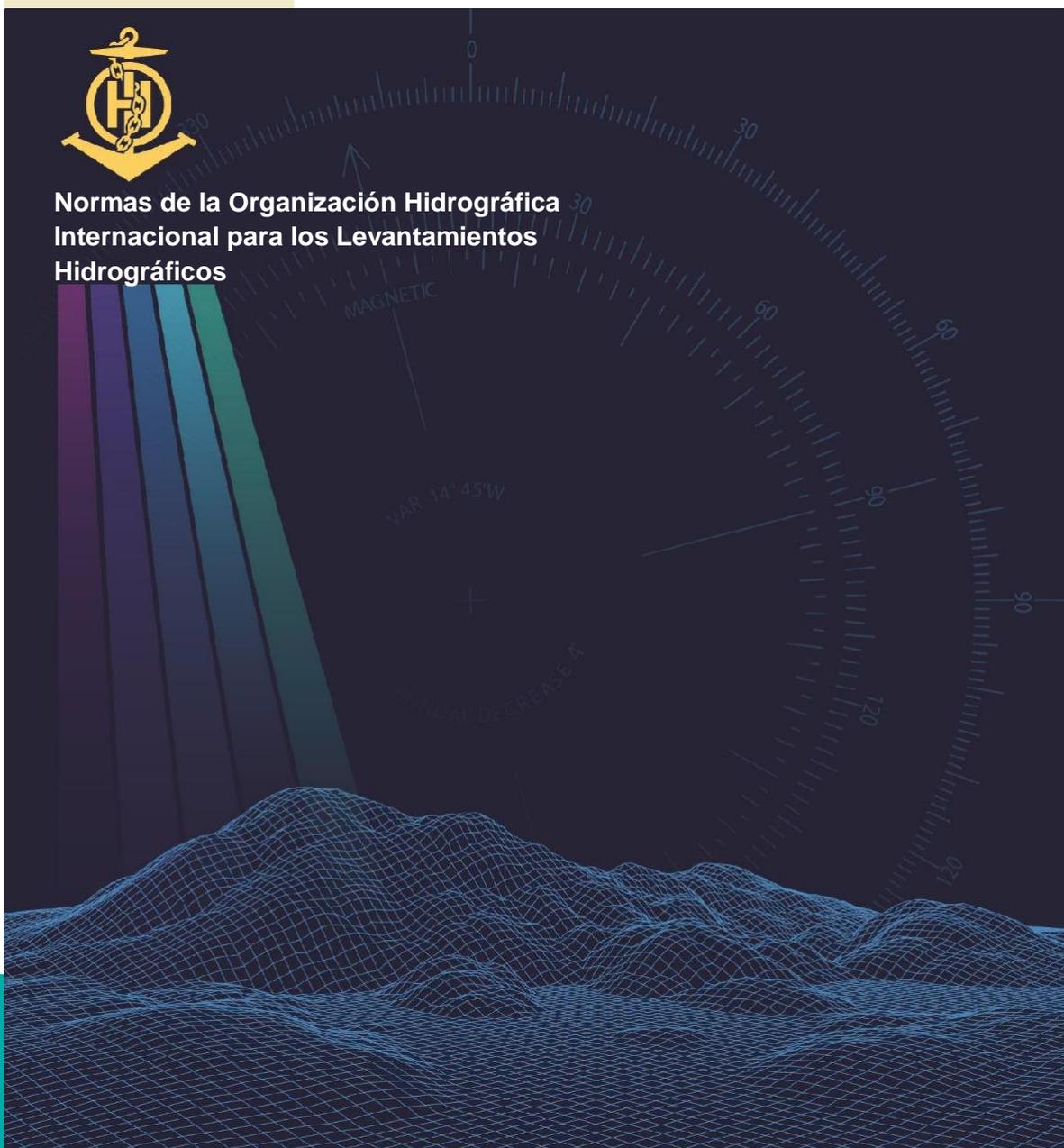


S-44 Edición 6.0.0



**Normas de la Organización Hidrográfica
Internacional para los Levantamientos
Hidrográficos**



IHO



International
Hydrographic
Organization

Published by the
International Hydrographic Organization
4b quai Antoine 1^{er}
Principauté de Monaco
Tel: (377) 93.10.81.00
Fax: (377) 93.10.81.40
info@iho.int
www.iho.int

© Copyright International Hydrographic Organization 2020

Esta obra está protegida por los Derechos de Autor. A excepción de todo uso autorizado en el marco de la Convención de Berna para la Protección de las Obras Artísticas y Literarias (1886), y excepto en las circunstancias que se describen a continuación, ninguna parte de esta obra puede ser traducida, reproducida mediante ningún proceso, ni adaptada, comunicada o comercialmente explotada sin previa autorización escrita de la Secretaría de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI). Los Derechos de Autor de ciertas partes de esta publicación pueden pertenecer a terceros y la autorización de la traducción y/o reproducción de ese material tiene que ser otorgada por su propietario.

Este documento o material de este documento puede ser traducido, reproducido o difundido para información general, basándose únicamente en un importe que no exceda la recuperación de los costes. Ninguna copia podrá ser vendida ni difundida a fines comerciales sin previo acuerdo escrito de la OHI y otros titulares del copyright.

En el caso en el que este documento o material parcial de este documento fuese reproducido, traducido o difundido en los términos anteriormente descritos, tendrán que incluirse las siguientes menciones:

“El material procedente de la Publicación de la OHI [referencia del extracto: Título, Edición] se reproduce con la autorización de la Secretaría de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) (Autorización No. /...) actuando en nombre de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), que no es responsable de la exactitud del material reproducido: en caso de duda, prevalecerá el texto auténtico de la OHI. La inclusión de material procedente de la OHI no deberá interpretarse como equivalente de una aprobación de este producto por la OHI.”

“Este(a) [documento/publicación] es una traducción del/de la [documento/publicación] [nombre] de la OHI. La OHI no ha comprobado esta traducción y por tanto declina toda responsabilidad de su precisión. En caso de duda, deberá consultarse la versión original de [nombre] en [idioma].”

Los escudos de la OHI u otros identificadores no se pueden utilizar en cualquier producto derivado sin previo permiso escrito de la Secretaría de la OHI.

CONTENIDOS

PREFACIO	1
INTRODUCCIÓN	2
GLOSARIO	4
CAPÍTULO 1 CLASIFICACIÓN DE LEVANTAMIENTOS PARA LA SEGURIDAD DE LA NAVEGACIÓN	6
CAPÍTULO 2 POSICIONAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.....	8
CAPÍTULO 3 PROFUNDIDAD, COBERTURA BATIMÉTRICA, ELEMENTOS, NATURALEZA DEL FONDO	10
CAPÍTULO 4 NIVELES Y FLUJO DEL AGUA.....	15
CAPÍTULO 5 LEVANTAMIENTOS POR ENCIMA DEL DATUM VERTICAL.....	16
CAPÍTULO 6 METADATOS.....	18
CAPÍTULO 7 TABLAS Y MATRIZ DE ESPECIFICACIÓN.....	20
ANEXO A INSTRUCCIONES SOBRE LA MATRIZ.....	29
ANEXO B INSTRUCCIONES SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD.....	37
ANEXO C INSTRUCCIONES PARA CONTROL DE CALIDAD A PRIORI Y A POSTERIORI.....	39
ANEXO D CONSIDERACIONES SOBRE MALLAS DE BATIMETRÍA.....	40

Nota: Los Anexos [B](#), [C](#) y [D](#) se eliminarán de este documento cuando la información que contienen se incorpore por completo en la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía*.

Página en blanco deliberadamente

PREFACIO

Esta Publicación (S-44) define el estándar que se aplicará a los levantamientos hidrográficos, y ocupa su lugar entre las otras publicaciones de la Organización Hidrográfica Internacional (IHO), diseñadas para promover la seguridad de la navegación, el conocimiento y la protección del medio ambiente marino.

Los debates formales sobre la creación de normas para los levantamientos hidrográficos comenzaron en la 7ª Conferencia Hidrográfica Internacional (CHI) de 1957. La 1ª edición de la S-44 titulada “Normas de Exactitud Recomendadas para los Levantamientos Hidrográficos” se publicó en enero de 1968. Desde entonces, la OHI se ha esforzado en actualizar esta norma periódicamente para seguir el ritmo de las tecnologías y métodos existentes. Se han publicado cuatro ediciones sucesivas desde la original de 1968: la 2ª edición se publicó en 1982, la 3ª en 1987, la 4ª 1998, y finalmente la 5ª en 2008. El objetivo es mantener la continuidad de la idea original mediante sucesivos cambios.

En la Carta Circular (CC) 68/2016 de diciembre de 2016 la OHI creó el Equipo de Proyecto de Levantamientos Hidrográficos (HSPT) con la tarea de actualizar la norma, y en la CC 26/2017 definió la composición de este equipo. Las tareas del HSPT abarcan tres objetivos: primero, evaluar la 5ª edición de la norma; segundo, preparar la 6ª edición de la S-44; y tercero, si es necesario crear un Grupo de Trabajo permanente con la misión de resolver todos los problemas de los levantamientos hidrográficos. El equipo HSPT estaba compuesto por representantes de los Estados Miembros de la OHI, observadores de organismos internacionales (IFHS y FIG), otros expertos que contribuyen, y la Secretaría de la OHI.

Las tecnologías y requisitos hidrográficos están en constante evolución, igual que la creciente comunidad de usuarios. Aunque lógicamente los hidrógrafos siguen estos cambios, la norma S-44 tiene que seguir evolucionando para seguir siendo la referencia internacional para los levantamientos hidrográficos.

Durante la creación de esta nueva edición, el Equipo de Proyecto de Levantamientos Hidrográficos de la OHI se puso en contacto con la comunidad hidrográfica y recibió aportaciones de interlocutores de la OHI (incluyendo la industria). Estas aportaciones fueron cruciales para expresar las necesidades de la comunidad y dirigir la actualización de esta edición, permaneciendo siempre comprometidos con los objetivos de la OHI.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta publicación es proporcionar un conjunto de normas para los levantamientos hidrográficos que se usan principalmente para producir cartas náuticas esenciales para la seguridad de la navegación, el conocimiento y la protección del medio ambiente marino. Detalla los **estándares mínimos** que tienen que alcanzar dependiendo del uso que se les vaya a dar. Donde y cuando sea necesario, se anima a los servicios u organismos hidrográficos a definir requisitos más estrictos o específicos como aplicaciones regionales o nacionales de estas normas. Esta publicación no incluye procedimientos para configurar equipos, realizar el levantamiento o procesar los datos resultantes. Sobre esos temas se debe consultar la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía* (se puede descargar de la web de la OHI: www.iho.int).

En esta edición se ha introducido un nuevo Orden Exclusivo más estricto. Se debería limitar el uso del Orden Exclusivo para áreas con condiciones excepcionales y requisitos específicos. Los demás órdenes para levantamientos orientados a la seguridad de la navegación mantienen los mismos nombres, pero se ha cambiado su interpretación en la edición anterior debido a la introducción del concepto de [cobertura batimétrica](#). El Orden Especial requiere explícitamente [cobertura batimétrica](#) plena. Además, los órdenes están divididos en requisitos por encima y por debajo del datum vertical.

Esta edición pretende animar al uso de la S-44 para otros propósitos además de la seguridad de la navegación. Introduce el concepto de [Matriz](#) de parámetros y tipos de datos para definir las aplicaciones de las normas y especificaciones de levantamientos. Esta [Matriz](#) no es una norma por sí sola. Se debería considerar como una referencia para especificar levantamientos concretos cuando sea apropiado, y como una herramienta para una clasificación más amplia de los levantamientos. Está diseñada para poderse expandir y evolucionar en versiones futuras de la S-44. El [Anexo A](#) es una guía sobre cómo usar la Matriz para especificar y clasificar levantamientos.

Se ha revisado el vocabulario de la S-44 para alinearse mejor con las referencias típicas usadas en metrología (por ejemplo, Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones). Se han revisado las normas de posicionamiento horizontal para las ayudas a la navegación, y se han añadido normas sobre su posicionamiento vertical. Se hace énfasis en los componentes principales de los levantamientos hidrográficos, manteniendo una independencia de la tecnología.

Aunque el hidrógrafo puede tener cierta flexibilidad sobre la manera de realizar las operaciones del levantamiento, sigue siendo la autoridad responsable la que decidirá si se ha cumplido la norma. Además, el hidrógrafo es una parte esencial del proceso del levantamiento, y debe poseer suficiente conocimiento y experiencia para emplear el sistema al nivel exigido. Puede ser difícil de medir, aunque las cualificaciones hidrográficas pueden servir de base para esta valoración. La formación disponible en este campo es (entre otras) el programa educativo de Categoría A y/o B creado por la Junta Internacional sobre Estándares de Competencia para Hidrógrafos y Cartógrafos Náuticos (IBSC), la Organización Hidrográfica Internacional (IHO), la Federación Internacional de Topógrafos (FIG), y la Asociación Cartográfica Internacional (ICA).

La información incluida en los anexos [B](#), [C](#), y [D](#) sirve de guía sobre control de calidad, procesamiento de datos, y consideraciones sobre mallas de batimetría. Estos Anexos no forman parte integral de las Normas de la S-44, y se eliminarán cuando esa información se haya incorporado completamente a la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía*.

Nota: La publicación de esta nueva edición de las normas no invalida los levantamientos realizados según las ediciones anteriores, ni los productos de seguridad de la navegación basados en esos levantamientos.

GLOSARIO

Nota: Los términos definidos a continuación son los más relevantes para esta publicación. La Publicación Especial S-32 de la OHI (Diccionario Hidrográfico) define una selección de términos mucho más amplia, y se debería consultar si el término necesario no aparece aquí. Si uno de los términos siguientes tiene una definición diferente en la S-32, se debería usar la definición presente en lo referente a estas normas.

Para los fines de esta Publicación, las palabras:

debe: indica un requisito obligatorio;

debería: indica un requisito recomendado;

puede: indica un requisito opcional;

En este Glosario no se definen los términos que sólo se usan en los Anexos; esos términos se definen en los propios Anexos.

Cobertura batimétrica: Hasta qué punto se ha levantado un área usando un método sistemático para medir las profundidades, basándose en una combinación del patrón del levantamiento y del área teórica de detección de los instrumentos del levantamiento.

Nivel de confianza: Probabilidad de que la diferencia entre el valor real de una medición y el valor medido no sea superior a la [incertidumbre](#) especificada.

Corrección: Compensación que se aplica a los datos para ajustar un efecto sistemático estimado.

Error: Diferencia entre un valor medido y el valor correcto o verdadero. Los [errores](#) se pueden dividir en [errores sistemáticos o aleatorios](#).

Elemento: Cualquier objeto, sea natural o artificial, que se diferencia del área que lo rodea.

Detección de elementos: Capacidad de un sistema para detectar [elementos](#) de un tamaño definido.

Búsqueda de elementos: Hasta qué punto se ha levantado un área usando un método sistemático para identificar elementos.

Metadatos: Datos que describen un conjunto de datos y su uso.

Error aleatorio: Ruido en una medición provocado por factores que cambian de una medición a otra y no se pueden controlar, pero sí cuantificar por medios estadísticos.

Profundidad reducida: La profundidad observada incluyendo todas las [correcciones](#) relacionadas con el levantamiento, post procesamiento y reducción al datum vertical apropiado.

Elemento Significativo: [Elemento](#) que presenta un peligro potencial para la navegación u objeto que se esperaría ver representado en una carta o producto náutico.

Error sistemático: Parte componente de un [error](#) de medición que permanece constante o varía de manera predecible.

Incertidumbre horizontal total (THU): Parte componente de la [incertidumbre propagada total](#) (TPU) calculada en la dimensión horizontal. [THU](#) es una cantidad bidimensional que incluye todas las incertidumbres de las mediciones horizontales que contribuyen a ella.

Incertidumbre propagada total (TPU): [Incertidumbre](#) que incluye todas las [incertidumbres](#) de las mediciones.

Incertidumbre vertical total (TVU): Parte componente de la [incertidumbre propagada total](#) (TPU) calculada en la dimensión vertical. La [TVU](#) es una cantidad unidimensional que incluye todas las incertidumbres de las mediciones verticales que contribuyen a ella.

Incertidumbre: Estimación del abanico de valores dentro del cual se espera que esté el valor verdadero de una medición, definido dentro de un [nivel de confianza](#) concreto. Se expresa como una cifra positiva.

Sonda bajo Quilla: Distancia entre el punto más bajo del casco del buque y el fondo marino, lecho del río etc.

CAPÍTULO 1 CLASIFICACIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS PARA LA SEGURIDAD DE LA NAVEGACIÓN

1.1 Introducción

Este capítulo describe los órdenes de los levantamientos para la seguridad de la navegación que los servicios o autoridades hidrográficas consideran aceptables para generar productos y servicios náuticos que permiten que los buques de superficie naveguen con seguridad. Como los requisitos varían dependiendo de la profundidad del agua, las propiedades geofísicas y los tipos de tráfico marítimo anticipados, se definen cinco órdenes de levantamientos distintos; cada uno está diseñado para cubrir un abanico de necesidades.

A continuación se describen los cinco órdenes junto con una descripción de la(s) área(s) de uso prevista(s). El [Capítulo 7](#) presenta las normas mínimas necesarias para alcanzar cada orden ([Tabla 1](#) y [Tabla 2](#)) junto con una herramienta nueva para mejorar y personalizar estos órdenes ([Matriz](#) de Especificación).

Los servicios hidrográficos o las autoridades responsables de tomar los levantamientos deberían seleccionar el orden de levantamiento más apropiado para los requisitos de la seguridad de la navegación en el área. Puede que un solo orden no sea apropiado para todo el área a levantar, y en estos casos los diferentes órdenes se deberían definir explícitamente por todo el área del levantamiento. Por ejemplo, en un área donde navegan Buques de Transporte de Crudo de Gran Tamaño (VLCC) cuyo calado se espera que sea mayor de 40 metros, se puede haber especificado un Orden de levantamiento 1a. Sin embargo, si el hidrógrafo descubre bajos con una profundidad inferior a 40 metros, entonces sería más apropiado levantar estos bajos y áreas circundantes como un Orden Especial o incluso Exclusivo en circunstancias específicas.

Para cumplir plenamente con un Orden S-44, un levantamiento hidrográfico debe cumplir **todos** los requisitos batimétricos y de detección de elementos de ese orden ([Tabla 1](#)) y con todos los demás requisitos para ese orden ([Tabla 2](#)) cuando se apliquen. Además, se deben leer las cartas conjuntamente con el texto detallado en los capítulos siguientes. El desafío que presenta cada orden, en particular los Órdenes Especial y Exclusivo, es establecer la apropiada metodología de levantamiento para alcanzar los niveles especificados.

Para asegurar que los levantamientos son sistemáticos, incluso en zonas donde se especifica una [cobertura batimétrica](#) inferior al 100%, la distancia horizontal entre las posiciones registradas de las profundidades no debería ser mayor de 3 veces la profundidad o 25 metros, lo que sea mayor.

1.2 Orden 2

Es el orden menos estricto, y está orientado a áreas en las que la profundidad del agua permita que una representación general del fondo se considere adecuada. Como mínimo, requiere una [cobertura batimétrica](#) distribuida regularmente del 5% del área del levantamiento. Se recomienda que los levantamientos de Orden 2 se realicen en áreas de profundidad superior a 200 metros. Cuando la profundidad del agua supera los 200 metros se considera improbable que existan elementos lo bastante grandes como para tener un impacto en la navegación de superficie, y que no hayan sido detectados por un levantamiento de Orden 2.

1.3 Orden 1b

Este orden está orientado a áreas en las que los tipos de embarcaciones de superficie que se espera que la naveguen son tales que permiten que una representación general del fondo se considere adecuada. Como mínimo, requiere una [cobertura batimétrica](#) distribuida regularmente del 5% del área del levantamiento. Esto supone que no se detectarán algunos elementos, pero la distancia entre las áreas de cobertura batimétrica limitará el tamaño de esos elementos. Este orden de levantamientos sólo se recomienda cuando se considere que la [sonda bajo quilla](#) no va a ser un problema. Un ejemplo sería un área en la que las características del fondo hacen que la probabilidad de que exista un [elemento](#) en el fondo que suponga un peligro para la navegación de superficie sea baja.

1.4 Orden 1a

Este orden está orientado a áreas en las que los [elementos](#) del fondo pueden llegar a ser preocupantes para el tipo de embarcaciones de superficie que se espera que la naveguen pero se considera que la [sonda bajo quilla](#) no es crítica. Se necesita una [detección de elementos](#) del 100% para detectar los [elementos](#) de un tamaño específico. Una [cobertura batimétrica](#) igual o menor al 100% es apropiada siempre que se obtengan las profundidades mínimas sobre todos los [elementos significativos](#), y que la batimetría proporcione una representación adecuada de la naturaleza de la topografía del fondo. La [sonda bajo quilla](#) es menos crítica conforme aumenta la profundidad, así que el tamaño del [elemento](#) a detectar aumenta con la profundidad en las áreas con profundidad del agua superior a 40 metros. Ejemplos de áreas que pueden requerir levantamientos de Orden 1a son aguas costeras, puertos, fondeaderos, pasos y canales.

1.5 Orden Especial

Este orden está orientado a áreas en las que la [sonda bajo quilla](#) es crítica. Por tanto, se necesita una [detección de elementos](#) del 100% y una [cobertura batimétrica](#) del 100%, y el tamaño de los [elementos](#) a detectar mediante esta búsqueda es deliberadamente más exigente que para el Orden 1a. Ejemplos de áreas que pueden requerir levantamientos de Orden Especial son: fondeaderos, puertos y áreas críticas de canales de paso y navegación.

1.6 Orden Exclusivo

Los levantamientos hidrográficos de Orden Exclusivo son una extensión del Orden Especial de la OHI con requisitos de incertidumbre y cobertura de datos más estrictos. Se pretende que su uso esté restringido a áreas de aguas someras (fondeaderos, puertos y áreas críticas de canales de paso y navegación) en las que existe un uso de la columna de agua excepcional y óptimo, y en las que hay áreas críticas específicas donde la mínima [sonda bajo quilla](#) y características del fondo son peligros potenciales para la navegación. Para este orden se necesita una [detección de elementos](#) del 200% y una [cobertura batimétrica](#) del 200%. El tamaño de los [elementos](#) a detectar es deliberadamente más exigente que para el Orden Especial.

CAPÍTULO 2 POSICIONAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

2.1 Introducción

El posicionamiento es una parte fundamental de toda operación de levantamiento. El hidrógrafo debe considerar el marco de referencia geodésico, los sistemas de referencia horizontal y vertical, sus conexiones con otros sistemas usados (por ejemplo, datums topográficos), además de la incertidumbre inherente a las mediciones relacionadas.

En esta norma, posición y su incertidumbre se refieren al componente horizontal de la sonda o elemento, mientras que la profundidad y su incertidumbre se refieren al componente vertical de esa sonda o elemento.

2.2 Marco de Referencia Geodésico

Las posiciones se deberían referenciar a un marco de referencia geodésico, que puede ser una localización de un marco de referencia global (ej. ITRF2018, WGS84(G1762)) o regional (ej. ETRS89, NAD83) y versiones posteriores. Como los marcos de referencia geodésicos se actualizan con frecuencia, es esencial registrar la fecha para los levantamientos con baja [incertidumbre](#) posicional.

Como las posiciones se suelen referenciar en un sistema / marco compuesto de referencia de coordenadas, como un sistema / marco de referencia geodésico, geopotencial y de altura, se pueden dividir en componentes horizontal y vertical.

2.3 Sistema de Referencia Horizontal

Si las posiciones horizontales están referenciadas a un datum local, se debería especificar el nombre y fecha del datum y vincularlo a una localización de un marco de referencia global (ej. ITRF2018, WGS84(G1762)) o regional (ej. ETRS89, NAD83) y versiones posteriores. Se debe tener en cuenta las transformaciones entre marcos de referencia / fechas, en especial para levantamientos con baja [incertidumbre](#).

2.4 Sistema de Referencia Vertical

Si el componente vertical de las posiciones está referenciado a un datum local, se debería especificar el nombre y fecha del datum. El componente vertical de las posiciones (ej. profundidades, alturas que descubren) se debería referenciar a un marco de referencia vertical apropiado para el tipo de dato y su uso previsto. Este marco de referencia vertical se puede basar en observaciones de mareas (ej. LAT, MWL, etc.), en un modelo físico (es decir, el geode) o un elipsoide de referencia.

2.5 Conexiones entre el Cero Hidrográfico y el Datum Vertical Topográfico

Para usar correcta y plenamente los datos batimétricos, se deben determinar y describir con claridad las conexiones o relaciones entre el cero hidrográfico y el datum vertical topográfico. La Resolución de la OHI sobre Datums y Marcas de Nivelación, Resolución 3/1919 corregida, establece las prácticas a seguir, cuando sean aplicables, para determinar estas conexiones de los datum verticales.

La resolución esencial 3/1919 corregida, está disponible en la Publicación M-3 de la OHI, Resoluciones de la Organización Hidrográfica Internacional, que se puede descargar de la página web de la OHI www.iho.int.

2.6 Incertidumbres

Esta norma afronta la [incertidumbre total propagada \(TPU\)](#) a través de los dos componentes; [incertidumbre total horizontal \(THU\)](#) e [incertidumbre total vertical \(TVU\)](#). Los valores de [TVU](#) y [THU](#) se deben interpretar como un intervalo \pm del valor declarado.

Se debería adoptar un método estadístico, combinando todas las fuentes de [incertidumbre](#) para determinar la [incertidumbre](#) del posicionamiento tanto horizontal como vertical para obtener la [THU](#) y la [TVU](#) respectivamente. Las incertidumbres al [nivel de confianza](#) del 95% se deben registrar junto con los datos del levantamiento.

La capacidad del sistema del levantamiento se debería demostrar mediante cálculos *a priori* de la [incertidumbre](#) ([THU](#) y [TVU](#)). Estos cálculos son predictivos y se deben calcular para el sistema de levantamiento en su conjunto, incluyendo todas las fuentes de [incertidumbre](#) de los instrumentos, medidas y entorno. Esta estimación se debería actualizar durante el levantamiento para reflejar los cambios en las condiciones ambientales como viento, olas etc. para aplicar los cambios apropiados en los parámetros del levantamiento.

Los valores finales de [incertidumbre](#) para el levantamiento pueden consistir en un cálculo *a priori* y otro *a posteriori*, valores empíricos explícitos (por ejemplo basados solamente en la desviación estándar de las profundidades verticales), o en una combinación de los valores mencionados. Los [metadatos](#) deberían incluir una descripción del tipo de [incertidumbre](#) y de la(s) [incertidumbre\(s\)](#) alcanzada(s).

Para facilitar su uso, en esta norma se asume que la incertidumbre horizontal permitida es igual en ambas dimensiones. Por tanto, asumiendo una distribución normal de errores, la incertidumbre posicional se expresa con una sola cifra.

2.7 Nivel de Confianza

En esta norma, el término [nivel de confianza](#) no es la definición estadística estricta, sino que es equivalente a los términos “nivel de confianza” o “probabilidad de cobertura” incluidos en la *Guía de Expresión de Incertidumbre en Mediciones*, JCGM 100:2008, sección 6.2.2.

Se debe destacar que los [niveles de confianza](#) (por ejemplo 95%) dependen en asumir la distribución estadística de los datos y se calculan diferente para cantidades unidimensionales (1D) y bidimensionales (2D). En el contexto de esta norma, que asume una distribución normal de [error](#), el [nivel de confianza](#) del 95% para cantidades 1D (ej. profundidad) se define como 1.96 x desviación estándar, y el [nivel de confianza](#) del 95% para cantidades (ej. posición) se define como 2.45 x desviación estándar.

CAPÍTULO 3 PROFUNDIDAD, COBERTURA BATIMÉTRICA, ELEMENTOS Y NATURALEZA DEL FONDO

3.1 Introducción

La navegación de superficie requiere conocimiento preciso de las profundidades y [elementos](#). Dado que la [sonda bajo quilla](#) pueda ser un problema potencial, la [cobertura batimétrica](#) debe ser al menos del 100%, la [detección de elementos](#) debe ser la apropiada, y las incertidumbres de profundidad se deben controlar estrictamente y comprender.

Para la personalización o mejora de los órdenes de levantamiento para la seguridad de la navegación u otras aplicaciones, se pueden especificar criterios de levantamiento seleccionando valores de criterio requeridos usando la [Matriz](#) (Ver [sección 7.5](#) y [Anexo A](#)).

3.2 Profundidad

3.2.1 Medición de la Profundidad

Se entiende que las profundidades son [profundidades reducidas](#) dentro de un marco de referencia vertical bien definido. La profundidad de un [elemento](#) se expresa como la profundidad mínima de ese [elemento](#).

En aguas con mucha turbidez, por ejemplo estuarios, se puede determinar esta profundidad mínima basándose en las concentraciones de sedimentos en el agua.

Bajo circunstancias excepcionales, para la seguridad de la navegación, se puede usar un método de alta precisión (por ejemplo, draga mecánica) que el servicio o autoridad hidrográfica considere capaz de confirmar la profundidad segura en un área o sobre un elemento / resto, para certificar la profundidad segura. En este caso, la incertidumbre de la medición vertical definirá qué orden de levantamiento se va a citar.

3.2.2 Alturas que Descubren

En áreas con gran amplitud de marea, en las que la zona que descubre sea a veces navegable con marea alta, es necesario levantar completamente también las elevaciones en la zona que descubre. Dependiendo de la situación y del equipo disponible, las alturas que descubren se pueden levantar como batimetría o topografía. Con independencia del método de levantamiento, las incertidumbres máximas no superarán las especificadas para el área sumergida fuera de la zona que descubre.

3.2.3 Máxima Incertidumbre Vertical Permitida

Reconociendo que hay fuentes de [error](#) tanto dependientes como independientes de la profundidad que afectan a las mediciones de profundidades, se usa la fórmula siguiente para calcular la incertidumbre vertical máxima permitida.

Hay que introducir los parámetros “a” y “b” junto con la profundidad “d” en la fórmula siguiente para calcular la TVU máxima permitida:

$$TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Donde

- a representa la parte de [incertidumbre](#) que no varía con la profundidad
- b es un coeficiente que representa la parte de [incertidumbre](#) que varía con la profundidad
- d es la profundidad

La [Tabla 1](#) especifica los parámetros “a” y “b” para calcular la [TVU](#) máxima permitida de las [profundidades reducidas](#) para cada orden de levantamiento. Las [incertidumbres totales verticales](#) de las mediciones de profundidad calculadas con un [nivel de confianza](#) del 95% no deben superar este valor.

3.3 Detección de Elementos

La [Tabla 1](#) especifica las normas mínimas para [detección de elementos](#). Se usa un [elemento cúbico](#) como referencia de la forma básica para la capacidad de detección de elementos por un sistema, y asume una forma simétrica 3-D con seis lados cuadrados iguales.

Para valorar la capacidad de [detección de elementos](#) de un sistema de levantamientos, se debe valorar el sistema de levantamientos completo, incluyendo equipo, metodologías, procedimientos y personal. Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica que captura los datos evaluar la capacidad de todo sistema de levantamiento propuesto para detectar [elementos significativos](#).

Capacidades específicas de [detección de elementos](#) no son determinaciones implícitas de qué constituye un peligro para la navegación. En algunos casos, [elementos significativos](#) de tamaño menor al especificado en la [Tabla 1](#) se pueden clasificar como peligros para la navegación. Por tanto, puede ser necesario que el servicio o autoridad hidrográfica detecten [elementos significativos](#) más pequeños para reducir el riesgo de no detectar peligros para la navegación. Sin embargo, un solo sistema de levantamiento no puede garantizar la detección de todos los elementos. Si existen dudas sobre la presencia en el área de peligros para la navegación que pueden no haber sido detectados por el sistema de levantamiento, se debería considerar el uso de un sistema de levantamiento alternativo.

3.4 Búsqueda de Elementos

La [Tabla 1](#) especifica las normas mínimas para búsqueda de Elementos.

Para el Orden 1a, se puede alcanzar una [búsqueda de elementos](#) del 100% con un sistema de levantamiento que no mida profundidades. Bajo esas circunstancias, se necesitarán mediciones de profundidades mínimas de un sistema batimétrico independiente para todo [elemento significativo](#) que se detecte. Siempre que sea posible, se recomienda realizar una [búsqueda de elementos](#) del 100% conjuntamente con una [cobertura batimétrica](#) del 100%.

Una [detección de elementos](#) del 100% o más se debe planificar y realizar con la intención de detectar todos los elementos de todos los tamaños especificados en esta norma. Donde se requiera una [detección de elementos](#) superior al del 100%, incluyendo el 200% del Orden Exclusivo, se puede alcanzar mediante el solape adecuado de la captura o adquiriendo más de un conjunto de datos independiente dentro del levantamiento.

3.5 Cobertura Batimétrica

Esta edición de la S-44 introdujo el concepto de [cobertura batimétrica](#) para hacer que la norma fuera independiente de la tecnología. La adquisición de [cobertura batimétrica](#) necesita del uso de un sensor que mida y registre profundidades. La [Tabla 1](#) especifica la [cobertura batimétrica](#) mínima que debe alcanzar cada orden de levantamiento.

3.5.1 Cobertura Batimétrica del 100%

Una [cobertura batimétrica](#) del 100% se debería interpretar como [cobertura batimétrica](#) “plena”. Una [cobertura batimétrica](#) del 100% no garantiza mediciones de profundidad continua ya que las mediciones de profundidad son individuales y basadas en las limitaciones físicas y de los instrumentos del levantamiento.

3.5.2 Cobertura Batimétrica inferior al 100%

Una [cobertura batimétrica](#) inferior al 100% debe seguir un patrón sistemático de levantamiento para maximizar la distribución uniforme de los datos de profundidad por toda el área del levantamiento, y no debe ser inferior al 5%. Además, se deben tener en cuenta la naturaleza del fondo (ej. irregularidad, tipo, pendiente) y los requisitos de la seguridad de la navegación en el área, al mismo tiempo que cumplen con los requisitos mínimos de la [Tabla 1](#). Para asegurar que los levantamientos se realizan sistemáticamente cuando se especifica una [cobertura batimétrica](#) inferior al 100%, la distancia horizontal entre posiciones de profundidades registradas no debería ser superior a 3 veces la profundidad media o 25 metros, lo que sea mayor.

Para el Orden 1a, una [cobertura batimétrica](#) igual o inferior al 100% es apropiada siempre que se obtengan las profundidades mínimas sobre todos los [elementos significativos](#) y que la batimetría proporcione una representación adecuada de la naturaleza de la topografía del fondo. El parámetro independiente del sistema [cobertura batimétrica](#) (expresado en porcentaje) se usa para todos los Órdenes. En la 5ª edición se usaba espaciado de líneas como parámetro para los Órdenes 2 y 1b. En la transición de espaciado de líneas a extensión en porcentaje para la [cobertura batimétrica](#), se usó un haz de ancho 8-12° como referencia realista, con un espaciado interlineal de 3-4 veces la profundidad¹. Por tanto, 5% es el valor apropiado para el requisito de [cobertura batimétrica](#) de los Órdenes 2 y 1b.

¹ Ejemplo: Para una ecosonda monohaz con un haz de 8° de anchura, considerando un espaciado de líneas de 3 veces la profundidad en las líneas principales y de 10 el espaciado de las líneas principales para las transversales, la cobertura batimétrica según la fórmula es: % cobertura = área levantada / área total = (diámetro de la huella * longitud total de la línea) / área total = $2 * \tan(8^\circ/2) * (1/3 + 1/(3 * 10)) = 0.051 = 5.1\%$

Esta fórmula se incluye como ejemplo y no forma parte de esta norma.

3.5.3 Cobertura Batimétrica superior al 100%

Una [cobertura batimétrica](#) superior al 100%, incluyendo el 200% del Orden Exclusivo, se puede alcanzar mediante el solape adecuado de la captura o adquiriendo más de un conjunto de datos independiente dentro del levantamiento.

3.6 Peligros para la Navegación

Los servicios y autoridades hidrográficas deben considerar el tráfico marítimo local esperado (por ejemplo, el calado de los buques) además de la configuración general de las profundidades al valorar los peligros para la navegación.

Se debe adquirir suficientes datos sobre los [elementos](#) que sean peligros potenciales para la navegación (ej. naufragios u otras obstrucciones) para asegurar que se ha determinado la profundidad mínima y la posición mediante medios apropiados, y cumpliendo con los requisitos mínimos del orden apropiado en la [Tabla 1](#).

Con las especificaciones de los barcos actuales, los [elementos](#) con profundidades mínimas superiores a 40m no es probable que constituyan un peligro para la navegación de superficie. Sin embargo, esta determinación se debería reevaluar constantemente basándose en las circunstancias locales y cambios potenciales.

El servicio o autoridad hidrográfica responsable de la calidad del levantamiento puede definir un límite de profundidad, más allá del cual no es necesaria una investigación detallada del fondo, y por tanto un examen de los [elementos](#).

3.7 Confirmación/Desaprobación de un Objeto Cartografiado

Para todo objeto que ha sido registrado / representado previamente en una carta, documento, publicación electrónica o base de datos, se recomienda confirmar o descartar la existencia de objetos cartografiados como rocas, restos hundidos, obstrucciones, ayudas a la navegación y datos dudosos. Los resultados se deberían incluir en el informe del levantamiento.

Los datos dudosos incluyen, pero no se limitan a los datos normalmente indicados en las cartas con PA (Posición Aproximada), PD (Posición Dudosa), ED (Existencia Dudosa), SD (Sonda Dudosa), o "peligro reportado". Los objetos cartografiados se deberían confirmar o desmentir en relación con su posición cartografiada.

No existe ninguna fórmula empírica para definir el área de búsqueda que pueda cubrir todas las situaciones. Para confirmación o desaprobación de objetos se recomienda que el radio de búsqueda debería ser al menos 3 veces la [incertidumbre](#) estimada para la posición del peligro reportado. Si no se localiza o indica el objeto cartografiado dentro del radio de búsqueda, se recomienda considerar desmentido el objeto cartografiado.

Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica que está adquiriendo los datos valorar si el objeto cartografiado ha quedado suficientemente desmentido antes de eliminarlo de la carta.

3.8 Naturaleza del Fondo

Se debería determinar la naturaleza del fondo en fondeaderos potenciales, otras áreas críticas, y áreas en las que se sospeche que las condiciones del fondo tienen influencia significativa en la necesaria [detección de elementos](#). Los Métodos de Caracterización del Fondo incluyen: muestras físicas (PHY) con análisis visual (VIS) y / o de laboratorio (LAB), técnica de inferencia (INF) a partir de otros sensores (ej. retrodispersión o reflectividad), o técnica de inferencia con muestreo verdadero del fondo físico (INF w/ GT) y análisis visual (VIS) y / o de laboratorio (LAB).

La Frecuencia de Muestreo del Fondo puede tener un espaciamiento suficiente para el producto que se pretende (por ejemplo, una carta), la geología del fondo marino, y la necesidad de datos reales sobre el terreno para cualquier técnica de inferencia. El muestreo del fondo sobre la que basar una técnica de inferencia en datos reales sobre el terreno no requiere distancias regulares o un patrón regular de muestreo. Se puede usar un valor promedio o un valor máximo para la distancia entre muestras. Si se ha realizado un muestreo del fondo en áreas específicas, como fondeaderos u otras áreas de interés en el área del levantamiento, se deberían registrar los límites del área de muestreo.

Actualmente no hay normas de la OHI sobre seguridad de la navegación para los métodos de caracterización o para las frecuencias de muestreo del fondo. Sin embargo, se puede usar la [Matriz](#) para valorar y clasificar el trabajo realizado. Qué parámetros serán apropiados dependerá en gran medida de la naturaleza y configuración del fondo, además del uso previsto para el área. El hidrógrafo debería usar su criterio para determinar los métodos de caracterización o para las frecuencias de muestreo del fondo adecuados para el área.

CAPÍTULO 4 NIVELES Y FLUJO DEL AGUA

4.1 Introducción

Este capítulo considera los niveles del agua en el contexto de dar soporte a la solución vertical de las medidas de profundidad, en vez de que las mediciones del nivel del agua sean un conjunto de datos aislado para definir armónicos de marea etc., algo que cubren otros documentos de la OHI. Las mareas y otros cambios en el nivel del agua que influyen en la [TVU](#) de los datos de profundidad se deben tener en cuenta en todos los levantamientos hidrográficos con independencia de la tecnología usada para realizar el levantamiento. A menudo se necesitarán observaciones del flujo para la seguridad de la navegación, y cuando lo especifique el requisito del levantamiento, esas observaciones deben cumplir con los parámetros presentados en esta norma.

Sobre los requisitos para determinar con claridad las conexiones o relaciones entre el cero hidrográfico y el datum vertical del catastro, ver la [sección 2.5](#).

4.2 Predicciones del Nivel del Agua (Mareas)

Puede ser necesario hacer observaciones del nivel del agua para facilitar la generación y mantenimiento de los modelos de predicción de mareas y la producción de Tablas de Mareas. Las observaciones del nivel del agua deberían cubrir un período tan largo como sea posible y preferiblemente no menos de 30 días.

4.3 Reducciones de las Observaciones del Nivel del Agua

Siempre que se usen niveles del agua o de mareas levantados / previstos para reducir las sondas a un datum, los cálculos de la [TVU](#) tendrán en cuenta la [incertidumbre](#) de esos valores. Se prefieren valores observados a valores previstos.

4.4 Observaciones del Flujo del Agua (Corrientes de Marea y Corrientes)

Se debería observar la velocidad y dirección de los flujos de agua (corrientes de marea y corrientes) que puedan superar los 5 nudos en zonas claves, si no están ya definidos. Por ejemplo, en las entradas a puertos y canales, en cualquier cambio de dirección de un canal, en fondeaderos, y junto a las áreas de atraque. También se recomienda medir las corrientes y corrientes de marea cuando tengan la fuerza suficiente para afectar a la navegación de superficie.

Se debería medir el flujo de agua (corriente de marea y corriente) en cada posición a profundidad suficiente para cumplir con los requisitos normales de la navegación de superficie en el área del levantamiento. En el caso de las corrientes de marea, se deberían realizar observaciones simultáneas de la altura de marea y de las condiciones meteorológicas. Se recomienda que el período de observación sea de al menos 30 días.

Se debe medir la velocidad y dirección del flujo de agua (corriente de marea y corriente) con un [nivel de confianza](#) del 95%, según se define en la [Tabla 2](#). Cuando haya motivos para creer que otros factores (ej. vertido estacional de los ríos) influye en el flujo del agua, se deberían realizar mediciones que cubran todo el período de variabilidad.

CAPÍTULO 5 LEVANTAMIENTOS POR ENCIMA DEL DATUM VERTICAL

5.1 Introducción

Los levantamientos por encima del datum vertical son necesarios para la seguridad y eficiencia de la navegación y el atraque. Las secciones siguientes presentan las mediciones topográficas y geodésicas de importancia específica para la navegación. Las incertidumbres permitidas correspondientes ([THU](#) y [TVU](#) según se aplique) se definen en la [Tabla 2](#).

Cuando sea posible, se debería obtener información adicional como dibujos o fotografías de estos [elementos](#) como apoyo a la medición.

Para los requisitos de Conexión entre el Cero Hidrográfico y el Datum Vertical del Catastro véase la [sección 2.5](#).

5.2 Ayudas Fijas y Elementos Topográficos Relevantes para la Navegación

Las ayudas fijas a la navegación incluyen, pero no se limitan a: balizas, señales de día, marcas de distancia y faros.

Los [elementos](#) topográficos relevantes para la navegación son [elementos](#) conspicuos, hitos, y objetos que ayudan al amarre, atraque y maniobra en espacios confinados y / o proporcionar alguna ayuda a la navegación.

Los [elementos](#) conspicuos que proporcionan alguna ayuda a la navegación sin ser específicamente ayudas a la navegación pueden incluir pero no se limitan a: elementos naturales conspicuos, elementos culturales, e hitos como: chimeneas, antorchas, cumbres de colinas o montañas, mástiles, monumentos, torres, refinerías, edificios religiosos, silos, edificios aislados, tanques, grupos de tanques, torres o molinos de viento. Los [elementos](#) de este tipo pueden ser relevantes a la navegación y menos relevantes para la navegación ([sección 5.5](#)) dependiendo de las características individuales y del entorno del elemento.

Los [elementos](#) esenciales de puertos, amarres y atraques incluyen pero no se limitan a: espigones, diques, muelles (embarcaderos), malecones (pantalanes), duques de alba, pilotes, noráis, varaderos, dársenas, esclusas y rompeolas.

Las [THU](#) y [TVU](#) permitidas para el posicionamiento de estas ayudas fijas y [elementos](#) significativos para la navegación se presentan en la [Tabla 2](#).

Se pueden considerar los [elementos](#) que velan (incluyendo rocas) que se posicionan por medios topográficos son [elementos](#) topográficos relevantes para la navegación. Con independencia de la metodología de posicionamiento, las incertidumbres máximas permitidas para los [elementos](#) que velan no superarán las especificadas en esta norma para los [elementos](#) adyacentes sumergidos permanentemente (a menos que la autoridad rectora especifique deliberadamente un orden de levantamiento diferente).

5.3 Objetos y Ayudas a la Navegación Flotantes

Los objetos y ayudas a la navegación flotantes incluyen pero no se limitan a: boyas, balizas articuladas, piscifactorías y muelles flotantes.

La [incertidumbre](#) para la posición obtenida de objetos flotantes debería ser significativamente inferior al balanceo (el movimiento permitido del objeto). Se debe tener en cuenta el balanceo producido por las corrientes, vientos y nivel del agua para calcular la posición media de estos objetos.

La [THU](#) permitida para el posicionamiento de estos objetos se presenta en la [Tabla 2](#). A estas mediciones no se aplica la [TVU](#) permitida.

5.4 Línea de costa

La Publicación S-32 de la OHI, *Diccionario Hidrográfico de la OHI*, define en general la línea de costa o litoral como la línea en la que se encuentran la costa y el mar. La S-4 de la OHI, *Reglamento de la OHI para Cartas Internacionales (INT) y Especificaciones Cartográficas de la OHI*, la describe más específicamente como la línea de pleamar, o la línea del nivel medio del agua cuando no haya marea o cambio apreciable en el nivel del agua. También se puede definir la línea de costa como la línea de bajamar. La [THU](#) permitida para el posicionamiento de estos objetos se presenta en la [Tabla 2](#). A estas mediciones no se aplica la [TVU](#) permitida en esta norma.

5.5 Elementos Menos Relevantes para la Navegación

Los [elementos](#) menos relevantes para la navegación son [elementos](#) no conspicuos que aportan contexto e información adicional, pero que no es probable que ayuden a la navegación. Como establece la [sección 5.2](#), [elementos](#) topográficos del mismo tipo pueden ser conspicuos / relevantes para la navegación, y menos conspicuos / menos relevantes para la navegación dependiendo de las características individuales y del entorno del elemento. Los [elementos](#) topográficos menos significativos para la navegación pueden incluir, pero no se limitan a hitos no conspicuos como: chimeneas, antorchas, cumbres de colinas o montañas, mástiles, monumentos, torres, refinerías, edificios religiosos, silos, edificios aislados, tanques, grupos de tanques, torres o molinos de viento.

Las [THU](#) y [TVU](#) permitidas para el posicionamiento de estos objetos se presentan en la [Tabla 2](#).

5.6 Alturas de Espacios Libres, Líneas de Alcance y Luces de Sector

Las obstrucciones aéreas como puentes y cables pueden suponer un peligro para la navegación. Las alturas de las líneas de alcance y luces de sector pueden ser de utilidad para determinar la distancia desde la costa. Range line and sector light heights may be of use for determining distance from shore. Las [THU](#) y [TVU](#) permitidas para el posicionamiento de los espacios libres superiores (incluyendo espacios horizontales asociados) y de las alturas de las líneas de alcance y luces de sector se presentan en la [Tabla 2](#).

5.7 Mediciones Angulares

Las mediciones angulares incluyen pero no se limitan a: límites de los sectores y arcos de visibilidad de las luces, alineamiento de las luces direccionales y de resguardo, instrucciones para evitar peligros cercanos, y demora de las derrotas recomendadas. La [THU](#) permitida para la medición de estos ángulos se presenta en la [Tabla 2](#). A estas mediciones no se aplica la [TVU](#) permitida.

CAPÍTULO 6 METADATOS

6.1 Introducción

Los [metadatos](#) son fundamentales para asegurar que los datos del levantamiento se comprenden correctamente y se utilizan como es necesario para la producción cartográfica u otros fines. Esta Norma identifica los [metadatos](#) mínimos que se suministrarán con los levantamientos hidrográficos realizados para la seguridad de la navegación. Cuando se disponga de [metadatos](#) adicionales, se deberían incluir para aumentar el valor de los datos del levantamiento para otros usos. Ejemplos de [metadatos](#) incluyen calidad global, título del conjunto de datos, [incertidumbre](#) posicional y propiedad.

6.2 Contenido de Metadatos

Los [metadatos](#) se pueden suministrar en cualquier formato, como el Informe del Levantamiento, o dentro de un fichero específico de [metadatos](#). El formato seleccionado debería permitir descubrimiento, claridad de explicación, y compatibilidad de software. Cada servicio o autoridad hidrográfica puede adoptar requisitos de [metadatos](#) adicionales a los que se especifican aquí, y debería desarrollar y documentar una lista de [metadatos](#) adicionales usados para sus datos de levantamiento. La tabla siguiente se debería considerar como un diagrama y no un modelo de datos definitivo.

Los [metadatos](#) deberían ser exhaustivos, pero deberían incluir como mínimo la información siguiente:

Categoría o Grupo	Descripción
Tipo de Levantamiento	por ej. seguridad de la navegación, tránsito, reconocimiento/boceto, examen
Técnica de medición vertical / profundidad	ej. ecosonda, sondar de barrido lateral, multihaz, pez, escandallo, draga de arrastre, fotogrametría, batimetría satélite, lidar
Orden del levantamiento	Según la S-44
Datum horizontal y vertical y modelos de separación usados	Incluye enlaces a un marco de referencia geodésico basado en ITRS (ej. WGS84) e información de fecha, si se usa un datum o aplicación local
Incertidumbres alcanzadas (al nivel de confianza del 95%)	Para el componente horizontal y vertical: THU y TVU
Capacidad de detección de elementos	En metros
Búsqueda de elementos	% del área del levantamiento barrido
Cobertura batimétrica	% del área del levantamiento cubierto
Abanico de fechas del levantamiento	Fechas de inicio y fin del levantamiento
Levantamiento realizado por	Hidrógrafo, empresa hidrográfica, autoridad hidrográfica

Propiedad de los datos	ej. el patrocinador, el Estado
Atributos de la cuadrícula	Cuando se entrega una cuadrícula (es decir, resolución, método, densidad de datos subyacentes, incertidumbre)
Categoría o Grupo	Descripción
Densidad de datos	Descripción del promedio o abanico de densidad de los datos fuente (ej. Número de puntos aceptados por unidad de superficie)
Restricción de uso	ej. ninguna, clasificado, no para navegación o restringido

Los [metadatos](#) deberían ser parte integral del registro digital del levantamiento, y cumplir con la “Norma de [Metadatos](#) de Descubrimiento S-100 de la OHI”, cuando se apruebe. Hasta la aprobación de la S-100, se puede usar la ISO 19115 como modelo para [metadatos](#). Si esto no es viable, se debería incluir información similar en la documentación del levantamiento.

CAPÍTULO 7 TABLAS Y MATRIZ DE ESPECIFICACIÓN

7.1 Introducción

Igual que en las ediciones anteriores, esta edición de S-44 presenta en formato de tabla los elementos clave de las especificaciones de levantamientos para navegación. Esta edición incluye dos Tablas (1 y 2) y proporciona una nueva [Matriz](#) de especificación para mayor flexibilidad para otros tipos de levantamientos hidrográficos realizados para otros fines ajenos a la seguridad de la navegación. La nueva [Matriz](#) permite la personalización y mejora de las normas para seguridad de la navegación.

7.2 Normas para la Seguridad de la Navegación

La [Tabla 1](#) define las normas mínimas para la batimetría. La [Tabla 2](#) define otras normas mínimas para mediciones de posicionamiento y flujo del agua. Esas dos tablas se deben leer conjuntamente con el texto detallado en este documento.

Como se indicó más arriba, todas las normas definidas en la [Tabla 1](#) y [Tabla 2](#) se incluyen en la [Matriz](#) de especificación dentro de abanicos de valores de especificación que están disponibles para mejorar y personalizar los levantamientos para seguridad de la navegación. Aunque la [Matriz](#) está disponible para este fin, su uso no reducirá las normas mínimas definidas para los órdenes de levantamientos para seguridad de la navegación. Véase Anexo A con instrucciones sobre cómo usar la [Matriz](#) de Especificación.

7.2.1 Normas para Batimetría

La [Tabla 1](#) define las normas mínimas para la batimetría para los levantamientos para la seguridad de la navegación. Las normas están diseñadas para ser específicas para su propósito pero independientes de la tecnología. El orden alcanzado por los datos batimétricos ([Tabla 1](#)) se puede evaluar independiente del orden alcanzado por otros datos de posicionamiento ([Tabla 2](#)), para no degradar innecesariamente la representación de la calidad de la batimetría en cartas y productos náuticos. La [Tabla 1](#) se incluye más adelante.

7.2.2 Otras Normas de Posicionamiento, Corrientes de marea y Corrientes

La [Tabla 2](#) define las normas mínimas para posicionamiento topográfico, estructural y de ayudas a la navegación para levantamientos para la seguridad de la navegación por encima del datum vertical. También incluye normas mínimas para mediciones angulares en relación con líneas de alcance, luces de sector y ayudas a la navegación similares que se usan para establecer el rumbo o la demora. Por último, se establecen requisitos para mediciones de dirección y velocidad de corrientes de marea y corrientes. Estas normas sólo se aplican cuando esas mediciones sean necesarias para el levantamiento. La [Tabla 2](#) se incluye más adelante.

7.3 TABLA 1 – Normas Mínimas para Batimetría para Levantamientos Hidrográficos para la Seguridad de la Navegación

Leer conjuntamente con el texto completo de este documento, m = metros, todas las [incertidumbres](#) al nivel de confianza del 95%, * = Referencia de la Matriz.

Referencia	Criterio	Orden 2	Orden 1b	Orden 1a	Orden Especial	Orden Exclusivo
Capítulo 1	Descripción del área (General)	Áreas en las que se considera adecuado una descripción general del fondo marino.	Áreas donde se considera que la sonda bajo quilla no es un problema para el tipo de barco de superficie que se espera en esa área.	Áreas donde se considera que la sonda bajo quilla no es crítica pero pueden existir elementos preocupantes para los barcos de superficie.	Áreas donde la sonda bajo quilla es crítica	Áreas donde hay estrictos criterios de maniobrabilidad y mínima sonda bajo la quilla
Sección 2.6	Profundidad THU [m] + [% de Profundidad]	20 m + 10% de profundidad *Ba5, Bb2	5 m + 5% de profundidad *Ba8, Bb3	5 m + 5% de profundidad *Ba8, Bb3	2 m *Ba9	1 m *Ba10
Sección 2.6 Sección 3.2 Sección 3.2.3	Profundidad TVU (a) [m] and (b)	a = 1.0 m b = 0.023 *Bc7, Bd4	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.25 m b = 0.0075 *Bc10, Bd8	a = 0.15 m b = 0.0075 *Bc12, Bd8
Sección 3.3	Detección de Elementos [m] o [% de Profundidad]	No Especificado	No Especificado	Elementos cúbicos > 2 m, en profundidades hasta 40 m; 10% de profundidad a más de 40 m *Be5, Bf3 a más de 40m	Elementos cúbicos > 1 m *Be6	Elementos cúbicos > 0.5 m *Be9
Sección 3.4	Búsqueda de Elementos [%]	Recomendado pero no Obligatorio	Recomendado pero no Obligatorio	100% *Bg9	100% *Bg9	200% *Bg12

<p>22 Sección 3.5</p>	<p>Cobertura Batimétrica [%]</p>	<p>Normas de la OHI para Levantamientos 5% <i>*Bh3</i></p>	<p>5% <i>*Bh3</i></p>	<p>≤ 100% <i>*≤ Bh9</i></p>	<p>100% <i>*Bh9</i></p>	<p>200% <i>*Bh12</i></p>
---	---	--	---------------------------	---------------------------------	-----------------------------	------------------------------

Página en blanco
deliberadamente

7.4 TABLA 2 – Otras Normas Mínimas para Levantamientos para la Seguridad de la Navegación

Leer conjuntamente con el texto completo de este documento. Las Normas para los tipos de datos de la [Tabla 2](#) sólo se aplican cuando el levantamiento requiere esas mediciones.

m = metros, todas las [incertidumbres](#) al nivel de confianza del 95%, * = Referencia de la Matriz.

Referencia	Criterio	Tipo de Incertidumbre	Orden 2	Orden 1b	Orden 1a	Orden Especial	Orden Exclusivo
Sección 5.2	Objetos y Ayudas Fijos, Elementos por Encima de la Referencia Vertical Relevantes para la Navegación	THU [m]	5 m *Pa4	2 m *Pa6	2 m *Pa6	2 m *Pa6	1 m *Pa7
		TVU [m]	2 m *Pb2	2 m *Pb2	1 m *Pb3	0.5 m *Pb4	0.25 m *Pb5
Sección 5.3	Objetos y Ayudas a la Navegación Flotantes	THU [m]	20 m *Pc2	10 m *Pc3	10 m *Pc3	10 m *Pc3	5 m *Pc4
Sección 5.4	Línea de Costa (pleamar, bajamar, nivel medio del agua, etc)	THU [m]	10 m *Pd2	10 m *Pd2	10 m *Pd2	10 m *Pd2	5 m *Pd3
Sección 5.5	Elementos por Encima de la Referencia Vertical Menos Relevantes para la Navegación	THU [m]	20 m *Pe2	20 m *Pe2	20 m *Pe2	10 m *Pe3	5 m *Pe4
		TVU [m]	3 m *Pf1	2 m *Pf2	1 m *Pf3	0.5 m *Pf4	0.3 m *Pf5
Sección 5.6	Espacio Superior y Alturas de la Línea de Alcances y Luces de Sector	THU [m]	10 m *Pg1	10 m *Pg1	5 m *Pg2	2 m *Pg3	1 m *Pg4
		TVU [m]	3 m *Ph1	2 m *Ph2	1 m *Ph3	0.5 m *Ph4	0.3 m *Ph5
Sección 5.7	Mediciones Angulares	[grados]	0.5 grados				*Pi4
Sección 4.4	Dirección del Flujo de Agua	[grados]	10 grados				*Wa1
Sección 4.4	Velocidad del Flujo de Agua	[nudos]	0.1 nudos				*Wb5

7.5 Descripción de la Matriz

La [Matriz](#) de Especificación proporciona un abanico de criterios que se pueden seleccionar para los parámetros batimétricos y otros tipos de datos adquiridos, reportados y distribuidos como parte de un levantamiento hidrográfico. Se introduce para permitir la flexibilidad y personalización de las tareas y evaluaciones de los levantamientos hidrográficos, acomodar tecnologías nuevas y en desarrollo, e incluir levantamientos hidrográficos realizados para fines distintos al de la seguridad de la navegación. Está diseñada para poder expandirse y evolucionar en futuras ediciones de la S-44. La Matriz se puede usar como herramienta para especificar un levantamiento, y también como herramienta para clasificar los datos después de completar el levantamiento.

Es importante destacar que por sí sola la [Matriz](#) no define ninguna norma para levantamientos hidrográficos. Las normas para levantamientos para seguridad de la navegación (definidas en la [Tabla 1](#) y [Tabla 2](#)) están referenciadas a los criterios de la [Matriz](#) y se puede usar la [Matriz](#) para personalizar y mejorar estas normas mínimas. Las normas para levantamientos realizados para otros fines distintos de la seguridad de la navegación (por ejemplo, geofísicos, petróleo y gas, dragados, y geotécnicos) no se definen actualmente en este documento. Sin embargo, el abanico de exactitudes presentado en la [Matriz](#) fue diseñado para incluir estos levantamientos y para proporcionar un marco común para las tareas y evaluaciones de los levantamientos hidrográficos en general.

Además, con la aparición de nuevos productos náuticos con sus modelos de datos / especificaciones asociados (por ejemplo, Cartas Náuticas Electrónicas (ENC) y la Especificación de Producto ENC S-101), habrá tipos adicionales de información disponibles para el navegante. Se puede usar la [Matriz](#) para ayudar a definir y categorizar la creciente variedad de datos que se usarán en estos productos en desarrollo.

Véase [Anexo A](#) Anexo A con instrucciones e información adicional sobre cómo usar la [Matriz](#) de Especificación.

7.6 MATRIZ

Matriz para Levantamientos hidrográficos. Leer conjuntamente con el texto completo de este documento, m = metros, todas las incertidumbres al nivel de confianza del 95%.

	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	BATIMETRÍA														
a	Profundidad THU [m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	Profundidad THU [% de profundidad]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	Profundidad TVU "a" [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	Profundidad TVU "b" Note 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	Detección de Elementos [m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	Detección de Elementos [% de Profundidad]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	Búsqueda de Elementos [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	Cobertura Batimétrica [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	Crterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE														
a	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	Ayudas y Objetos Flotantes THU [m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	Lnea de Costa THU (pleamar, bajamar, nivel medio del agua, etc.) [m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	Elementos Menos Relevantes para la Navegación THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	Elementos Menos Relevantes para la Navegación TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	Espacio Superior y Altura de Lnea de Alcances y Luces de Sector THU [m]	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	Espacio Superior y Altura de Lnea de Alcances y Luces de Sector TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	Mediciones Angulares [grados]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	Criterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	FLUJO DEL AGUA														
a	Dirección del Flujo [grados]	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	Velocidad del Flujo [nudos]	2	1	0.5	0.25	0.10									

	Criterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	NATURALEZA DEL FONDO														
a	Método de Caracterización del Fondo Nota 2	PHY - VIS	PHY - LAB	PHY - VIS & LAB	INF	INF w/ GT (VIS)	INF w/ GT (LAB)	INF w/ GT (VIS & LAB)							
b	Frecuencia de Muestreo del Fondo aproximada [m] Nota 2	As Req to GT	10,000	5,000	2,500	1,852	1,000	500	250	100	75	50	25	10	5

Nota 1: Para usar el parámetro “b” como porcentaje de la profundidad, multiplicarlo por 100.

Nota 2: PHY = Muestreo Físico. VIS = Análisis Visual. LAB = Análisis de Laboratorio. INF = Técnica de Inferencia. w/ = Con. GT = Fondo Real. As Req to GT = Según sea Necesario para vincular cualquier Técnica de Inferencia al Fondo Real (véase [sección 3.8](#)).

Página en blanco
deliberadamente

ANEXO A INSTRUCCIONES SOBRE LA MATRIZ

A.1 Introducción

La [Matriz](#) se presenta en la [sección 7.6](#), y proporciona un abanico de criterios que se pueden seleccionar para los parámetros / tipos de datos de levantamientos hidrográficos. Se organiza en las siguientes clases de datos: Batimetría, Otro Posicionamiento, Flujo del Agua, y Naturaleza del Fondo.

Mediante una serie de códigos alfanuméricos, los criterios se referencian a celdas de la [Matriz](#). Un criterio necesita tres caracteres para hacer referencia a la dirección de una celda:

1. El primer carácter es una letra mayúscula que indica la clase de dato.
2. El segundo carácter es una letra minúscula que indica la fila del criterio referido.
3. El tercer carácter es un número que indica la columna del criterio referido.

La cadena de texto sólo debería incluir los parámetros y tipos de datos necesarios tanto para la especificación como para la clasificación de levantamientos. Cuando se omite la referencia de una celda eso indica que el criterio asociado no es necesario y que se debería introducir un "0" en las fórmulas que lo necesiten.

Tabla A1 - Clases y Descripción de la Matriz

	Clase	Descripción
B	Batimetría	Profundidad y elementos
P	Otro Posicionamiento	Localización de elementos sobre la referencia vertical
W	Flujo del Agua	Dirección y velocidad de las corrientes
N	Naturaleza del Fondo	Caracterización del Fondo

Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P	OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE								
a Fixed Aids, Features Significant to Navigation THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2
b Fixed Aids, Features Significant to Navigation TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01	
c Floating Aids and Objects THU [m]	50	20	10	5	2	1	0.5		

Figura A1 – Ejemplo: (Pb4) derivación de Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación TVU = 0.5 m

A.2 Ejemplos de Aplicaciones de la Matriz:

A.2.1 Representaciones de la Matriz

Las aplicaciones de la [Matriz](#) se pueden comunicar mediante diferentes representaciones incluyendo: diagramas, tablas, cadenas de texto y matrices sombreadas.

A.2.2 Ejemplos de Tabla

La tabla siguiente presenta dos ejemplos de “Aplicaciones de la Matriz”: Levantamientos de Orden 1a, y una Especificación Personalizada. Esta tabla incluye los valores asociados con una celda de [Matriz](#). Aunque puede ser útil proporcionar esos valores en la especificación técnica del levantamiento, no es explícitamente necesario para comunicar el requisito. Las celdas con colores resaltan las diferencias entre el Orden 1a y la especificación personalizada, que es más exigente.

B	BATIMETRÍA	Orden 1a Valor	Matriz Ref. Celda	Personalizado	Matriz Ref. Celda
a	Profundidad THU [m]	5	Ba8	5	Ba8
b	Profundidad THU [% de profundidad]	5	Bb3	5	Bb3
c	Profundidad TVU "a" [m]	0.5	Bc8	---	---
d	Profundidad TVU "b"	0.013	Bd6	0.010	Bd7
e	Detección de Elementos [m]	2 (≤40 m)	Be5 (≤40 m)	1 (≤40 m)	Be6
f	Detección de Elementos [% de Profundidad]	10 (>40 m)	Bf3 (>40 m)	10	Bf3
g	Búsqueda de Elementos [%]	100	Bg9	100	Bg9
h	Cobertura Batimétrica [%]	≤ 100	≤ Bh9	100	Bh9
P	OTRO POSICIONAMIENTO				
a	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación THU [m]	2	Pa6	2	Pa6
b	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación TVU [m]	1	Pb3	1	Pb3
c	Ayudas y Objetos Flotantes THU [m]	10	Pc3	10	Pc3
d	Línea de Costa THU (pleamar, bajamar, nivel medio del agua, etc.) [m]	10	Pd2	10	Pd2
e	Elementos Topográficos Menos Relevantes para la Navegación THU [m]	20	Pe2	5	Pe4
f	Elementos Topográficos Menos Relevantes para la Navegación TVU [m]	1	Pf3	1	Pf3
g	Espacio Superior y Altura de Línea de Alcances y Luces	5	Pg2	5	Pg2

	de Sector THU [m]				
h	Espacio Superior y Altura de Línea de Alcances y Luces de Sector TUV [m]	1	Ph3	1	Ph3
i	Mediciones Angulares [grados]	0.5	Pi4	0.5	Pi4
W	FLUJO DEL AGUA				
a	Dirección del Flujo [grados]	10	Wa1	5	Wa3
b	Velocidad del Flujo [nudos]	0.1	Wb5	0.1	Wb5
N	NATURALEZA DEL FONDO				
a	Método de Caracterización del Fondo	---	---	INF w/ GT (VIS & LAB)	Na7
b	Frecuencia de Muestreo del Fondo	---	---	As Req to GT	Nb1

A.2.3 Ejemplos de Cadena de Texto

Las siguientes cadenas de texto presentan ejemplos de “Aplicaciones de Matriz”: Levantamientos de Orden 1a, y un ejemplo de conjunto de datos colaborativo (“Crowd Sourced”).

Ejemplo de cadena de texto de Matriz de Orden 1a:

<p>Clasificados según la Matriz de S-44 como:</p> <p><i>Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (>40m), Bg9, ≤Bh9, Pa6, Pb3, Pc3, Pd2, Pe1, Pf3, Pg2, Ph3, Pi4, Wa1, Wb5.</i></p> <p>Se puede dividir en partes individuales ya que no es necesario levantar todos los parámetros todas las veces, dependiendo del área y de los requisitos de la especificación del levantamiento. Clasificados según la Matriz de S-44 Matrix como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batimetría: <i>Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (>40m), Bg9, ≤ Bh9</i> - Objetos y Ayudas Fijos, Elementos por Encima de la Referencia Vertical Relevantes para la Navegación: <i>Pa6, Pb3</i> - Ayudas y Objetos Flotantes: <i>Pc3</i> - Línea de Costa: <i>Pd2</i> - Elementos por Encima de la Referencia Vertical Menos Relevantes para la Navegación: <i>Pe2, Pf3</i> - Espacio Superior y Altura de Línea de Alcances y Luces de Sector: <i>Pg2, Ph3</i> - Mediciones Angulares: <i>Pi4</i> - Flujo del Agua: <i>Wa1, Wb5</i>

Ejemplo de Conjunto de Datos Colaborativo (“Crowd Sourced”):

Un conjunto de datos batimétrico colaborativo (“Crowd Sourced”) adquirido en aguas profundas, con una ecosonda monohaz sin corrección de la velocidad del sonido, se podría clasificar según su uso de [TVU](#) y [THU](#) (la cobertura no sirve ya que no es un levantamiento sistemático):

Clasificados según la Matriz de S-44 como: <i>Ba3, Bc5, Bd3</i>

Referencia:

El uso de cadenas de texto para clasificar conjuntos de datos se debería articular mediante una referencia clara al [Orden de Levantamientos](#) y / o [Matriz](#) de la [S-44](#) destacando cualquier diferencia con el Orden de Levantamientos.

Posibles ejemplos: “*Clasificados según la Matriz de S-44 como: (Ba8, Bb3...)*” o “*Clasificados según el Orden de Levantamientos y la Matriz de S-44 como: Orden Especial, **Ba12***” (where Ba12 shows a further augmentation of Special Order in this case).

Nota: el uso de cadenas de texto solas conlleva una mayor probabilidad de errores de traducción.

A.2.4 Ejemplo de Matriz

Ejemplo: Orden 1b usando la MATRIZ DE ESPECIFICACIÓN

m = metros, todas las [incertidumbres](#) al nivel de confianza del 95%, celdas de Orden 1b

	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	BATIMETRÍA														
a	Profundidad THU [m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	Profundidad THU [% de profundidad]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	Profundidad TVU "a" [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	Profundidad TVU "b" Nota 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	Detección de Elementos [m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	Detección de Elementos [% de Profundidad]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	Búsqueda de Elementos [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	Cobertura Batimétrica [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	OTRO POSICIONAMIENTO POR ENCIMA DE LA REFERENCIA VERTICAL														
a	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	Ayudas Fijas, Elementos Relevantes para la Navegación TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	Ayudas y Objetos Flotantes THU [m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	Línea de Costa THU (pleamar, bajamar, nivel medio del agua, etc.) [m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	Elementos Menos Relevantes para la Navegación THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	Elementos Menos Relevantes para la Navegación TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	Espacio Superior y Altura de Línea de Alcances y Luces de Sector THU [m]	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	Espacio Superior y Altura de Línea de Alcances y Luces de Sector TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	Mediciones Angulares [grados]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	Criterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	FLUJO DEL AGUA														
a	Dirección del Flujo [grados] Sección 4.4	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	Velocidad del Flujo [nudos] Sección 4.4	2	1	0.5	0.25	0.10									

	Criterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	NATURALEZA DEL FONDO														
a	Método de Caracterización del Fondo Sección 3.8 Nota 2	PHY - VIS	PHY - LAB	PHY - VIS & LAB	INF	INF w/ GT (VIS)	INF w/ GT (LAB)	INF w/ GT (VIS & LAB)							
b	Frecuencia de Muestreo del Fondo aproximado [m] Sección 3.8 Nota 2	As Req to GT	10,000	5,000	2,500	1,852	1,000	500	250	100	75	50	25	10	5

Nota 1: Para usar el parámetro como porcentaje de la profundidad, multiplicarlo por 100.

Nota 2: PHY = Muestreo Físico. VIS = Análisis Visual. LAB = Análisis de Laboratorio. INF = Técnica de Inferencia. w/ = Con. GT = Fondo Real. As Req to GT = Según sea Necesario para vincular cualquier Técnica de Inferencia al Fondo Real.

Página en blanco
deliberadamente

ANEXO B INSTRUCCIONES SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD

Nota: Este anexo **no** forma parte integral de las Normas de la S-44 y se eliminará cuando esta información se incorpore por completo en la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía*.

Control de calidad: Procedimiento de evaluación de la calidad para mantener el nivel de los productos comparando el resultado con la especificación.

B.1 Control de Calidad

El control de calidad requiere más que demostrar que los resultados finales de un levantamiento no superan los límites descritos en la S-44. Para alcanzar la calidad requerida hay tres aspectos importantes que afectan a la calidad: Material, Procedimientos y Personal. Todos estos aspectos son esenciales para el control de calidad de productos hidrográficos. El control de calidad no es un tema exclusivo de números y cálculos; es una revisión completa de todos los factores que afectan al levantamiento.

B.2 Equipamiento

El equipamiento utilizado debe ser capaz de producir datos que cumplen con las normas necesarias. En primer lugar, se deben incluir las incertidumbres totales propagadas de todo el equipamiento, y las correcciones empleadas para derivar el valor reportado del levantamiento. Se debe considerar la influencia temporal y espacial del medio en el que se realizan las mediciones, dentro de este cálculo de la [incertidumbre total propagada](#). Mediante un cálculo *a priori* de la [incertidumbre total propagada](#) en un entorno concreto, se puede determinar si la configuración de los instrumentos es suficiente para la calidad requerida. Si no se pueden calcular las incertidumbres antes del levantamiento, se debe aplicar un método alternativo para describir las incertidumbres alcanzadas, para verificar que se cumplirán las normas requeridas.

En segundo lugar, el equipamiento usado debería estar libre de [errores \(sistemáticos\)](#), lo que se debe determinar mediante calibración y cualificación.

El uso del equipamiento calibrado que puede alcanzar la calidad de datos necesaria es el primer paso del proceso de control de calidad. Es preferible comprobar el sistema entero en condiciones reales (in situ) antes del levantamiento, y cada vez que surja una duda durante el levantamiento.

B.3 Procedimientos

El uso de procedimientos normalizados para la captura y procesamiento de datos hidrográficos puede reducir el riesgo de [errores](#). Al describir la totalidad de procedimientos, es posible incluir pruebas y tests de [errores](#) que pueden aparecer en las primeras fases del proceso. Esto es importante en el caso de [errores](#) que no se pueden detectar más adelante.

Estos procedimientos pueden incluir flujos de trabajo completos que se pueden usar para auditorías externas y productos de datos normalizados. Estos procedimientos deben admitir comprobaciones de calidad *a posteriori*.

B.4 Personal

Todas las tareas del levantamiento deben ser realizadas por personal cualificado. El personal debe estar adiestrado y capacitado. Es preferible que la cualificación sea oficial, como cursos acreditados con CAT A y B, pero puede bastar con experiencia de trabajo demostrada. También se deberían considerar sistemas de acreditación profesional personal.

ANEXO C INSTRUCCIONES PARA CONTROL DE CALIDAD A *PRIORI* Y A *POSTERIORI*

Nota: Este anexo **no** forma parte integral de las Normas de la S-44 y se eliminará cuando esta información se incorpore por completo en la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía*.

Los estándares de la S-44 hacen referencia a estándares de calidad para resultados *a priori* y *a posteriori*. Estas instrucciones proporcionan una descripción resumida sobre la manera de determinar las incertidumbres *a priori* y *a posteriori*. Cualquier técnica usada en levantamientos hidrográficos necesita determinar las incertidumbres. Los métodos para determinar la [incertidumbre](#) pueden variar mucho según la técnica del levantamiento.

C.1 Incertidumbre A *Priori*

La [incertidumbre](#) *a priori* es una cifra teórica basada en las mejores estimaciones de todos los factores que afectan a las mediciones. Cada instrumento que se use en la medición y las influencias ambientales añadirán incertidumbres al total. Calcular la [incertidumbre](#) horizontal y vertical antes del levantamiento servirá para que el hidrógrafo confirme que los estándares necesarios del levantamiento se podrán cumplir con el equipo seleccionado en el entorno del área de levantamiento. Si no se alcanzan los estándares del levantamiento, es posible que sea necesario usar otro equipo o técnicas de levantamiento para ese entorno concreto.

Durante el levantamiento se deberían ajustar o evaluar las estimaciones de las incertidumbres del equipo y el entorno. Este ajuste mejora la [incertidumbre](#) *a priori*.

C.2 Incertidumbre A *Posteriori*

Fundamentalmente, el hidrógrafo está más interesado en la [incertidumbre](#) *a posteriori*.

Fuera de un área de referencia, no es posible determinar la [incertidumbre](#) *a posteriori* a partir del conjunto de datos. El conjunto de datos es el resultado final y contiene todos los [errores](#) generados en el proceso total, pero no es posible calcular la [incertidumbre](#) *a posteriori* a partir del conjunto de datos. Hay muchas técnicas y procedimientos para comprobar el conjunto de datos hidrográficos y pueden proporcionar pruebas de que se puede confiar en el conjunto de datos, pero no hay ninguna herramienta que calcule la [incertidumbre](#) *a posteriori* de un área que no es bien conocida.

Una tarea preliminar es comprobar la capacidad del sistema total, para asegurar que puede cumplir las especificaciones mínimas horizontal y vertical y el requisito de [detección de elementos](#), según el orden especificado. Se deberían usar áreas de referencia bien conocidas para evitar cualquier desvío vertical en las mediciones. Periódicamente se debería realizar una calificación de estas áreas de referencia.

Durante el levantamiento se debería considerar si confirmar la validez del modelo vertical mediante una evaluación de la repetitividad espacial y temporal del sistema del levantamiento.

ANEXO D CONSIDERACIONES SOBRE MALLAS DE BATIMETRÍA

Nota: Este anexo **no** forma parte integral de las Normas de la S-44 y se eliminará cuando esta información se incorpore por completo en la Publicación C-13 de la OHI, *Manual de Hidrografía*.

REFERENCIAS: Para componer este Anexo se usó contenido de las referencias siguientes.

S-100 de la OHI, Modelo Universal de Datos Hidrográficos – Edición 3.0.0

S-102 de la OHI, Especificación de Producto para Superficies Batimétricas– Edición 1.0.0

B-11 de la OHI, Guía Práctica GEBCO OHI-COI– Septiembre de 2018

ISO 19107:2003 Información Geográfica – Esquema Espacial

ISO 19115:2003 Información Geográfica - Metadatos

ISO 19123:2005 Información Geográfica – Esquema para Geometría y Funciones de Cobertura

Grupo de Trabajo de Navegación Abierta en Superficie, Documento de Requisitos – Versión 1.0

Grupo de Trabajo de Navegación Abierta en Superficie, Documentación de Especificación de Formato – Descripción de Objeto de Malla con Atributo Batimétrico (BAG) - Versión 1.6.3

Grupo de Trabajo de Navegación Abierta en Superficie, Extensión de Malla de Resolución Variable para Ficheros BAG– Versión 1.2

Tecnologías y Aplicaciones del Modelo Digital de Elevación: Manual de Usuario de DEM – 3ª Edición

GEBCO – Preguntas Frecuentes:

https://www.gebco.net/about_us/faq/#creating_a_bathy_grid

D.1 Introducción

Conforme han aumentado las densidades de muestreo de datos por los sensores hidrográficos, los métodos para representar el fondo marino han cambiado de productos vectoriales como selección de sondas y veriles, a mallas de [modelos batimétricos](#). Actualmente el resultado de un levantamiento hidrográfico individual se suele almacenar como una malla digital o una serie de mallas a diferentes resoluciones. A menudo, estas mallas incluyen valores de nodos tanto para profundidad como para [incertidumbre](#), y pueden ir acompañados de información sobre contribución de la desviación estándar de la muestra, densidad de muestreo, ejemplos de valores de bajos cerca del nodo de la malla, e incluso información para realizar la conversión entre datum de mareas y elipsoide de referencia. Para muchos servicios hidrográficos, los flujos de producción actuales se centran en estas mallas de [modelos batimétricos](#) como fuente de datos, en vez de los ficheros de sondas a resolución completa. La explotación de los datos de la malla de batimetría puede reducir los tiempos de producción ya que proporcionan un nivel apropiado de información en un paquete digital de menos peso.

Las mallas de [modelos batimétricos](#) también se usan para aplicaciones a pequeña escala como por ejemplo caracterización regional del fondo. En muchos casos, estas mallas son una combinación de datos de muestreo observados, datos de malla de levantamiento, datos estimados y datos interpolados. Este Anexo no incluirá consideraciones sobre estos tipos de compilaciones de mallas, ya que el Comité Conjunto OHI-IOC para la Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO) ya mantiene información sustancial sobre este tema.

D.2 Definiciones

Representación del Área: Representación de los datos de la malla en la que se asume que toda la celda tiene el mismo valor, y sólo se producen cambios en los límites de las celdas. (Manual de Usuario DEM)

Modelo batimétrico: Representación digital de la topografía del fondo mediante coordenadas y profundidades.

Malla: Una red formada por dos o más conjuntos de curvas, en el que los miembros de cada conjunto están en intersección sistemática con los miembros de los demás conjuntos. (ISO 19123)

Celda de Malla: Un área definida dentro de los intersticios entre las líneas de malla. (ISO 19123)

Registro de Línea de Malla: Método de registro en el que los nodos de la malla están centrados en las intersecciones de las líneas de la malla. (GEBCO)

Nodo de Malla: Un punto de dato con una posición geográfica exacta, referenciada mediante definición y registro en la malla. El valor contenido en la malla describe información seleccionada en esta posición. (ONSWG)

Vacaciones: Un área que ha quedado sin levantar involuntariamente dentro de un levantamiento hidrográfico, en la que el espaciado entre líneas de sonda o levantamiento supera el límite máximo permitido (Diccionario de la OHI S-32).

Registro de Centro de Pixel: Método de registro en el que los nodos de la malla están centrados en las celdas de la malla. (GEBCO)

Representación de la Superficie: Representación de los datos de la malla en la que los nodos de la malla representan el valor de superficie en el centroide de cada celda. Se asume que el área entre los centros de las celdas tiene un valor intermedio entre el de las células adyacentes (Manual de Usuario DEM).

D.3 Consideraciones sobre las Mallas

D.3.1 Resolución de la Malla

Normalmente, las mallas de [modelos batimétricos](#) se generan usando una resolución fija para un abanico de profundidades predefinido. A menudo se alcanza un compromiso al seleccionar una resolución fija para un abanico de profundidades concreto, en el que al final no se puede seleccionar la resolución de la malla para la mayor y la menor profundidad a la vez.

Además de las resoluciones fijas para abanicos de profundidades, se han producido avances

recientes en el procesamiento de datos hidrográficos que permiten la generación de mallas de [modelos batimétricos](#) de resolución variable. Estos modelos se pueden generar usando una resolución fija para un abanico de profundidades predefinido (igual que las mallas individuales), o con métodos automatizados basados en la profundidad y la densidad de datos alcanzada.

Cuando los requisitos del levantamiento exigen la detección de [elementos](#) de dimensiones específicas, y la malla del [modelo batimétrico](#) resultante tiene que representar los resultados del levantamiento, la representación precisa de los [elementos](#) dentro de la malla requerirá un tamaño de celda de malla no superior al tamaño del [elemento](#) que el [modelo batimétrico](#) tiene que representar, aunque se recomienda usar un tamaño de celda del tamaño de la mitad del [elemento](#).

También se debería seleccionar la resolución de malla considerando la [incertidumbre](#) horizontal alcanzada en las muestras introducidas, y el método para el que se usa esta [incertidumbre](#) en el método o algoritmo de malla seleccionado.

La resolución de la malla se debería determinar basándose en el uso previsto de la malla, y por tanto un levantamiento puede necesitar mallas de diferentes resoluciones para satisfacer distintos propósitos.

D.3.2 Densidad de Muestras

Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica determinar un requisito de densidad de datos aceptable que permita una representación precisa de los [elementos](#) del fondo significativos, y una estimación fiable de la profundidad dentro de las cercanías de los nodos de la malla, sin dar oportunidades a que la resolución de la malla enmascare *vacaciones* de datos. Esta determinación requiere que los hidrógrafos verifiquen el funcionamiento del sensor de [detección de elementos](#) antes de su uso, incluyendo la selección y uso de parámetros de captura apropiados.

Si se van a emplear métodos estadísticos para las mallas, se deberían especificar densidades de datos aceptables con un umbral mínimo de muestras aceptadas por áreas (por ejemplo, mayor o igual a cinco (5) muestras por nodo). Los requisitos de densidad de datos también deberían describir el porcentaje de nodos de la malla que tienen que alcanzar esta densidad, por ejemplo no menos del 95% de todos los nodos de la malla estarán poblados con la densidad mínima requerida.

D.3.3 Cobertura de Malla

Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica definir un vacío o vacaciones de datos. La definición debería describir el área del fondo mediante el número de nodos continuos que no incluyen profundidades.

Cuando se generan mallas de [modelos batimétricos](#) usando una resolución fija para un abanico de profundidades predefinido, las mallas adyacentes deberían solaparse para asegurar que no se generan huecos en la cobertura entre mallas vecinas.

D.3.4 Anulación Manual de los Nodos de la Malla por el Hidrógrafo

Cuando se emplean métodos estadísticos para las mallas, es posible que el algoritmo de la malla omita la profundidad de un bajo significativo en un [elemento](#) relevante. Muchos

paquetes de procesamiento de datos hidrográficos incluyen herramientas para anular los valores del nodo y forzar manualmente a que el modelo reconozca la profundidad de un bajo. Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica definir el umbral de cuándo esta anulación es apropiada. Algunos umbrales se basarán en [incertidumbres](#), por ejemplo sólo anularán los valores de profundidades nodales estadísticamente significativos cuando la diferencia entre el valor del nodo y la muestra del bajo más cercano supere la [incertidumbre vertical total \(TVU\)](#) permitida para la profundidad nodal. Se pueden definir otros umbrales por la escala de producto a la que el conjunto de datos iba a dar soporte cuando fue recogido. La malla del [modelo batimétrico](#) debería incluir comentarios sobre la selección de [elementos](#) y los métodos de anulación de nodos, para permitir que los usuarios finales determinen si son apropiados para el uso que pretenden darle.

D.4 Métodos de Malla

Existen varios métodos posibles de malla para conjuntos de datos tanto densos como escasos. Es responsabilidad del servicio o autoridad hidrográfica determinar el método apropiado para el propósito previsto para el conjunto de datos de malla resultante. Esta determinación debería tener en cuenta la aplicación del método o algoritmo de malla en el paquete de software elegido. Esta determinación también debería tener en cuenta el método de representación de nodos de malla en el software elegido.

La lista siguiente incluye algunos de los métodos que se suelen usar para conjuntos de datos de mallas de batimetría:

- El método de **Profundidad Mínima** examina las estimaciones de profundidad en un área de influencia específica, y asigna el valor más somero a la posición nodal. La superficie resultante representa las profundidades más someras en un área dada. El uso de valores de profundidad mínima se suele usar para fines de seguridad de la navegación.
- El método de **Profundidad Máxima** examina las estimaciones de profundidad en un área de influencia específica, y asigna el valor más profundo a la posición nodal. La superficie resultante representa las profundidades más profundas en un área dada. El uso de una superficie de profundidades máximas se suele usar en el procesamiento para identificar valores extremos en el conjunto de datos.
- El método de **Media Básica** calcula una profundidad media para cada nodo de la malla, en la que todas las sondas de la celda tienen el mismo peso.
- El método de **Mediana Estadística** calcula una profundidad para el nodo ordenando secuencialmente las muestras que lo forman y seleccionando el valor de la mediana.
- El método de **Media Básica Ponderada** calcula una profundidad media para cada nodo de la malla (en el que se usa la inversa de la distancia desde la posición de la sonda hasta la posición del nodo como método de ponderación). Se ponderan y promedian las estimaciones de las profundidades que lo forman dentro de un área de influencia concreta para calcular el valor final del nodo.
- El método de **Media Ponderada de Incertidumbre Total Propagada (TPU)** usa la elevación y su [incertidumbre](#) total propagada asociada para cada estimación de profundidad que lo forma para calcular una profundidad media ponderada para cada

posición nodal.

- El algoritmo de **Estimación Combinada de Incertidumbre y Batimetría (CUBE)** usa la elevación y su [incertidumbre](#) total propagada asociada de cada sonda que lo forma para calcular una o varias hipótesis para un área de interés. Las hipótesis resultantes se usan para estimar profundidades estadísticamente representativas en cada posición nodal.
- El método de **Vecino Más Cercano** identifica el valor de profundidad de la sonda más cercana en distancia al punto nodal dentro de un área de interés. Este método no considera los valores de otros puntos vecinos.
- El método de interpolación de **Vecino Natural** identifica y pondera (como función de la inversa de la superficie del polígono menor – mosaico de Voronoi – alrededor del valor de la sonda) un subconjunto de muestras introducidas dentro del área de interés, para interpolar el valor final del nodo.
- El método de malla de **Tendencia Polinómica** intenta ajustar una tendencia polinómica, o superficie más ajustada, a un conjunto de puntos de datos introducido. Este método puede proyectar tendencias en áreas con pocos o ningún dato, pero no funciona bien cuando no hay una tendencia clara en el conjunto de datos.
- El método de malla de **Spline** estima las profundidades nodales usando una función matemática para minimizar la cobertura total de la superficie. La superficie final “alisada” pasa exactamente por las estimaciones de profundidad que la forman. Este algoritmo de Spline se considera un método de malla con datos escasos.
- El método de **Kriging** es un método de interpolación geoestadística que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de datos con una profundidad conocida.

D.5 Incertidumbre de Malla

La [incertidumbre](#) asociada a los valores de elevación incluidos en mallas de [modelo batimétricos](#) se pueden describir usando una variedad de métodos, que pueden incluir:

La Desviación Estándar Bruta es la desviación estándar de las muestras que contribuyen al nodo.

La Estimación de Desviación Estándar es la desviación estándar de las muestras capturadas por un algoritmo de hipótesis (por ejemplo, la [incertidumbre](#) que es resultado normal de CUBE).

La Incertidumbre de Producto es una combinación de la [incertidumbre](#) de la Estimación de Desviación Estándar con otras mediciones que pueden incluir la Desviación Estándar Bruta, y la media de [incertidumbre](#) vertical del subconjunto de muestras usado para generar la hipótesis que representa al nodo.

La Desviación Estándar Histórica es una desviación estándar calculada a partir de datos históricos / de archivo.

Se pueden especificar otros tipos de [incertidumbre](#). Se deberían documentar los métodos

para estimar la [incertidumbre](#) en los [metadatos](#) que acompañan a la malla.

Los tipos de [incertidumbre](#) de la lista anterior describen la [incertidumbre](#) vertical de la profundidad del nodo. La malla resultante puede mostrar un valor de [incertidumbre](#) más alto de lo esperado si el perfil batimétrico no está representado a la resolución apropiada de la malla, por ejemplo, un valor de [incertidumbre](#) de un nodo puede ser mayor a lo anticipado en una batimetría con una pendiente acusada.

Si es necesario, se puede obtener la [incertidumbre](#) horizontal de un nodo de malla calculando la media básica o ponderada de la distancia de los valores de [incertidumbre](#) horizontal de las muestras que contribuyeron al nodo de la malla.

D.6 Aplicaciones

Las mallas de [modelo batimétricos](#) son un producto habitual de los levantamientos hidrográficos; sin embargo, la utilidad de la representación del modelo empieza mucho antes de que se complete el conjunto de datos del levantamiento, ya que estos datos también se pueden usar para verificar los requisitos del levantamiento durante la captura de datos hidrográficos, y para certificar la calidad de un conjunto de datos durante las tareas de validación del conjunto de datos.

D.6.1 Captura de Datos de Levantamiento

Las mallas de [modelo batimétricos](#) pueden proporcionar información valiosa sobre la densidad de muestreo del fondo en curso, y la identificación de [elementos](#) del fondo relevantes. Estos modelos se pueden aprovechar para valorar si se ha alcanzado la plena [búsqueda de elementos](#), o inversamente si existen vacaciones. EL seguimiento de estos aspectos durante las operaciones del levantamiento es necesario para calificar hasta qué grado los datos de campo están completos antes de abandonar el área del levantamiento.

D.6.2 Validación de Datos de Levantamiento

Las mallas de [modelo batimétricos](#) pueden servir como herramienta de comparación para examinar la consistencia de los datos de profundidad de un levantamiento, y la presencia de [errores](#) aleatorios y sistemáticos en el conjunto de datos. Estos modelos también pueden servir como herramienta de comparación entre levantamientos vecinos, y entre distintos sensores de captura. También se pueden realizar comparaciones entre datos de malla de alta resolución y puntos de datos antiguos, para crear estadísticas sobre sus diferencias y ayudar a establecer prioridades para futuras actualizaciones de productos. Otro método de comparación usado comúnmente para determinar si el conjunto de datos de un levantamiento cumple con los umbrales de [incertidumbre](#) requeridos es la comparación de la profundidad de la malla y la [incertidumbre](#) nodal asociada.

D.6.3 Entrega de Datos del Levantamiento

Como se menciona en este anexo, las mallas de [modelo batimétricos](#) en presencia de registros e informes de levantamiento y otros [metadatos](#) son suficientes para servir como resultado fidedigno para la entrega del levantamiento. Las mallas de modelo también sirven como datos directos a introducir para la generación de productos en apoyo de la seguridad de la navegación y otros objetivos de protección del medio ambiente marino.

D.7 Metadatos

Para asegurar que las mallas de [modelos batimétricos](#) son apropiadas para propósitos que incluyen la seguridad de la navegación y más allá, se necesita un nivel apropiado de [metadatos](#) que describan el conjunto de datos. La Publicación S-102 de la OHI, la Especificación de Producto de Superficie Batimétrica, proporciona elementos de [Metadatos](#) derivados de la S-100, y de la ISO 19115 e ISO 19115-2. Los elementos descritos en la S-102 incluyen elementos obligatorios, opcionales y condicionales. Según esta especificación, [metadatos](#) definitivos para mallas de [modelos batimétricos](#) incluirá información describiendo el conjunto de datos, tipo de [corrección](#) de profundidad, tipo de [incertidumbre](#), referencia de la malla e información del sistema de coordenadas, además de descripciones temporales, métodos de construcción de malla, y personas responsable de la generación del producto.

El Presidente del Equipo del Proyecto de Levantamientos Hidrográficos, Christophe VRIGNAUD (Francia, Shom), con el apoyo del Vicepresidente Nickolás DE ANDRADE ROSCHER (Brasil, DHN) y de la Secretaría de la OHIO, desea agradecer a los siguientes participantes (en orden alfabético) por sus esfuerzos y contribuciones:

Sejin AHN, República de Corea (KHRA)
 Anderson BARBOSA DA CRUZ PEÇANHA, Brasil (DHN)
 Erik BISCOTTI, Italia (IIM)
 Vidar BØE, Noruega (NHS)
 James CHAPMAN, UK (UKHO)
 Andrew COULLS, Australia (AHO)
 Rodrigo DE CAMPOS CARVALHO, Brasil (DHN)
 Cristina MONTEIRO, Portugal (IH)
 David DODD, Contribución de Experto (IIC Technologies)
 Marco FILIPPONE, Contribución de Experto (Fugro)
 Maxim FRITS VAN NORDEN, Contribución de Experto (University of Southern Mississippi)
 Fabien GERMOND, Contribución de Experto (iXblue)
 Megan GREENAWAY, USA (NOAA)
 Florian IMPERADORI, Francia (Shom)
 Iji KIM, República de Corea (KHOA)
 Jean LAPORTE, Contribución de Experto (ARGANS)
 Kwanchang Lim, República de Corea (KHOA)
 John LOOG, Netherlands (NLHO)
 Jean-Guy NISTAD, Germany (BSH)
 JongYeon PARK, República de Corea (KHOA)
 Hugh PARKER, Contribución de Experto (Fugro)
 David PARKER, UK (UKHO)
 Stephen PARSONS, Canadá (CHS)
 Alistair PHILIP, UK (UKHO)
 Ronan PRONOST, Francia (Shom)
 Misty SAVELL, EEUU (NGA)
 Thierry SCHMITT, Francia (Shom)
 Iain SLADE, Contribución de Experto (IFHS)
 Diego TARTARINI, Italia (IIM)
 Matthew THOMPSON, EEUU (NAVOCEANO)
 David VINCENTELLI, Contribución de Experto (iXblue e IFHS)
 James WALTON, Contribución de Experto (AML)
 Neil WESTON, EEUU (NOAA)
 Enrico ZANONE, Italia (IIM)
 Anders ÅKERBERG, Suecia (SMA)
 Hans ÖIÅS, Suecia (SMA)

Agradecimientos especiales a Richard POWELL (EEUU, NOAA) por la imagen de portada.