

Batimetría, modelos de elevación digital y sus aplicaciones

Omar G. Lizano Rodríguez¹

Abstract In this work a resume of sounding history and the equipment utilized in the study of the marine batimetry is presented. It also refers to the different international institutions in charge of the elaboration the batimetry charts, the available formats and the different commercial houses that distribute them. It is discussed on the different mareographic levels used in some countries and about the most common tidal level to reference the batimetry soundings. Some examples of local applications are mentioned where the batimetry is the input data to create digital elevation model. These are the necessary data in numerical models for studies in marine, ports and piers in Costa Rica.

Key words: batimetry, batimetric charts, tidal datums, coastal structures, numerical models

Definición: batimetría es el equivalente submarino de la altimetría. El nombre proviene del griego βάθος, profundo, y μέτρον, medida. Así, la batimetría es el estudio de la profundidad marina (*diccionario Wikipedia*, <http://en.wikipedia.org>). Un mapa o carta batimétrica normalmente muestra el relieve del fondo como isógramas a las líneas de constante profundidad también se les llama isóbata o isolinea.

Breve historia: los primeros intentos de medir el fondo del mar se hicieron con cable o cuerda pesada. Magallanes fue el primero que le dio vuelta al mundo (1519-1522) y el primero en tratar de medir el fondo del Pacífico; pero la cuerda que subió al barco, no fue lo suficientemente larga (Thurman, 1988). El ecosonda surgió al principios del siglo pasado con el deseo por buscar objetos perdidos bajo el mar, a raíz del naufragio del *Titanic* en 1912. Funcionó como una "alarma de alerta" para conseguir nuevas tecnologías submarinas de rescate y prevención de desastres en alta mar. Fue el meteorólogo británico Lewis Fry Richardson en 1913, el primero en obtener una patente para un ecosonda (*diccionario Wikipedia*). Durante la Primera Guerra Mundial, la necesidad de detectar submarinos dirigió la investigación del uso del sonido. Sólo a comienzos de los años 30, los ecosondas comenzaron a funcionar como un método efectivo para reemplazar al tradicional método de la cuerda. A partir de 1960, la mayoría de los barcos de gran calado contaban con un ecosonda de precisión. En la actualidad, se utiliza el análisis por computadora no solo para determinar la profundidad y evitar que las naves encallen, sino para reconocer el relieve marino. Equipos más complejos como el SONAR (acrónimo para SOUNd NAVigation and RANGing) aparecieron durante la Segunda Guerra Mundial, y aunque más caro que el ecosonda, este dispositivo es capaz de analizar el fondo del mar en 3 dimensiones y obtener datos con una gran precisión.

Bases de datos: el National Geophysical Data Center (NGDC) en Boulder, Colorado, Estados Unidos, compila, archiva y distribuye los datos de batimetría de áreas costeras y abiertas del océano. Incluso funciona como el archivo de los datos de la

Resumen : En este trabajo se resume la historia de los sondeos batimétricos y los equipos utilizados en el estudio de la rugosidad marina. Se hace referencia a las distintas instituciones internacionales a cargo de la elaboración de cartas batimétricas, los formatos disponibles y las distintas casas comerciales que las distribuyen. Se discute sobre los distintos niveles mareográficos utilizados en algunos países y sobre el más común nivel de mareas usado para referenciar los sondeos batimétricos. Se mencionan algunos ejemplos de aplicaciones locales en los que las batimetrías son los datos de entrada para elaborar modelos de elevación digital. Estos son los datos necesarios en modelos numéricos para estudios de marinas, puertos y atracaderos en Costa Rica.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de la división del National Ocean Service (NOS) (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/relief.html>). También opera con el banco mundial de datos de los países miembros de la International Hydrographic Organization (IHO); está en Mónaco y actualmente cuenta con 60 países miembros. En junio de 1990 la Data Center for Digital Bathymetry (DCDB) fue oficialmente establecida y tiene como funciones: operar un centro de datos para distintas regiones con profundidades mas allá de los 100 m, proveer libre de cargo los datos a los países miembros del IHO para sus proyectos, mantener el control de calidad y la colaboración con organizaciones internacionales sobre datos batimétricos.

Se consiguen cartas batimétricas del mundo entero impresas en papel, en la Defense Mapping Agency (DMA) de NOAA y su red mundial de casas de distribución asociadas (S.A, 1994). Hay nueve catálogos que cubren las distintas regiones del mundo y sobre los cuales se elaboraron cartas batimétricas en distintas escalas.

El formato digital actualmente ha sustituido el uso de estos impresos o cartas náuticas tradicionales. Todas estas batimétricas digitales se consiguen en mapas vectoriales con información esencial para la navegación marítima (<http://www.nga.mil/portal/site/dnc>), además de una variedad de programas para computadora de gran utilidad.

La agencia más cercana a nuestro país está en Panamá: Islamorada (http://www.islamorada.com/espanol/cartas_maritimas). La agencia está clasificada como un Agente de Cartas Náuticas de Admiralty Internacional (Oficina hidrográfica del Reino Unido). Pero cuenta también dentro de su inventario con productos hidrográficos de Estados Unidos (NIMA y NOS) y Nueva Zelanda. El inventario de cartas y publicaciones británicas y de los Estados Unidos cubre el mundo entero. En Costa Rica, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) provee en formato digital las batimetrías.

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP), Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. 2006, Costa Rica. Fax: (506) 207-3280; omarlizano@ucr.ac.cr, oglizano@gmail.com.

Niveles de referencia para batimetría

La elevación de algo puede ser expresada relativamente a la elevación respecto de cualquier cosa, que puede ser el centro de la Tierra, el nivel medio del mar, la altura de un satélite o simplemente a un punto en una roca. Este “cero” escogido para el cual se quiere referenciar cualquier elevación, se llama el “datum de referencia vertical” o simplemente el “datum” (Forrester, 1983). Así, una superficie de nivel o equipotencial puede ser una superficie de igual potencial gravitacional alrededor de la Tierra (Forrester, 1983). Aquí la gravedad actúa en todo lado perpendicular a las superficies de nivel y estas serían las superficies a las cuales todos los niveles del agua se ajustarían en ausencia de otras fuerzas. El “geoide” es la superficie de nivel que mas cercanamente ajusta a la superficie promedio de los océanos en el mundo.

El “nivel medio del mar” se puede definir como esta superficie (Forrester, 1983). En un lugar particular el nivel medio del mar no necesariamente coincide con este nivel pues localmente ese nivel depende de los vientos, precipitación, calentamiento, corrientes, etc.

Los niveles de profundidad en el mar o elevación en la Tierra que se muestran en una carta náutica o una hoja topográfica, deben ser referenciados respecto a sobre o debajo de una “superficie datum”.

Así que, para seguridad de la navegación, las profundidades son referenciadas a un “datum de nivel bajo del mar”; las elevaciones a un “datum de nivel alto del mar”.

Una práctica común es referenciar niveles del mar y predicciones de mareas al mismo “datum” (Forrester, 1983). En Canadá, por ejemplo, el “datum de la carta” se escogió como el LLWL (Lower Low Water Large Tide). En Estados Unidos es el MLLW (Mean Lower Low Water), un nivel algo más alto que LLWL. El “datum” de las cartas inglesas es LLW (Lowest Low Water).

Estos niveles son definidos en un período de 19 años (que es el tiempo del ciclo nodal de la luna o el tiempo en el que la luna rota su elipse completamente alrededor de la tierra - Lizano, 1997; Lizano, 2006).

El “datum” para elevaciones usualmente es el “datum” que define la línea de costa. Por ejemplo, en Canadá es el HHWLT (Higher High Water Large Tide). No hay variación de mareas; el nivel de referencia es el “datum” del nivel del mar bajo, mientras que la superficie del nivel alto del mar es usado para definir la línea de costa. Todos estos niveles escogidos son trasladados a hitos topográficos llamados BM (“Benchmarks”) sobre los cuales se estructura una red de referencia para cada región.

En Costa Rica, la mayoría de las cartas batimétricas existentes tienen sondeos respecto del MLLW, que es el promedio de bajamares mas bajas del mes. Estos niveles más

bajos corresponden con la posición de sicigia de la luna: luna llena y luna nueva. Por eso el nivel MLLW es conocido como nivel de bajamares de sicigias (Lizano, 2002).

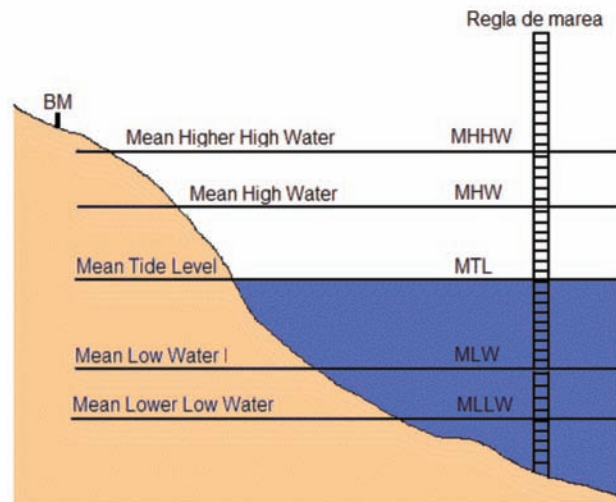


Figura N°1: Niveles mareográficos de referencia.

Para Costa Rica se hace difícil identificar cuáles son los niveles de referencia usados. Según comunicación personal del oceanógrafo físico, M.Sc. José María Díaz Andrade (pensionado), en 1945 se estableció la Red Geodésica Nacional en 1951 se estableció el primer “cero” o “datum”. En 1968, se hizo un ajuste con valores altimétricos dados por Estados Unidos, que coincide con el nivel medio del mar. Según Díaz (1999), el nivel de referencia del BM-CF1 de Puntarenas sobre el cual se estableció el nivel de referencia para la red nacional está a -2.2721 m. bajo el Datum del IGN, características que se muestran en la siguiente figura:

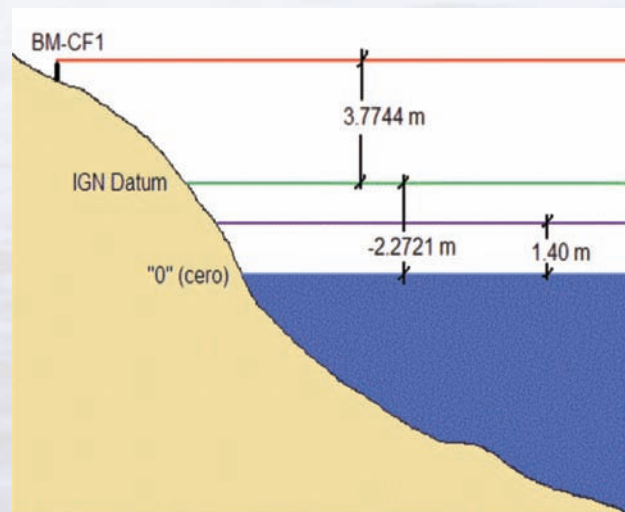


Figura N°2: Niveles mareográficos en Puntarenas (no representados a escala).

Sin embargo, estos niveles del mar no coinciden con ningún nivel mareográfico conocido. Según Lizano (2006), para Puntarenas el nivel medio del mar respecto al “cero” de referencia (MLLW) o “cero” de la tabla de mareas, está a aproximadamente 1.40 m (Fig. 2), el cual no coincide con ningún nivel de referencia dado por Díaz (1999).

Los sondeos batimétricos realizados para elaborar el MED anterior, fueron realizados en marea alta. Solo de esta manera se pueden representar mejor la mayoría de los bajos batimétricos que en marea baja quedan expuestos. El uso de fotografías aéreas georeferenciadas también ayuda en el levantamiento de rasgos geomorfológicos. Cada sondeo fue corregido según el estado de la marea en ese momento y referenciado luego al “cero” de la tabla o nivel bajamares de sicigia. Entendiendo como nivel “cero” en oceanografía, este nivel de bajamares de sicigia, e identificando es el “cero” de topografía (el cual aún no he podido referenciar a nivel mareográfico conocido), se pueden integrar los datos topográficos y batimétricos en una misma base de datos.

c. Propagación de oleaje para estudios de marinas, atracaderos, muelles, puertos, etc.

Las batimetrías levantadas con ecosonda (Fig. 6-A) también pueden ser utilizadas para el estudio de generación y propagación de oleaje sobre la costa. Se necesita la información sobre características del oleaje para marinas, atracaderos y muelles. Los diagramas de refracción de oleaje (Fig. 6-B) son utilizados para estudiar el comportamiento del oleaje en la costa y hacer estudios de altura de ola de diseño para una estructura, circulación oceánica y transporte de sedimentos (Lizano, 2006-b y c).

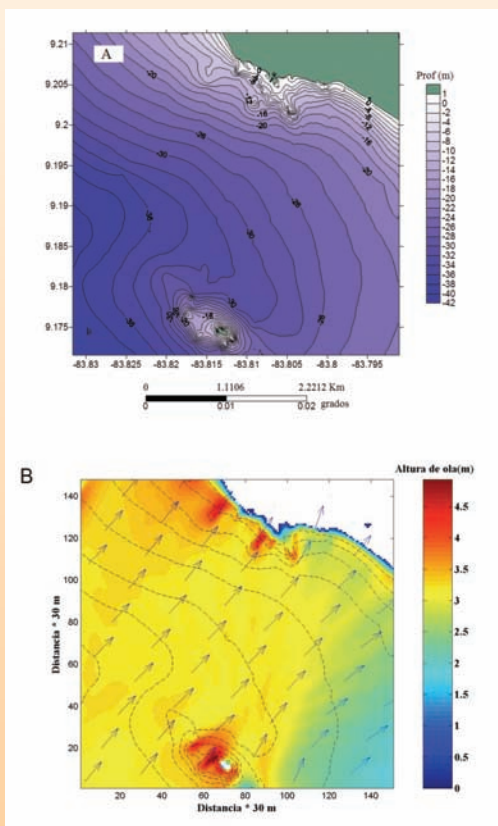


Figura N°6: Contornos batimétricos y distribución de altura de ola y dirección frente a la costa.

Conclusión

Aunque el ecosonda nació para buscar objetos perdidos, su información ha sido vital para la creación de las cartas batimétricas impresas o digitales para la seguridad de la navegación y el uso de modelos numéricos. Puede levantarse información local con ayuda de ecosondas integrados a GPS's o DGPS's que sirven para aplicaciones como dragado, estudios de corrientes, mareas, oleajes, transporte de sedimentos, entre otros. Tales valores deben siempre ser corregidos en el tiempo para ajustarlos con el estado de la marea y ser referidos a un nivel del mar conocido, como el nivel de marea de sicigia. Los valores que acompañan los BM's del IGN de Costa Rica no pueden ser referidos a ningún nivel mareográfico conocido. Por eso, debe medirse las variaciones del nivel del mar “in situ” y hacer uso de predicciones mareográficas para referir todos los sondeos a los niveles de sicigia requeridos. En países desarrollados como Estados Unidos y Canadá, el nivel de referencia del mar (MLLW) ha ido cambiando con el tiempo, como una respuesta a los cambios en los niveles del mar. En Costa Rica urge una actualización de estos niveles de referencia y su respectiva asociación topográfica con niveles mareográficos conocidos. Solo entendiendo como “cero” en oceanografía el nivel de bajamares de sicigia, e identificando el “cero” de topografía, se pueden integrar los datos topográficos y batimétricos. Esta integración es una información necesaria para muchas aplicaciones costeras que van desde la construcción de estructuras costeras, políticas de ordenamiento costero y la elaboración de escenarios climáticos futuros.

Referencias

- S.A, 1994. *Atlas of Pilot Charts, North Atlantic Ocean*. Defense Mapping Agency, Secretary of Defense, Washington DC, E.U.A. 37 p.
- Díaz, J. 1999. *Determinación de las zonas de riesgo ante un ascenso del nivel del Mar: Punta Morales-Tárcoles (Informe Final)*. MINAE-IMN. San José, Costa Rica
- Forrester, W.D. 1983. *Canadian Tidal Manual*. Department of Fisheries and Ocean. Ottawa. The Canadian Hydrographic Service. 138 pags.
- Lizano, O.G. 2006-a. *Algunas Características de las Mareas en la Costa Pacífica y Caribe de Centroamérica*. Ciencia y Tecnología. 51-64.
- Lizano, O.G. 2006-b. *Proyecto de Marina en Monte del Barco, Bahía Culebra – Guanacaste. Aspectos Océano-Meteorológicos*. Inversiones Monte del Barco S.A.. Informe Técnico. No publicado.
- Lizano, O.G. 2006-c. *Aspectos oceanográficos para la construcción de una marina en Punta Puertocito, Dominical*. Informe Técnico. No Publicado.
- Lizano, O.G. 2002. *Las variables oceanográficas y su aplicación a la construcción de estructuras costeras*. CIMAR, Universidad de Costa Rica. Curso ofrecido a la Comisión Interinstitucional de Marinas y Atracaderos (CIMAT) de Costa Rica. Código Biblioteca Demetrio Tinoco (UCR): 551.470.2. L789v
- Lizano, O.G. 1997. *Las Mareas Extraordinarias de 1997 en la costa del Pacífico de Costa Rica*. Top. Meteor. Oceanogr. 169-179.
- Thurman, H.V. 1988. *Introductory Oceanography*. Ed. Merrill Publishing Company. Ohio. 323 pags