Levantamientos hidrográficos: poderosa herramienta técnica para contribuir con el desarrollo nacional



Capitán de Fragata
JULIO CESAR CHILET CORREA

El pasado 25 de marzo se firmó el documento de recepción de resultados de la reunión técnica peruano – chilena, la cual fue la encargada de fijar las coordenadas del límite marítimo entre ambos países, establecido por la Corte Internacional de Justicia de La Haya en su fallo del 27 de enero del presente año. De igual forma, el 20 de agosto del presente año el Gobierno promulgó el decreto supremo que aprobó el nuevo mapa de límites marítimos entre Perú y Chile. En dichas fechas, el Perú entero tuvo conocimiento del trabajo efectuado por representantes de diferentes estamentos del Estado, entre los cuales destacó la labor de trabajo de campo y gabinete del personal de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

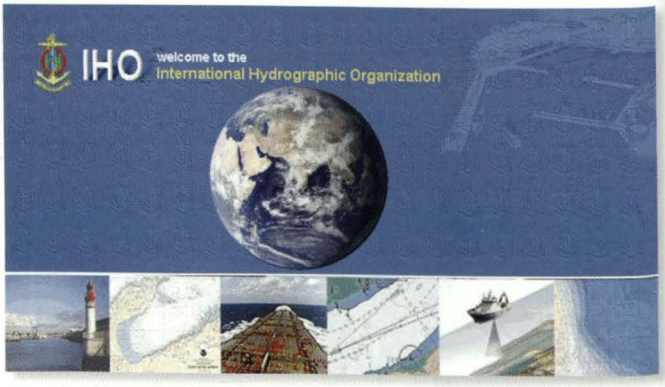
Estos hechos de trascendental importancia para nuestro país, expresan el resultado del levantamiento hidrográfico efectuado, pero lo que no es conocido en su totalidad es la forma y los principios técnicos que anteceden a dicho trabajo. Por lo cual, en el presente artículo pretendo contribuir a que el lector aumente sus conocimientos respecto a los temas hidrográficos y a los diferentes conocimientos científicos requeridos para realizar el mismo en beneficio de los objetivos nacionales.

Concepto

La Hidrografía[1] es la rama de las ciencias aplicadas que se ocupa de la medición y la descripción de las características físicas de los océanos, mares, zonas costeras, lagos y ríos; así como la predicción de su evolución en el tiempo, con el objetivo principal de brindar seguridad a la navegación y apoyar a las actividades marítimas, contribuyendo al desarrollo económico, la seguridad y la defensa, la investigación científica y la protección del medio ambiente.

Finalidad de los levantamientos hidrográficos

"La finalidad de un levantamiento hidrográfico es plasmar el área de mar, perfil costero y zonas costeras de un área determinada, dentro de una carta náutica que permita dar a conocer las características geográficas, geológicas y geofísicas del fondo marino y de la costa"; así como de las corrientes, las mareas y las propiedades físicas del mar que pueden afectar la seguridad de la navegación en nuestro Mar de Grau, lagos y ríos navegables, lo cual es reconocido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU): "La Cartografía Náutica es de vital importancia para la seguridad de la navegación"[2] . La Organización Hidrográfica Internacional (OHI) establece los estándares internacionales relacionados con la Hidrografía y la Cartografía Náutica; así como sirve de guía en el planeamiento y ejecución de los levantamientos hidrográficos entre los países asociados, de los cuales nuestro país pertenece y cuenta con la condición de miembro permanente (Figura 1). En resumen, la Hidrografía, es la clave para el progreso de todas las actividades marítimas, las mismas que son de gran importancia para el desarrollo nacional.



Organización Hidrográfica Internacional. Fuente www.iho.shom.fr.

Ciencias relacionadas a la Hidrografía

Para efectos de darle al lector las herramientas necesarias para comprender paso a paso los siguientes conocimientos técnicos, dividiremos las ciencias utilizadas para obtener la carta náutica del levantamiento hidrográfico en dos áreas, las ciencias de la tierra: Geodesia, Topografía y Fotogrametría y las ciencias del mar: Hidrografía y Oceanografía.

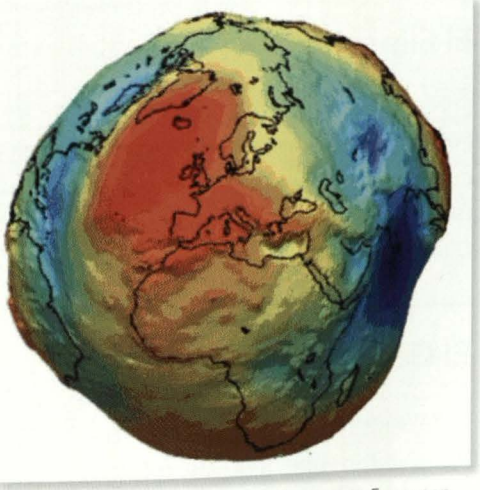
Ciencias de la tierra: Geodesia

Su objetivo es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, su campo de gravedad y variaciones temporales, está fundamentada en la Física y en las Matemáticas, constituyéndose en la base geométrica para la Topografía, Cartografía, Fotogrametría, Navegación e ingenierías de todo tipo y para fines militares.

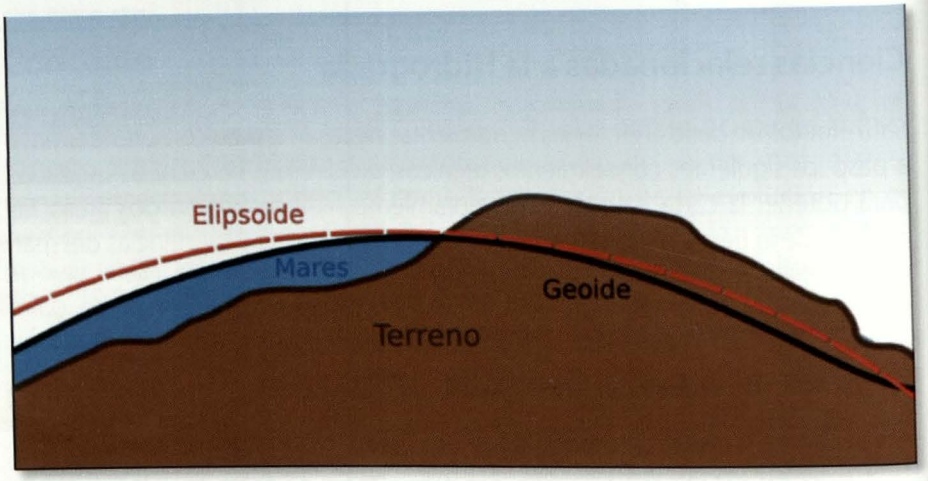
La Tierra

La Tierra (Figura 2) es el tercer planeta desde el Sol y quinto en cuanto a tamaño, gira describiendo una órbita elíptica alrededor del Sol, a unos 150 millones de km, en, aproximadamente, un año, al mismo tiempo gira sobre su propio eje cada día, es conocido que no es una esfera perfecta, ya que el ecuador se engrosa 21 km, el Polo Norte está dilatado 10 m y el Polo Sur está hundido unos 31 metros.

El cálculo del posicionamiento con exactitud es el problema central para la referencia geográfica de la información terrestre y la función principal de la Geodesia. La posición geográfica de un punto en la superficie terrestre esta definida por su latitud y longitud.



La forma real de la Tierra, el Geoide. Fuente European Space Agency (ESA).



Elipsoide de rotación. Fuente: Instituto de Goeciencia.

Las superficies de referencia utilizadas con bastante frecuencia para áreas limitadas son: el elipsoide de rotación, esferoide local, plano horizontal y el geoide. Las tres primeras tienen una definición puramente matemática y se utilizan para el posicionamiento horizontal; la cuarta superficie tiene una definición física y tiene relación con las otras por su valor de altura o profundidad. Con esto obtenemos una posición tridimensional, con dos coordenadas horizontales y un componente vertical.

El Elipsoide

El elipsoide (Figura 3) es una superficie en la que todas las curvas de intersección con un plano son elipses, las cuales eventualmente degeneran en círculos; esta superficie se toma como referencia por ser la figura matemática más cercana a la forma de la Tierra. Esta figura elipsoidal es la base matemática para el sistema WGS-84.

El Geoide

Es la superficie equipotencial del campo de fuerza de gravedad. Es utilizado como una superficie de referencia para las alturas; el Nivel Medio del Mar (NMM)[3] es la mejor aproximación para esta superficie. El significado físico de las superficies de gravedad equipotenciales se puede revisar fácilmente ya que

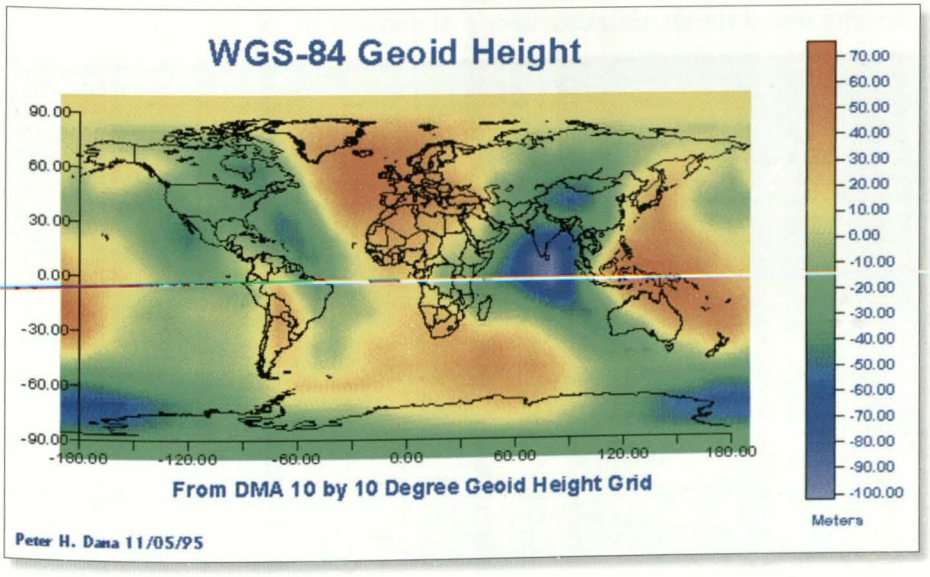
cada punto debe ser ortogonal a la dirección indicada por una línea vertical. Al contrario que el elipsoide, el geoide no se puede crear matemáticamente o utilizarse en cálculos porque su forma depende de la distribución irregular de la masa dentro de la Tierra.

El Datum

Un Datum[t] es un sistema de referencia geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; y es generada por una red compensada de puntos. Comúnmente los datums se definen separadamente como horizontales y verticales. La determinación de una única superficie de referencia para toda la Tierra, esencial para el uso de los sistemas de satélites y las asociadas técnicas de levantamientos y posicionamientos, es la tendencia mundial de estandarización.

El Datum WGS84

Los sistemas de geodesia local utilizados en la Cartografía y geodesia antes del



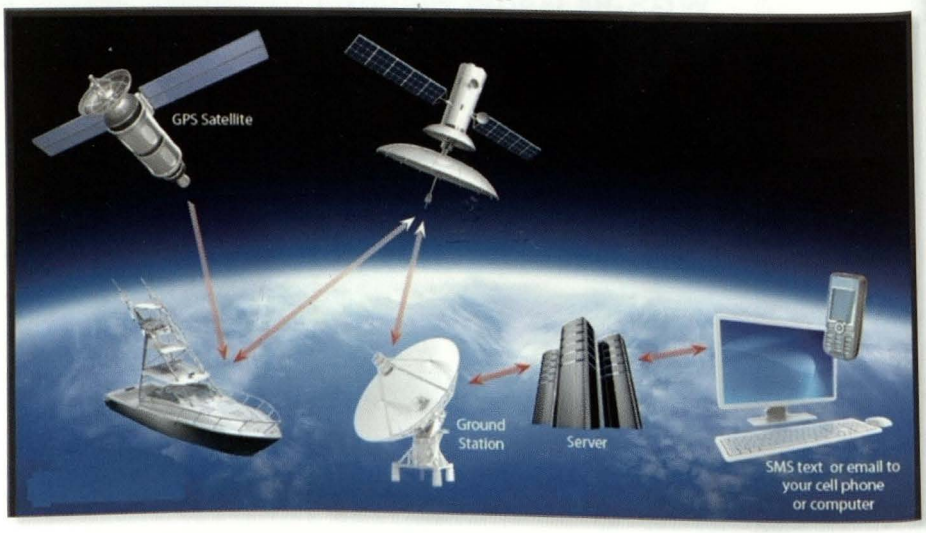
Altura geoidal grilla 10X10 con respecto al WGS/84. Fuente: Agencia Cartográfica de Defensa.

surgimiento de los sistemas de satélite se basaban, como se explicó anteriormente, en elipsoides que ajustaban aproximadamente la superficie del geoide local. En los últimos 50 años, fueron desarrollados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos los modelos WGS60, WGS66 y WGS72 hasta llegar al WGS84 (Figura 4), acrónimo de *World Geodetic System* 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984). Está representado con un sistema cartesiano OXYZ con el origen en el centro de la masa convencional de la Tierra y el eje Z dirigido hacia el Polo Norte convencional de la Tierra. El eje X está en la intersección del plano del meridiano de origen pasando por Greenwich, y el eje Y completa una rotación ortogonal en dirección a las agujas del reloj y está en el plano ecuatorial a 90° este del eje X, los puntos cartesianos coinciden con la Tierra.

Sistema GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (Figura 5), es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios en todo el mundo.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de los usuarios. Desde el espacio proporcionan sus coorde-



Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Fuente www.charterworld.com

nadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa que proporcionará su localización en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite de usuarios simultáneos.

El GPS Diferencial introduce una mayor exactitud en el sistema y es utilizado para los levantamientos hidrográficos por su mayor precisión. Ese tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa, simultáneamente, otra información adicional que permite corregir las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. El margen de error de un receptor GPS normal puede estar entre los 60 y los 100 metros de diferencia con la posición que muestra en su pantalla; sin embargo, el GPS Diferencial reduce el margen de error a menos de un metro de diferencia con la posición indicada. Este sistema diferencial es utilizado por la Dirección de Hidrografía para los trabajos programados.

Ciencias de la tierra: Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la Tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio, pudiendo ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. En un levantamiento hidrográfico el topográfico es esencial para obtener la información terrestre del perfil costero y áreas costeras.

Levantamiento topográfico

El levantamiento es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calcula superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos. En el campo hidrográfico, el levantamiento topográfico sirve para enmarcar geográficamente el territorio costero o para crear las marcas del terreno para el levantamiento hidrográfico, se lleva a cabo comenzando desde estaciones topográficas establecidas anteriormente con coordenadas ya determinadas por las operaciones de levantamiento geodésico (Figura 6). Dichos puntos y la red de vinculación forman el apoyo primario, y constituyen el sistema de referencia geodésico adoptado (Datum WGS 84).

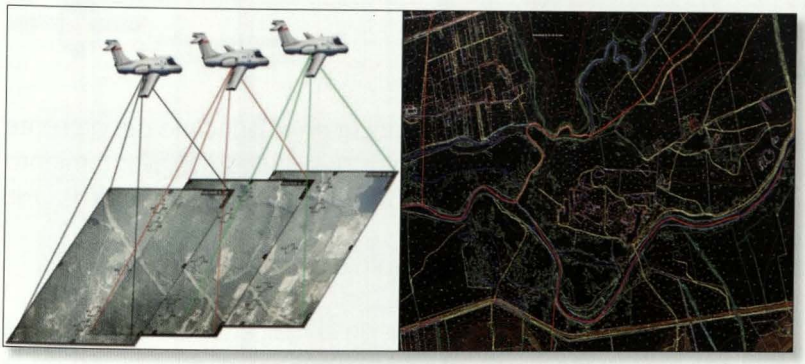


Material utilizado para el levantamiento topográfico: estación total, prismas, teodolitos, niveles, reglas, plomada y chalecos de seguridad.

Su determinación horizontal se puede obtener por métodos clásicos de levantamiento (observaciones astronómicas y mediciones de los ángulos y las distancias); métodos mixtos de levantamiento; y métodos fotogramétricos de levantamiento. Los dos primeros cumplen con las redes básicas de control, primarios o de un orden inferior, vía operaciones de triangulación, trilateración y poligonal. Luego, desde los puntos de control primario, el apoyo se puede extender como sea requerido para las necesidades del levantamiento en particular con mediciones adicionales de los ángulos y distancias. Los instrumentos utilizados son los sistemas GPS en modo RTK junto con las estaciones totales y los tradicionales teodolitos y distanciometros, (Figura 7).

Topografía y Geodesia

En las cartas náuticas son representados paralelos y meridianos, faros, faroletes, puntos notables en tierra y en el mar, información relevante para el navegante en general. Los paralelos y meridianos constituyen la red geodésica de las cartas náuticas, en las cuales serán ploteados todas las ayudas en beneficio de los navegantes. El desarrollo de la tecnología satelital ha permitido determinar las estaciones de una red primaria de apoyo, al mismo tiempo que una red secundaria sin la necesidad de una conexión geométrica entre ellas, incluyendo el levantamiento topográfico de un sitio en particular.



Vuelo aero fotográfico y restitución fotogramétrica (DHN).

Ciencias de la tierra: Fotogrametría digital

La Fotogrametría es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado, el cual ha de ser realizado anteriormente por intersección de dos o más fotografías (Figura 8).

Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de traslape), podremos tener visión estereoscópica[5]; o dicho de otro modo, información tridimensional. Esta técnica es básica para la elaboración de toda la cartografía, sobre todo en áreas de difícil acceso o en donde la escala permita el uso de estas fotografías para su aplicación en la compilación cartográfica.

Se debe seleccionar un modelo de fotos a identificar. En la fotografía impar en el área común entre ambas fotografías, se ubican en el terreno cuatro puntos que formen una buena geometría, y una vez plenamente identificados en el campo, se deberá darles posición en X e Y. La elevación resultante del proceso no deberá de tomarse en cuenta, debido a que la elevación es una ambigüedad que no esta plenamente resuelta por la técnica DGPS, pero sí a la hora del postprocesamiento, puesto que servirá de comparación con la nivelación trigonométrica efectuada paralelamente, para los trabajos de foto control[6] (Figura 9). Al redundar en los puntos ubicados por modelo, aumenta la precisión de los modelos digitales que se generan.

Ciencias del mar: Hidrografía

El concepto de Hidrografía ya fue dado a conocer en el principio del presente artículo, por lo cual paso a explicar los objetivos principales del levantamiento hidrográfico y los órdenes utilizados a nivel mundial bajo el estándar de la OHI.

Los objetivos principales de un levantamiento hidrográfico son:

1. Recopilar, con levantamientos sistemáticos en el mar, en la costa, y en tierra firme, los datos georeferenciados[7] concernientes a la configuración de la línea de costa, la profundidad en el área de interés, incluyendo todos los peligros potenciales para la navegación y otras actividades marítimas, la composición del fondo marino, las mareas y corrientes y las propiedades físicas de la columna de agua.
2. Procesar la información recolectada de forma ordenada para crear las bases de datos capaces de alimentar la producción de cartas náuticas, definición de límites marítimos, mapas temáticos, y otros tipos de documentos para navegación y control de tráfico marítimos, operaciones navales, administración de la zona costera, preservación del ambiente marino, explotación de recursos marinos, colocación de cables y tuberías submarinas y, estudios científicos.

Levantamiento batimétrico

Se realiza a fin de conocer la profundidad del mar en diferentes puntos bajo las normas técnicas hidrográficas internacionales (OHI) (Figura 10). El método tradicional para medir el fondo marino es el proceso de sondajes, en el cual un buque o embarcación mide las profundidades de una área por medio de una ecosonda siguiendo líneas continuas, uniformemente espaciadas, cuyos puntos indican las profundidades de una área representando el relevo submarino para lo cual emplea dos sistemas de levantamiento: sistema monohaz[8] y sistema multihaz[9] (Figura 11). Posterior a la información batimétrica es importante efectuar una selección de sondajes (Figura 12), considerando los bajos o áreas de difícil acceso para beneficio de los navegantes en general.

Las profundidades representadas en una carta náutica son reducidas al nivel medio de bajamares y sicigias ordinarias, para eliminar la variación

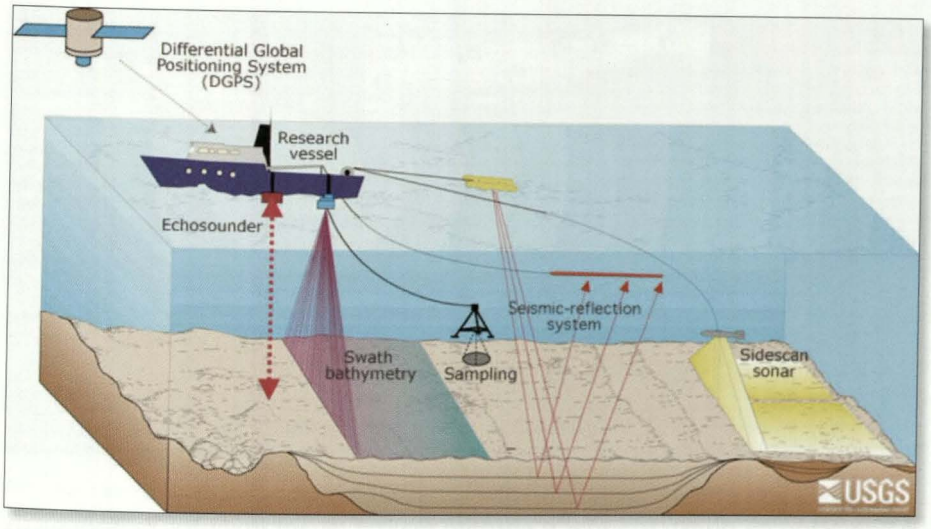


Grafico de un levantamiento hidrográfico que muestra al buque y los equipos hidrográficos de ecosonda, sonar de barrido lateral, gravímetro y equipamiento oceanográfico. Fuente USGS (U.S. Geological Survey).

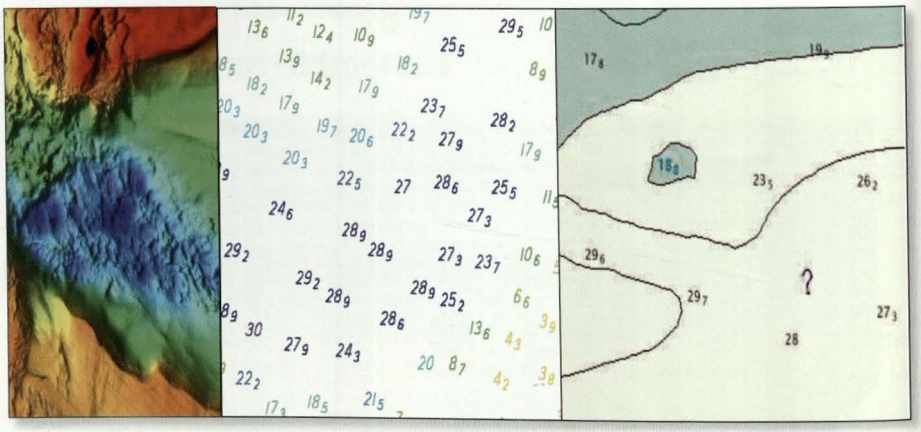


Levantamiento hidrográfico multihaz en el puerto de Puno y diferencias de coberturas de áreas con ecosonda monohaz y multihaz. Fuente Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN).

de la marea y garantizar al navegante que éste no encuentre ninguna profundidad menor que las representadas en la carta náutica.

Sonar de barrio lateral

El barrido del sonar, realizada por medio de un equipo remolcado instalado en el casco o en la borda de una embarcación, contribuye a la seguridad de la



Selección de sondajes de levantamiento batimétrico (DHN). Fuente: Caris www.caris.com.

navegación en nuestras aguas y permite realizar levantamientos hidrográficos de orden especial, donde es garantizada la cobertura total al 100 por ciento, así como también para buscar objetos perdidos en el fondo marino (Figura 13).

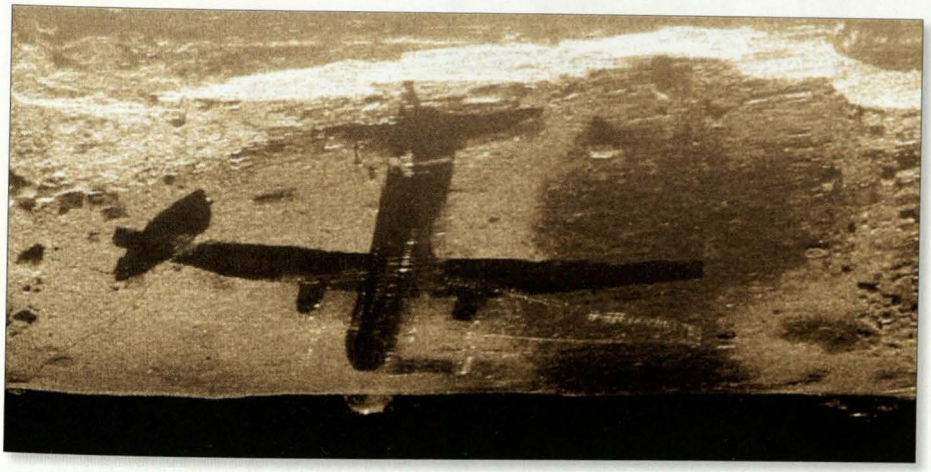
Órdenes de levantamiento

Los cuatro Órdenes del levantamiento son parámetros con estándares internacionales que facultan a las oficinas hidrográficas crear productos para la navegación segura:

Orden especial: éste es el más riguroso de los Órdenes y su uso se destina solamente para aquellas áreas en que es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino (quilla-fondo). Donde ésta separación es crítica se requiere una búsqueda completa del fondo y el tamaño de los rasgos a ser detectados por esta búsqueda en aguas menos profundas a 40 metros.

Orden 1a: éste orden se destina para aquellas áreas donde la profundidad del mar es mayor que 40 metros y menor que 100.

Orden 1b: éste Orden es apropiado para áreas menos profundas que 100 metros, donde una descripción general del fondo marino es adecuada para el tipo de embarcaciones que se espera transiten por el área. No se requiere una búsqueda completa de dicho fondo, lo que significa que algunos rasgos pueden ser perdidos ya que probablemente no serán detectados.



Aeronave colisionada en el mar, detectada con el sonar de barrido lateral. Fuente *Atlantas Marine* www.atlantasmarine.com.

Orden 2: éste Orden es el menos riguroso y se destina para aquellas áreas donde la profundidad es tal que una descripción general del fondo marino se considera adecuada, no se requiere una búsqueda completa del mismo y están limitados para áreas más profundas que 100 metros.

Recolección de datos

La recolección de los datos va a depender de varios factores. Los requerimientos del estudio, la plataforma y el equipo disponible y el tiempo específico para cada actividad particular determinará la cantidad de datos que se debe recolectar. Una gran cantidad de datos se puede recolectar con la última tecnología de *software* hidrográfico y otras herramientas como el ecosonda de haz múltiple. Se debe notar que la redundancia de los datos y la densidad no son lo mismo, la densidad de los datos es el número de sondajes por unidad de área, mientras que la redundancia se refiere al traslape de los datos recolectados en diferente momento en la misma posición.

Las líneas de levantamiento para estudios con multihaz deben seguir los contornos del fondo del puerto para reducir los cambios en la cobertura del mismo creados por las diferencias de profundidad y para seguridad en la navegación. Sin embargo, cuando se utiliza un equipo de haz simple, las líneas deben correr perpendicularmente a los perfiles de costa, esto ayudará a deter-

minar los cambios en el relieve del fondo e igualmente se debe extremar las medidas de seguridad en áreas cercanas a costa.

Los datos de batimetría devienen de posición y profundidad, en ese sentido son empleadas embarcaciones equipadas con receptores DGPS (midiendo la posición), ecosondas (midiendo la profundidad), sensores de actitud (midiendo el movimiento de la embarcación en los tres ejes). Imprescindible al correcto empleo de los ecosondas, la velocidad de propagación del sonido en el agua.

Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos se debe hacer bajo un estricto control de calidad. Los datos hidrográficos[10] son recolectados por sistemas automáticos o convertidos a un formato automático. El proceso final de los datos y el delineado se completan utilizando sistemas de computación a bordo o en oficina. Los datos recolectados son procesados y las zonas con áreas con datos dudosos o con espacios deben ser re-levantados. La mayoría de los sistemas hidrográficos pueden realizar operaciones "en campo", donde se recolecta un dato de estudio, se procesa, delinea o analiza, todo en el campo. Se necesita la planificación del levantamiento para una aproximación integrada que genere la línea base de todas las operaciones en tiempo-real o post proceso con el sistema.

El levantamiento hidrográfico está experimentando cambios fundamentales en la tecnología de la medición. Los sistemas multihaz acústicos y láser aerotransportados[11] ahora proporcionan cobertura y medición casi total del fondo marino con respecto a muestreos anteriores hechos por perfiles batimétricos. Este avance tecnológico ha sido particularmente significativo, ya que los navegantes pueden posicionarse con mayor precisión que con los datos sobre los cuales están basadas las antiguas cartas.

Ciencias del mar: Oceanografía

La Oceanografía estudia los océanos y mares, incluyendo sus procesos biológicos, químicos, físicos y geológicos. Esta ciencia, también llamada "ciencia del mar", Oceanología o "ciencia marina", ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años, debido a los avances tecnológicos y al gran interés de la vida marina y sus recursos. Se divide en: Oceanografía Física o

Física Marina, que estudia los atributos físicos de los océanos como la *difusión molecular y turbulenta de las propiedades, las olas, las mareas de superficie e internas, las corrientes*[12]; Oceanografía Biológica o Biología Marina, que estudia las plantas, animales y microbios de los océanos y su relación con el ambiente. Oceanografía Química o Química Marina, que estudia la química de los océanos y su interacción con la atmósfera; y Oceanografía Geológica o Geología Marina, que estudia la geología de los suelos oceánicos, incluyendo las placas tectónicas. Contribuye a la carta náutica con el estudio de corrientes superficiales, mareas, velocidad y dirección del viento, entre otros.

Marea

Es el ascenso y descenso rítmico y alternado de la superficie del océano (o nivel del agua) y de los cuerpos de agua conectados con el océano, tales como: estuarios[13], golfos y canales, que ocurren dos veces al día sobre la mayor parte de la Tierra y que resultan de la atracción gravitacional de la Luna y en menor grado de la del Sol, actuando desigualmente sobre partes diferentes del planeta en rotación.

De la teoría a la planificación

Habiendo tomado conocimiento de la contribución de las ciencias de la tierra y el mar y su aplicación para el levantamiento hidrográfico, pasaremos a mencionar cómo se planifica esta recolección de datos:

Planificación del levantamiento

La planificación de un levantamiento cubre una amplia gama de actividades desde el desarrollo de una idea para un levantamiento dentro de la oficina Hidrográfica y sus Instrucciones Hidrográficas (IH), hasta la planificación de los detalles y la organización de la nave utilizada en el levantamiento. Cubre también el acuerdo interdepartamental a nivel gubernamental, la cooperación diplomática en casos de zonas de frontera y la asignación de recursos.

Un levantamiento comienza mucho antes de que se empiece a recolectar los datos. Algunos aspectos que deben decidirse son: el área exacta del levan-

tamiento, el tipo de levantamiento y escala para determinar las normas de la carta a ser producida, la cobertura del levantamiento (corto o largo plazo), las plataformas disponibles (buques, lanchas, aviones, acuerdos cooperativos), el trabajo de apoyo requerido (fotografía aérea o satelital, geodesia, mareas), los factores limitantes (presupuesto, factores políticos u operacionales, limitaciones de los sistemas de posicionamiento, logística).

Una vez que se han decidido estos aspectos, se revisa toda la información disponible de la zona a levantar. Esto incluye fotografías aéreas, datos satelitales, mapas topográficos, cartas náuticas existentes, información geodésica, información de mareas y cualquier información adicional en beneficio del levantamiento. A partir de aquí, las Instrucciones Hidrográficas (IHs) deben ser recopiladas por el hidrógrafo y editadas para su aprobación. Incluirán: límites del levantamiento, requerimiento de datos y resolución, método de control de posicionamiento junto a la precisión esperada, empleo del sonar, *datum* horizontal y proyección a utilizarse, naufragios en el área, velocidad de sonido, climatología, los datos de transparencia del agua, y datos de levantamientos anteriores, información de los libros de faros, derroteros[14] y de los avisos para los navegantes. Esta planificación debe incluir entrenamiento, *software*, equipos de mantenimiento y sus respectivas actualizaciones, logística, todos los requisitos de la data, programación, seguridad y clima.

La seguridad es la consideración principal, es competencia de la persona que está a cargo de levantamiento evaluar cada situación para descartar situaciones de peligro, si se identifica un riesgo, éste debe tratarse antes de continuar con la actividad. En ese sentido se debe llevar las notificaciones a las autoridades locales / oficina de capitanía de puertos con suficiente antelación para que los navegantes puedan ser informados.

Compilación cartográfica

Contando con la siguiente información el cartógrafo se encuentra listo para producir la carta náutica del área en mención:

- Departamento de Hidrografía: perfil costero, batimetría, selección de sondajes, veriles y bajos y, foto control.
- Departamento de Geomática: restitución fotogramétrica de la carta a realizar.

- Departamento de Señalización Náutica: posición de faros, boyas y ayudas a la navegación.
- Departamento de Navegación: información actualizada del derrotero.
- Departamento de Oceanografía: estudio de corrientes y mareas del área cartografiada.

Definición de carta náutica

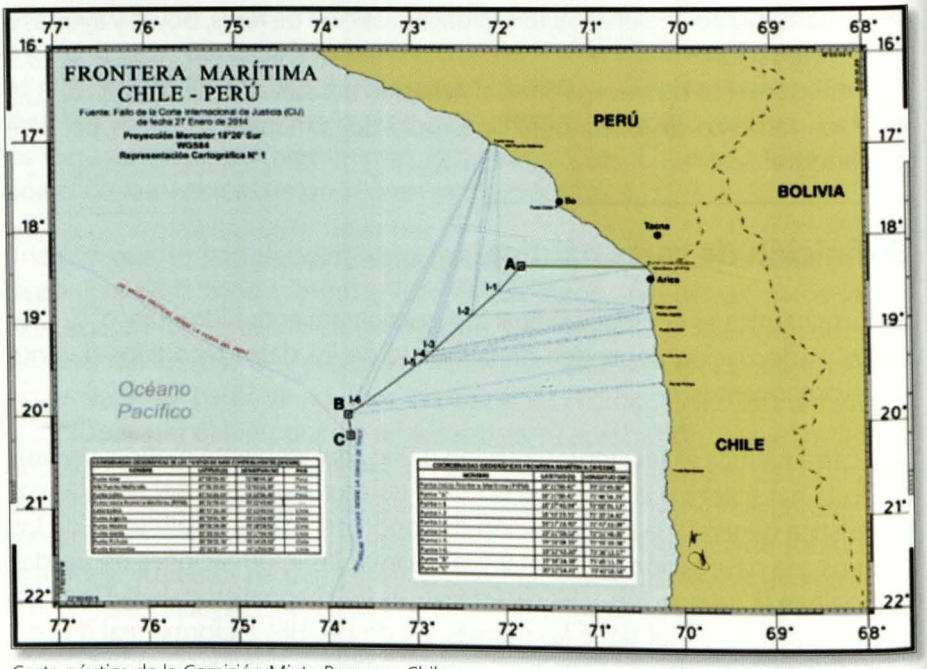
La carta náutica es el producto final de un levantamiento hidrográfico, su precisión y adecuación dependen de la calidad de los datos recogidos durante los levantamientos.

Una carta náutica es una representación gráfica del ambiente marino; presentando la naturaleza y la forma de la costa, las profundidades del agua, la característica general y la configuración del fondo del mar, la localización de los peligros a la navegación, la bajamar y la pleamar, las informaciones de ayudas artificiales a la navegación, y las características del magnetismo de la Tierra. La carta náutica de papel sigue las normas S-4 de la OHI[15]. La forma real de una carta puede variar de una carta tradicional de papel a una carta electrónica.

Una carta electrónica es una versión digital de una carta de papel que introduce una nueva metodología de navegación con capacidades y limitaciones muy diferentes a las de las cartas de papel. La carta electrónica se ha convertido en el equivalente legal de la carta de papel tal como fue aprobada por la Organización Marítima Internacional.

Carta del Limite Exterior, Sector Sur del Dominio Marítimo del Perú

Como resultado de la teoría antes expuesta en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores el personal cartógrafo trabajó la Carta Náutica de la Comisión Mixta Peruano- Chilena (Figura 14) y la Carta Náutica de Límites de la Frontera Marítima Chile Perú (Figura 15), la cual es producto de la teoría explicada en el presente artículo y sintetiza el trabajo de campo y gabinete efectuado por personal de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.



Carta náutica de la Comisión Mixta Peruano- Chilena.

Conclusiones

Los trabajos de campo y de gabinete han sido realizados en una comisión mixta peruano chilena, por lo que al obtener la aprobación binacional del producto cartográfico final, demuestra el alto estado de alistamiento y de preparación profesional y técnica del personal hidrógrafo participante.

Estos conocimientos técnicos han permitido cumplir el objetivo de establecer nuestros límites marítimos con el vecino país de Chile dentro de las normas internacionales de la OHI y con equipamiento y *software* de última generación.

Es propósito de quien escribe el presente artículo, que se conozca más en detalle la calificación de Hidrografía y Navegación, su trascendencia en la contribución al desarrollo del país y, otorgar a las nuevas generaciones el ímpetu de continuar trabajando imbuidos con el lema de nuestra querida *alma mater*,

mihi cura futuri (nosotros forjamos el futuro), el futuro de nuestra Dirección de Hidrografía y Navegación de nuestra gloriosa Marina de Guerra del Perú y por ende de nuestra patria. Sólo me queda agradecer a Dios y a la Institución por la oportunidad que me brindó de ser Jefe de Brigada de las Líneas de Base de la frontera Sur en el 2004.

Referencias

* Concepto establecido por la Organización Hidrográfica Internacional (OHI).
* Capítulo XII de la agenda 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo (UNCED, 1992)
* El nivel medio del mar, en Hidrografía es el NMBSO que es el promedio de la bajamar de las mareas de sicigias que ocurren un día o dos después de la luna nueva o llena, Tabla de Marea 2014, DHN.
* El SP-32 (OHI – 5ta edición 1994).
* La visión estereoscópica, estereoscopía, o visión tridimensional (3D) es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional y/o crear la ilusión de profundidad en una imagen.
* Foto control, determinación de coordenadas horizontales y verticales a partir de GPS de puntos existentes en el terreno, identificables en las fotografías aéreas.
* La georeferenciacion consiste en ubicar un objeto y relacionarlo con un sistema de coordenadas de referencia, el utilizado por convención mundial de la OHI es el DATUM WGS84.
* En la ecosonda mono haz la energía acústica es transmitida en un solo haz, utilizando la fórmula Profundidad = Velocidad del sonido en el agua y el periodo que recorre dicha señal (2t).
* La ecosonda multihaz permite cubrir mayores áreas y minimizar los costos de operación, debido a que emiten varios haces angostos de sonido, ordenados como un abanico, que barren el fondo oceánico simultáneamente y aumentan la cobertura espacial.
* El estándar de metadatos que se utiliza es el dado por las normas ISO 19115:2003 "Geographic Information Metadata".
* Utiliza la técnica LIDAR es un acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging la cual permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.
* Las corrientes marinas son masas de agua con desplazamientos propios dentro de los océanos con profundidades diversas y con determinadas direcciones.
* Es la desembocadura en el mar de un río amplio y profundo, e intercambia con éste agua salada y agua dulce, debido a las mareas.
* Un derrotero es una publicación náutica que describe las costas, bajos, señalizaciones (boyas, faros, balizas, etcétera.), perfiles visuales de las costas, peligros, formas de navegación convenientes, puertos y terminales, etcétera., para información del navegante.
* Especificaciones cartográficas de la OHI, edición 4.5.0, octubre 2014.

Referencias

- "A GIS Integration Approach for Dynamically Reconfigurable Surveys", published in *The Hydrographic Journal* in January 1999.
- "GPS *Principi Modalitá* e Tecniche di Posizionamento" A. Cina Celid Prima Ristampa – 2001.
- *Hydrographic Dictionary* S–32 International Hydrographic Organization, Monaco 5th Edition – 2008 "IHO Standards for Hydrographic Survey"S–44 International Hydrographic Organization, Monaco
- "La georeferenziazione delle informazioni territoriali" Luciano Surace Estratto dal *Bollettino di Manuale dell'Ufficiale di Rotta*". Istituto Idrografico della Marina,Genova, Quinta edizione – 1992
- "Topografia" L. Costa Cooperativa Libraria Universitaria – Genova Terza Edizione –1949, 17th Edition 1996
- Adam J. Kerr *Conceptual Model of a Regionally Integrated Data Base For ECDIS*
- Admiralty "Manual of Hydrographic Surveying" Hydrographic Department Admiralty (UKHO), Vol. I (1965) and Vol. II (1970)
- Alam E. Ingham "Sea Surveying" John Wiley & Sons, Inc New York (USA), July 1974 Edition 1/04 2004
- Börje Forssell "Radio navigation system" Prentice Hall International (UK) Ltd, 1991
- Christer Palm "From Manuscript to Printed Chart" International Hydrographic Review, Vol. LX No. 2, July 1982
- General Instructions for Hydrographic Surveys UK Hydrographic Office 11th Section 1968 Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 1 UK Hydrographic Office1969 to 1973
- H. Gorziglia "Computer Assisted Cartography at Hydrographic and Oceanographic Service of Chilean Navy"
- IHO, "Manual on Hydrography", Publication C-13, International Hydrographic Organization, Monaco 1st Edition, May 2005.
- IHO "Hydrographic Dictionary" S–32 International Hydrographic Organization, Monaco, 5th edition.
- IHO, "IHO Standards for HydrographicSurvey" S–44 International Hydrographic Organization, Monaco, 5th edition– 2008
- International Hydrographic Review, Vol. LXXII No. 2, March 1995
- L. Costa "Topografia" Cooperativa Libraria Universitaria– Genova, Prima ristampa – 2001
- Lieutenant Eric J.Sipos "NOAA AHB Assurance Inspections for Contract Hydrographic Surveys"
- Luciano Surace "La georeferenziazione delle informazioni territoriali" 1998, Estratto dal "Bollettino di geodesia e scienze affini", 1998
- Luigi Sinapi "Lezioni di Idrografia teorica ed operativa" Napoli, A.A. 2002/2003
- N. M. Anderson "Computer Assisted Cartography in the Canadian Hydrographic Service"
- NOAA Melvin J. Umbach Rockville, Md. "Hydrographic Manual" U.S. Department of Commerce
- NOAA NOS Hydrographic Surveys "Specifications and Deliverables" U.S. Department of Commerce
- Patrick McGlamery "Issues of Authenticity of Spatial Data" 66th IFLA Council and General Conference 2000.
- Russom & H. R. W. Halliwell "Some Basic Principles in the Compilation of Nautical Charts"
- Simo H. Laurila "Electronic Surveying and Navigation" John Wiley & Sons, Inc New York (USA), 1976

- USACE EM 1110-1-1003 "NAVSTAR Global Positioning System Surveying" U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, 1st July 2003
- USACE EM 1110-1-1004 "Geodetic and Control Surveying" 1st June 2002 U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
- USACE EM 1110-1-1005 "Topographic Surveying"U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, 31 August 1994
- USACE EM 1110-2-1003 "Hydrographic Surveying"U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, 1st January 2002
- William G. Swisher "National Ocean Survey Automated Information System"



