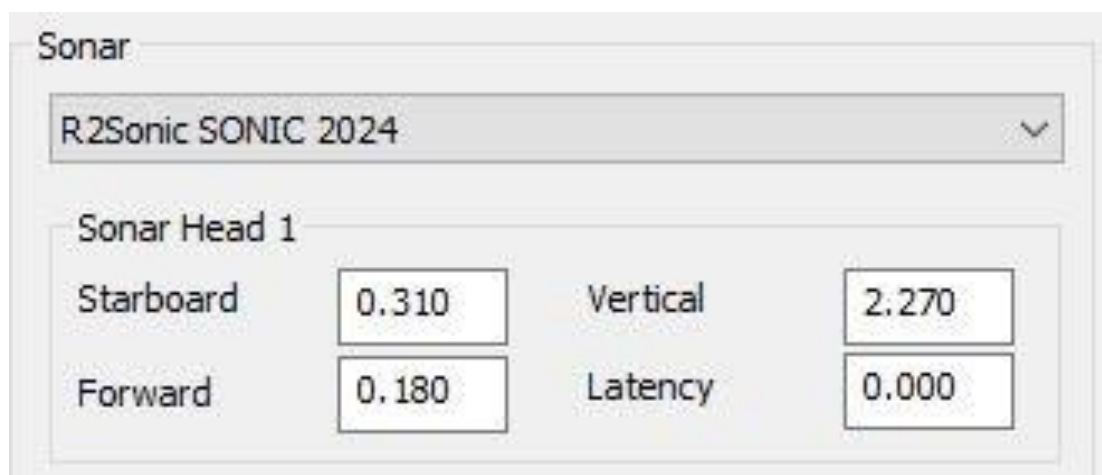
Figura 8. Esquema del datum del mareógrafo instalado en el puerto de Bilbao

3.1.8. Medida de los *offset*.

Antes de empezar la adquisición de los datos se estableció un origen de coordenadas dentro del sistema de adquisición. Para ello se midieron los *offsets* o desplazamientos que hay entre los distintos componentes del barco.

El CRP (centro de referencia) escogido para la adquisición fue la IMU del sistema de navegación. La elección de este punto responde a la minimización de los '*lever arms*' respecto a la MBE y a las antenas del GPS, dado el sistema de montaje utilizado.

En la Figura 9 se detallan los *offset* medidos entre el transductor de la multihaz y el CRP.



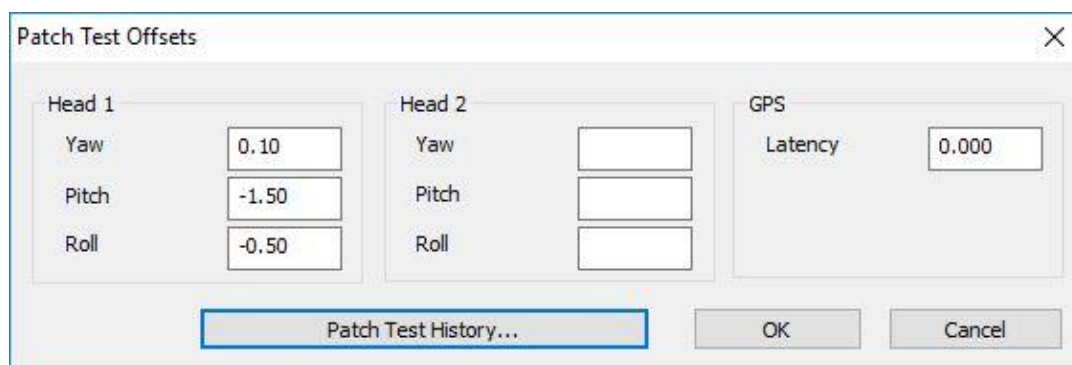
Sonar			
R2Sonic SONIC 2024			
Sonar Head 1			
Starboard	0.310	Vertical	2.270
Forward	0.180	Latency	0.000

Figura 9. Offset entre el transductor de la ecosonda y el CRP.

3.1.9. Calibración del sistema.

La calibración del sistema multihaz es fundamental para una correcta adquisición de datos. Para ello, se siguió la rutina para el alineamiento del rumbo que proporciona el software del Sistema Inercial MV POSView.

Seguidamente se realizó la medida de los ángulos en los que ha quedado el transductor tras el montaje. Dicha medida se realiza a través del software de adquisición de datos (HYSWEEP) que se calibra siguiendo la rutina de *patch test* especificada según el fabricante. Los valores obtenidos para un día concreto del levantamiento son los que se detallan en la Figura 10.



Patch Test Offsets		
Head 1		
Yaw	0.10	
Pitch	-1.50	
Roll	-0.50	
Head 2		
Yaw		
Pitch		
Roll		
GPS		
Latency	0.000	
Patch Test History...		
OK Cancel		

Figura 10. Valores del patch test obtenidos

Los sondeos se calibraron mediante los sensores de la velocidad del sonido (el perfilador y el sensor en continuo que lleva en el cabezal) y se verificaron mediante una barra de metal o *bar-check* al inicio de los trabajos a dos profundidades 10m y 20m.

3.1.10. Adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos en campo consistió en combinar y sincronizar los datos recibidos de todos los equipos (sonda batimétrica multihaz, sistema de posicionamiento GNSS, rumbo, sensor de movimiento, marea y velocidad del sonido) a través de un ordenador de altas capacidades (ocho núcleos). Estos datos son transferidos mediante los protocolos estándar NMEA y RTCM, mientras que para el registro y sincronización de los datos en dicho ordenador se utilizó el programa HYSWEEP, el cual estuvo en todo momento controlado por un técnico especialista en la adquisición de datos (Figura 11).

Previamente a la adquisición de datos, se hizo un pre-diseño de las líneas a navegar durante el levantamiento y se cargó el proyecto con cartografía base de interés proporcionada por el cliente.



Figura 11. Ordenador portátil de altas prestaciones y adquisición en el barco mediante HYSWEEP.

El Anexo I muestra fotografías durante el montaje de los equipos y la posterior adquisición de datos.

3.1.11. Procesado de los datos.

Para el procesado de los datos se utiliza el módulo MBMAX de HYPACK, siguiendo la siguiente rutina:

1. Aplicación del protocolo de Calibración *Patch test*.
2. Verificación y asignación de los perfiles de velocidad.
3. Eliminación de ruido: Se han utilizado los siguientes filtros automáticos:
 - a. *Median*: se eliminan aquellos sondeos que poseen una alta varianza para una superficie determinada.
 - b. *Quality beam*: se eliminan aquellos sondeos que no cumplen con el ratio de calidad mínimo establecido. Sobre todo, afecta a los haces más externos (*outerbeams*).
 - c. *Savitsky-Golay*: para una determinada función polinómica se eliminan aquellos sondeos que caen fuera del margen de tolerancia. La Figura 12 muestra un ejemplo de dicha tarea.

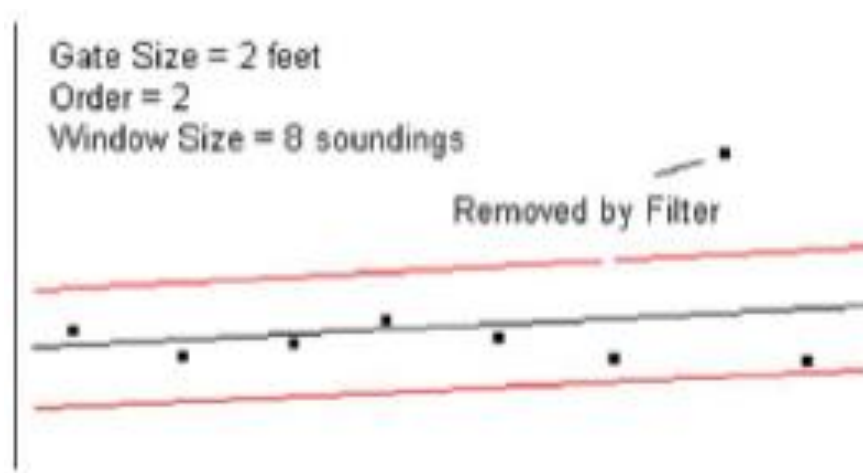


Figura 12. Ejemplo de aplicación del filtro Savitsky-Golay para una función polinómica de primer orden

4. Eliminación de ruido manualmente: se realiza un segundo repaso esta vez de manera manual.
5. Exportación:
 - a. Exportar grid, xyz y geotiff con 1m y 2m de resolución.
 - b. Exportar contornos cada 1m y cada 5m basado en el grid de 0,5 m.
 - c. Finalmente, los contornos se exportan desde arcmap en formato shp.

La Figura 13 muestra el resultado de adquisición de datos con multihaz y su posterior procesado, en el software MBMAX.

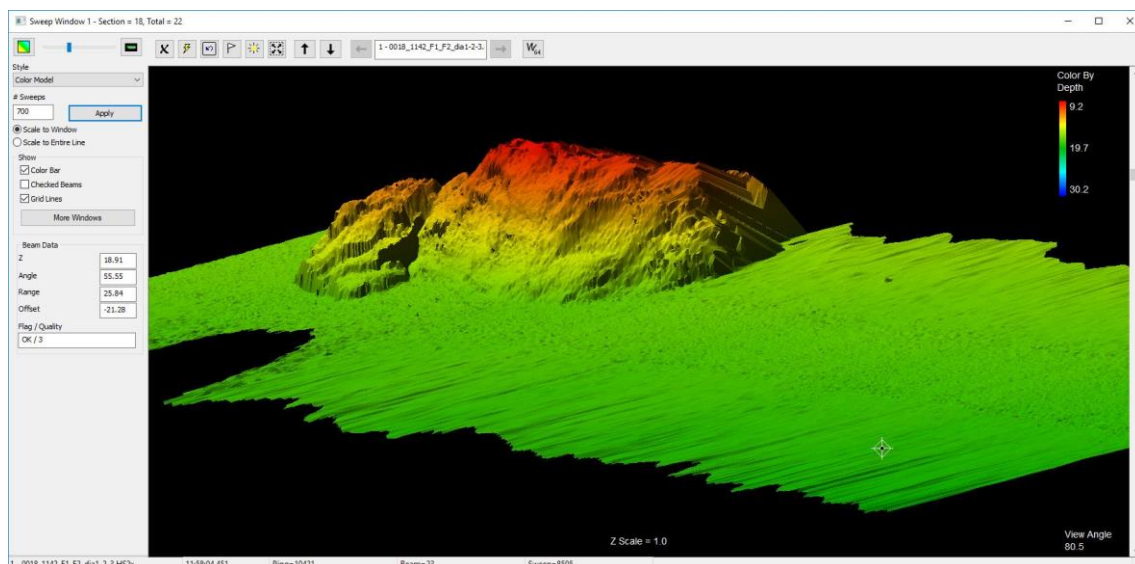


Figura 13. Software MBMAX en post-proceso.

3.2. Cartografiado.

Finalmente, para el cartografiado de los datos obtenidos se utiliza el software ArcGIS con el fin de integrar los datos generados con la cartografía de Geoeuskadi.

Para la elaboración de los mapas en ArcGIS se utilizó la cartografía base suministrada por GeoEuskadi a través del servicio WMS.

4. RESULTADOS

4.1. Batimetría.

Como resultado, se generaron mapas de batimetría cada 1 metro y cada 5 metros de profundidad, tal y como se puede observar en la Figura 14 y la Figura 15. Estos mapas se adjuntan, además, en el Anexo II Mapas.

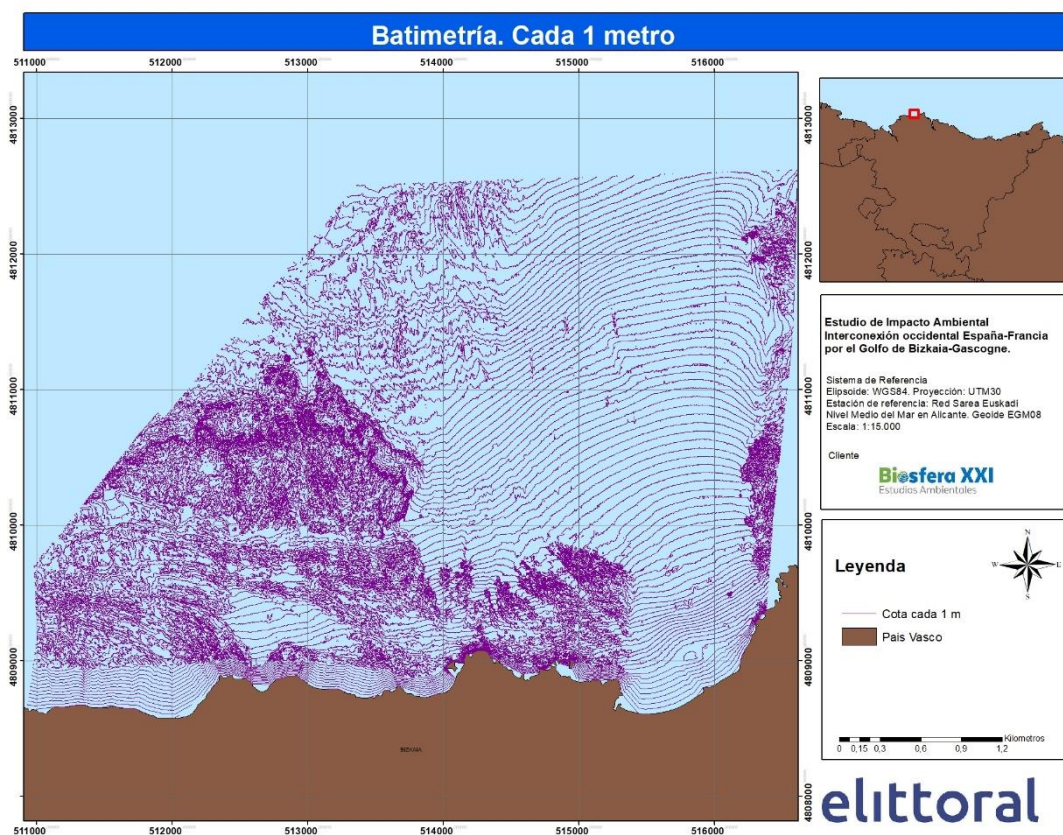


Figura 14. Mapa batimétrico cada 1 metro.

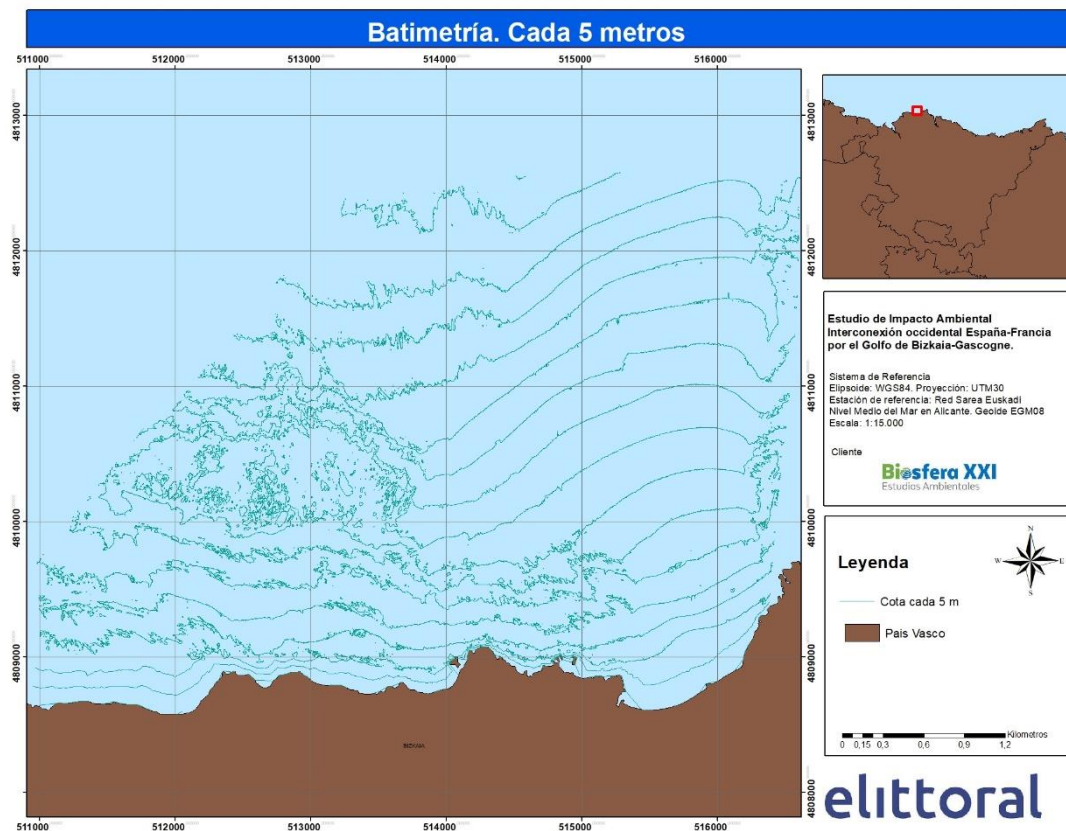


Figura 15. Mapa batimétrico cada 5 metros.

Paralelamente se generó un mapa con el TIF georreferenciado cada 2 metros, el cual se presenta en la Figura 16. En dicho mapa se puede observar como se genera un contraste de colores con el fin de definir los cambios batimétricos en base a una escala dentro de una propia gama de colores. Concretamente el color rojo pertenece a las zonas más someras, el color verde a zonas de profundidad media y en tono azul se hace referencia a las zonas más profundas. Este mapa se adjunta en el Anexo II Mapas.

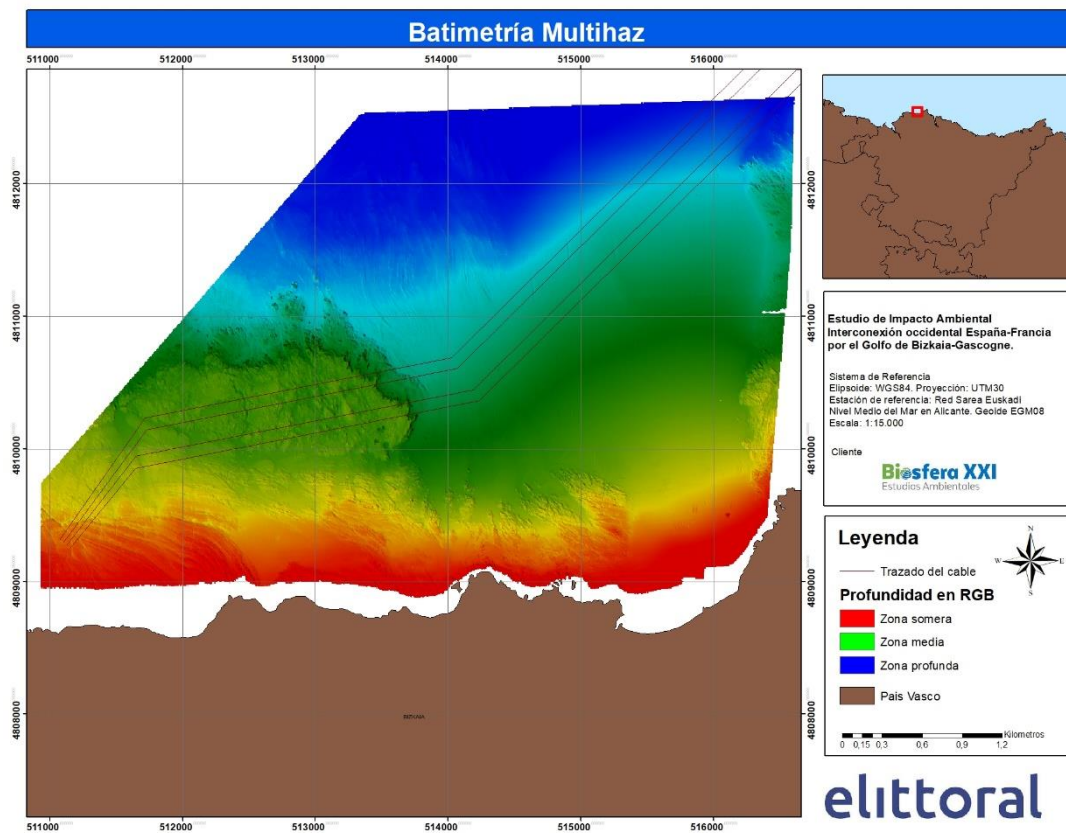


Figura 16. Mapa batimétrico resultado de multihaz en RGB.

Finalmente, se incluyen los ficheros del mallado de puntos regular y de las líneas de contorno, en formato digital.

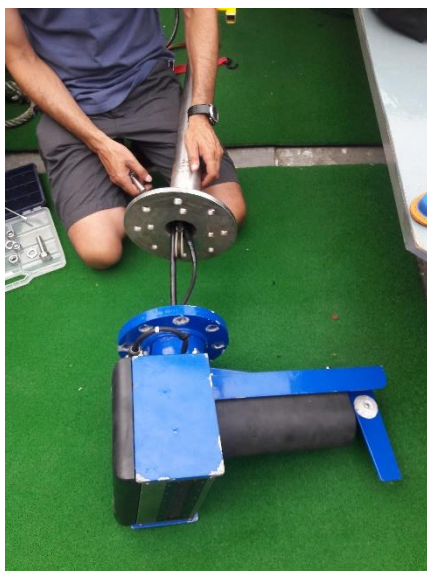
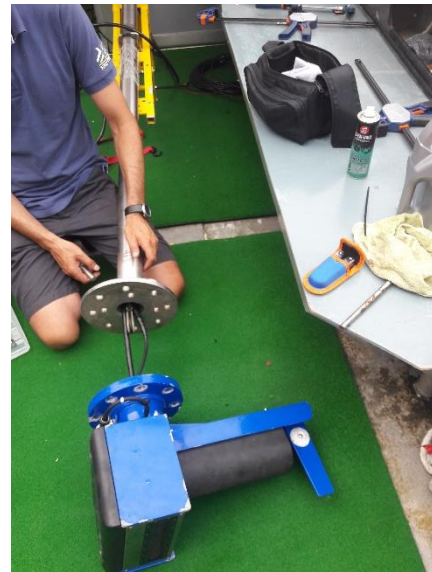
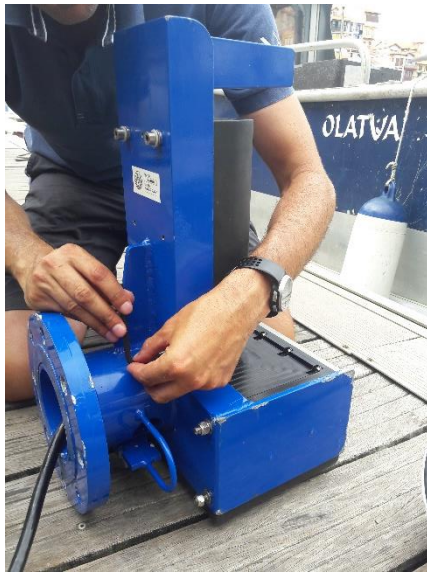
En la misma figura se puede observar que la zona de aterraje de los cables se produce dentro de la zona somera de nuestro estudio, correspondiendo con la coloración roja que va de 15 a 20 metros de profundidad. Posteriormente se puede observar como los cables discurren por una zona de alta rugosidad correspondiente con sustrato rocoso y durante 3 Km, hasta llegar a la zona de sustrato sedimentario a una profundidad en torno a los 40-50 metros. El tramo final de nuestro mapa discurre por sustrato sedimentario durante aproximadamente 5 km, correspondiente a la zona profunda del estudio. Toda la zona presenta una pendiente suave hasta el final de la zona de estudio donde se alcanzan los 80 metros de profundidad.

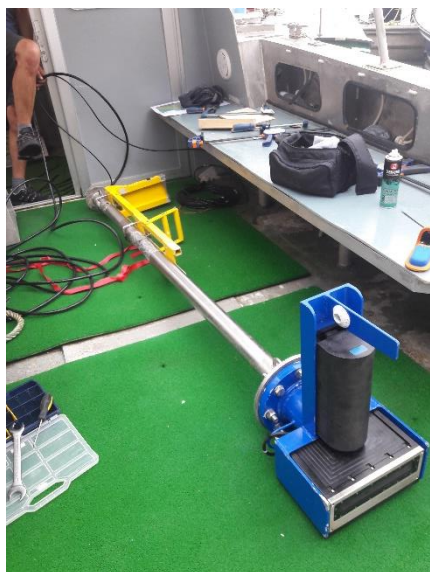
ANEXOS

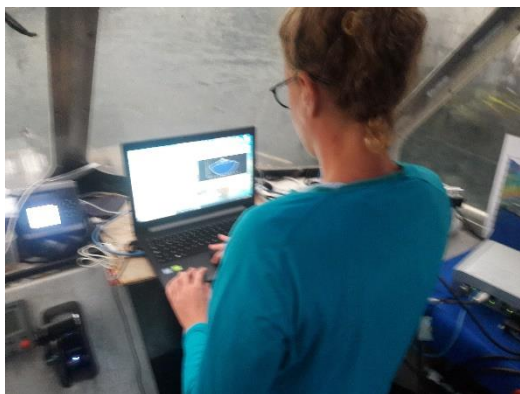


ANEXO I. FOTOGRAFÍAS

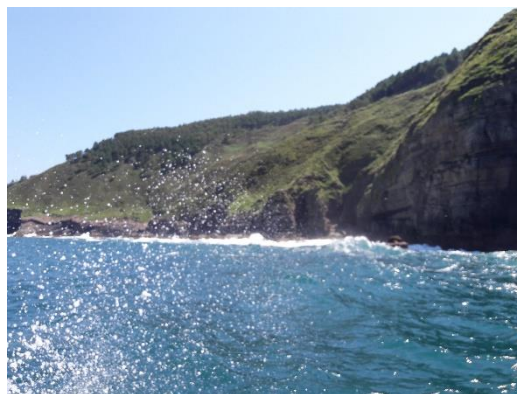








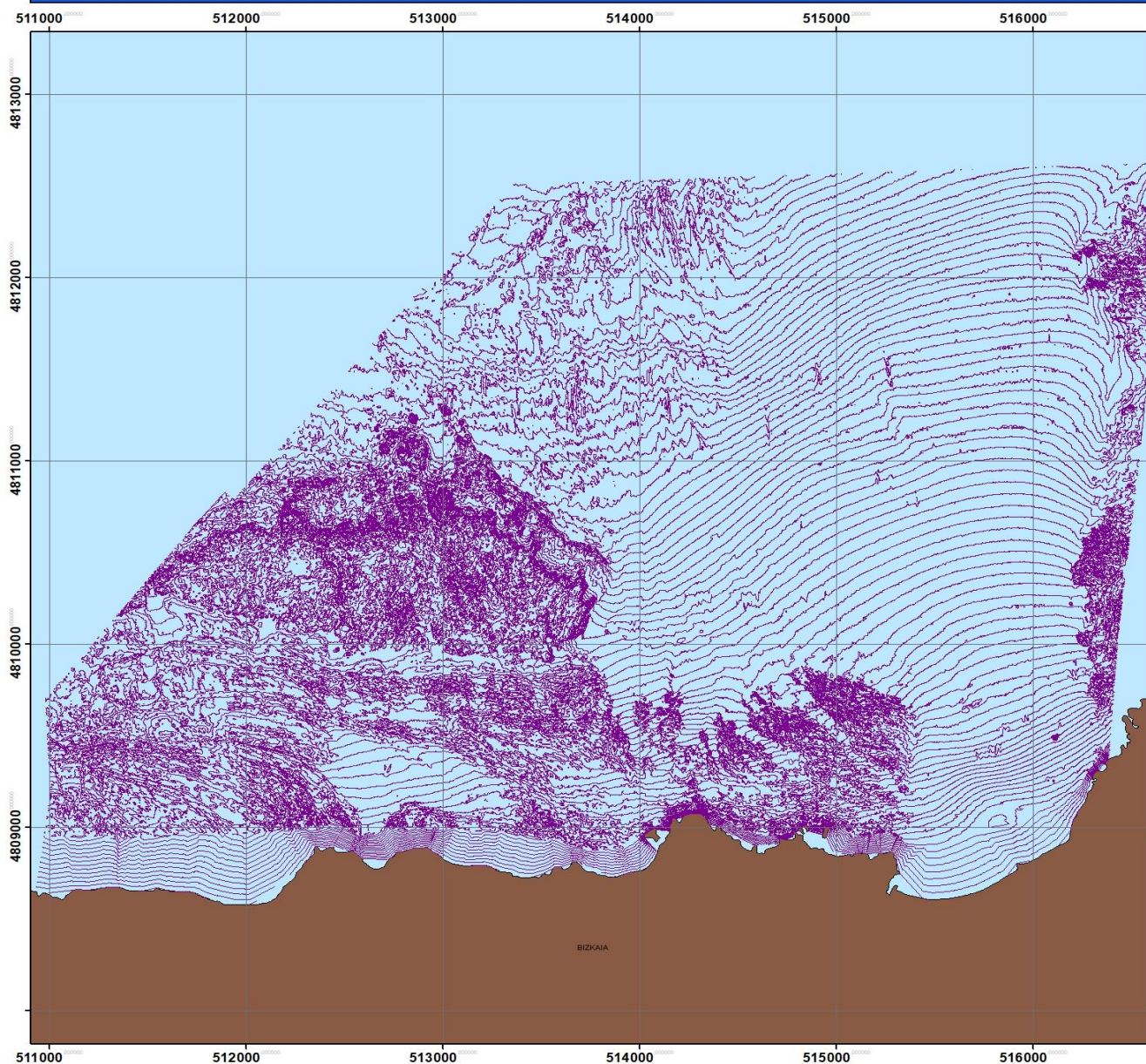




ANEXO II. MAPAS



Batimetría. Cada 1 metro



**Estudio de Impacto Ambiental
Interconexión occidental España-Francia
por el Golfo de Bizkaia-Gascogne.**

Sistema de Referencia
Elipsoide: WGS84. Proyección: UTM30
Estación de referencia: Red Sarea Euskadi
Nivel Medio del Mar en Alicante. Geoida EGM08
Escala: 1:15.000

Cliente

Biosfera XXI
Estudios Ambientales

Leyenda

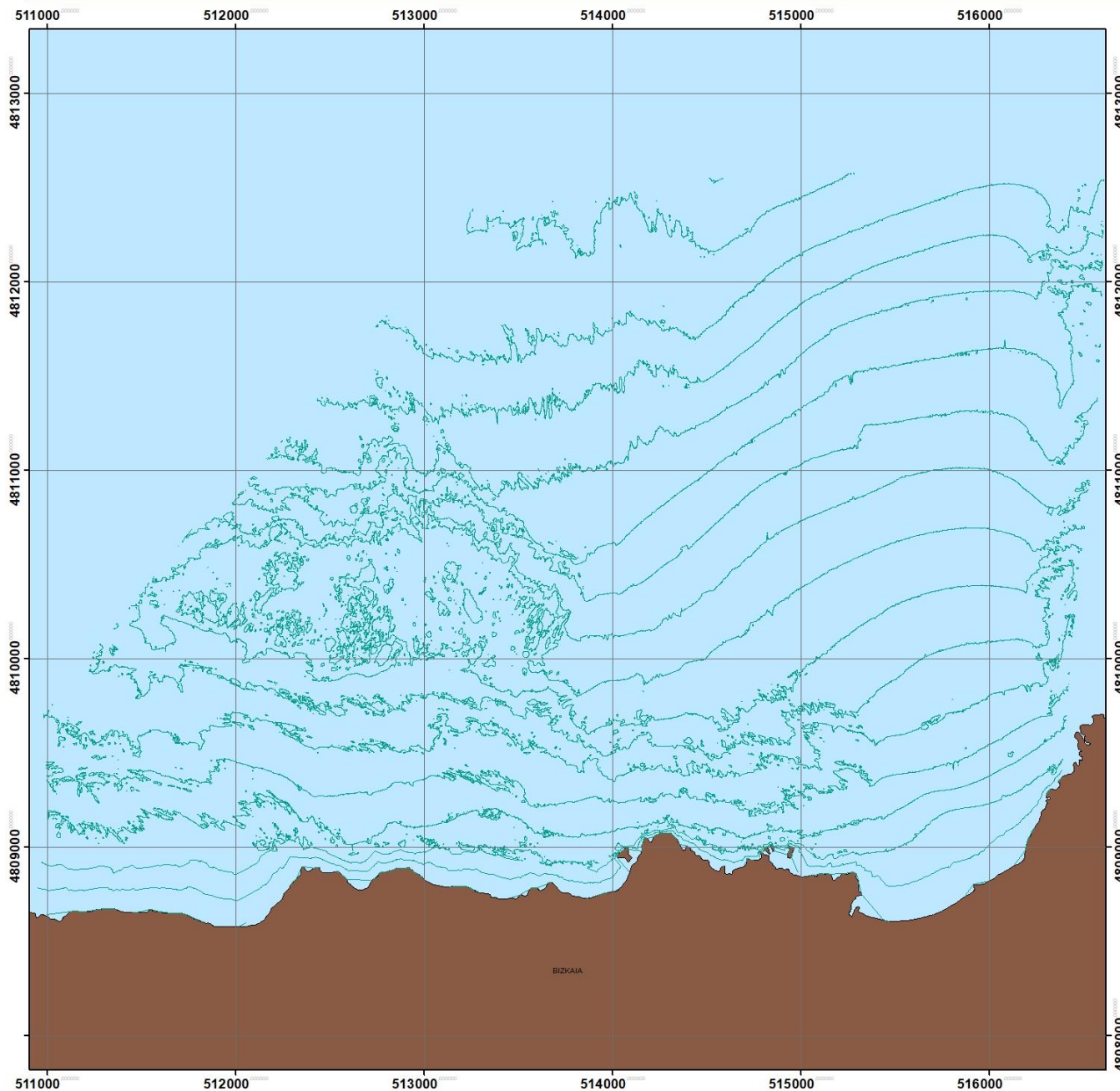
- Cota cada 1 m
- Pais Vasco



0 0,15 0,3 0,6 0,9 1,2 Kilometros

elittoral

Batimetría. Cada 5 metros



Estudio de Impacto Ambiental Interconexión occidental España-Francia por el Golfo de Bizkaia-Gascogne.

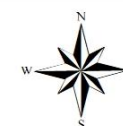
Sistema de Referencia
Elipsoide: WGS84. Proyección: UTM30
Estación de referencia: Red Sarea Euskadi
Nivel Medio del Mar en Alicante. Geoida EGM08
Escala: 1:15.000

Ciente

Biosfera XXI
Estudios Ambientales

Leyenda

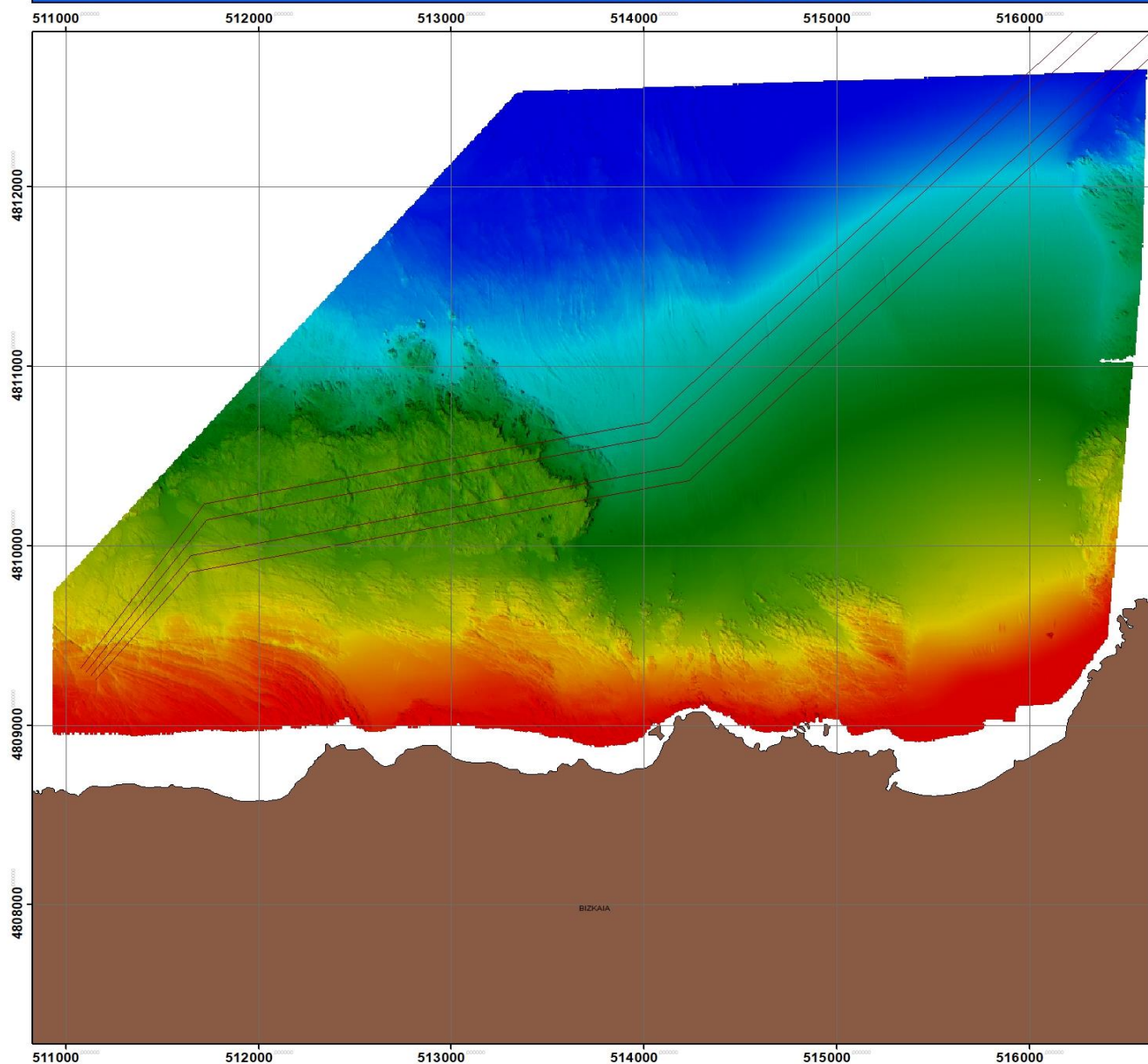
- Cota cada 5 m
- Pais Vasco



0 0,15 0,3 0,6 0,9 1,2 Kilómetros

elittoral

Batimetría Multihaz



**Estudio de Impacto Ambiental
Interconexión occidental España-Francia
por el Golfo de Bizkaia-Gascogne.**

Sistema de Referencia
Elipsoide: WGS84. Proyección: UTM30
Estación de referencia: Red Sarea Euskadi
Nivel Medio del Mar en Alicante. Geolide EGM08
Escala: 1:15.000

Cliente

Biosfera XXI
Estudios Ambientales

Leyenda

— Trazado del cable

Profundidad en RGB

■ Zona somera

■ Zona media

■ Zona profunda

■ País Vasco



0 0,15 0,3 0,6 0,9 1,2 Kilómetros

elittoral

