

**ANEXO 2: Adquisición, procesamiento y pos-procesamiento y archivamiento de datos geofísicos
(Elaboración: Rodrigo Torres)**

Las prospecciones arqueológicas fueron realizadas por medio del relevamiento geofísico sistemático durante dos campañas de prospección, llevadas a cabo entre los días 15/03 y 06/04/2022 y entre el 22/02 y el 30/03/2023, utilizándose el bote semirrígido *PAS 1-UdelaR* (Figuras 1 y 2).

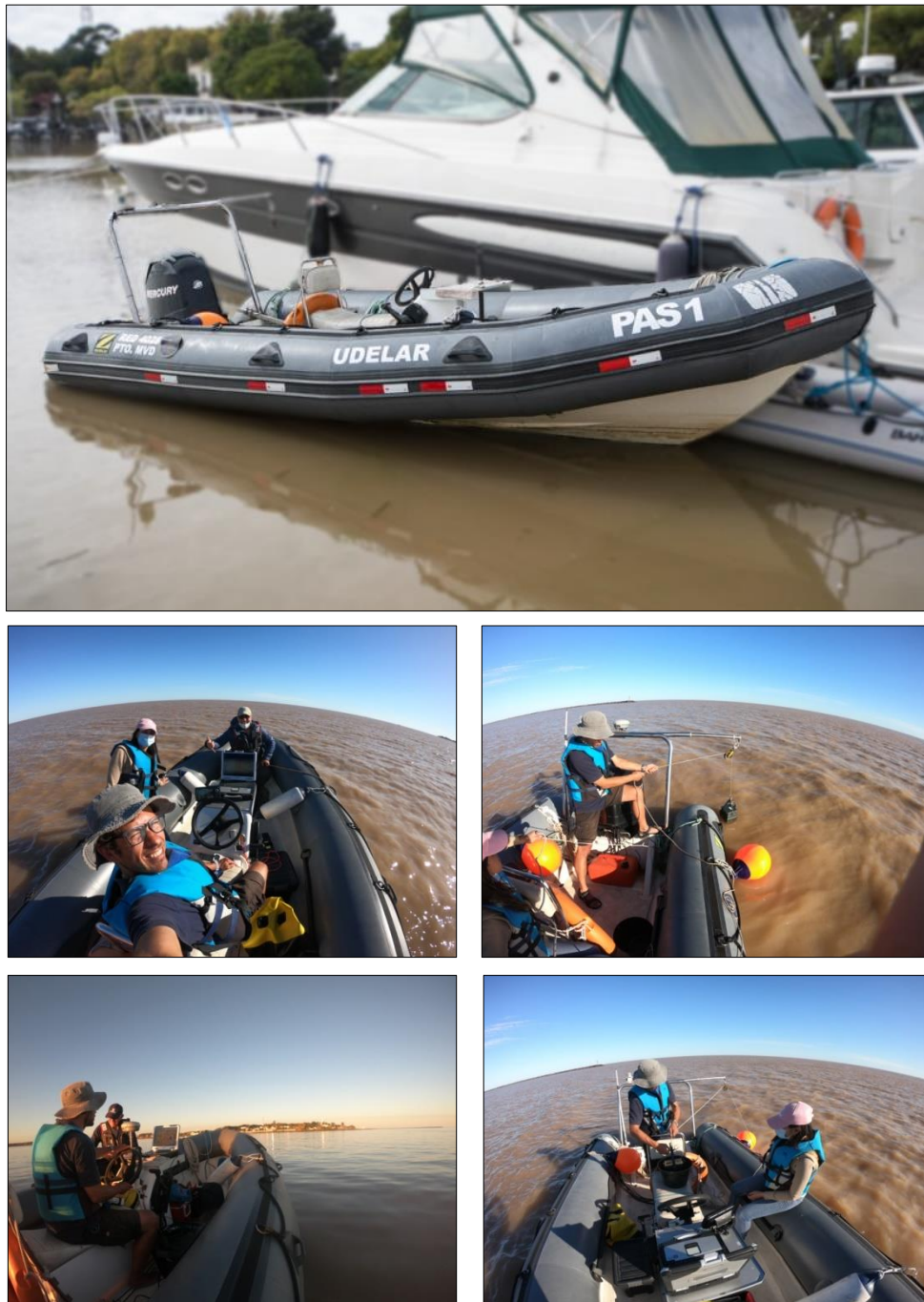


Figura 1: Operaciones a bordo de la embarcación *PAS 1 – UdelaR*.



Figura 2: Equipamientos utilizados en la prospección geofísica, campañas 2022 y 2023.

Los relevamientos fueron planeados con apoyo del programa *Hypack MAX, versión 2Q-2022*, llevándose en cuenta las características propias de los equipamientos, la extensión de las zonas-objetivo y las condiciones de operación y navegación en el área. Los equipamientos y programas de adquisición y procesamiento de datos de teledetección utilizados en este trabajo se encuentran están listados a seguir (Tabla 1):

Tabla 1: Equipamientos y programas utilizados durante las etapas de adquisición y procesamiento geofísico.

TÉCNICA	EQUIPAMENTO/PROGRAMA	ESPECIFICACIONES
Batimetría	<i>Omehx-Sonarmite</i>	Tipo: ecosonda batimétrico mono haz. Frecuencia: 235 kHz. Apertura del haz: 4°. Acuracia: +/- 0,025 m (RMS)
Sonografía de barradura	<i>Tritech Starfish 990F</i>	Tipo: sonar de barrido lateral. Rango: 35 m por canal. Frecuencia: 1 MHz (<i>chirp</i>). Apertura horizontal: 0,3°. Apertura vertical: 60°.

Perfilación de sedimentos	<i>Tritech Seaking SBP</i>	Tipo: ecosonda perfiladora de sedimentos (<i>SBP</i>). Frecuencias: 200 kHz (batimétrica) y 20kHz (sub superficie - paramétrica). Apertura del haz: 4° @ 200 kHz / 4,5° @ 20kHz. Pulso: 200 μs.
Magnetometría	<i>Geometrics G-882</i>	Tipo: magnetómetro marino de vapor de cesio. Rango de operación: 20.000-100.000 nT. Resolución de lectura < 1nT.
Georreferenciación	<i>Trimble r8s</i>	Tipo: receptor GNSS RTK. Correcciones RTK: REGNA-ROU protocolo NTRIP via GSM. Acuracia horizontal: 15 mm +/- 1ppm (RMS). Acuracia vertical: 25 mm +/- 1ppm (RMS).
Adquisición y procesamiento de datos	<i>Hypack MAX</i>	Tipo: programa de planeamiento, integración de sensores, adquisición y procesamiento de datos geofísicos y de georreferenciación.

El sistema de coordenadas utilizado en el proyecto fue el SIRGAS-ROU98, proyección UTM zona 21S. La georreferenciación de los recorridos de prospección se dio por medio de una antena receptora GNSS instalada a bordo y conectada a la base más cercana de la Red Geodésica Nacional Activa (REGNA-ROU_NTRIP), para la recepción de correcciones de posicionamiento en tiempo real - RTK (<https://igm.gub.uy/2016/05/20/servicios-regna-rou/>).

La antena receptora GNSS en modo RTK se conecta a la computadora de bordo, enviando mensajes NMEA 0183 via *bluetooth* serial, con datos de tiempo, posición, rumbo y velocidad (GGA 10Hz, ZDA 1Hz, VTG 10Hz). Durante la adquisición, los datos de posición GNSS RTK son concatenados con los mensajes enviados por los demás sensores, dentro de aplicaciones del programa *Hypack MAX* en la computadora llevada a bordo (Figura 3). La posición relativa de la antena receptora con respecto a la de los sensores en la embarcación fue calculada e ingresada en el programa con la embarcación en posición de reposo (*offsets* verticales y horizontales).

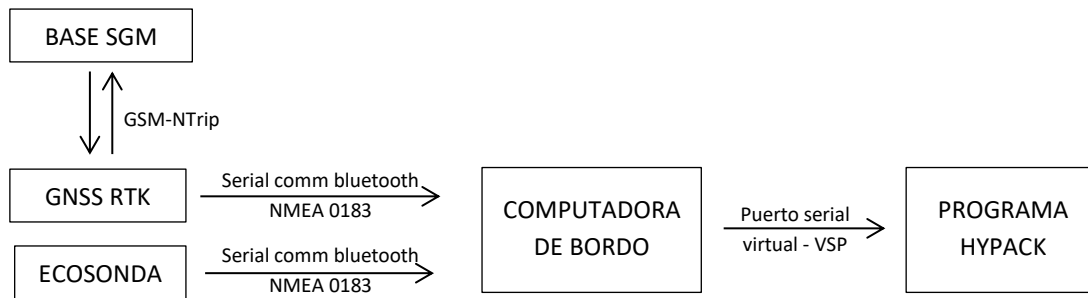


Figura 3: Diagrama de integración de sensores y programas de adquisición de datos geofísicos. Ejemplo del flujo de mensajes para relevamiento batimétrico monohaz y mareas RTK a bordo de la embarcación PAS 1 – UdelaR.

Los datos batimétricos fueron nivelados al Plan de Reducción de las Sondas (PRS) de la carta náutica de referencia SOHMA n. 52 (octubre de 2019, escala 1:20.000). El PRS del puerto de Colonia, a su vez, se relaciona con las demás referencias altimétricas e hidrométricas nacionales según la tabla 2.

Tabla 2: Referencias altimétricas nacionales y su relación con el Plan de Reducción de las Sondas (Fuentes: Carta náutica SOHMA n. 52 2019 y Tabla de Mareas SOHMA 2024: 2).

Referencia vertical	ΔZ (m)	Observaciones
Nivel medio del agua	+0,63	Nivel medio mareográfico (SOHMA, 2024: 2).
Cero Oficial	+0,52	Referencia Cabildo de Montevideo (1948).
PRS	0	Carta náutica SOHMA n. 52. Escala 1:20.000.
Cero mareográfico	-0,10	Escala hidrométrica: Lat: 34° 28,5' S Long: 57° 50,6' W
Cero Wharton	-0,39	Plano hidrométrico provisorio (1887).

En la campaña 2022, la nivelación batimétrica fue realizada durante la etapa de procesamiento, utilizando los datos del mareógrafo del Puerto de Colonia (VTM0, datos a cada 1 minuto), descargados desde la página de servicios de la Comisión Administradora del Río del Plata: https://www.comisionriodelaplata.org/servicios_main.php?sid=VM.

Durante la campaña 2023, con el uso del programa *HypackMAX*, se pudo utilizar los datos de posicionamiento GNSS RTK para la nivelación y corrección de los efectos del oleaje en el movimiento vertical de la embarcación, con el uso de la función “mareas RTK” (*Hypack user manual*, 2022: 205-207) (Figura 4). Para eso se utilizaron como referencias verticales el elipsoide WGS84, el modelo geoidal IGM110-2023 y el PRS Carta SOHMA n. 52.

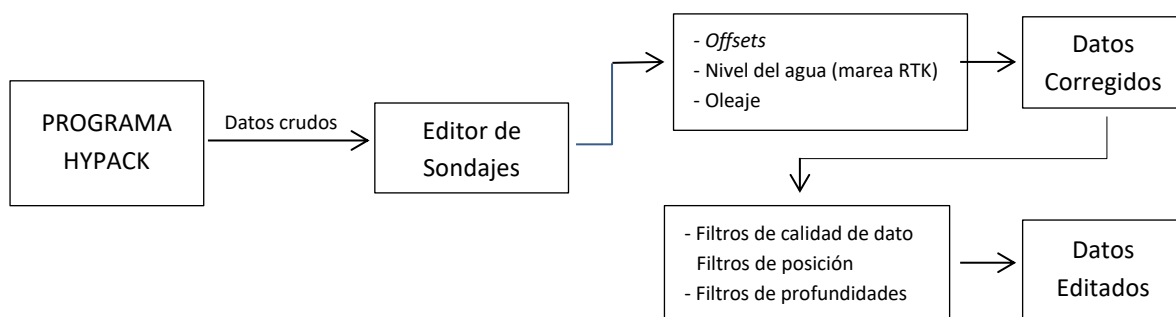


Figura 4: Diagrama de flujo de procesamiento de datos batimétricos en *Hypack*, aplicación *SingleBeam MAX*, para obtención de datos editados.

El sonar de barrido lateral ha sido empleado tanto remolcado como sujetado a la embarcación. Los datos georreferenciados de sonografía de barrido fueron procesados para reconocimiento automático del fondo, ganancia variable, filtros de traqueo y rumbo, y luego la exportación de mosaicos georreferenciados.

Los datos de perfilación de sedimentos fueron adquiridos en aplicación propia (*Seanet Pro*, v 4.35), y exportados junto con los datos GNSS RTK en formatos estándar (.sgy; .geotiff, .csv). Los datos de magnetometría fueron adquiridos con el sensor remolcado, integrados via cable serial a la computadora, juntamente con los datos GNSS RTK, con visualización en tiempo real de los gráficos de anomalías magnéticas durante la adquisición.

Los datos geofísicos adquiridos fueron procesados utilizándose rutinas establecidas en aplicaciones dedicadas del Programa *Hypack MAX* y pos-procesados en programas libres de Sistemas de Información Geográfica y modelación 3D:

System for Automated Geoscientific Analyses - SAGA-GIS, v. 9.2.0 (<https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>)

QGIS v. 3.22.2 (<https://www.qgis.org/en/site/>)

CloudCompare v. 2.13 (<https://cloudcompare-org.danielgm.net/release/>).