

CAPÍTULO 7 PRÁCTICA HIDROGRÁFICA

1. INTRODUCCIÓN

La ejecución de una operación de levantamiento, desde su inicio hasta la entrega final de los resultados, es un proceso continuo y todas sus partes deben ser llevadas a cabo metodológica y meticulosamente si se quiere aprovechar todo su valor. Los datos recogidos de la forma más precisa y cuidadosa se perderán si no se procesan con cautela y se cotejan y describen en una forma clara y entendible.

Toda la información debe reunirse, validarse, revisarse y presentarse de una manera lógica y uniforme, usando términos claros, no ambiguos, de tal manera que puedan ser recuperados y entendidos de manera inmediata después del levantamiento y en el futuro.

El uso de sistemas informáticos sofisticados y su instrumentación en todas las áreas no ha disminuido la responsabilidad de quien realiza el sondeo. La necesidad de un manejo riguroso de la calidad es tan esencial ahora como en el pasado, pero se hace más difícil por el volumen cada vez más creciente y la complejidad de los datos recogidos. El hidrógrafo debe entender los principios del equipo que controla, ser meticuloso en asegurar que cualquier ingreso de datos sea completamente correcto y examine cuidadosamente el resultado de los datos antes de pasar a la siguiente etapa. Sólo por estos medios los datos presentados serán de la máxima calidad y podrán satisfacer sus necesidades hasta que la labor pueda repetirse dentro de varias décadas o siglos.

No existe sustituto para la experiencia práctica donde el conocimiento teórico puede convertirse en habilidades prácticas; el tiempo dedicado en el campo a la recolección de datos bajo la guía de un hidrógrafo experimentado resaltarán muchas dificultades y los problemas complejos que necesitan ser superados para asegurar que el producto final cumpla con el requerimiento inicial. El uso y las aplicaciones, en las cuales se pueden aplicar mejor los equipos altamente sofisticados, sólo pueden aprenderse mientras se involucren en las tareas prácticas de un estudio hidrográfico.

Los procesos se discuten con más detalles en las siguientes secciones. Los puntos cubiertos no son exhaustivos y el hidrógrafo debe usar su juicio y experiencia para expandir o reducir la lista cuando lo considere apropiado. Este capítulo considerará los principios generales aplicables a cualquier levantamiento.

2. PLANIFICACIÓN DE UN LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICO

Como veremos, la planificación del levantamiento es un proceso complejo que requiere de mucha atención a los detalles, un acercamiento flexible, buen manejo y una toma de decisiones efectiva. Si la planificación se hace con esmero, hay posibilidades de que el estudio también sea bueno.

2.1 El proyecto hidrográfico

La planificación del levantamiento es el término usado para abarcar todo el proceso de desarrollo de un proyecto hidrográfico, desde su inicio, su subsiguiente envío a una unidad designada, la planeación detallada dentro de esa unidad de cómo conducir el levantamiento y la entrega final de los datos a la Oficina Hidrográfica.

La planificación del levantamiento, por tanto, involucra un procedimiento coherente que consistirá en los siguientes pasos:

- a. Requerimientos del levantamiento;
- b. Preparación de una especificación del levantamiento hidrográfico (para incluir una revisión de los datos existentes);

- c. Envío a una unidad designada.;
- d. Planificación del programa de esa unidad;
- e. Evaluación de la tarea dentro de esa unidad;
- f. Requerimientos de reconocimiento;
- g. Ubicación de los recursos;
- h. Planeación detallada del levantamiento;
- i. Estimación del tiempo requerido;
- j. Planificación final del programa y aprobación;
- k. Relación con las autoridades externas;
- l. Planificación de la administración;
- m. Planificación diaria;
- n. Planes para la recolección y revisión de datos;
- o. Planes para entrega de los datos;

Los desarrollos de los requerimientos del levantamiento varían en gran medida de país a país. Las especificaciones finales del levantamiento se asignan a una unidad designada del levantamiento que tiene la responsabilidad de los restantes requerimientos de planificación. Una “unidad designada” podría ser una embarcación sondeadora del gobierno, un participante independiente del levantamiento que trabaje ya sea con barcos fletados o botes, o una compañía comercial que trabaje bajo contrato. Cada nación tendrá su propio proceso de planificación.

2.2 Evaluación de una tarea de levantamiento

Antes de que pueda tener lugar una planificación detallada, el hidrógrafo debe tener bien en claro el objetivo del estudio y quien será el usuario principal de la información. En general, cada levantamiento debe cubrir las necesidades inmediatas del usuario así como beneficiar a otros.

Al haber estudiado los requerimientos del levantamiento, los datos y gráficos del área adicionales que serán sondeados, el hidrógrafo primero debe decidir si se requiere de datos adicionales y proponer cualquier cambio que considere necesario en la tarea de levantamiento.

Una vez que se cumple con todos los datos básicos y se han fijado los límites y escalas del sondeo, puede establecerse la principal tarea del hidrógrafo. Las especificaciones para el levantamiento serán fijadas directamente en las especificaciones del trabajo de levantamiento, y entre éstas es clave la Orden específica del levantamiento como está definido en la Publicación OHI S-44.

Los principales puntos de evaluación de la tarea son los siguientes:

- a. Establecimiento del control geodésico;
- b. Método de control posicional y calibración de “navaids” (ayuda de navegación);
- c. Criterio de sondaje que incluya la política entrelíneas;
- d. Categoría de búsqueda de sonar;
- e. Datos y observaciones de mareas;
- f. Naufragios y obstrucciones;
- g. Muestras del fondo marino;
- h. Observaciones oceanográficas;
- i. Observaciones de las corrientes de mareas;
- j. Observaciones geofísicas;
- k. Línea costera y topografía;
- l. Luces y boyas;
- m. Direcciones de navegación y perspectivas;
- n. Señales de radio;
- o. Observaciones secundarias (fotografía vertical, distancias medidas, líneas líderes, costa magnética, fenómenos naturales, etc.);
- p. Observaciones de pasajes;

Datos existentes. Al hidrógrafo se le debería proveer de copias de los mapas a escala más grandes que existen publicados así como todos los levantamientos anteriores a la escala del estudio, junto con sus Reportes del Levantamiento (RL). Esto debería estudiarse cuidadosamente, conjuntamente con las secciones relevantes de los datos de mareas, direcciones de navegación, fotos aéreas y mapas topográficos.

Ubicación de recursos. De la lista de puntos 2.2.5, y del estudio de datos previos, el tamaño de la tarea puede evaluarse. La planificación detallada se llevará a cabo después de este proceso, pero el estudio inicial revelará qué recursos se necesitan para cumplir con la tarea. La siguiente lista muestra algunas de las consideraciones que deberían realizarse cuando se planifican los recursos:

- Predicciones climáticas y estado del mar. Esto afectará el tamaño de la embarcación que se usará en la tarea y la capacidad de utilizar botes para trabajos y evaluaciones dentro de la bahía.
- Tamaño del área de aguas superficiales. Esto determinará cuanto trabajo de bote se necesita. Si los botes son necesarios, el tiempo tomado para completar la tarea dependerá en mucho del estado del mar; 2.2.7.1 y 2 deberían, por tanto, ser considerados conjuntamente.
- Uso de helicópteros. Podría ser que la unidad tenga un helicóptero disponible, pero si no, ¿se requiere para acceder a sitios remotos?
- Logística. La resistencia de los propios recursos del hidrógrafo determinará el combustible, agua y los requerimientos de almacenamiento. El mantenimiento de los equipos es otra consideración.
- Mano de obra. Debe evaluarse el número y especialización del personal que se necesita para cumplir con cada tarea. Los siguientes factores también son relevantes: cambios de personal; correo y comunicaciones; licencias y recreación; instalaciones médicas en tierra y flotantes; soporte y transporte en la costa, alojamiento en costa y arreglos monetarios.
- Topografía. Esto determinará los recursos requeridos para evaluar los sitios en tierra.
- Campos de Botes separados – Las especificaciones del levantamiento pueden ordenar un campo de botes separados y en tal caso se debe seguir la lista de planificación anterior. Sin embargo, se deberían dar consideraciones para separar un bote para realizar trabajos en la costa e investigaciones en bajíos si existe un puerto adecuado o atracaderos protegidos. El tiempo que se destina a bajar e izar botes es improductivo.

También deberían investigarse las probables restricciones en la realización del levantamiento. Investigar cual es la actividad pesquera probablemente afectará el progreso del estudio junto con las restricciones impuestas por las áreas de prácticas, de disparo y peligrosas, líneas navieras y puntos de flujo de tráfico marítimo.

Puede requerirse de un reconocimiento del campo para acelerar el levantamiento. Ver Sección 3.

2.3 Planificación detallada del levantamiento

Una vez que se han evaluado el tamaño y rango de la tarea así como los recursos necesarios para realizarla, puede comenzar la planificación detallada del levantamiento. Se puede planificar una cantidad de actividades para operar en paralelo y un buen hidrógrafo tratará de reducir el tiempo total que se requiere para alcanzar el objetivo. En los siguientes párrafos se da una lista amplia de las acciones requeridas, pero se debe recordar que cada levantamiento será diferente y que podrían incluirse puntos adicionales, o algunos en la lista podrían eliminarse.

2.4 Control Horizontal

Las especificaciones del levantamiento mostrarán la referencia horizontal para el estudio y enumerará los detalles de las estaciones geodésicas coordinadas junto con sus descripciones si se llevan a cabo.

Decida la mejor forma de alcanzar estándares de precisión de control horizontal expuestos en las especificaciones del levantamiento. Las especificaciones del levantamiento detallarán la opción de navais - se puede ordenar más de una. En casos poco comunes, no sería posible alcanzar los estándares indicados con los navais disponibles por lo que se buscaría una flexibilización de parte de la Oficina Hidrográfica.

Una vez que las opciones de navais han sido determinadas, se deben escoger sus sitios. Utilice cualquier sistema de análisis de redes que esté disponible. Decida como coordinar mejor las nuevas estaciones. Considere el acceso a los sitios y cualquier requerimiento de reconocimiento. Decida como accionar los navais y calcule con que frecuencia se necesitará el reabastecimiento del sitio. Identifique las autoridades a las que debe solicitar permiso para usar los sitios escogidos, el permiso de frecuencia de despeje y aterrizaje, botes y helicópteros. Esto incluirá sitios para marcas en la costa si se emplean métodos de fijación visual.

Decida cómo y donde serán calibrados los navais escogidos y si será necesaria la recalibración durante el transcurso del estudio.

Los levantamientos más modernos usan formas de GPS para el control en tierra y flotante. Se debe validar donde se utilice el DGPS para el control flotante. En emplazamientos remotos en tierra, el punto de posicionamiento dentro de 20 cms debería alcanzarse dentro de un plazo de 24 horas luego de la toma de los datos, si estos pueden ser transmitidos a la Oficina Hidrográfica para su comparación con el sitio de monitoreo ITRF más cercano. De lo contrario, establecer una nueva estación requerirá de una conexión a una red existente.

2.5 Control Vertical

Las especificaciones del levantamiento detallarán los datos a los cuales serán reducidos los levantamientos y su relación a los datos de terreno existentes, también se debería suministrar una lista de cualquier punto de referencia existente. A continuación se presentan puntos de planificación que deben ser considerados:

Decida donde observar la altura de la marea si no está ordenado en las especificaciones del levantamiento. Decida el emplazamiento de las varas y medidores adicionales si se requiere y planee el asentamiento y recuperación de los medidores costa afuera si es apropiado. Asegúrese de que los sitios del medidor y vara no se secan en bajamar, planee medidores y varas adicionales si esto no puede evitarse.

Decida como establecer mejor los gráficos de datos en el vara/medidor desde los puntos de referencia existentes o desde la transferencia de datos u observación y análisis. Planee conectar los datos recientemente establecidos a un sistema de nivelación basado en tierra si es aplicable.

Establezca la naturaleza de la marea y los rangos previstos, y el efecto que tendrá en el campo de trabajo. Donde exista la posibilidad de que las varas o medidores de mareas se sequen, deben planearse varas o medidores adicionales para permitir que los datos de marea sean registrados a lo largo del sondeo.

Decida si se necesitarán ajustes co-mareas. Si existen, determine los factores de mareas desde una tabla de mareas y del gráfico apropiado de la co-marea, o producirlos localmente a partir de los mejores datos disponibles. Busque asesoría de la Oficina Hidrográfica si es necesario.

2.6 Corrientes de mareas

Establezca el ritmo y dirección máxima prevista de una corriente de mareas dentro del área de estudio.

Determine los requerimientos para observaciones completas de corrientes de mareas y como se pueden conducir observaciones online.

Identifique aguas turbulentas, remolinos y manantiales de agua fresca graficados y planee observarlos.

2.7 Sondaje

Las siguientes consideraciones generales deben tomarse en cuenta cuando se realiza la planificación inicial:

Al examinar los gráficos de escala más grandes del área de levantamiento y levantamientos anteriores, localice todas las profundidades críticas y de control y prepare la sobre posición de comparación del sondaje.

Planee la línea principal de espacio, dirección y velocidad de sondaje del estudio. Para SBES, las líneas deben ser perpendiculares a la dirección general del contorno, donde sea posible.

Planee la línea de cruce de dirección, normalmente en ángulos rectos al sonar principal y la línea de dirección del sonido, y planifique operar esto desde el comienzo del estudio como parte de una medida crucial de control de calidad.

Estime probables cambios temporales o espaciales en el régimen de la velocidad del sonido y planee cobertura de investigación de la velocidad inicial del sonido.

Estime un presupuesto de error del sondaje y compárelo a la especificación del levantamiento.

La velocidad de la embarcación tiene que evaluarse para el rango previsto de profundidad en el área de estudio y el tipo de sensor de eco que se utilice. Compare la velocidad de la embarcación con la velocidad requerida para remolcar el sonar para determinar la velocidad máxima y óptima del sondeo.

Durante la planificación de las líneas de sonar y sondaje, se debe mantener una lista de las líneas planificadas.

Para líneas adicionales de estudios SBES debe considerarse dentro de un contorno de 10 metros. Las líneas adicionales deberían operar paralelo a un muelle o embarcadero.

Las líneas de sondaje deben planificarse y operar junto con las líneas líderes y rutas recomendadas, en muelles posibles y promontorios que puedan ser pasados de cerca por las embarcaciones en un pasaje normal.

Si usa SBES para levantamientos costa afuera se debe prestar particular atención a los sondajes de profundidad <40 m, donde la menor profundidad debería obtenerse sobre todas las características del fondo marino. Las interlíneas deben operarse en profundidades <40 m a menos que el fondo marino

sea plano y sin características y no se muestren peligros existentes a la cobertura completa por un sonar de escaneo de remolcado lateral de alta definición. Se debe dar una explicación completa en el RL cuando las áreas de <40 m no están interlineadas.

2.8 Sonar de barrido lateral

Las siguientes consideraciones generales se deben tomar en cuenta cuando se realiza la planificación inicial:

La corriente de mareas tendrá una influencia importante sobre la dirección de la línea de sonar cuando se utilizan sistemas de remolcado, con frecuencia se necesitará alcanzar un compromiso entre las direcciones de mejor sondaje y la línea sonar. En algunos casos, los datos de batimetría y sonar tendrán que reunirse en forma separada.

Inspeccione la Lista de Naufragio suministrada con los datos de especificaciones del levantamiento e identifique aquellas con posiciones enumeradas como aproximadas y de esta manera que requieran desautorizar búsquedas o prestarles atenciones especiales. El límite del área de esta búsqueda puede extenderse afuera de los límites dados del área de levantamiento establecida. Vea el capítulo 6 de la publicación S-44 de la OHI.

Planee la información de la lista de Naufragio, otros peligros y contornos de profundidad en el esquema de rastreo planeado.

Cuando realice levantamientos en o cerca de campos petroleros o áreas de exploración se deben tomar notas cuidadosas de zonas de seguridad de 500 metros, de instalaciones en el fondo marino y posibles operaciones de tendidos de tuberías para confirmar la seguridad del “pez de remolque”.

Las líneas de sonar deberían planificarse para que operen dentro de 20 grados de la corriente o flujo de marea prevaleciente. En áreas de fuerte flujo de mareas, se tendría que adoptar una dirección mucho menor de 20 grados para asegurar que el sonar de barrido siga el rastro del barco de forma cercana.

El espacio de la línea sonar debería planificarse de acuerdo con los requerimientos del levantamiento.

Asegure que cualquier área de búsqueda desautorizada que se ubique en el borde exterior del área del levantamiento sea cubierta. Las líneas adicionales serán planeadas para operar fuera del área para asegurar una sonificación completa del área con una superposición apropiada.

Siempre que un levantamiento incluya un canal, una ruta recomendada o una línea principal en aguas restringidas, debería ser rastreado por el sonar. Cuando se planeen tales rastreos se deben hacer asignaciones para acomodar las embarcaciones más grandes que probablemente usarán esas rutas, prestando particular atención a las áreas de giro y donde las rutas cambian de curso.

2.9 Muestras del fondo marino

Las muestras del fondo marino deben obtenerse como se requiere a través de toda el área de sondeo. Vea el 4.2 de la Publicación S-44 de OHI.

Las especificaciones del sondeo podrían requerir la retención de un porcentaje de todas las muestras obtenidas. Concesiones de vencimiento deben hacerse para este requerimiento.

2.10 Delineación de línea costera, objetos conspicuos y topografía

El requerimiento de hacer mapa de la línea costera y otra topografía se definirá en las especificaciones del sondeo.

No siempre se puede depender de la línea de pleamar mostrada en los mapas como la línea costera para los sondeos hidrográficos.

Use gráficos y fotos suministrados con las especificaciones del levantamiento, identifique las áreas cubiertas adecuadamente y aquellas que requieren de trabajo adicional. Donde no existan graficas, mapas o fotos aéreas modernas, todos los detalles de las líneas costeras y topográficas que serán usados por el navegante deben fijarse en forma precisa.

El hidrógrafo debería intentar obtener copias de cualquier gráfico, mapas y datos geodésicos modernos adicionales a los suministrados con las especificaciones del levantamiento. Cualquiera de estos datos debe entregarse a la Oficina Hidrográfica al finalizar el levantamiento.

Determine los medios de delineamiento de áreas inadecuadas e identifique el equipo que será usado para definir tales áreas en forma apropiada a la escala del levantamiento.

2.11 Observaciones secundarias

Observaciones geofísicas. Las especificaciones del levantamiento deberían detallar cuales son las observaciones geofísicas que se requieren, pero generalmente las observaciones magnéticas y de gravedad pueden tomarse conjuntamente con la batimetría. Las especificaciones del levantamiento cubrirán con detalle la línea de separación. Si las anomalías magnéticas están graficadas, planee observarlas y repórtelas. Planifique las observaciones magnéticas en tierra si se ordena en las especificaciones del levantamiento.

Luces y Boyas. Establezca cuales luces deberían estar visibles desde el terreno del levantamiento y planee revisar sus características.

Establezca el número de boyas que requieren ser fijadas.

Fotografía aérea. Si se ordenan fotografías aéreas, entonces planifique volar durante condiciones ventajosas de clima y mareas. Las fotos resultantes podrían utilizarse para topografía y delineamiento costero.

Direcciones de Navegación y perspectivas Las enmiendas a las Direcciones de Navegación normalmente pueden compilarse durante el transcurso del levantamiento y no debería requerirse de tiempo adicional para observar la información para la inclusión. Planee chequear todas las perspectivas fotográficas y fotografíe las nuevas como se ordena en las especificaciones del levantamiento. Planee chequear las instalaciones del Puerto y las instalaciones para aeronaves pequeñas.

Estaciones de radio Planee revisar la precisión de los datos publicados.

Plataformas de malecones, muelles y embarcaderos Planee revisar los detalles de las plataformas de malecones, muelles y embarcaderos. Esto normalmente puede hacerse durante las operaciones de levantamiento.

2.12 Organización del equipo de levantamiento

El hidrógrafo principal normalmente preparará un Libro de Ordenes de Levantamiento que presentará un plan general, el cual describirá cómo se abordará el levantamiento, y que detallará las

responsabilidades de planeación y ejecución del trabajo. Estas órdenes deberían actualizarse regularmente para informar a todo el equipo de las prioridades de corto plazo y tener el marco dentro del cual se puede hacer una planificación día a día más detallada. Cuando el barco y los botes de levantamiento trabajan juntos diariamente la actividad se convierte en algo particularmente intensiva y complicada. Por tanto será vital tener un plan flexible y bien pensado para coordinar los períodos de descenso/elevación de los botes, los cambios de la tripulación, las provisiones y las instrucciones para quienes están a cargo del trabajo del bote.

La escasez de mano de obra siempre será un problema al inicio del levantamiento, con los equipos de observación y marea lejos y las tripulaciones de los botes y los equipos de costa a la espera en navais en tierra, etc. Un buen transporte en la costa y/o helicópteros ayudarán enormemente a un inicio exitoso del levantamiento.

Las organizaciones de Puente y Sala Cartográfica requieren de una planificación y estructuración cuidadosa, que asegure que los datum se adquieren y manejan de la forma más eficiente.

La presión en todas las unidades del levantamiento de aumentar la productividad es considerable. Una buena gerencia y planificación, así como un liderazgo positivo es fundamental para el éxito del levantamiento.

2.13 Recolección y revisión de los datos

El Control de Calidad debería incorporarse en el plan en cada etapa, con la nominación de revisores de todos los datos que se mantengan pendientes de la próxima labor.

Planee la localización de las tareas de dibujo y recolección. Asegúrese de que se han recopilado y revisado correctamente los registros de acompañamiento mientras progresa el levantamiento.

En un levantamiento grande, es mejor completar un área en su totalidad antes de pasar a la siguiente. Esto asegurará que se puedan presentar los datos completos si la unidad fuese retirada del sondeo por alguna razón de fuerza mayor.

Sería conveniente que distribuya los escritos de las secciones y anexos separados del Informe del Levantamiento individualmente.

Todas las transcripciones y registros deben compilarse mientras progresa el levantamiento y, si es posible, no dejarlo hasta después.

La comparación de los datos levantados con levantamientos previos es la consideración más importante; debería proceder con el trabajo de campo y la planificación debería tomar en cuenta las investigaciones adicionales e invalidar búsquedas que puedan surgir de diferencias entre los datos cartografiados y los levantados.

2.14 Requerimientos de presentación de los datos

Los datos requeridos para ser presentados en la oficina Hidrográfica variarán enormemente según la política nacional y los requerimientos. En general incluirán:

- a. Datos batimétricos fijados en formato digital o gráfico (Fair Sheet)
- b. Datos de rastreo de navegación en formato digital o gráfico
- c. Datos del sonar fijados en formato digital o gráfico
- d. Datos de la textura del fondo marino en formato digital o gráfico
- e. Informe sobre el levantamiento

Las Oficinas Hidrográficas deberían evaluar todos los datos del levantamiento presentados y enviar una crítica en un plazo de dos meses. Las dudas presentadas por la Oficina Hidrográfica deben ser

respondidas tan pronto sea posible mientras el levantamiento aún está fresco.

2.15 Desarrollo del programa de operaciones

La cantidad total de días planeados que llevará completar el levantamiento ahora debe ser adaptada en los requerimientos para las llamadas de puerto, mantenimiento de las naves, tiempo de paso, ejercicios, etc. Cada embarcación tendrá sus propio ciclo operativo y de éste debe extraerse un ciclo de labores y presentado para su aprobación, si es necesario. Si la estimación del tiempo requerido muestra que el levantamiento no puede ser realizado dentro del rango de la escala de tiempo asignado en las especificaciones del levantamiento, el tema debe ser presentado para una modificación del programa o la reducción del tamaño de la tarea de levantamiento.

2.16 Duración de la operación y costos estimados

No existen reglas rápidas y exactas para llegar en el momento preciso requerido para completar el levantamiento. Un hidrógrafo experimentado puede resumir los requerimientos después de estudiar las especificaciones del levantamiento y llegar a una buena estimación sin regresar a un resumen matemático. Sin embargo, el formato proporcionado en el Apéndice 1 para este capítulo suministrará una respuesta razonable y puede ser ajustado para que se adapte a las necesidades de cualquier levantamiento. Durante la etapa de planificación detallada, el hidrógrafo debería mantener un registro del kilometraje, número de naufragios, número de muestras de fondo requeridas etc. Estos datos pueden usarse para recopilar el formato de tiempo requerido.

2.17 Relaciones con las autoridades externas

Tan pronto se reciben las especificaciones del levantamiento, se deberían enviar las cartas a las autoridades externas donde se dan detalles amplios de las especificaciones del levantamiento y la escala de tiempo del mismo, junto con una solicitud para utilizar instalaciones, si es apropiado. Y si se considera necesario, a esto le pueden seguir cartas adicionales con más detalles una vez que se ha realizado la planificación detallada. A continuación se muestra una lista de ejemplos. Las especificaciones del levantamiento regularmente se envían a varias agencias directas desde la Oficina Hidrográfica, y la primera página de la carta de las especificaciones del levantamiento debe indicar las organizaciones que ya han sido informadas:

- a. las autoridades pesqueras;
- b. terratenientes locales;
- c. Guardacostas;
- d. autoridades de faros;
- e. fuerzas locales de defensa;
- f. autoridades que operan el radio de ejercicios y disparos;
- g. las autoridades que operan campos petroleros;
- h. los representantes del gobierno local;
- i. agregados navales;
- j. departamentos locales de levantamientos de tierra/mapas;
- k. las autoridades que operan helicópteros;
- l. autoridades religiosas;

Adicionalmente, si un equipo de botes separado va a desembarcar o equipos de costa vienen del mar o de operar de un puerto local o de un asiento, también debe considerarse a los siguientes organismos:

- a. la policía local;
- b. el alcalde o principal autoridad de la población;
- c. las autoridades costeras;
- d. los establecimientos de servicios locales;

Se podría necesitar realizar visitas durante el período de reconocimiento avanzado del levantamiento o a la llegada. También deberían considerarse siempre las implicaciones de seguridad.

3. RECONOCIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO

3.1 Reconocimiento general

El reconocimiento se necesita antes de realizar cualquier levantamiento para adquirir los datos que permitan desarrollar un mejor y más económico estudio. La información recolectada debería tener en cuenta el diseño, planificación, organización y las observaciones de los objetivos propuestos. El reconocimiento debe desarrollarse inmediatamente antes del levantamiento, o con muchos meses de anticipación.

El reconocimiento es importante; uno mal realizado puede resultar en tiempo y esfuerzos perdidos posteriormente, cuando activos mucho más costosos probablemente estarán involucrados. También debe ser completo porque un reconocimiento pobre inevitablemente resultará en una planificación pobre.

El hidrógrafo llamado a hacer el reconocimiento debería tener experiencia, sentido común y conocimiento amplio de todos los equipos disponibles, y no tener ideas preconcebidas acerca del método por el cual se realizará la tarea. Las observaciones reales pueden dejarse con seguridad en manos de hidrógrafos menos experimentados, una vez que se han tomado las decisiones importantes.

3.2 El reconocimiento geodésico

Los propósitos del reconocimiento pueden resumirse así:

- a. establecer contactos locales en persona;
- b. visitar todas las estaciones propuestas - seleccionar los sitios reales. Recuperar las estaciones de control existentes
- c. confirmar las intervisibilidades;
- d. decidir sobre el diseño final de la red (reevaluar si es necesario)
- e. marcar permanentemente las estaciones geodésicas;
- f. describir las estaciones geodésicas;
- g. comprobar el plan de observación propuesto (los instrumentos/objetivos requeridos). Preparar un programa de observación detallado;
- h. Comprobar el plan administrativo para el levantamiento principal, enmendándolo de ser necesario.

Por cada nueva estación geodésica, se requerirá la siguiente información:

- a. accesibilidad por caminos, trenes, botes, a pie o por helicóptero. El tiempo de acceso (ej: a pie desde el camino) y la ruta recomendada;
- b. visibilidad desde la estación y los requerimientos para la subsecuente claridad;
- c. descripción de la estación, orientación magnética a otras estaciones visibles;
- d. fotografías de la estación, alrededores y fotos panorámicas desde la estación;
- e. factores locales, aduanas, etc;
- f. condiciones probables de visibilidad y meteorológicas.

3.3 El reconocimiento de mareas

Siempre que sea posible, se aconseja utilizar estaciones de marea establecidas o anteriormente usadas para las características comunes de los datos. Cuando se seleccione un sitio para medición de marea y escala mereométrica se debe considerar lo siguiente:

- Facilidad de erigimiento. Considere cual es el lugar más fácil para erigir la escala mereométrica y el mareógrafo, algunos sitios son más fáciles que otros, y algunos lugares son imposibles;
- La estación no se debe secar. El cero en el sensor de presión de la Escala Mereométrica y del Mareógrafo no debería secarse. Si esto no se puede evitar, se debe establecer una escala y un mareógrafo secundarios por debajo del nivel de la primera escala o mareógrafo;
- Facilidad de lectura. La escala o mareógrafo deben ubicarse de tal manera que puedan leerse todo el tiempo;
- Seguridad. Evite situaciones donde la escala mereométrica y particularmente el mareógrafo puedan recibir interferencia del público, como por ejemplo atracamiento de botes pesqueros;
- Refugio. El sensor de la escala o del mareógrafo debe estar situado lejos de los sitios donde existen las condiciones climáticas marinas y de viento más severas;
- Protección. Idealmente el grabador del mareógrafo debería colocarse en edificios que pueden cerrarse;
- Agua encerrada. El agua que esté restringida en movimiento por un banco de arena o cuenca no estará al mismo nivel que el mar abierto. Por tanto, una estación debe ser seleccionada para que refleje el verdadero nivel del mar en el área de levantamiento;
- Proximidad de marca de nivelación. Seleccione una estación cerca de dos marcas de nivelación si es posible, para ahorrar tiempo en largas operaciones de nivelación.
- Accesibilidad. Si se emplea un observador de marea, debe buscársele alojamiento cerca. Si un equipo de bote separado está en operación, la estación de marea debería estar cerca de donde el bote está amarrado o cerca de la base del equipo de marea.

4. ADQUISICIÓN DE LOS DATOS

Las profundidades marcadas en una carta náutica es su característica más importante y el marino debe poder confiar tácitamente en una batimetría exacta para evitar peligros. Se debe tomar gran atención para asegurar que los sondajes están posicionados en forma precisa. Un error en la posición regularmente causa más confusión que un error de profundidad; para un navegante es más probable que navegue libre de un peligro en la carta que confiar en la exactitud de su carta de profundidad y deliberadamente navegar sobre eso.

Las disciplinas de monitoreo de error de sondaje, la revisión de datos y el Control de Calidad (CC) son procedimientos continuos que necesitan estar sostenidos a lo largo de todo el proceso de levantamiento hidrográfico. En forma similar, la generación del informe final debe comenzar en la terminación de la etapa de planificación y ser ininterrumpida durante las siguientes fases del levantamiento. No debería dejarse hasta el final cuando toda la adquisición de los datos ha sido completada.

4.1 Control horizontal y calibración

4.1.1 Introducción

Las Especificaciones Hidrográficas detallarán los datos horizontales que serán usados durante el levantamiento; si, después de la planificación y reconocimiento (parte 2.4), aún existen insuficientes estaciones geodésicas coordinadas, estaciones secundarias, marcas terrestres y naváids, entonces debería crearse un control horizontal adicional dentro del área y sub-áreas para que cumpla con las precisiones requeridas para el posicionamiento en el mar.

Los métodos seleccionados para proveer control costa afuera estipularán en gran medida el trabajo preparatorio en tierra. Se podrían necesitar numerosas estaciones en tierra para fijación visual en levantamientos de áreas pequeñas cerca de la costa, mientras que se necesitarían sólo dos estaciones para levantamientos controlados por DGPS de área local. En cualquiera de los casos, las estaciones deberían estar lo más cerca de la línea de pleamar como sea posible para evitar inexactitudes en los patrones electromagnéticos causados por las condiciones de propagación variable sobre rutas terrestres.

La fijación de la posición de satélite es capaz de alcanzar gran exactitud con Técnicas Relativas de Posicionamiento GPS - el modo diferencial GPS (DGPS) y la fase transportadora DGPS de Real Time Kinematic (RTK)- con solo una estación referencial GPS, que ofrece mayor flexibilidad en la selección y ubicación de sitios que en el caso de métodos terrestres. Las correcciones DGPS pueden obtenerse del Radio Beacon Navigation Service (Beacon-IALA) y una variedad de WAAS (Wide Area Augmentation System) a través de servicios comerciales (Landstar, Seastar, Omnistar, Skyfix, etc.) y servicios gratuitos (EGNOS). Estos sistemas proveen de buena exactitud en el posicionamiento sin la necesidad de una estación de referencia en la costa; sin embargo, deberían realizarse calibraciones de receptores de GPS y chequeos en tiempo real en geometría (GDOP) durante el levantamiento.

4.1.2 Control horizontal en tierra

El control para levantamientos costa afuera usualmente puede generarse al extender la red geodésica establecida en el vecindario. Si esto no funciona, será necesario determinar una posición de datum, acimut y la escala para permitir que las nuevas estaciones sean fijadas en relación con las otras.

Deberían emplearse técnicas convencionales de levantamiento de tierra, las cuales se resumen a continuación. Las explicaciones detalladas pueden encontrarse en el Capítulo 2 con textos de referencia catalogados en la bibliografía:

- a. la determinación de la posición absoluta de un punto de datum (A);
- b. la orientación de la red por observaciones acimut (en A a B);
- c. la determinación de la escala por la medida de la línea de base (desde A hasta B)
- d. la extensión de la red por poligonal, triangulación o trilateración a las estaciones requeridas, con las estaciones intermedias fijadas por resección o intersección.

Las operaciones a., b. y c. se requerirán sólo donde no existan redes geodésicas establecidas. Esto es pocas veces necesario; las técnicas para observaciones astronómicas o satelital GPS en la costa, realizadas por levantamientos geodésicos, van más allá de lo que abarca este manual.

Las observaciones angulares están hechas por teodolitos o sextantes con las distancias medidas por medios mecánicos, ópticos o electromagnéticos (EDM) o ambos por las Estaciones Totales. Las computaciones subsecuentes pueden desarrollarse en el esferoide de referencia en términos de latitud y longitud, o sobre la red y proyecciones en coordenadas rectangulares usando un plano trigonométrico.

Las observaciones de GPS, desarrolladas usando receptores geodésicos de frecuencia dual o por técnicas RTK DGPS, pueden producir mejores exactitudes en la determinación de la línea de base (vea el párrafo 6.1, Capítulo 2). Sin embargo, debería recordarse que las posiciones coordinadas obtenidas se refieren al elipsoide WGS 84 y a una red y proyecciones compatibles. La transformación de los datos desde WGS 84 debe realizarse (vea el párrafo 2.2.3, Capítulo 2), si el levantamiento hidrográfico se conduce en un datum local horizontal y vertical.

Las exactitudes posicionales de las marcas para los principales puntos de control en costa y las estaciones secundarias se especifican en OHI-S44.

4.1.3 Control horizontal en el mar

Descripción general del sistema de posicionamiento

Los métodos de posicionamiento terrestre incluyen técnicas tradicionales basadas en tierra como:

- a. posicionamiento de resección sextante;
- b. posicionamiento de triangulación/intersección;
- c. métodos de posicionamiento visual;
- d. métodos de posicionamiento (tag line)
- e. métodos de posicionamiento de rango acimut;
- f. sistemas de posicionamiento electrónico basado en tierra.

Desde comienzos de la década de 1990, la mayoría de estos métodos de posicionamiento terrestre han sido ampliamente reemplazados por sistemas de posicionamiento satelital, llamados GPS, y con los más exactos modos diferenciales GPS (DGPS) y la fase transportadora DGPS de Real Time Kinematic (RTK). Dentro de áreas de proyecto aisladas, donde los métodos satelitales GPS pueden ser inaccesibles o imprácticos, se necesitaría de las tradicionales técnicas terrestres para proveer el control del levantamiento. Algunos ejemplos son los siguientes:

- a. proyectos de construcción marítima o dragados pequeños donde sólo se requiere de una cantidad limitada de cobertura de profundidad;
- b. áreas bajo puentes, en atracaderos de bahías de calado profundo o cerca de represas donde la visión satelital de los GPS está bloqueada.
- c. Proyectos intermitentes de bajo presupuesto, donde las técnicas terrestres tradicionales de posicionamiento pueden resultar más económicas que el equipar un sistema de levantamiento hidrográfico basado en un DGPS completamente automatizado;
- d. levantamientos de reconocimiento rápido, donde no se requiere el cumplir con los estándares específicos de exactitud posicional.

Los métodos de procedimiento y los criterios de Control de Calidad (CC) para algunas de estas técnicas terrestres de levantamiento están detallados en este manual, principalmente con propósitos referenciales.

Exactitud posicional horizontal

Todos los métodos de posicionamiento, resumidos en el Apéndice 2 en la tabla 7.1 "Sistemas de Posicionamiento Horizontal y Criterios de Selección", son capaces de cumplir con los estándares mínimos de exactitud horizontal para una Orden de levantamiento seleccionada, detallado en el OHI S-44, siempre que las distancias desde el punto de referencia basado en la costa y la embarcación estén dentro de los límites normales de operación de sistemas. Los límites operativos varían con el tipo de sistema de posicionamiento, los procedimientos empleados y el ambiente en el cual se están usando. En general, la exactitud posicional de todos los sistemas se degradará en función de la distancia desde los puntos de referencia de la línea de base, algunos más rápidos que otros. Los usuarios deben evaluar completamente la exactitud resultante de cualquier método de

posicionamiento, incluido el DGPS para asegurar su idoneidad en el levantamiento a ser llevado a cabo.

Selección de sistemas de posicionamiento

Las exactitudes pronosticadas para los sistemas de posicionamiento empleados en hidrografía son citadas generalmente con referencia al uso normal de los equipos dentro de sus límites operacionales y las diferentes clases de levantamiento. La Tabla 7.1 muestra el criterio para la selección y empleo contra las órdenes de los levantamientos hidrográficos, como se definen en el OHI S-44, para los sistemas de posicionamiento con su exactitud posicional anticipada. La idoneidad de una técnica particular para un levantamiento debería ser guiada por la autoridad que establece las tareas, tomando en cuenta estas limitaciones. La Tabla asume un área de proyecto estándar localizado dentro de las 25 millas del punto de referencia de la línea costera (control horizontal) o hasta 200 metros de profundidad en el agua. Los criterios para realizar levantamientos dentro de estos rangos deberían conformar los estándares contenidos en OHI S-44 y en este Manual.

Los rangos generalizados de exactitud alcanzables con cualquier tipo de sistema también se muestran en éste y otros manuales, incluido los manuales de equipos de los operadores; las variaciones extremas son resultado de factores discutidos en otra parte de este manual y los capítulos relevantes de los manuales de equipos arriba mencionados. El rango máximo de exactitud indicado es generalmente el que puede preverse con el equipo que se está utilizando dentro de sus condiciones y limitaciones normales de operatividad. En algunos casos, el rango de exactitud abarca los formulados para las Ordenes Especiales 1ra y 2da de los levantamientos; esto indica que los factores dependientes del proyecto (geometría, distancia costa afuera, etc) deben considerarse para seleccionar el equipo más apropiado para una orden particular de un sitio de proyecto o levantamiento.

Control de ruta

Los métodos resaltados en el párrafo 4.1.3.2 suministrarán al hidrógrafo una posición en el mar, pero además, debe asegurar que su embarcación sigue la ruta deseada sobre el fondo marino, haciendo una asignación para los efectos de mareas, corrientes y tendencia del viento y por tanto, se debe pensar sobre este requerimiento cuando se planea un control posicional. El método fijado escogido también proveerá con regularidad información de ruta como un indicador izquierda/derecha mostrado en un aparato del sistema de posicionamiento o en el monitor de dispositivo especial HW/SW de adquisición y control de datos automatizado. Sin embargo, particularmente en trabajos de rango estrecho, a veces se debe suministrar ayuda complementaria del timón de la embarcación.

En los tradicionales métodos visuales o viejas técnicas EPS, un trazo gráfico en tiempo real de la ruta de la embarcación se mantiene manualmente o por un trazador de ruta con los datos del levantamiento sobre impuesto, después de una reducción en la etapa de posprocesado. En este caso las hojas de trazado deberían prepararse con calcos del recolector para ser usados para generar un registro operativo del progreso del levantamiento.

Cualquiera sea el método utilizado, tendrá un impacto en la planificación y ejecución del levantamiento y debe ser considerado dentro del plan general desde el principio.

4.1.4 Preparación del campo

Descripción general

Un reconocimiento de campo del área del levantamiento ahorrará tiempo considerable durante la etapa de recolección de datos. Las posiciones seleccionadas por las marcas del levantamiento deberían visitarse, confirmarse su idoneidad y escribir sus descripciones. Una vez que llega el equipo del levantamiento al sitio, se necesitará instalar el equipo en la costa y en la embarcación, lo que podría requerir de calibración y revisión de campo.

Al trabajar dentro del marco "estratégico" diseñado en la Oficina Hidrográfica, el hidrógrafo a cargo debe refinar el plan y si es necesario revisar el destacamento del personal y el equipo para su óptima utilización dentro del proyecto general. Cualquier ajuste al plan inicialmente acordado debe discutirse con la Oficina Hidrográfica y deben ponerse en marcha los métodos para el monitoreo del progreso.

Plan de observación

Siempre se debe tener mucho cuidado cuando se observa el marco del sistema geodésico, cada oportunidad que se presenta para chequear las observaciones y detectar las debilidades al observar las técnicas, los observadores y el equipo. Todos los cálculos deben completarse y revisarse en su totalidad antes de proceder con el trabajo de campo, dependiendo de la exactitud y coordenadas derivadas de esas primeras observaciones.

El hidrógrafo debe identificar los períodos óptimos de observación, usando un programa de planificación de misión, para alcanzar la orden de estándar para el levantamiento. La selección de los instrumentos debe ser tal que se obtienen observaciones del tipo y estándar apropiado, la calibración de los datos debe chequearse y los detalles deben registrarse para su inclusión en el Informe del Levantamiento.

Selección del sitio

Se debe tener considerable cuidado en la creación de la red, la selección del sitio y la densidad, instalación de las estaciones de referencia y las técnicas para la medición de ángulos y distancias, para asegurar la exactitud necesaria en el posicionamiento y así cumplir con la Orden del levantamiento. El tipo de levantamiento que va a ser desarrollado (puerto y zonas cercanas, litoral, costa o costa afuera), el sistema de posicionamiento seleccionado (visual/EDM/EDM/Satélite), la cantidad de LOPs y su geometría dentro de área de levantamiento tendrán una influencia en la decisión final.

La selección del sitio debe basarse en:

- a. accesibilidad del sitio por tierra o desde el mar;
- b. la capacidad para ocupar la estación o la necesidad de crear una estación excéntrica;
- c. proximidad a la bahía o línea costera con vista clara al mar;
- d. ínter visibilidad a los sitios adyacentes, libre de estructuras que probablemente causen interferencias a las señales EDM/EDM y que no obstruyan la recepción de señales satelitales;
- e. disponibilidad de redes eléctricas o espacio para colocar suministradores portátiles de energía, como paneles de energía solar y generadores;
- f. seguridad del sitio y capacidad de dejar los equipos solos;
- g. elevación del sitio e idoneidad para el sistema de posicionamiento escogido.

Despliegue de la baliza e inspección

La revisión de las listas, creadas por el hidrógrafo a cargo desde los manuales de equipos, debería seguirse durante la instalación de las estaciones de referencia terrestres (EDM, DGPS o RTK GPS), o durante el uso de herramientas visuales/EDM para la medida de ángulos y distancias (sextantes, teodolito, EDM, estación total) para asegurar que se usa la operación correcta del sistema y técnicas similares a lo largo del levantamiento.

El tipo de las estaciones de referencia terrestres desplegadas (EDM, DGPS o RTK GPS) determinará la frecuencia de inspección necesaria para verificar que la operación esté correcta; este es también el caso para las estaciones totales no monitoreadas que operan en modo automático.

4.1.5 Alineación y calibración de los sistemas de posicionamiento

Descripción General

El tipo de sistema o herramienta seleccionado dictará el procedimiento adoptado para verificar la actuación contra los límites anticipados, para asegurar que la exactitud posicional alcanzada se equipara con los requerimientos de la Orden de levantamiento seleccionada, como se expresa en la Tabla 7.1.

Los procedimientos y técnicas de alineación/calibración, detalladas en el manual del usuario (o manual del operador), siempre deberían seguirse en el comienzo y el fin de un levantamiento, y cuando se estime necesario verificar la actuación del sistema en el campo, particularmente si se sospecha de la actuación y de la exactitud. Estas revisiones deberían realizarse, tan lejos como sea posible, dentro del área del levantamiento en los rangos previstos y contra un sistema de orden más alto previamente calibrado o ayuda marítima o entre estaciones de control coordinadas. Todas las estaciones, sistemas EDM y prismas usados para el trabajo de control principal deberían recibir servicio regularmente, ser revisados frecuentemente sobre las líneas de longitud conocidas y en fecha de calibración periódica de fábrica.

Medición angular

Se debe ser cuidadoso para asegurar que se están usando técnicas de observación correcta para los sistemas de medición angular (sextantes, teodolitos, estaciones totales) y que los instrumentos están instalados para minimizar errores. Los instrumentos deberían estar al día para calibraciones y servicios; siempre debería usarse los estándares cero para el orden apropiado de observaciones, y registrar cuidadosamente las técnicas para evitar errores garrafales.

Cada estación seleccionada para su uso debería ser visitada y contrastada cuidadosamente contra la descripción de la estación, las distancias a los puntos fijos de referencia deberían confirmarse para determinar si la marca de la estación se ha desplazado. Las nuevas estaciones deberían chequearse para confirmar la ínter visibilidad al área del levantamiento y otras estaciones y ser enlazadas a tres estaciones establecidas. Debería evitarse el uso de estaciones excéntricas cuando sea posible. Cualquier enmienda al esquema de observación planeado debido a la inconveniencia de los sitios debería ser reanalizada, para asegurar que el estándar para el orden del levantamiento se está cumpliendo. Todas las estaciones deberían ser marcadas y registrarse las descripciones completas antes de observarlas.

Cuando se determinen las alturas por medición angular, la altura recíproca será usada cuando sea posible. Antes de mover el instrumento de observación, verifique los datos registrados para asegurar que las observaciones, tanto angular como de distancia, están dentro de los estándares requeridos. Si los estándares no se cumplen, reobserve todo el conjunto de observaciones.

Las observaciones angulares y de distancia final ya verificadas deberían ajustarse a la red, como es apropiado para cada tipo de observación, al usar un programa de computadora aprobado y luego computar la posición más probable y los datos de error de elipse. El error de elipse de la posición de cada nueva estación debe examinarse cuidadosamente para determinar la calidad de la posición final. Se debe realizar un análisis de redes.

Medición de distancia

Cuando se utilicen sistemas de medición de distancia (EDM, EODM, estaciones totales, etc), deben seguirse todos los procedimientos descritos en los manuales del operador/equipos y se debe realizar una revisión comparativa contra una línea de base geodésica o un sistema de orden más alto, con una exactitud igual o mayor a la requerida por la orden del levantamiento para establecer la posición.

Medición 2D

Como con los sistemas de medición de distancia, también deben seguirse las directrices de los manuales del usuario/equipo para los sistemas de posicionamiento 2D con revisiones apropiadas de calibración y comparación contra sistemas de orden más alto o redes/líneas de base geodésicas.

Cuando se planea el uso de sistemas de microondas EPF para validar datos posicionales GPS antes del comienzo de las operaciones de levantamiento, se debe tener cuidado en asegurar que las estaciones establecidas están todas en un datum común. Los sistemas de navegación deberían calibrarse y verificarse al compararlos con un sistema de posicionamiento preciso alternativo al inicio de cada levantamiento y se debe llevar a cabo una validación al final.

Medición satelital (3D)

Cuando se usen sistemas satelitales GPS, se debe seguir con mucho cuidado la observación de los procedimientos articulados por la Oficina Hidrográfica y detallados en las guías del usuario, para asegurar que el equipo es operado a su máxima capacidad para los distintos modos de posicionamiento disponibles SPS, PPS, Diferencial y RTK. Todos los sistemas deberían ser verificados antes del trabajo de campo y se debe realizar una validación de cierre al final de las secesiones en observación frente a una línea de base geodésica, una red de control geodésico de alto orden o un sistema con una exactitud mayor o igual que la requerida en la orden de levantamiento.

4.1.6 Métodos y equipos de control horizontal

4.1.6.1 Posicionamiento de intersección sextante

Descripción General

El posicionamiento sextante involucra la observación simultánea de dos ángulos horizontales entre tres objetos conocidos desde la cual se interseca la posición de un punto costa afuera (vea la figura 7.1). La posición sextante se ejecuta totalmente a bordo de la embarcación de levantamiento y no depende de comunicaciones electrónicas, o soporte con base en la costa. Bajo ciertas condiciones (ej. cerca de blancos o cerca de fijadores de posiciones estáticas) puede ser relativamente exacta cuando un equipo experimentado la realiza apropiadamente. Sin embargo, en general, el posicionamiento sextante bajo condiciones dinámicas de una embarcación ya no se considera exacto para la mayoría de las aplicaciones.

Las marcas hidrográficas para los levantamientos controlados por sextantes pueden localizarse por fijadores sextantes o por cortes sextantes. Pueden usarse métodos de orden poligonal menores de un tercio si la distancia desde una estación de control básico o suplementario no excede los 4 kilómetros para los levantamientos hidrográficos en escalas menores que 1: 10.000 ó 2 Km. para levantamientos a escala más grande.

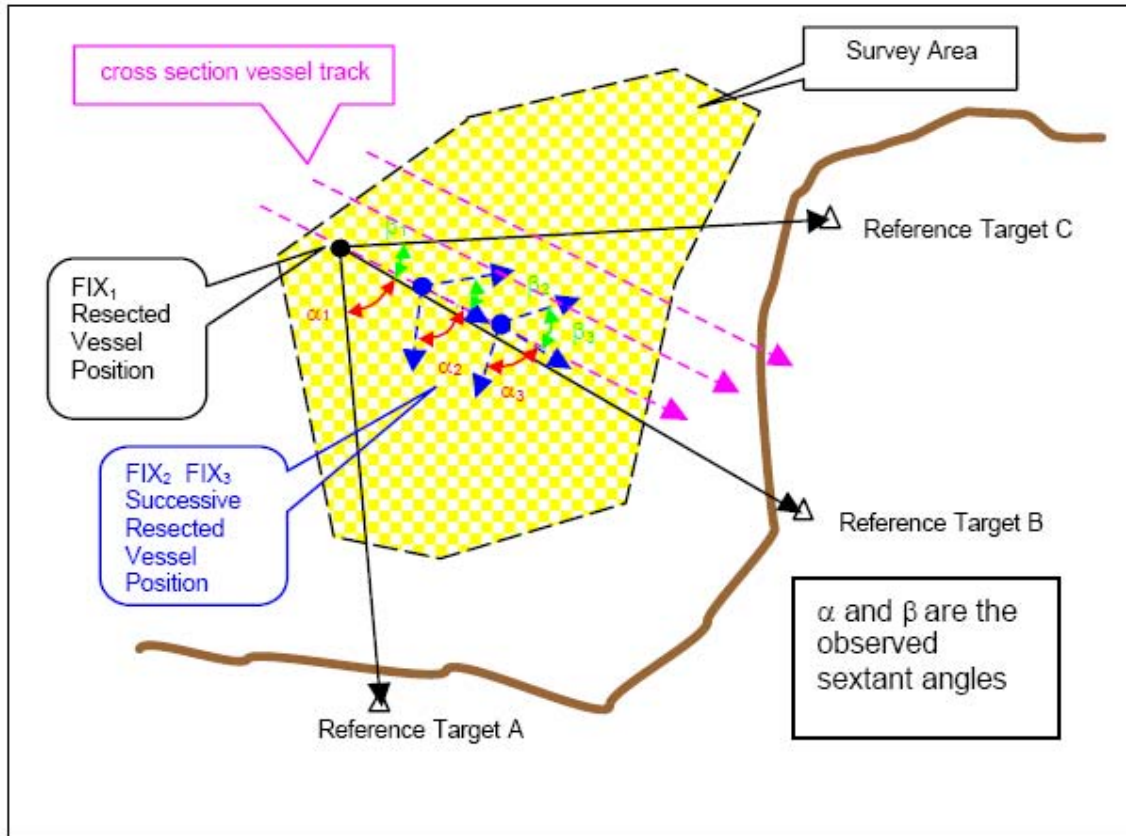


Fig. 7.1 "Posicionamiento de intersección sextante"

Un ángulo sextante sencillo puede usarse junto con un LOP de rango fijo, como se muestra en la figura 7.2 (posicionamiento de dragado Hopper). En el pasado esta fue una técnica común para localizar dragados hopper.

En embarcaciones costa afuera y otras plataformas estables, los ángulos sextantes múltiples pueden observarse para varios blancos (*Intersección sextante redundante*). El fijador resultante puede ser ajustado por el software a bordo, usando menos técnicas de ajuste de cuadrícula, con lo que se obtienen resultados bastante precisos (menos de +/- 1 en algunos casos aislados).

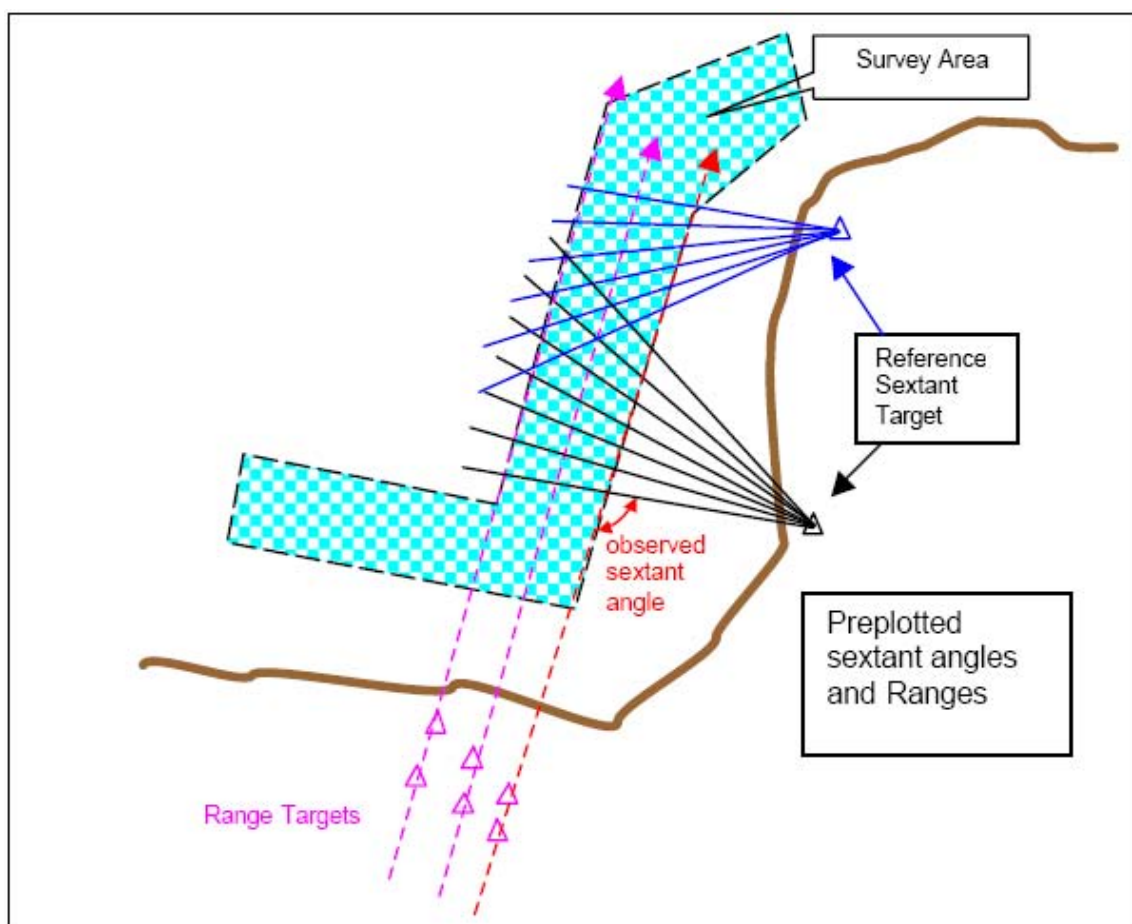


Fig. 7.2 "Posicionamiento de dragado Hopper"

Control de calidad y exactitud

Los dos ángulos sextantes observados forman el emplazamiento de círculos, cuya intersección es la posición de la embarcación. Cada ángulo forma un círculo definido por tres puntos: los dos puntos/blancos de control de costa y la embarcación. La geometría de estos dos círculos que se intersectan es un factor principal en la determinación de la fortaleza de una intersección sextante, mientras los dos círculos que se intersectan convergen entre sí, a posición resultante se debilita drásticamente. En las mejores condiciones, las exactitudes posicionales dinámicas eran escasamente mejores que ± 5 m (95% RMS), y las exactitudes promedios estaban generalmente en el rango de 10 a 20 metros.

El método más simple para calcular la *exactitud de intersección* en cualquier punto es mover cada ángulo por su exactitud estimada y evaluar el cambio resultante en la posición. Esto se hace fácilmente cuando está disponible el software de computación de intersección automatizado, o al notar el cambio de posición en el apuntador de la estación. La exactitud posicional debería accederse en varios puntos en el área de trabajo. Al ejecutar el posicionamiento de intersección sextante, se deben considerar los siguientes factores de CC:

- precisión de ángulos sextantes;
- sincronización del observador;
- velocidad y movimiento de la embarcación;
- experiencia y cansancio del observador;
- tipo de objetivos.

Debido a su diseño y manejo, la calibración interna de los instrumentos del sextante no es particularmente estable; por tanto los observadores deberían revisar continuamente a calibración de sus sextantes. Esto usualmente se hace en forma periódica durante el levantamiento, tradicionalmente al final de cada línea de levantamiento.

Existen pocas oportunidades para ejecutar revisiones de aseguramiento de calidad (QA por sus siglas en inglés) en el posicionamiento del sextante. Cuando eran visibles más de tres objetivos, las diferentes posiciones de intersección podían compararse desde una posición anclada.

Los sextantes que se fijan en distancias que se acerca al límite de visibilidad de las marcas probablemente sean débiles debido a que los ángulos o tasas de cambio son pequeños. El sextante debe estar en un ajuste perfecto, y los ángulos medidos y leídos con extrema exactitud, lo más cercano a los 30 segundos de arco, si es necesario. Si la suma de los dos ángulos frecuentemente se acerca a los 180 grados, con uno de los ángulos muy largo y el otro muy pequeño, la tasa de cambio será rápida cuando la embarcación se está moviendo; de tal manera, se debe tener mucho cuidado para asegurar que se realicen observaciones simultáneas; los efectos de los errores introducidos por fallas al observar los ángulos simultáneamente se minimizan cuando la distancia de las marcas desde la observación es pequeña.

4.1.6.2 Posicionamiento de Triangulación/Intersección

Descripción general

Una embarcación o plataforma costa afuera puede ser posicionada (triangulada) por tránsito o ángulos teodolitos observados desde puntos de línea de base en la costa. Esta técnica puede tener una aplicación en áreas donde los sistemas de posicionamiento electrónico no pueden ser desplegados o donde se requiere de una creciente exactitud posicional. Como se indica en la figura 7.3, se requieren de dos (o más) observadores teodolitos o de tránsito basado en la costa. Debido a la mayor precisión y estabilidad de los instrumentos, la exactitud posicional resultante puede ser bastante buena. Las estaciones teodolitos deberían cumplir con los requerimientos de exactitud para los levantamientos de orden especial o de orden 1. El ángulo de intersección de la embarcación debería ser tal que un error direccional de 1 minuto desde una estación teodolito no causará que la posición de la embarcación este en error por más de 1 mm en la escala del levantamiento; los ángulos mayores de 30 grados y menos de 150 grados usualmente asegurarán que se cumpla con esta condición. Las técnicas de triangulación usualmente se utilizan para sustituir mediciones de distanciómetro electrónico (EDM por sus siglas en inglés) o posicionamiento DGPS de estructuras costa afuera fijas (muelles, puentes, etc) durante la construcción y el subsecuente monitoreo de distorsión.

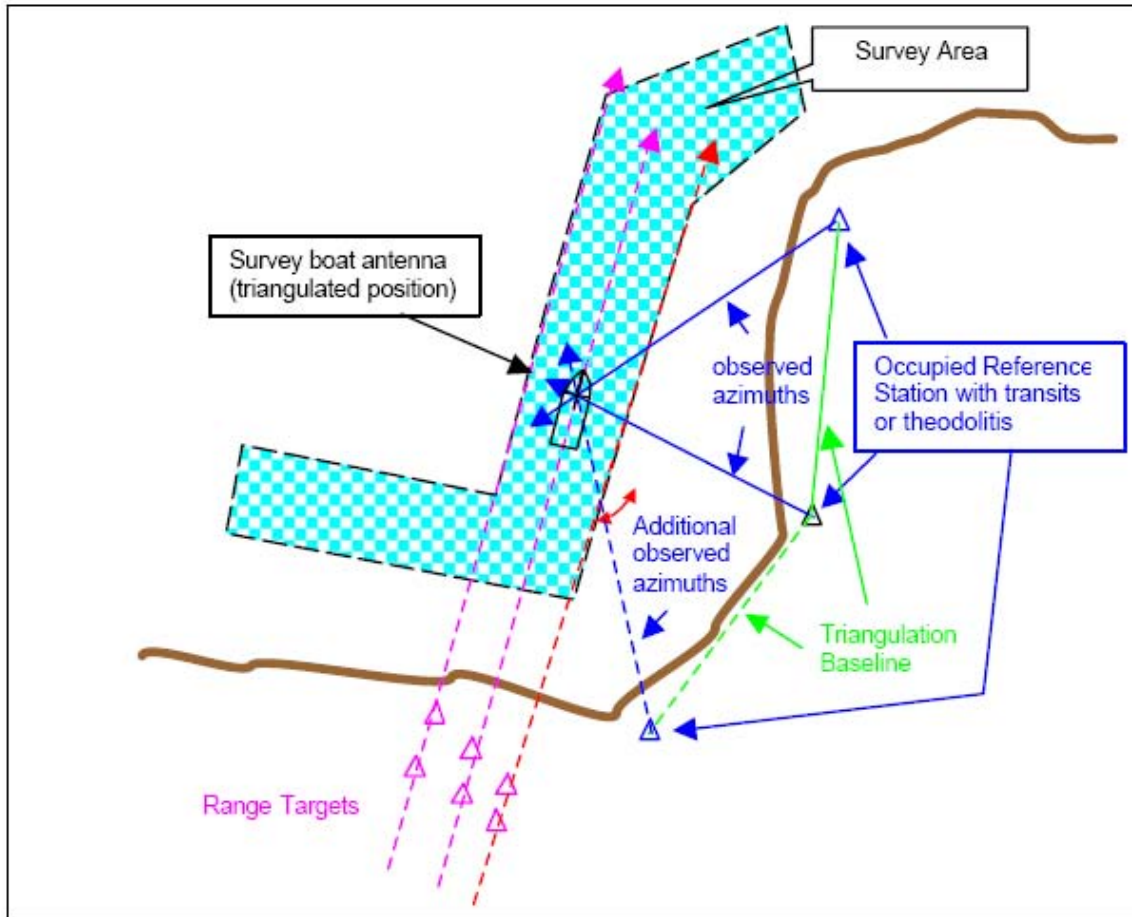


Fig. 7.3 "Posicionamiento de Triangulación/Intersección"

Exactitud

La exactitud posicional de triangulación/intersección depende de la exactitud del rastreo del sistema en uso; está relacionado con la fortaleza geométrica de la intersección desde dos ángulos o direcciones acimut y varía a lo largo del área de levantamiento, debido a que los errores estándar angulares cambian en función de la distancia entre el instrumento y la embarcación de levantamiento. El promedio de errores estándar de cada medición angular en la posición costa afuera de la embarcación, junto con el rango computado desde cada punto de referencia en observación, da una estimación de la exactitud posicional triangulada/intersectada.

Las técnicas múltiples de intersección acimut, que permite tres o más observaciones angulares adicionales, facilita una exactitud acrecentada con redundancia suministrada por las mediciones adicionales desde las otras estaciones en la costa.

Las alineaciones acimut regularmente están combinadas simultáneamente con rangos de mediciones EDM o GPS y al menos se ejecuta una técnica de ajuste cuadrícula si la adquisición automatizada está operando durante las operaciones de levantamiento.

Control de calidad y control de aseguramiento

El control de calidad se ejecuta con periódicas revisiones visuales hacia atrás durante el transcurso del levantamiento. Se debe realizar un control de calidad independiente con un tercer instrumento, lo cual no es muy fácil de ejecutar en la práctica, por lo que normalmente se usan sistemas EDM o GPS para hacer los chequeos.

4.1.6.3 Posicionamiento visual

Descripción general

Este método tradicional era regularmente utilizado para localizar un dragado hopper relacionado a características o banderas conocidas de la costa y aún se usa para unas pocas aplicaciones, como alineaciones verticales y horizontales en la construcción de equipos, barcas, aparejos, etc.

La técnicas relativas de posicionamiento visual ahora se ejecutan muy raramente, dada la disponibilidad de métodos de posicionamiento por microondas EPS, rangos de acimut y GPS; generalmente es idóneo para trabajos de reconocimiento que no son de navegación donde las características identificables (ayudas marítimas, faros, marcadores diurnos, puentes y otras estructuras o características del mapa) en los dibujos suministrados, cartas de navegación o mapas se asume que son exactas para ese estándar del levantamiento.

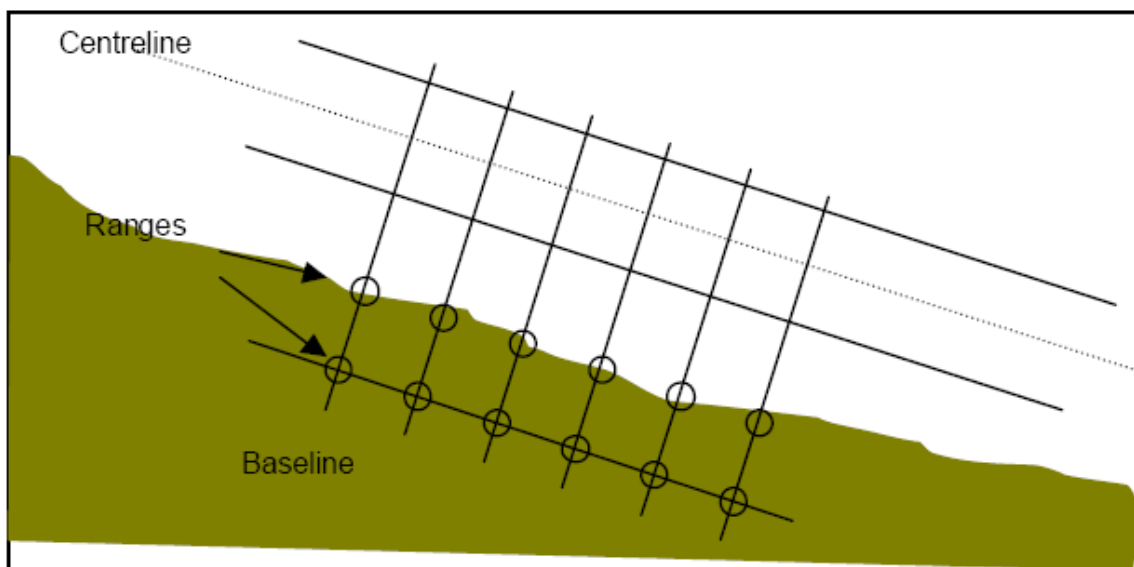


Fig. 7.4 "Varas de rango, banderas y/o láser establecidos en la costa para el posicionamiento relativo"

Los puntos principales de este método son:

- el bote mantiene una velocidad de levantamiento constante entre todos los objetos identificables o rangos de intersecciones;
- se toman los fijadores cuando el bote de levantamiento está pasando por el través o lateral de un objeto identificable;
- las posiciones son interpoladas entre fijadores;
- la velocidad de la embarcación se asume sea constante entre los fijadores, los cuales se cree están libres de errores;
- la determinación de la posición puede obtenerse al hacer la intersección de puntos de costa y rangos establecidos al ver a través de tales características;
- los resultados deberían usarse con precaución debido a la naturaleza aproximada de los datos y la exactitud marginal de tales levantamientos.

Control de calidad y exactitud

La exactitud es difícil de calcular y el control de calidad raramente se ejecuta cuando se usan técnicas de posicionamiento visual.

4.1.6.4 Posicionamiento a cordel

Descripción general

Este método tradicional era usado regularmente antes de la década de 1970 para monitorear el progreso del dragado de los proyectos de navegación y los levantamientos de canales de sección cruzada y en la investigación subterránea para la obstrucción de canales y levantamientos de barrido de resguardo de canales. Las técnicas de cordel fueron reemplazadas por las de microondas EPS y de rango acimut y ahora han sido substituidas por los métodos de posicionamiento GPS.

Dentro de distancias limitadas fuera de la línea de base y con la ejecución apropiada, un levantamiento controlado a cordel es un método estable y preciso de realizar levantamientos hidrográficos y otros trabajos investigativos para el diseño y construcción marítimos:

- Se emplea una cuerda calibrada, estirada perpendicularmente desde los atracaderos o centros en una línea de base hasta el bote de levantamiento;
- Se mantiene alrededor de las áreas de atracamiento para trabajos críticos en sitios de investigación; donde las señales de GPS están bloqueadas por tales levantamientos (sin embargo, se prefiere una estación total electrónica);
- Usualmente no requiere de aparatos electrónicos o de comunicaciones.

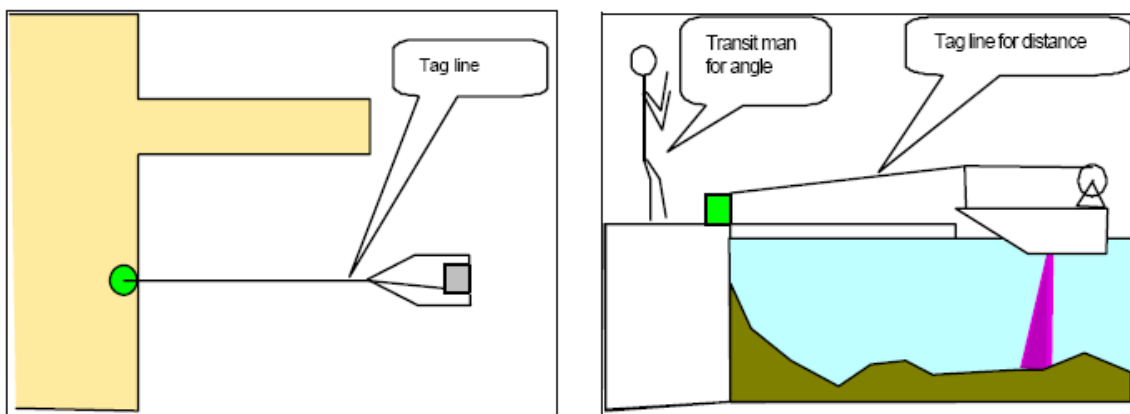


Fig. 7.5 "Levantamientos a cordel"

Técnicas

Un levantamiento a cordel es simplemente un método de ejecución de cruzar secciones desde una línea de base fija.

Deberían realizarse diferentes técnicas de levantamiento, dependiendo del tipo de operaciones e instrumentos adoptados como:

- Observaciones estáticas - las observaciones de longitud a cordel se realizan cuando el bote está alineado apropiadamente en la sección y el cable es halado en forma tensa para minimizar el destemple;
- levantamientos a cordel dinámicos o continuos - algunos levantamientos a cordel se conducen en un modo dinámico usando ecosondas análogas;
- métodos de extensión a cordel de botes de línea de base - los cordeles pueden ser anclados a una embarcación flotante (bote de línea de base) que anteriormente ha sido posicionado por un cordel u otros medios;
- métodos de rango constante - un cordel puede usarse para mantener un rango constante desde del centro de línea de base;

- e. esquema de línea de base para levantamiento a cordel - los puntos intermedios o líneas de base para controlar el trabajo a cordel están colocados usando técnicas estándar de construcción de sondeos y estándares;
- f. métodos de alineación a cordel - se usan banderas de rango visual, prismas de ángulo derecho, poligonales, teodolitos, sextantes y estaciones totales para mantener el control de alineamiento lateral del bote de levantamiento, que puede ser la parte más débil en la ejecución de levantamientos a cordel, especialmente si existen corrientes fuertes;
- g. procedimientos de grabación de datos - el levantamiento a cordel y las mediciones de profundidad relacionadas pueden registrarse en hojas de trabajo o en un libro estándar de levantamiento de campo, los datos del levantamiento están descritos en el plan del sitio o en los formatos de secciones;
- h. botes de levantamiento - puede utilizarse cualquier tipo de bote de levantamiento, equipado con cordeles manuales o impulsados por manivelas para realizar levantamientos a cordel. Generalmente, el rango de longitud del bote va desde 5 a 8 metros y los calados son menos de 0,40 metros y son esenciales para trabajar en áreas de aguas superficiales y evitar el varamiento.

Requerimientos de Exactitud y Calibración

Exactitud: la exactitud posicional de un punto posicionado a cordel puede ser computado usando la exactitud calculada de alineación y mediciones de distancia; similar a lo que se hace en los métodos de levantamiento de rango acimut.

Calibración: los intervalos a cordel abanderados deben calibrarse periódicamente cada 3 a 6 meses o después de recesos frente a mediciones encadenadas o sistemas EDM.

4.1.6.5 Posicionamiento de rango acimut

Descripción general

Esta, que alguna vez fue una técnica de posicionamiento ampliamente utilizada, se basa en la intersección de medidas de rango acimut, generalmente ejecutadas desde la misma estación de referencia de la costa, similar a una computación poligonal a proa, vea figura 7.6. Hoy día se emplea sólo donde el posicionamiento GPS no puede obtenerse debido a obstaculización satelital. Las principales características son:

- a. las observaciones de ángulo (acimut) pueden medirse por poligonales, teodolitos o estaciones totales;
- b. las observaciones a distancia (rango) pueden medirse por aparatos EPS (láser o infrarrojos EDM, microondas EPS o estaciones totales);
- c. los datos pueden observarse manualmente, anotados en el libro de campo y transmitidos por voz al bote, por radio o grabaciones digitales y transmitidos por módem de radio al bote;
- d. se usan tradicionalmente dentro de un área de 5 km de la línea costera y/o estación de referencia;
- e. se alcanza una exactitud altamente relativa dependiendo del equipo utilizado (las mejores exactitudes se alcanzan por teodolitos/EDM automatizados o estaciones totales);
- f. la calibración periódica o una tercera medición LDP (angular o de rango) es esencial para la redundancia;
- g. se requiere de un equipo pequeño para realizar el levantamiento (es relativamente eficiente);
- h. regularmente se usan botes de 5 a 8 metros de largo;

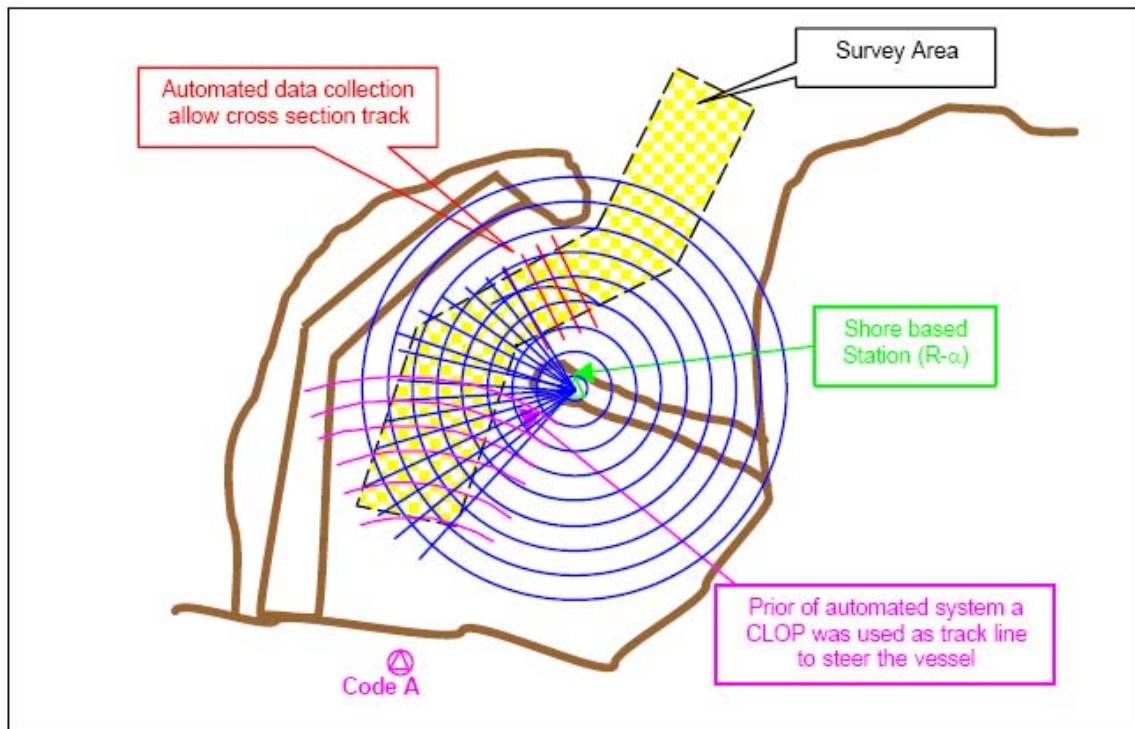


Fig. 7.6 “Posicionamiento de rango acimut”

- i. los teodolitos con láser o EDM infrarrojos y las estaciones totalmente son altamente precisas como sistemas de rango acimut para las áreas de levantamiento de Orden Especial dentro de los 2 km del punto de referencia;
- j. las microondas basadas en EPS raramente cumplirán los estándares de exactitud posicional para la Orden 1 (2 m ó 5 m);
- k. alidada dinámica o distancias poligonales estadimétricas cumplen los estándares de exactitud posicional para la Orden 1 (exactitud a 5 metros) dentro de rangos de sólo 30-50 metros, dependiendo de las condiciones.

Procedimientos y requerimientos de control de calidad

Orientación angular:

- a. la placa inferior del aparato de rastreo debe ser inicialmente referenciada, en relación al proyecto de levantamiento, a la red acimut de la vista hacia atrás de referencia (línea de visión 000 grados);
- b. las líneas de visión adicionales de referencia (mojones) deben tomarse como orientación de referencia redundante;
- c. todos los puntos de referencia de orientación deben seleccionarse como los controles visibles más lejanos y confiables, divisados y con los errores relativos resueltos en el sitio;
- d. todas las medidas de orientación y la red de computación acimut deben registrarse en un libro de campo.

Comprobaciones periódicas de orientación:

- a. las comprobaciones periódicas de orientación de la vista hacia atrás de referencia inicial (000 grados línea de visión) deberían realizarse durante el levantamiento (normalmente cada 20/30 fijaciones ó 5/10 minutos o al final de cada línea de levantamiento) para asegurar que no han ocurrido desalineaciones horizontales o verticales en el instrumento;

- b. deberían tomarse líneas de visión de referencia adicionales (mojones), esto debería completarse normalmente al inicio y al final de la sesión de levantamiento;
- c. se deben realizar reajustes y renivelaciones periódicas del instrumento como se requiere después de estas comprobaciones;
- d. todas las operaciones de comprobación y renivelación deben anotarse en el libro de campo;
- e. si la comprobación de orientación indica una desalineación importante, todas las fijaciones tomadas desde la orientación anterior deben desecharse y realizarse nuevas medidas.

Comprobación de aseguramiento de calidad:

- a. las comprobaciones posicionales independientes están raramente disponibles comparado con la mayoría de los métodos de posicionamiento visual de levantamientos;
- b. las técnicas de la fase portadora RTK-DGPS permiten comprobaciones posicionales independientes, pero éstas se ejecutarán con receptores geodésicos en modo estático y en el campo de rango topográfico;
- c. para levantamientos de navegación críticos, las comprobaciones de posición siempre deberían hacerse con la embarcación lo más cerca posible de un punto de control de referencia.

4.1.6.6 Posicionamiento electrónico

Descripción general

Se han desarrollado una variedad de sistemas, la mayoría de los cuales se han hecho obsoletos desde que el GPS se hizo completamente operativo. Sin embargo, los conceptos básicos de operación detrás de los Sistemas de Posicionamiento Electrónico (EPS por sus siglas en inglés) basados en tierra y el posicionamiento de trilateración relacionado (incluido el GPS) no han cambiado significativamente.

Los sistemas de posicionamiento basado en tierra (o terrestre) usan las técnicas de trilateración y diferencia horaria para determinar una posición.

Sistema de Posicionamiento Electrónico (EPS)

En general, los EPS se clasifican de acuerdo a sus frecuencias de operación o el ancho de banda, vea la Tabla 7.2 del Apéndice 3 para el Capítulo 7, que determina el rango y la exactitud de operación, y de esa manera la aplicabilidad del sistema para un tipo de trabajo particular. En general, mientras más alta sea la frecuencia del sistema y más corta la longitud de onda, mayor será la posible exactitud alcanzable en la posición determinada, vea la Tabla 7.2 del Apéndice 3 para el Capítulo 7.

Sistema de Posicionamiento Electrónico de mediana frecuencia (RAYDIST/DECCA):

- a. los sistemas fueron descubiertos en la década de 1950 pero ya no se usan;
- b. los sistemas operaban por métodos de diferenciación tiempo/fase, lo que resulta en reticulados hiperbólicos o circulares (diferencias horarias);
- c. los sistemas requerían calibración repetida para resolver ambigüedades de toda la longitud de onda (corredor) y de un monitoreo continuo durante el transcurso del levantamiento para resolver deslices de ciclo o corredor, similares a los requerimientos de determinación de ambigüedad de número entero para los modernos DGPS;
- d. la calibración en el sitio era esencial para mantener la exactitud, pero en los levantamientos costa afuera muy lejanos la calibración regularmente era imposible;
- e. las técnicas de posicionamiento visual eran usadas para calibrar estos sistemas.

Sistemas de Posicionamiento Electrónico de Baja frecuencia (LORAN-C):

- a. el principal sistema de navegación marítima y aérea por más de 40 años;
- b. un sistema hiperbólico de diferencia horaria de baja frecuencia;
- c. idóneo sólo para la navegación general o los levantamientos de reconocimiento (Orden 3 cuando se calibraba);
- d. la calibración diaria en el sitio o cerca del lugar es crítica si se va a mantener cualquier apariencia de absoluta exactitud;
- e. la exactitud posicional absoluta es cerca de + 450 metros (+0.25 milla) en el mejor de los casos, sin calibración en el sitio.

EPS Rango-Rango

Estas microondas EPS (hiperbólicas o circulares) fueron introducidas en la década de 1970 y continuaron siendo el principal sistema de posicionamiento hasta mediados de la década de 1990, luego su utilización declinó cuando las técnicas diferenciales GPS se hicieron disponibles para áreas amplias. Hoy día la microondas EPS (Rango/Rango) aún se usa en esas áreas donde existe una pobre señal de cobertura GPS.

- a. Trilateración es el proceso ejecutado por la microondas EPS Rango/Rango cuando se determinan las coordenadas al hacer la intersección de las distancias medidas desde dos (o más) puntos de control en la costa:
 - i. Una Línea Circular de Posición (LCDP por sus siglas en inglés) está asociada con la distancia desde cada estación de costa;
 - ii. Cada par de LCDP genera dos puntos de intersección, que son generados cada lado de la línea de base de conexión entre dos puntos de estaciones de costa;
 - iii. Cada EPS usa su propio método para resolver esta ambigüedad, al orientarse a las coordenadas del punto de referencia inicial o al referirse a la posición calculada relacionada al acimut de la línea de base;
 - iv. Inicialmente las distancias EPS eran observadas y timoneadas visualmente, realizando el registro en bitácora de los datos manualmente en un libro de trabajo o libro de campo, con un manual de fijación en una hoja de trazado;
 - v. Los EPS modernos usan un sistema incorporado de adquisición de datos automatizado que registra en bitácora los rangos y computariza las posiciones relativas, y posteriormente envía estos datos a una unidad de pantalla de timonel y un trazado de ruta;
 - vi. Los EPS de hoy día, y también los sistemas GPS, transmiten los datos digitales crudos a una PC que opera un paquete adecuado de Proceso de Adquisición y Control, capaz de sincronizar la posición y el sondaje en los archivos de datos de la bitácora, mientras ejecuta un CC de posicionamiento tiempo real y rastrea la posición en varias ventanas seleccionadas en los monitores principales del timonel y el operador.

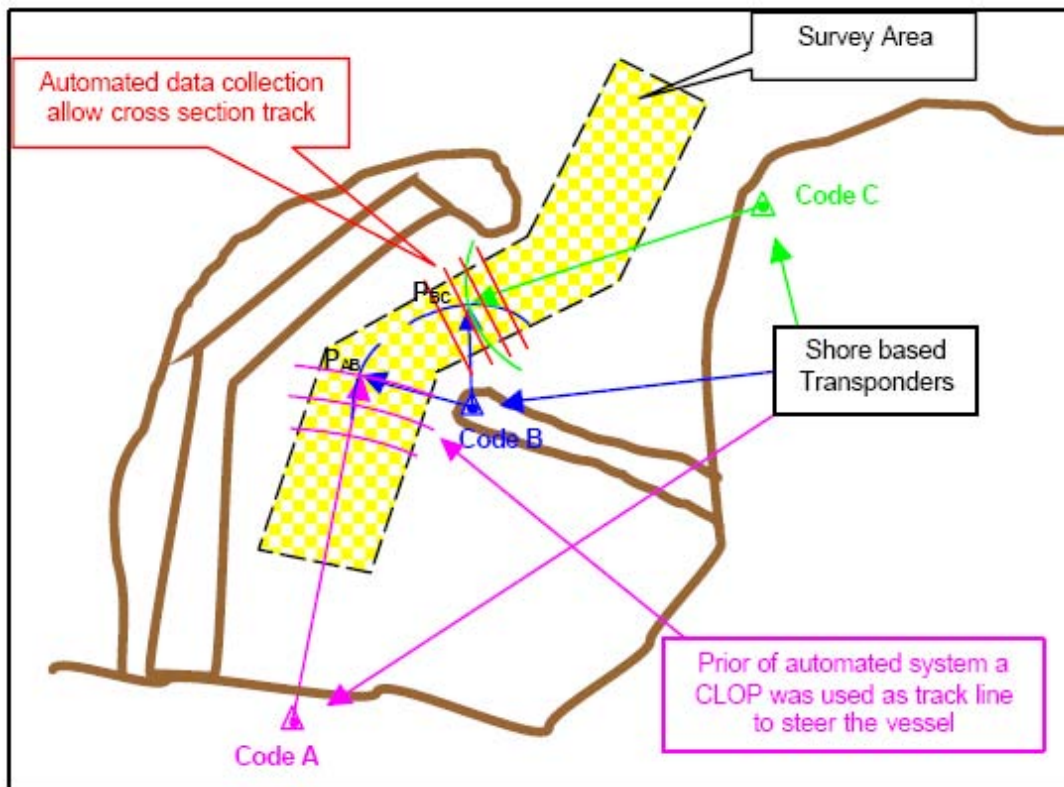


Fig. 7.7 "Intersección de Doble Rango"

- b. El rastreo constante del rango suministra una buena capacidad de respaldo si ocurre una falla en el sistema de posicionamiento y guía automatizado. Cuando no existen técnicas automatizadas disponibles, el buque sigue un LCDP:
 - i. Al mantener un rango constante desde una estación de referencia;
 - ii. Al fijar intercepciones de rango desde la otra estación de referencia;
 - iii. Al proceder a baja velocidad para producir una mejor exactitud en el posicionamiento y facilitar la tarea del timonel de seguir el patrón curvo del rango.
 - iv. Las líneas del levantamiento son circulares, no alineadas al sistema coordinado del proyecto y regularmente no es ortogonal a la batimetría principal.
- c. Rastreo automatizado rango-rango:
 - i. Las coordenadas de intersección de rango automáticamente se computan desde las coordenadas precisas de las estaciones en la costa;
 - ii. Las coordenadas del punto se transforman en relación al sistema de coordenadas de alineación del proyecto (estación-fuera de línea);
 - iii. Los indicadores de curso análogos/digitales o los indicadores de ruta izquierda-derecha reciben datos posicionales, lo que permite el rastreo de cualquier sección cruzada o rango fuera de línea;
 - iv. Los observadores toman manualmente los fijadores de posición desde un receptor o trazado de ruta, registrando las coordenadas en un libro de trabajo adecuado;
 - v. En cada posición, la profundidad se marca en el papel de rastro del ecosondaje análogo y el valor se anota en el libro de trabajo.

- vi. La correlación entre posición y sondaje será ejecutada durante la etapa de posprocesado;
- vii. Los datos de profundidad digitalizados están correlacionados en tiempo real con los datos posicionales en un sistema de software de adquisición de datos en intervalos regulares predeterminados.

Exactitud Rango-Rango

La exactitud de la intersección es una función de dos factores:

- a) La exactitud de rango de las distancias (o desviación estándar σ);
- b) El ángulo de la intersección que varía en relación a la línea de base, la exactitud posicional varía en la medida que la embarcación cambia su posición en el área de levantamiento.

Control de Calidad

Los principales criterios de control de calidad a ser considerados en la exactitud Microondas EPS son:

- a) α el ángulo de intersección tiene un efecto mayor en la determinación de la posición y debería estar entre 45 grados y 135 grados;
- b) σ no es constante con la distancia desde una estación en tierra y en general está en el orden de ± 3 m en vez de \pm m ó 2 m declarado por el fabricante para condiciones ideales o bien calibradas;
- c) la exactitud posicional promedio ($\sigma \pm 3$ m) puede variar desde 5 a 10 metros.

Posicionamiento de múltiple rango

Las técnicas de posicionamiento de múltiple rango (ej. Racal Micro Fix, Sercel Syledis, Mototola Falcon VI)

La posición se determina desde las coordenadas computadas de las intersecciones de tres o más círculos de rango observados simultáneamente.

Los LCDPs no se intersectan en el mismo punto porque cada rango contiene errores de observación:

- a) tres coordenadas diferentes resultan de tres rangos observados y seis coordenadas separadas resultan de cuatro rangos observados;
- b) un ajuste de las coordenadas da la posición final y normalmente se ejecuta en línea de cada ciclo de actualización, generalmente por una técnica de minimización de cuadrados mínimos o simplemente por el ángulo más fuerte de la intersección y no el promedio valorado de todas las coordenadas en intersección.

Los datos posicionales entonces se transforman en un sistema de proyecto específico coordinado como el descrito para un sistema de doble rango:

- a) El uso de múltiples rangos minimizarlas incertidumbres con la posición de la embarcación que se obtiene al ajustar esos rangos para un mejor acople; un análisis de exactitud en línea se completa al evaluar las intersecciones posicionales de LCDPs que contienen errores (ver Figura 7.8);

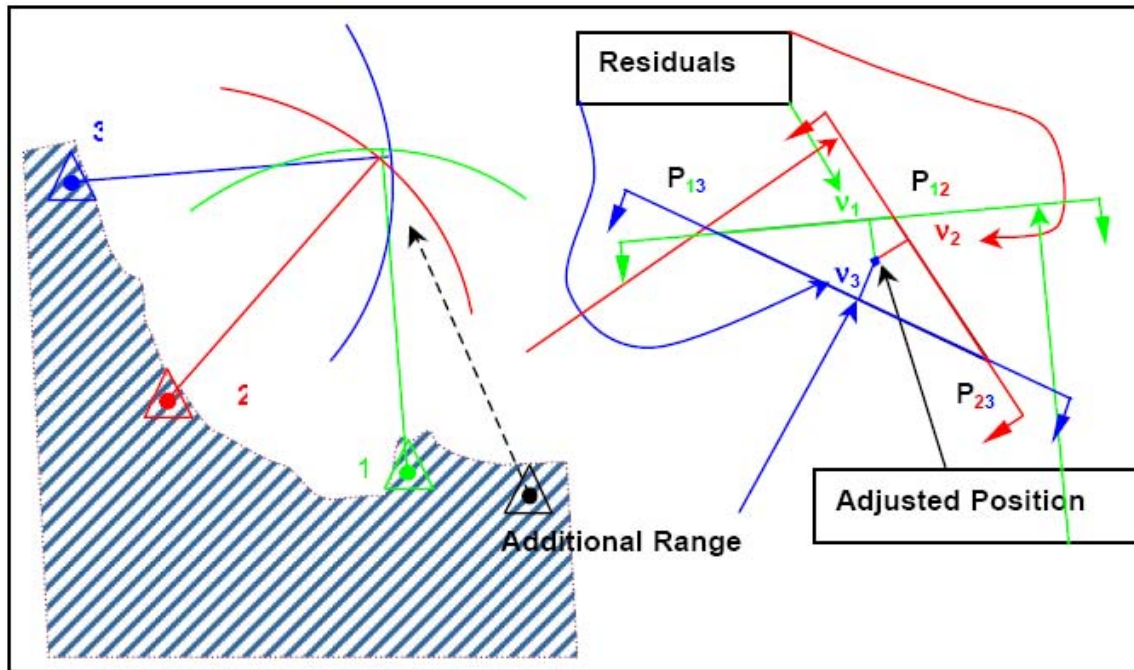


Fig. 7.8 “Intersección múltiple LCDP”

- b) Un análisis de la exactitud de la medida de rango puede obtenerse al computar los errores de rango residual (v) para cada posición (software automatizado, usando un tipo de ajuste de cuadrados mínimos, puede suministrar una estimación exacta del error posicional RMS en cada actualización de la posición);
- c) Los EPS automatizados dan una alarma cuando el RMS (Error Mediático Cuadrático) excedió los límites prescritos, asumiendo un error constante del estándar inicial dentro del área del levantamiento.

Calibraciones y control de calidad

El proceso de calibrar una microonda EPS se realiza a través de los siguientes pasos básicos:

- a) determinación independiente de la localización de la antena de la embarcación;
- b) la comparación de las diferencias entre las distancias de microondas observada y las distancias computadas desde un sistema de medición independiente (si se observan distancias directas);
- o
- c) comparación de las diferencias entre las coordenadas de microondas observadas y las computadas desde un sistema independiente;
- d) realizar una serie de calibraciones independientes (*Calibraciones repetidas*), la corrección al EPS, para ser aplicadas en la consola o almacenadas en un software de posición computarizada, se representa por la diferencia de la amplitud media.

Los sistemas y métodos usados para realizar una calibración independiente incluyen:

- a) Calibración EDM - series de lecturas de distancias EDM se comparan directamente con los rangos de microondas observados simultáneamente y luego se aplican las correcciones;

- b) Calibraciones de línea de base - el método más simple de calibración EPS, la embarcación de levantamiento se posiciona en un punto en la línea de base entre dos estaciones en tierra y la distancia computada se compara con los rangos combinados observados desde el sistema de microondas, las correcciones del rango son computadas y aplicadas. Este método debería repetirse en varios puntos en la línea de base y debería ejecutarse entre todos los pares de estaciones en tierra;
- c) Calibración de instrumentos de estaciones totales - las coordenadas observadas de un sistema de posicionamiento automatizado pueden compararse directamente con las coordenadas más exactas obtenidas de las mediciones EDM de una estación total;
- d) intersección de triangulación - el método más exacto de calibración de microondas se ejecuta en un ambiente dinámico. Se usan tres teodolitos para esta calibración de triangulación de alta exactitud, una serie de 5 a 10 mediciones, fijaciones de intersección, para el movimiento de la embarcación de levantamiento. Para cada serie de mediciones, las posiciones trianguladas se computan, se invierten y se convierten a unas distancias en rejillas las cuales se comparan contra los rangos de microondas observados simultáneamente. Una estimación de la validez de las estadísticas de la diferencia de amplitud media debe ser calculada como se explicó anteriormente;
- e) resección de sextante - este método es válido sólo cuando la geometría de resección es ideal, cerca de la línea costera y con un movimiento muy lento de la embarcación. Varios ángulos de resección simultáneos (5 a 10) y las correspondientes distancias de microondas EPS se observan con tres sextantes centrados cerca de la antena EPS para minimizar los errores excéntricos. La computación de resección debe ejecutarse usando un software adecuado que suministre una indicación de calidad de la resección en base a la geometría y a una estimación del error estándar de los ángulos observados, para juzgar si el aplicar una corrección media al rango es estadísticamente apropiado.
- f) Criterio general de CC para el EPS:
 - i. La calibración estática no estimula la condición dinámica del levantamiento;
 - ii. La calibración debe ejecutarse dentro o lo más cerca posible al área de levantamiento, para simular las condiciones reales dentro del área de proyecto;
 - iii. La exactitud del procedimiento de calibración independiente seguido debe ser mejor o al menos igual a la microondas EPS calibrada;
 - iv. Los efectos residuales de multitrayectos pueden reducirse pero no eliminarse con los procedimientos de calibración debido a la localización y orientación de la antena de la embarcación de levantamiento;
 - v. Las calibraciones de microondas EPS de pulso son válidas sólo para los sistemas particulares de mediciones de rango usados;
 - vi. Los sistemas de mediciones más exactos utilizados para calibrar los EPS también deben ser chequeados independientemente, o verificados, para prevenir disparates (GPS, estaciones totales, teodolitos, etc.);
 - vii. Los procedimientos de calibración deben ser consistentes durante el curso de un proyecto.

Algunos de estos criterios básicos, descritos para ejecutar calibraciones EPS, también se aplican a las técnicas de posicionamiento GPS.

4.1.6.7 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Descripción general

Desde la década de 1990 el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se ha convertido en un sistema estándar de posicionamiento y navegación mundial y ha reemplazado a casi todas las otras técnicas. Coberturas pobres de satélite GPS sólo ocurren en instancias aisladas en áreas relativamente pequeñas, en esos casos será necesario emplear los métodos terrestres tradicionales. Los sistemas diferenciales GPS permiten una cobertura mundial, no siempre requieren de un esfuerzo de selección y despliegue del sitio que se necesita para sistemas terrestres, sin embargo sí se requieren aún de cuidadosas calibraciones antes del levantamiento y validaciones post-levantamiento; las exactitudes ahora exceden a las utilizadas en otros sistemas de posicionamiento de levantamientos hidrográficos.

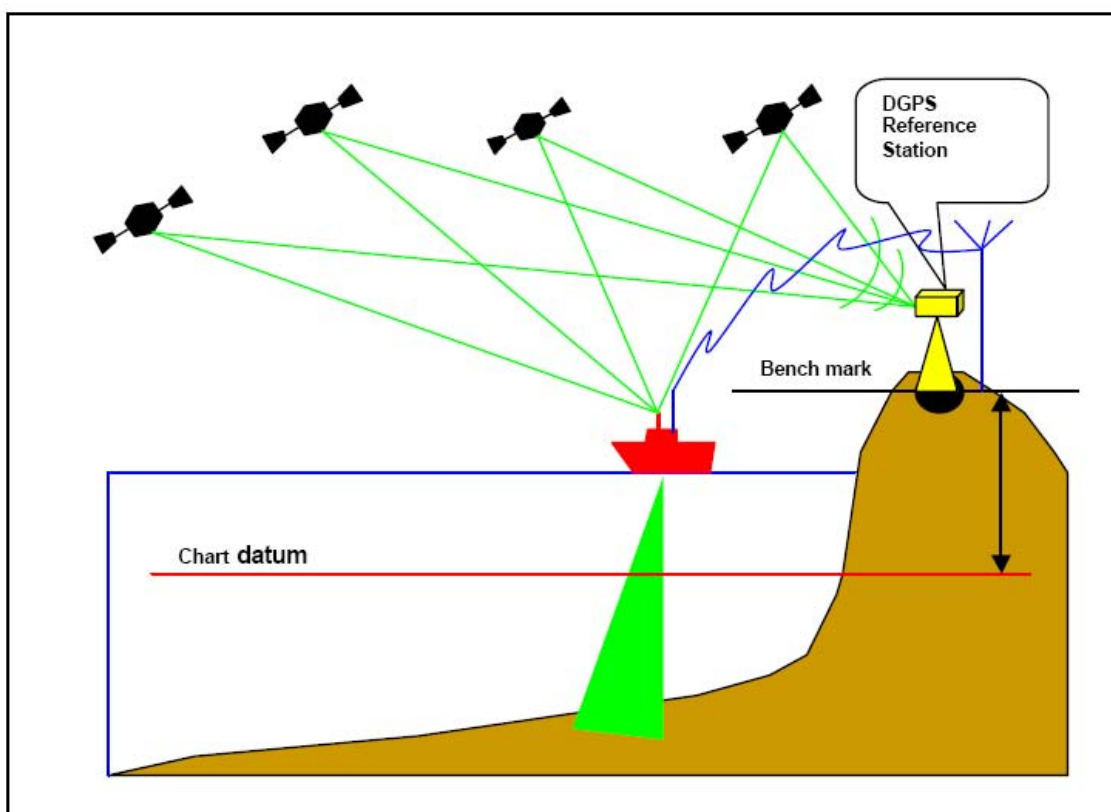


Fig. 7.9 "Posicionamiento diferencial de GPS de una embarcación de levantamiento hidrográfico"

El sistema consiste de dos servicios absolutos de posicionamiento, el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) y el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS);

- a) El SPS está disponible para los usuarios civiles, usando el código C/A en la portadora L1, que suministra exactitudes absolutas de 10-30 metros en el modo de posicionamiento absoluto;
- b) El PPS fue desarrollado por los militares de Estados Unidos y otros usuarios autorizados; utiliza el código P(Y) en las portadoras L1 y L2 suministrando una exactitud absoluta de 5-15 metros en el modo de posicionamiento absoluto.

Para muchas aplicaciones, este posicionamiento absoluto no suministra suficiente exactitud. El GPS diferencial (DGPS) es una técnica que puede proveer de posicionamiento relativo con una exactitud de unos pocos metros usando mediciones de código fase para unos pocos milímetros. El DGPS requiere de dos o más receptores GPS que estén registrando las mediciones simultáneamente y de un software de procesado para reducir o eliminar los "errores comunes". Con un sistema de referencia posicionado en un punto conocido de control del levantamiento, los datos del DGPS pueden ser usados para determinar las líneas de base entre las estaciones y establecer las posiciones de otros receptores dentro del mismo sistema de referencia. Los DGPS de fase de código y portadora, cuando operan en un modo diferencial, pueden ser rastreados en tiempo real para el posicionamiento de las plataformas móviles, los dragados, los botes de levantamiento y las embarcaciones (ver Figura 7.9) para proveer información en tiempo real de las exactitudes requeridas para el levantamiento hidrográfico y/o el posicionamiento del dragado.

Técnicas de rastreo (ver párrafo 6.1.4.1 del Capítulo 2)

Las fases de las técnicas de rastreo son:

- a) rastreo de fase portadora;
- b) rastreo de fase de código.

Exactitudes

Las exactitudes absolutas de las mediciones de rango o desviaciones estándar alcanzables con GPS dependen de:

- a) el tipo de código utilizado (C/A o P);
- b) un elipsoide de confianza de tres dimensiones (3-D) que describa las incertidumbres en las tres coordenadas geocéntricas, cuando se acopla con el GDOP (Dilución de Precisión Geométrica) de los satélites durante la determinación de la posición;
- c) el tiempo y ubicación de la geometría cambiante del satélite.

Las estadísticas nominales de exactitud para un usuario de GPS se definen por las técnicas de propagación de error. Las exactitudes de las mediciones de rango del usuario se refieren a las coordenadas geocéntricas, que pueden transformarse a un datum local, y a una matriz covariante 3-D, que define y evalúa las dimensiones (dirección o coordenadas) del elipsoide de error en el sistema de referencia.

Los métodos más usuales para describir errores de medición son los siguientes:

- a) Las exactitudes posicionales de GPS 2-D (horizontal) normalmente se estiman usando una estadística de error radial de Root Mean Square (RMS);
- b) Las mediciones de exactitud de GPS 3-D se expresan más comúnmente por el Spherical Error Probable, o SEP. Esta medida representa el radio de una esfera con un 50% de confianza o nivel de probabilidad y la medida radial del esferoide sólo se aproxima al elipsoide 3-D real, lo que representa las incertidumbres en el sistema geocéntrico de coordenadas;
- c) Para el posicionamiento horizontal 2-D, el **CEP** (Circular Error Probable) se usa comúnmente como la medida de error estadística o probable, representada por el radio de un círculo que contiene un 50% de probabilidad de confianza en la posición;

Comparaciones de exactitud

Es importante que las medidas de exactitud de GPS identifiquen claramente las estadísticas de las cuales se deriva. Una estadística de exactitud de “20 metros” ó “5 metros” no tiene importancia a menos que sea identificado como 1-D, 2-D ó 3-D, junto con un nivel de probabilidad aplicable. Adicionalmente, las exactitudes absolutas de puntos de posicionamiento GPS son definidas como relativas a un sistema/datum de coordenadas centradas en tierra. Este sistema de coordenadas diferirá significativamente de un datum de construcción o proyecto local. Las exactitudes GPS nominales también pueden ser publicadas como límites de diseño o tolerancia, y las exactitudes reales alcanzadas pueden diferir significativamente de estos valores.

Medidas de exactitud relativa

Los levantamientos hidrográficos ejecutados según los Estándares OHI/S-44 tienen que ver con la exactitud posicional mundial (símbolos) absoluta en un nivel de confianza de 95 %, pero normalmente los levantamientos de ingeniería, construcción y dragados tienen que ver con coordenadas de proyectos locales (X, Y, h), y con asegurar alta exactitud dentro del proyecto de construcción local. La medida de exactitud relativa se expresa típicamente en partes por millones (ppm) como una función de la distancia entre dos puntos o receptores y usualmente determinado en el nivel de error estándar de un sigma (ó 68% de desviación estándar).

Disolución de Precisión (DOP)

Los errores de GPS que resultan de la configuración geométrica del satélite pueden expresarse en términos de Dilución de Precisión (DOP), que es la fuerza geométrica de la configuración de los satélites observados durante la sesión de levantamiento. En términos matemáticos, la DOP es una cantidad escalar usada en una expresión de un ratio de la exactitud posicional (o la desviación estándar de una coordenada para la medición de exactitud). La DOP representa la contribución geométrica de un cierto factor escalar a la incertidumbre (esto es desviación estándar) de una medición GPS. En un posicionamiento 2-D (horizontal) esto se refiere al factor HDOP.

Datum de referencia

En los métodos generales de levantamiento diferencial se tiene que ver con las diferencias de coordenadas relacionadas y para propósitos de navegación debemos considerar variaciones dentro del sistema de referencia global usado por el GPS NAVSTAR. Así, las diferencias de coordenadas GPS o las transformaciones desde el Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS 84, por sus siglas en inglés) el sistema de referencia debe ser aplicado a cualquier tipo de datum de referencia local. En el continente norteamericano las coordenadas de WGS 84 son altamente consistentes con el Datum Norteamericano 83. El Marco de Referencia Terrestre Europeo (ETRF89, por sus siglas en inglés) es una realización del WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial) para el continente europeo. Cada país en Europa ha determinado su propia transformación para enlazar e ETRF al datum local.

Fuentes de error (ver párrafo 6.1.3 del Capítulo 2) y los requerimientos de calibración

La exactitud del GPS es una función de errores e interferencias en la señal del GPS y la técnica de procesado usada para reducir y remover esos errores. Similar a los sistemas de microondas rango-rango, las señales de GPS se ven altamente afectadas por la humedad y las multi-rutas; los errores adicionales son causados por los 20.000 kilómetros de distancia a través de las capas de la ionosfera y la troposfera. Se debería recordar que las señales de satélites pueden ser alteradas por razones de seguridad nacional estadounidenses para el uso de Anti Spoofing (AS). Las técnicas diferenciales cercanas a la estación de referencia pueden eliminar la mayoría de esos errores, sin embargo, mientras más remoto se opere de la estación de referencia, menos similares serán los errores recibidos por ambos receptores.

La operación DGPS no ha prescrito los requerimientos de calibración (revisar lista); a diferencia de los sistemas de microondas o R/A; los principales errores a chequear son:

- a) datum de proyecto incorrecto o datum de referencia geodésico;
- b) valores de coordenadas de estación master incorrectos;
- c) medida incorrecta de los valores de la altura de la antena;
- d) modo DGPS no seleccionado en la unidad;
- e) formato RTCM-104 input/output no seleccionado.

Métodos de posicionamiento

Los dos métodos operativos generales, usados para obtener posiciones GPS para control dinámico horizontal, tienen una variedad de aplicaciones para los levantamientos hidrográficos en el mar:

- a) posicionamiento de punto absoluto;
- b) posicionamiento relativo (DGPS)

En general, el posicionamiento de punto absoluto involucra sólo un receptor pasivo y no es lo suficientemente exacto para levantamientos precisos o los requerimientos hidrográficos de posicionamiento. Sin embargo, es el más ampliamente usado por los métodos de posicionamiento GPS militares (PPS) y comerciales (SPS). El posicionamiento relativo (diferencial) requiere de al menos dos receptores y puede suministrar las exactitudes requeridas para levantamientos terrestres básicos y posicionamiento costa afuera.

Posicionamiento de Punto Absoluto (Pseudo rango)

El receptor GPS genera una solución de navegación por pseudo rango, que mide una distancia aproximada entre la antena y el satélite para la correlación de un código transmitido por satélite y un código de referencia creado por el receptor. La distancia que ha viajado la señal es igual a la velocidad de la transmisión desde el satélite multiplicado por el tiempo transcurrido de transmisión. Los retrasos adicionales (errores), que pueden afectar la exactitud posicional, son causados por las condiciones de la troposfera y la ionosfera. Para crear una posición GPS 3-D, al menos se requieren de cuatro observaciones pseudo rango para resolver las desestabilizaciones constantes del reloj (t) contenidas tanto en los receptores en tierra como en el satélite.

La solución de cuatro ecuaciones de observación pseudo rango, que contienen cuatro desconocidos (X, Y, Z y t), da la solución para la posición 3-D de un punto (para una localización 2-D sólo se necesitan tres observaciones de pseudo rango), y depende altamente de las siguientes exactitudes:

- a) la exactitud de las coordenadas conocidas de cada satélite (ej. X, Y y Z_s);
- b) la exactitud de los retrasos atmosféricos modelados (d);
- c) la exactitud de la resolución del proceso real de medición de tiempo ejecutado en un receptor GPS (sincronización de reloj, procesado de señal, ruido de la señal, etc.);
- d) la exactitud de una posición absoluta del punto es una función de la exactitud de la medición de rango y la geometría de los satélites (DOP).

La Disolución de la Precisión (DOP) es una descripción de la contribución geométrica a la incertidumbre en una posición punto determinada de GPS y se relaciona aproximadamente a la orientación física de los satélites relacionados al receptor en tierra junto con la exactitud de medición del rango.

Solución estática - como con cualquier proceso de medición, las observaciones repetidas y redundantes del rango para los satélites en orientaciones variables mejorarán la exactitud y confiabilidad posicional general. En el modo estático con una antena GPS estacionaria, las mediciones de rango para cada satélite pueden ser continuamente medidas sobre las órbitas variables del o los

satélites. El alterar las órbitas de los satélites crea una geometría cambiante de la intersección posicional sobre la misma posición en tierra. Además, observaciones simultáneas del rango para varios satélites puede ajustarse usando técnicas de ponderación basadas en la fuerza de la intersección y la confiabilidad de la medición de pseudo rango.

Solución dinámica - En un modo dinámico donde la antena del GPS se está moviendo, las mediciones del rango para cada satélite son únicas debido a la alteración de las localizaciones orbitales del satélite (s). Las órbitas variables del satélite y la velocidad de la embarcación causan cambios en la geometría de la intersección posicional sobre la posición móvil de la antena de GPS.

El sistema de satélite NAVSTAR GPS ofrece dos niveles de exactitud absoluta de la posición:

- a) *Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS)*. El SPS es capaz de alcanzar una información posicional absoluta en 3-D en tiempo real en el orden de 10-30 m (95% de nivel de confianza en exactitud horizontal). El Departamento de Defensa de Estados Unidos ha implementado el Anti-Spoofing (AS), que intercambia el código P con un código clasificado Y, y de esa manera niega al usuario de SPS una exactitud de código P más alta;
- b) *Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS)*. Los usuarios no militares de PPS deben ser autorizados por el Departamento de Defensa estadounidense para tener un dispositivo de decodificación capaz de descifrar las señales GPS encriptadas. Esta autorización debe obtenerse de la Agencia de Seguridad Nacional (NSA). USACE es un usuario autorizado, sin embargo, el uso real del equipo tiene implicaciones de seguridad. Los usuarios de PPS pueden obtener una exactitud posicional 3-D absoluta en el orden de 16 metros SEP (ó 5-15 metros en nivel de confianza en exactitud horizontal).

Las acciones de seguridad del Departamento de Defensa de Estados Unidos no impactan significativamente a un usuario hidrográfico que opere en un modo de posicionamiento diferencial.

La posición absoluta (SPS/PPS) solo provee de exactitudes posicionales absolutas en tiempo real y no satisfará los requerimientos de levantamiento hidrográficos OHI/S-44 para la Orden Especial y la Orden 1. Sí tiene aplicaciones generales para la navegación y eventualmente reemplaza al LORAN-C y otros sistemas de navegación para barcos y aeronaves.

Posicionamiento diferencial de un punto (DGPS)

El posicionamiento diferencial es la técnica utilizada para posicionar un punto en relación a otro, y ambos reciben estaciones que simultáneamente observan los mismos satélites. En vista de que los errores en la posición satelital (X_s , Y_s y Z_s) y las estimaciones de retraso atmosférico son efectivamente las mismas, pueden ser ignoradas en gran medida. Este método puede ser ejecutado al usar mediciones de fase portadora o de código y puede suministrar resultados en tiempo real o post procesados.

- a) *Rastreo de Fase de Código DGPS*. La técnica consiste de dos receptores GPS, uno establecido sobre un punto conocido y uno moviéndose de punto a punto o colocado en una embarcación móvil de levantamiento, que mide los pseudorángos para al menos cuatro satélites comunes. En vista de que las posiciones de los satélites son conocidas y uno de los receptores está sobre un punto fijo conocido, se puede computar una “distancia conocida” para cada satélite observado. Esta “distancia conocida” puede entonces compararse contra la “distancia medida” (o pseudo rango) para obtener un Pseudo Range Correction (PRC), el cual es computado para cada satélite que es rastreado en el punto fijado. Cada PRC puede por tanto ser aplicado al receptor remoto o en movimiento para corregir las distancias medidas. El rastreo de la fase de código tiene aplicaciones primarias a los sistemas de posicionamiento en tiempo real con exactitudes a nivel de

metros. Es suficiente para el posicionamiento de un levantamiento hidrográfico que cumple con los requerimientos de OHI S-44 para los levantamientos de Orden 1, ya que el posicionamiento a nivel de metros es suficiente para la amplia mayoría de estos propósitos.

- b) Rastreo de Fase Portadora DGPS. Esta es la técnica de levantamiento GPS más precisa y las exactitudes posicionales relativas están en el orden de dos a cinco partes por millón (ppm) entre los dos receptores GPS (uno en el punto de referencia conocido y el otro en una ubicación desconocida o a bordo de una plataforma en movimiento). Los métodos de rastreo usan una formulación especial de pseudorangos utilizados en los sistemas de rastreo de fase de código descritas anteriormente, pero con un proceso más complejo cuando las señales portadoras son rastreadas. La longitud de onda corta (19 cm) necesita el sumar un factor de ambigüedad a la ecuación de solución para tomar en cuenta el número desconocido de todos los ciclos portadores sobre el pseudo rango. El rastreo de la fase portadora provee de una resolución de rango más exacta debido a la longitud de onda corta (19 cms) y la capacidad de un receptor de reducir la fase portadora a cerca de 2 mm., este método se le conoce como kinematic en tiempo real o RTK y ofrece exactitudes posicionales en 3-D a unos pocos centímetros sobre rangos de hasta aproximadamente 20 kilómetros. Se aplica a los posicionamientos de levantamientos hidrográficos y cumple con los requerimientos S-44 de la OHI para los levantamientos de Orden Especial y pueden emplearse con receptores estáticos o kinemáticos.
- c) Ventaja de la fase de código (DGPS) sobre la fase portadora (RTK):
- i. Las longitudes de onda son mucho más largas que las longitudes de onda portadora, lo que elimina el problema de la ambigüedad.
- d) Desventajas de la fase de código (DGPS) sobre la fase portadora (RTK):
- i. Las longitudes de onda más largas disminuyen la exactitud del sistema;
 - ii. Las longitudes de onda más largas se ven más afectadas por las múltiples trayectorias de las señales.

Sistema de posicionamiento DGPS dinámico en tiempo real (Fase de código)

El sistema en general incluye:

- a. Equipamiento de estación de referencia (maestro);
- b. Enlaces de comunicaciones;
- c. Equipos de estaciones exploradoras (usuario remoto).

Estos son varios de los servicios DGPS que proveen correcciones de pseudorangos en tiempo real:

- a. Servicios de navegación de radiofaro (Sistema Beacon IALA);
- b. Servicios comerciales de suscripción de satélites;
- c. Servicios de redes comerciales DGPS basados en tierra (enlaces telefónicos o de teléfonos móviles);
- d. Sistemas locales de DGPS.

Los sistemas locales de DGPS normalmente son instalados o usados por la agencia responsable de un levantamiento donde otros servicios no proveen de cobertura o una exactitud lo suficientemente buena para cumplir con los requerimientos del levantamiento.

Estación de referencia

Los receptores de referencia consisten de un receptor GPS, antena y procesador que:

- a. Se colocan en una estación de coordenadas conocida con una visión del cielo sin obstrucción desde al menos 10 grados por encima del horizonte;
- b. La antena GPS debe ser erigida sin objetos que probablemente causen múltiples trayectorias o interferencias (evite áreas con antenas, torres microondas, líneas eléctricas y superficies reflectoras);
- c. Mida el tiempo y la información de rango transmitida por los satélites;
- d. Compute y formatee, cada 1 a 3 segundos, las correcciones de pseudorángos (PRC) y luego transmita, a través del enlace de comunicaciones, al equipo del operador en la embarcación costa afuera; el formato recomendado de datos es el propuesto por el Comité Especial 104 v 2.0 de la Comisión Radio Técnica para Servicios Marítimos (RTCM por sus siglas en inglés);
- e. Realice funciones de CC y determine la validez y calidad de las PRCs computadas.

Enlaces de comunicaciones

- a. Los enlaces de comunicaciones se usan como un medio de transferir las correcciones diferenciales, el tipo es dependiente de los requerimientos del usuario y el ritmo mínimo de transmisión debería ser de 200 bits por segundo (bps);
- b. Los enlaces de comunicaciones que operan en Very High Frequency (VHF), Ultra High Frequency (UHF) y High Frequency (HF) son sistemas viables para la transmisión de correcciones DGPS, con rangos que se extienden desde 20 a 50 kms (VHF/UHF) y hasta 200 kms (HF), dependiendo de las condiciones locales de propagación y la elevación del sitio. Las desventajas de los enlaces UHF y VHF son que su rango se restringe a la línea de visión y los efectos de la señal se oscurecen desde las islas, las estructuras y edificios, las múltiples trayectorias y los problemas de licencia;
- c. Los enlaces de comunicaciones requieren de una frecuencia reservada de operaciones para evitar interferencias con otras actividades en el área, todas las frecuencias necesitan autorización para su uso dentro de cada área geográfica de responsabilidad de los países;
- d. Varias compañías ofrecen suscripciones para comunicaciones de satélites, sistemas de comunicaciones telefónicas o de telefonía móvil, capaces de ser usadas para la transmisión de PRCs;
- e. Los sistemas de comunicaciones telefónicos y de satélite son menos limitados en rango que los sistemas UHF/VHF, pero usualmente son más costosos.

Equipo del usuario

Al usar la tecnología de pseudo rango diferencial, la posición de una nave de levantamiento puede calcularse en relación a la estación de referencia con un receptor (el equipo del usuario) que consiste de un rastreador de fase de código DGPS, una antena y un procesador que:

- a. Debería ser un receptor multicanal de una sola frecuencia (L1) de GPS de código C/A;
- b. Sea capaz de recibir las correcciones diferenciales desde el enlace de comunicaciones en el formato SC-104 V 2.0 RTCM y luego aplicar esas correcciones a los pseudorángos medidos;
- c. El ritmo de actualización del receptor sea de 1 a 3 segundos;

- d. La salida desde el receptor explorador sea en el formato NMEA-183 como el formato más ampliamente usado para a entrada en los paquetes de software del levantamiento hidrográfico;
- e. El equipo sea capaz de mantener tolerancias posicionales para los levantamientos en velocidad de hasta 10 nudos;
- f. Los receptores no distorsionen la posición durante las vueltas de la embarcación debido a un exceso de filtro.

Distancias de separación

- a. Las correcciones diferenciales de la troposfera y la ionosfera no se aplican a las soluciones internas de la mayoría de los receptores GPS y esos errores contribuyen a errores de posición horizontal en promedio de 0,7 m por cada 100 kilómetros;
- b. El tipo de enlace de datos en uso serán un factor limitante en la distancia de separación entre la estación de referencia y el receptor móvil, la estación de referencia necesitaría ser trasladada desde un punto a otro para que así se mantengan los requerimientos mínimos de separación.

Geometría de satélite

La Dilución Horizontal de la Posición (HDOP) es el componente geométrico crítico para que:

- a. En la Orden 1 y 2 se levante HDOP <5;
- b. La constelación de satélites GPS 24 Block II mantenga un HDOP de aproximadamente 2 a 3 la mayoría del tiempo.

Otros servicios DGPS (Servicio de Navegación de Radiofaro y Comercial WAAS)

Servicio de Navegación de Radiofaro

La función principal del Servicio de Navegación de Radiofaro es el proveer de ayuda a la navegación en aguas navegables cubiertas por el servicio; el objetivo es sustituir los sistemas Loran-C y Omega, los cuales fueron usados como los principales sistemas de navegación para la navegación marina costa afuera, con cobertura completa desde GPS para un posicionamiento más exacto. Muchos países han pedido sistemas de posicionamiento en tiempo real para sus áreas costeras, ríos y regiones lacustre, utilizando tecnología de radiobaliza marina y DGPS. Existe un deseo de otros gobiernos marítimos de expandir la cobertura a todas las vías navegables costa afuera y eventualmente tener una cobertura mundial total.

- a) Establecimiento y configuración del sistema:
 - i. Radiofaro GPS:
 - Receptores de estación de referencia geodésica N. 2 GPS L1/L2 con antenas geodésicas independientes para proveer de redundancia y un transmisor radiofaro marino con antena de transmisión;
 - Receptores de N.2 combinado L1 GPS/Modulation Shift Key usados como monitores integrados, cada uno utiliza una antena GPS independiente y una antena de cuadro pasiva cerca del campo MSK.
- b) Ubicación del sitio :
 - i. La ubicación de las antenas GPS de las estaciones de referencia son puntos de control geodésico conocidos basados en la ITRF [ej: ETRF (siglas en inglés del Marco de Referencia Terrestre Europeo), datum para Europa y el NAD 83 (Datum Norteamericano 1983) para EEUU y Canadá] ;

- ii. Las correcciones de pseudo rango código GPS C/A son computadas y transmitidas vía radiofaro marino;
 - iii. El sistema a bordo del barco del usuario consiste de un receptor de radiofaro marino y un receptor GPS (o un receptor integrado GPS/Radiofaro) con la capacidad de aceptar y aplicar correcciones de pseudo rango, con exactitudes de menos de 5 m que se alcanza dependiendo del tipo y calidad del receptor de GPS del usuario, la distancia desde la estación de referencia y la geometría satelital.
- c) Transmisión de datos (tipos de datos):
- i. Las correcciones y otras informaciones son transmitidas usando el mensaje Tipo del formato de datos versión 2.1 del Comité Especial 104 de la Comisión Radio Técnica para Servicios Marítimos (RTCM SC-104);
 - ii. Descripciones más detalladas de estos tipos de mensajes se explican en el Estándar de Transmisión disponible para el Servicio de Navegación de Radiofaro para cada país;
 - iii. Las correcciones son generadas para un máximo de nueve satélites rastreados por el receptor GPS de la estación de referencia en un ángulo mínimo de elevación de 7,5 grados por encima del horizonte; si se observan más de nueve satélites por encima de 7,5 grados, las correcciones están basadas en los nueve satélites con los ángulos de elevación más altos;
 - iv. Los satélites por debajo de la elevación de 7,5 grados se ensombrecen debido a su susceptibilidad a las multitrayectorias y decorrelaciones espaciales;
 - v. Las correcciones normalmente se transmiten en un ritmo de 100 a 200 (baudio);
 - vi. Las correcciones pueden ser consideradas válidas por un período de 15 segundos desde la generación;
 - vii. El usar correcciones de más de 30 segundos de antigüedad, particularmente para el posicionamiento de una plataforma en movimiento, puede causar picos.
- d. Disponibilidad y confiabilidad del sistema:
- i. El sistema mantiene una disponibilidad de transmisión que excede el 99,7%, en áreas de cobertura diseñada, al asumir una constelación GPS completa y buena;
 - ii. La disponibilidad de la señal, en la mayoría de las áreas, será más alta debido a una sobre posición de estaciones de transmisión;
 - iii. Cada sitio está equipado con dos monitores integrados (ej. Un receptor GPS con un radiofaro MSK) que están montados sobre posiciones conocidas, que reciben las correcciones de pseudo rango desde ese sitio y computan una posición que se compara a la ubicación conocida para determinar si las correcciones están dentro de la tolerancia prevista;
 - iv. Las posiciones corregidas calculadas por los monitores integrados se envían a través de líneas telefónicas a las estaciones de monitoreo de control, que notifican a los usuarios vía el tipo de mensaje 16 de cualquier problema con un sitio de radiofaro dentro de 10 segundos de una condición fuera de tolerancia.
- e. Cobertura:
- i. Se puede hallar un mapa actualizado de cobertura en el sitio de Internet del Servicio de Navegación de radiofaro de cada país participante, bajo la sección DGPS.
- f. Requerimientos y equipos del usuario:
- i. Para recibir y aplicar las correcciones de pseudo rango generadas por la estación de referencia, el usuario necesita tener un receptor de Radiofaro MSK con una antena y, como mínimo, un receptor GPS código L1 C/A con una antena, o una combinación de receptor GPS y radiofaro MSK con una antena combinada MSK y GPS, la cual es una opción más costosa.

El receptor MSK desmodula la señal desde la estación de referencia y generalmente seleccionará en forma automática la estación de referencia con la señal más fuerte para rastrear o permitirá al usuario para seleccionar una estación de referencia específica. Ya que la estación de referencia genera correcciones sólo para satélites por encima de una elevación de 7,5 grados, los satélites observados por el receptor GPS del usuario por debajo de una elevación de 7,5 grados no serán corregidos.

- g. Chequeos y calibraciones de tolerancia de posición CC:
- i. Los sistemas más precisos de aumento DGPS son capaces de proveer exactitudes submetro a distancias razonables desde la estación de referencia más cercana, sin embargo, en errores de descorrelación espacial en distancias crecientes (debido a condiciones diferentes ionosfera/troposfera) se pueden inducir distorsiones posicionales sistemáticas;
 - ii. En general, bajo condiciones atmosféricas nominales, se puede alcanzar una exactitud posicional de menos de 5 m RMS (95%) en distancias hacia arriba de 200 millas;
 - iii. Para confirmar que la exactitud posicional es mejor de 5 m de tolerancia, se debería obtener un chequeo de posición estática al ocupar un punto de levantamiento conocido cerca del área del proyecto;
 - iv. Cuando se opere con el Servicio de Navegación de Radiofaro, las posiciones estáticas deberían observarse desde diferentes estaciones de referencia de radiofaro para asegurar si existen distorsiones posicionales sistemáticas, en la práctica la baliza más cercana normalmente tendrá distorsiones mínimas;
 - v. Cuando ocurran distorsiones posicionales ambiguas o grandes en un área del proyecto, será necesario establecer una red local DGPS (de código o portadora RTK) para observar las diferentes posiciones de la baliza en una comparación estática;
 - vi. Se debería realizar un proceso similar cuando se usen Sistemas Comerciales de Aumento de Áreas Amplias DGPS (WAAS, GLONAS, EGNOS, GALILEO, MSAS, etc.).

DGPS RTK Dinámico en tiempo real (Fase portadora)

General

La fase portadora DGPS es capaz de rendir una exactitud decímetro en una embarcación en movimiento dentro del área geográfica (20 kms.), tanto horizontal como verticalmente. Esta tecnología, conocida como “En el vuelo”, puede proveer elevaciones en tiempo real de embarcaciones de levantamiento.

Las actuales técnicas Kinemáticas permiten que las ambigüedades sean resueltas mientras el receptor está en movimiento y provee exactitudes en el rango desde 2 a 5 cms. Este método de posicionamiento de fase portadora se refiere comúnmente a un levantamiento RTK o kinemático en tiempo real.

Un sistema de posicionamiento DGPS kinemático en tiempo real (RTK) está basado en la tecnología de fase portadora DGPS similar a las técnicas Kinemáticas actualmente usadas para levantamientos geodésicos estáticos GPS donde se alcanzan exactitudes a nivel milimétrico. Los procedimientos RTK permiten el movimiento de un receptor GPS después que la ambigüedad entera (ej. Números completos de longitud de ondas) entre los satélites y los receptores ha sido resuelta, como se subrayó en el Capítulo 2.

Elevaciones de exactitud en tiempo real (y las profundidades relacionadas al alto de la antena GPS) pueden obtenerse directamente sin observar los datos de medición de las mareas, si se usan adecuados sensores de compensación de movimiento y se han emprendido modelos de proyecciones de datum de mareas. (Ver Figura 7.10)

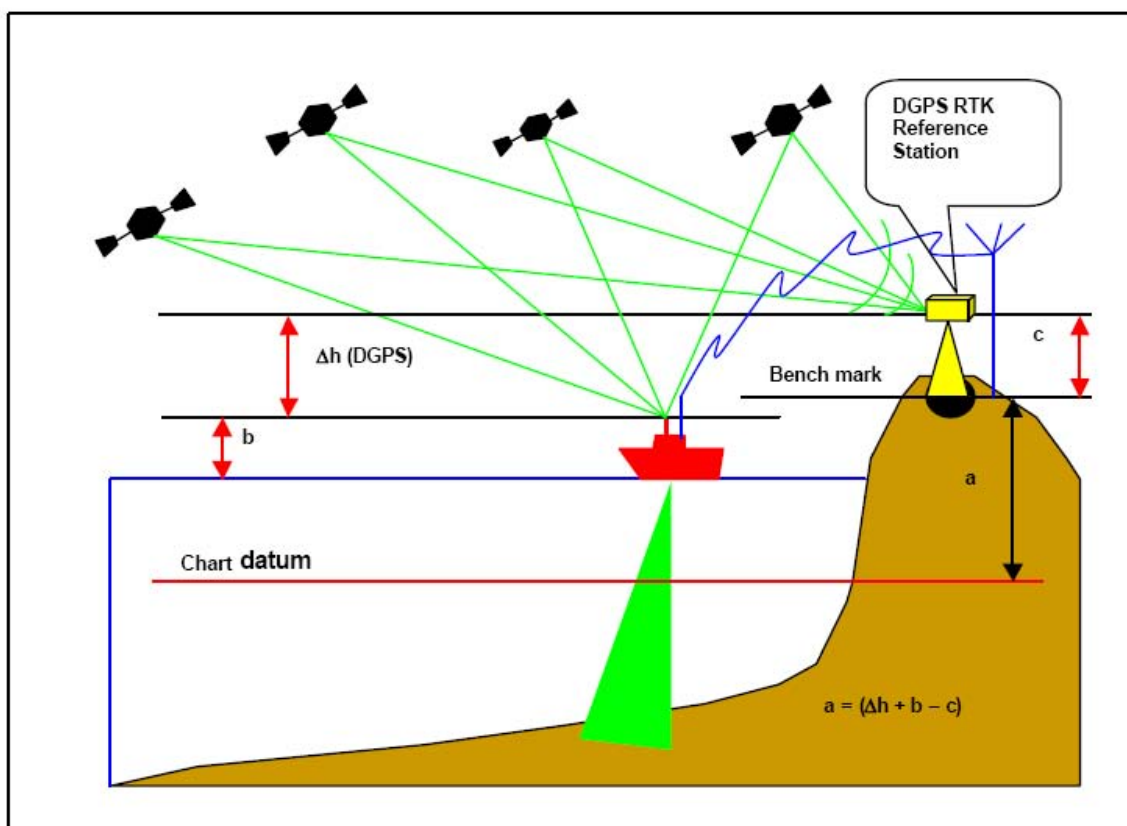


Fig. 7.10 “Principios de la determinación de la elevación GDPS Kinemático en Tiempo Real”

Si las elevaciones son obtenidas a través de la utilización de técnicas RTK DGPS, los modelos geoidal-elipsoidal y los procedimientos de modelación de mareas son mandatorios y deberían realizarse antes de que los levantamientos RTK puedan ser conducidos.

Estación de referencia

El sistema de posicionamiento de la fase portadora es muy similar a la tecnología actual de rastreo de fase de código. Una estación de referencia GPS en la costa se localiza sobre una marca de levantamiento conocida atada a un marco de referencia geodésica local horizontal/vertical; sin embargo, la estación de referencia debe ser capaz de recolectar tanto datos de fase portadora como geodésica desde los satélites GPS y consistirá de:

- Un receptor de código fase de frecuencia dual capaz de una longitud de onda completa L1/L2 con técnica de correlación cruzada durante períodos de rastreo de encriptación código P;
- Un receptor explorador GPS con su antena y cables asociados, un procesador de alta velocidad y enlaces de comunicaciones capaces de, al menos, un ritmo de actualización de 1 segundo;
- La ubicación será la misma que la del sistema de rastreo fase de código DGPS;
- El procesador computará las correcciones de pseudo rango y fase portadora y formateará los datos para los enlaces de comunicaciones;
- Las correcciones serán formateadas en el formato RTCM SC-104 v.2.1 (CMR) para la transmisión al receptor explorador.

Enlace de comunicaciones

- a. El sistema de posicionamiento de fase portadora requiere un ritmo mínimo de datos de 4800 baudios y difiere en el volumen de los datos que tienen que ser transmitidos desde el sistema de rastreo de fase de código DGPS, que requiere un ritmo de 300 baudios;
- b. Esta alta tasa de datos limita el área de cobertura para los sistemas de transmisión a alta frecuencia;
- c. Los sistemas de comunicaciones de frecuencia VHF y UHF son adecuados para este ritmo de datos.

Equipo del usuario

El equipo del usuario en la embarcación de levantamiento es:

- a. Un receptor GPS de fase de código de longitud de onda completa L1/L2 de frecuencia dual con un procesador incorporado capaz de resolver las ambigüedades enteras mientras la embarcación está en camino;
- b. Una antena geodésica asociada de GPS, que reduce los efectos de multitrayectorias en la señal de GPS;
- c. Un enlace de comunicaciones para recibir los datos desde la estación de referencia;
- d. El ritmo mínimo de actualización desde la estación de referencia a la (s) embarcación (es) debería ser de 1 segundo;
- e. La posición output de los datos de la fase portadora (NMEA 183) de DGPS debería permitir la actuación de navegación y registro en tiempo real de la verdadera posición del barco que se necesita para el procesado del levantamiento.

Los sistemas RTK no están diseñados para ser usados para levantamientos más allá de 20 kilómetros desde la estación de referencia.

Resolución de ambigüedades

- a. Si el sistema permanece en el modo RTK, el posicionamiento subdecimetro 3D en tiempo real debería estar disponible desde el receptor explorador;
- b. Los receptores de la estación de referencia y de la estación remota deben mantenerse cerrados (datos GPS continuos) en al menos cuatro satélites;
- c. Si el número cae por debajo de cuatro satélites, las ambigüedades serán resueltas de nuevo después de que el sistema readquiera el cerrar una cantidad suficiente de satélites, el sistema trabajará en modo DGPS o modo Autónomo durante este período.

4.2 Control vertical y calibración

4.2.1 Descripción general

El datum al cual serán reducidas las profundidades es fundamental para cualquier levantamiento batimétrico y las Especificaciones Hidrográficas contendrán detalles completos de cómo se establecerá esto junto con los detalles de los pilares de nivelación. Si el datum no está definido, la carta del geoides debería ser usada si es posible.

La necesidad de establecer ya sea un nuevo datum o transferir el datum se debe considerar cuidadosamente, cualquier datum nuevo o transferido debe estar relacionado al datum del levantamiento local a través de pilares nuevos o existentes, de los cuales se deberían registrar detalles completos y presentarlos a la Oficina Hidrográfica. Se requiere de especial cuidado a los levantamientos en ríos y estuarios de ríos; la guía está disponible en el volumen 2 del Admiralty Tidal Handbook.

Al usar los datos suministrados con las Especificaciones Hidrográficas, se debería determinar la ubicación de las estaciones de mareas. Si se conduce un levantamiento, la estación de mareas debe establecerse en la posición de la antigua estación, si es posible. Si se requieren de múltiples estaciones la distancia entre ellas no debería ser demasiado grande y en cualquier caso, no mayor de 10 millas. Las Especificaciones Hidrográficas proveerán las directrices en el lugar de las mediciones costa afuera.

Los datos para asistir en la creación de una carta de co-mareas serán incluidos en las Especificaciones Hidrográficas. Las cartas de co-mareas y co-rangos deberían producirse como está descrito en el Capítulo 5.

La escala mereométrica y mareógrafos precalibrados deberían establecerse en las ubicaciones deseadas. La escala mereométrica deberían estar conectados al datum de sondaje a través del sistemas de nivelación terrestre y las marcas testigo instaladas como medios futuros de rápidos chequeos visuales de la integridad de la escala. Si no hay pilares de nivelación disponibles, por la razón que sea, se deben establecer al menos dos nuevas marcas y sus detalles deben ser completamente registrados.

Se deberían tomar más de 25 horas de comparaciones de lecturas de mareógrafos y de escala mereométrica para establecer el datum de sondaje en la medición y para asegurar su correcta operación. Se deberían realizar chequeos posteriores en intervalos regulares durante el levantamiento.

Se debe conducir un cálculo del Nivel Medio del Mar (NMM) usando 39 horas de observación en el comienzo y el final del levantamiento. Debido a las influencias atmosféricas y climáticas diarias, los resultados deberían estar dentro de 0,3 metros de NMM citado en las Tablas de Mareas, que proveerá confianza adicional en los datos de mareas observados.

Cuando se usa una medición establecida, la configuración siempre debe chequearse independientemente para asegurar que el cero corresponde a la cifra indicada.

Los datos de mareas observados deben ser inspeccionados cada día para asegurar que las observaciones cumplen los estándares de las Especificaciones Hidrográficas. Se debería obtener, cuando sea posible, lecturas continuas de mareas para toda la duración del levantamiento. Donde no se obtengan lecturas continuas, se debe tomar especial cuidado en el período de inicio y final de cada levantamiento con las diferencias horarias de co-mareas, para asegurar que los datos de mareas cubiertos cubren las operaciones de sondaje.

4.2.2 Modelado de mareas para levantamientos RTK

El área de levantamiento debe tener detalles de datum de mareas apropiado para cumplir con los requerimientos del proyecto a ser desarrollado. La razón para establecer un datum de mareas en el área de levantamiento es para actualizar el conocimiento del Datum MLLW (o Carta) y para permitir los beneficios de la tecnología DGPS RTK a ser llevada a cabo al realizar el levantamiento sin usar las mediciones de mareas.

Los principales requerimientos son:

- a. Realizar levantamientos estáticos GPS de áreas amplias en la zona seleccionada;
- b. Instalar suficientes mareógrafos en el área para obtener detalles del datum de mareas en esos sitios de medición computados en forma de largos períodos de datos de observación;
- c. Realizar mediciones GPS de mareas en el área de levantamiento al mismo tiempo para obtener un conjunto de datos comparables de mediciones GPS de agua contra las mediciones convencionales de mareógrafos;

- d. Anclar una embarcación de levantamiento que se adecue a un Receptor Explorador RTK para períodos de 25 horas en ubicaciones suficientes para generar puntos intermedios de datum dentro del área, y así permitir la correlación entre los métodos mareógrafos convencionales y el método de datum de mareas de GPS, y para chequear cualquier cambio en las alturas elipsoidales entre las estaciones RTK y los sitios de medición sobre un ciclo completo de mareas de 28 días;
- e. Usar una configuración de software adecuada en el paquete de levantamiento hidrográfico el cual tiene en cuenta los valores de separación elipsoide para MLLW a ser usados para computar las medidas de altura de mareas desde la línea de flotación de la embarcación de levantamiento.

Toda el área de proyecto debe estar relacionada a las mediciones de mareas desde el mareógrafo principal más cercano usado para medir el Mean Lower Low Water (altura media de las mayores bajamares) para el área, también se necesita una referencia para incorporar las mediciones de datum de mareas realizadas en el área de levantamiento. El marco de referencia elipsoide de GPS y el datum vertical local deben ser usados en toda el área de levantamiento.

Diagramas de Datum de Mareas

Se pueden hacer dos datos de mareas diferentes:

- a. Una relación tradicional de mareas para el área está representada por la altura media de las mayores bajamares de la superficie de mareas relacionada al datum vertical, el cual debe suministrar la referencia MLLW con una tolerancia aceptable (estándar S-44) y teóricamente debería estar paralelo a la superficie de referencia geodésica en ausencia de corrientes;
- b. Un diagrama elipsoidal de datum de mareas para el área está representada por el MLLW de superficie de mareas de GPS Kinematic obtenido desde los valores de altura elipsoidal.

Los valores de Superficie de Altura Elipsoide y la estación de referencia GPS usadas para medir la separación elipsoide-MLLW permite a los levantamientos hidrográficos GPS Kinematic ser conducidos sin la utilización de mareógrafos.

Ubicación de la Estación de Referencia GPS

Se debe establecer una estación de referencia GPS (Figura 7.11) permanente cerca de la línea de costa para los levantamientos hidrográficos en bahías y áreas relacionadas de entradas de canales. Una antena de altura h_1 en metros (negativo) debería introducirse en el receptor GPS durante los levantamientos hidrográficos GPS. Si la antena de la estación de referencia GPS se mueve, el valor es inválido. Si la antena debe moverse, la diferencia vertical ΔH entre el fondo de la antena y la marca de referencia debe ser remedida y confirmar que la marca está por debajo del elipsoide (la altura del elipsoide h_2 en metros). Se deben realizar nivelaciones desde la marca a través de la antigua y la nueva ubicación de la antena.

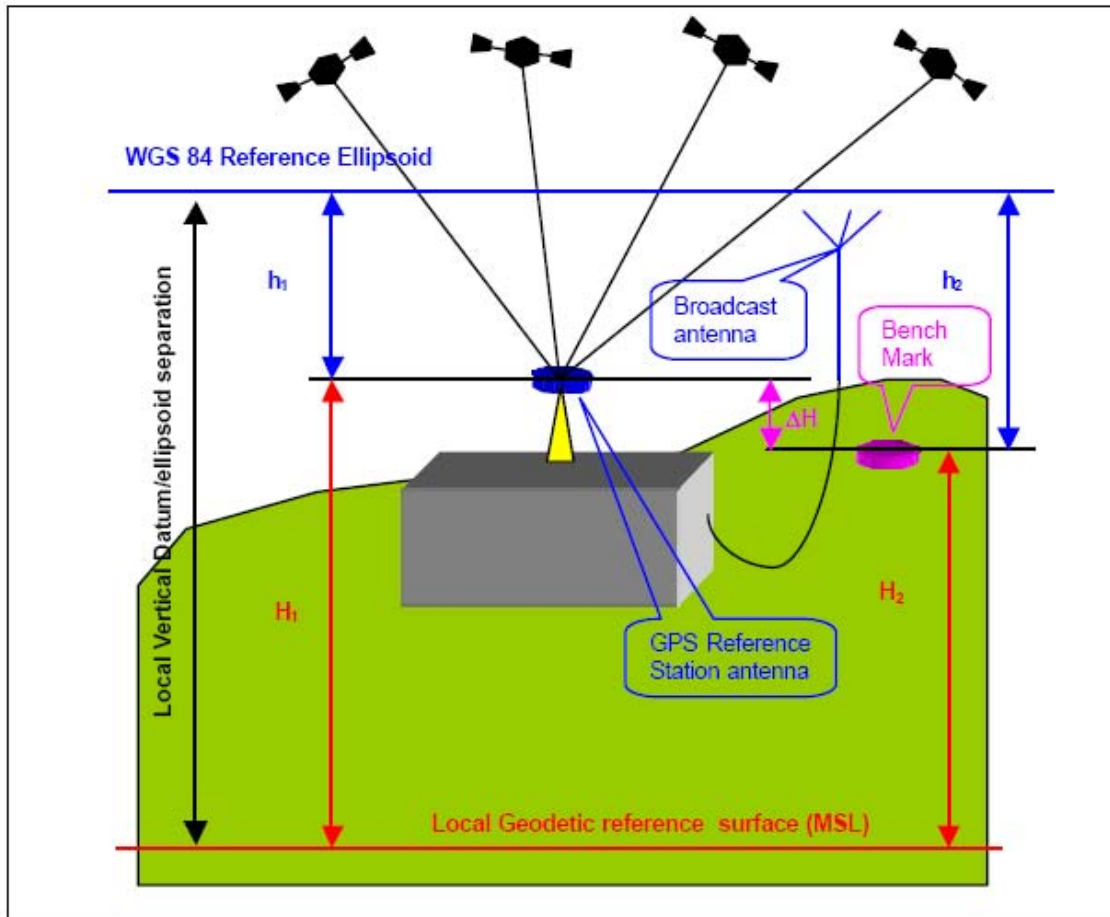


Fig. 7.11 “Parámetros de la estación de referencia RTK DGPS”

- h_1 = altura elipsoide de la antena GPS por debajo de la superficie Elipsoide WGS 84
 h_2 = altura elipsoide de la marca por debajo de la superficie Elipsoide WGS 84
 H_1 = altura ortométrica de la antena GPS por encima de la superficie de referencia Geodésica Local (VD)
 H_2 = altura ortométrica de la marca de la superficie de referencia Geodésica Local (VD)
 ΔH = diferencia vertical entre el fondo de la antena GPS y la marca de referencia medida por nivelación geométrica

Exactitud de Elevación resultante RTK DGPS

La exactitud absoluta de proyección resultante se estima sea menos de 10 cms. La exactitud absoluta se refiere al MLLW relativa al datum vertical de referencia Geodésica Local. Se debería intentar un modelo de proyecto local de la separación elipsoide-geoide para el estudio. Se debería usar un programa informático adecuado para introducir las posiciones horizontales levantadas para computar las separaciones de referencia Geodésica Local/elipsoide WGS 84.

Mediciones Real Time Kinematic en el mar

La medición fase cero de la antena GPS bajo la línea de flotación de la embarcación es la medición vertical más importante en el barco de levantamiento. En una condición estática, la medición, es como se muestra en la Figura 7.12. El movimiento del barco a través del agua cambiará estas cifras, sin embargo el asentamiento de la embarcación no está introducido como una corrección en el sistema del levantamiento ya que la profundidad transductor está reducida por la misma cantidad que la altura de la antena está reducida.

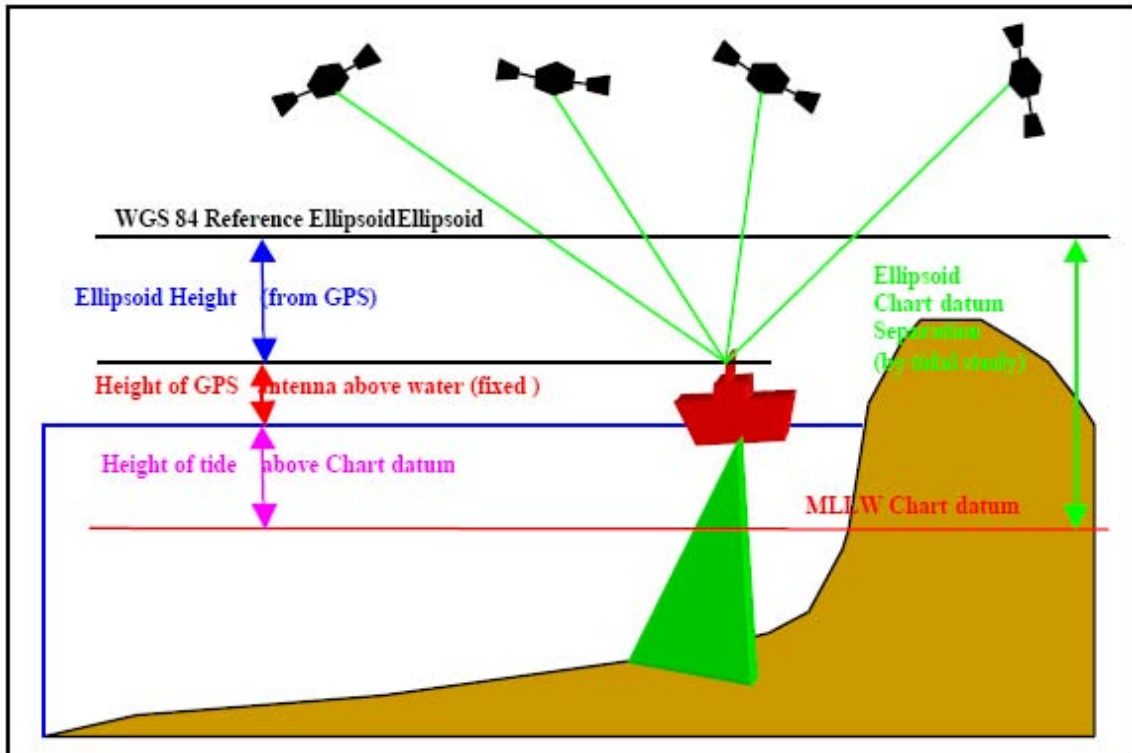


Fig. 7.12 “Medición Real Time Kinematic en una embarcación de levantamiento”

Procedimientos, pruebas y procesado de un levantamiento

- a. Método convencional:
 - i. Una cantidad establecida de areómetros acústicos debería ser descargada y operar para producir una serie de tiempos desde los conjuntos de datos, que deben reverenciarse a la cantidad de estaciones;
 - ii. El indicador de datos debería ser utilizado para eliminar las diferencias horarias reales en el área desde las diferencias horarias promedio entre los indicadores;
 - iii. El error promedio resultante cuando se usa un areómetro debe apreciarse, la distancia máxima en la cual los datos son válidos y donde no exceda los estándares catalogados en la Quinta Edición de S-44 de 2008;
 - iv. La distancia de separación entre indicadores no debería exceder normalmente la distancia doble máxima subrayada en el punto anterior.
- b. Método fase portadora RTK DGPS:
 - i. No se requiere el uso de mareógrafos durante los levantamientos hidrográficos;
 - ii. Se debería generar una superficie MLLW por un software adecuado desde el diagrama de datum de mareas;
 - iii. El buque hidrográfico debe estar equipado con un Receptor Móvil GPS capaz de efectuar corrección de fase de la portadora en el modo OTF GPS;
 - iv. Los datos de la embarcación (trazado, borrador, asentamiento, etc.) debe obtenerse al conducir las mediciones de referencia en el barco de levantamiento.

Se debe ejecutar una prueba del valor de separación de Mareas RTK GPS, al crear una matriz de diferencia elipsoide/MLLW mediante un software adecuado. Se debe operar una cantidad suficiente de líneas de comprobación en un área entre los sitios más cercanos de mareógrafos acústicos, que están registrando los datos de mareas.

- c. Dos métodos de procesado de levantamientos son posibles:
 - i. El método convencional usa sólo las coordenadas horizontales de GPS (y no las verticales) y las profundidades reducidas relacionadas a MLLW se obtendrán al aplicar los datos areómetros a los sondeos crudos;
 - ii. El método RTK GPS genera una medición exacta de las profundidades relacionadas a la altura de antena GPS sin observar los datos de medición de mareas. Las profundidades GPS se refieren directamente a la superficie de mareas Kinematic GPS MLLW. Se debe seleccionar una cantidad aleatoria de profundidades de cada línea para compararse con las profundidades GPS reducidas por los datos mareométricos.

4.3 Observaciones ambientales

Se deben observar la dirección y el ritmo de la corriente de mareas donde quiera que sea de importancia de navegación y donde no exista evidencia que se han hecho observaciones anteriormente. Las posiciones, y los requerimientos completos, para las observaciones serán articulados en las Especificaciones Hidrográficas, pero se deberían incluir estaciones adicionales si se considera necesario.

Las observaciones deberían realizarse al usar un metro de corrientes, un perfil de corriente o una barquilla de la corredera flotante. Las observaciones deben hacerse en una profundidad apropiada al calado promedio de buques que usan el área, o como se ordene. Las observaciones no deberían realizarse durante condiciones climáticas anormales.

En áreas predominantemente semidiurnas, las observaciones deberían conducirse sobre un solo período de 25 horas en las primaveras. En áreas durante la igualdad diurna es larga, se requiere de 30 días de observación, usando metros de corrientes para permitir el análisis armónico. Si no es posible tomar tales observaciones prolongadas, entonces se deberían obtener suficientes mediciones que permitan una descripción a ser incluida en las Direcciones de Navegación y que las flechas de la corriente de mareas sean mostradas en la carta.

Además de las observaciones estándar, puede estar a disposición información de naturaleza menos formal de parte de fuentes locales, especialmente si puede afectar embarcaciones de bajo poder o yates. Los datos obtenidos deben incluir los ritmos en manantiales y las direcciones en las corrientes de mareas evaluadas por los mejores medios posibles. En áreas de fuentes corrientes de mareas, especialmente en los vecindarios de bancos, plataformas de rocas y en pasajes estrechos, remolinos y surgideros puede ocurrir que puedan ser de importancia considerable, especialmente para las naves pequeñas o de bajo poder. Los límites de estos fenómenos deberían fijarse, en manantiales, en ambas direcciones de la corriente de mareas.

Deben conducirse iniciales de velocidad del sonido para permitir la determinación de las variaciones temporales y espaciales a lo largo de toda el área de levantamiento. Una red de puntos de observación debe asegurar que se conduce una muestra representativa sobre toda el área de levantamiento en una forma metódica y oportuna. Estos datos, junto con otros factores ambientales como el clima, los flujos de agua fresca, cualquier variación estacional y la topografía del fondo marino determinarán la frecuencia en se conducirán observaciones de perfil SV. El uso de perfiles de embarcaciones en movimiento, perfiles ondulantes y sondas de cascos montados reducirá la necesidad de observaciones estáticas; sin embargo, las profundidades del agua y el tamaño de la embarcación pueden limitar la capacidad de usar tal equipo.

Existen series de intervalos en los cuales los datos SV deberían ser obtenidos y aplicados, y las directrices deben ser suministradas en las Especificaciones Hidrográficas y la Oficina Hidrográfica. La importancia de un SV correcto cuando utiliza MBES no puede ser subestimada.

4.4 Directrices de líneas

Descripción general

En términos posicionales, el proceso de adquisición de datos puede resumirse en la Figura 7.13. Una vez que la base y la dirección de la línea de datos se han decidido, el hidrógrafo necesita saber su posición junto con la línea seleccionada en todo momento.

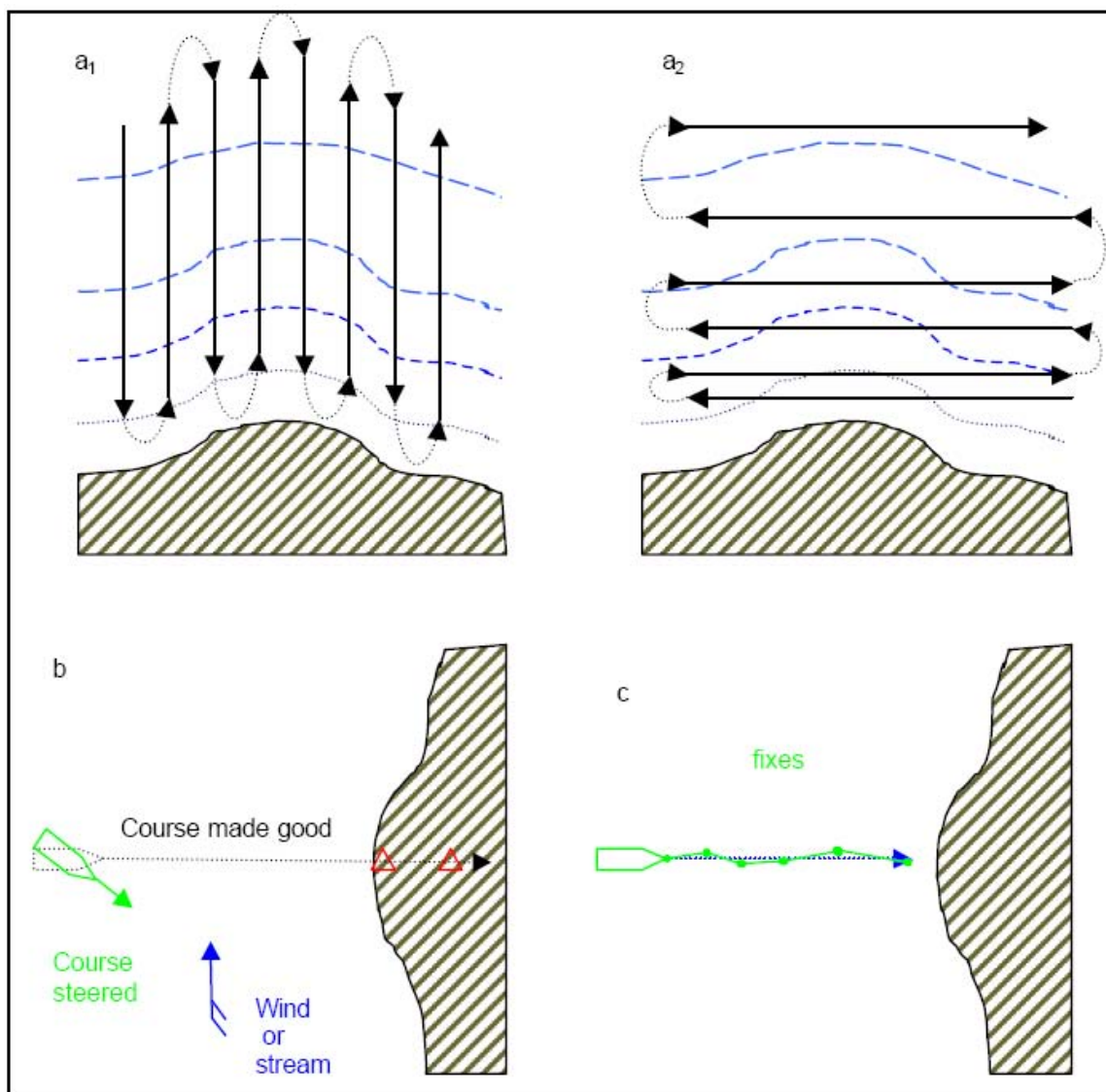


Fig 7.13 “Líneas de sondaje y control de rastreo relacionado”

- a. La decisión de orientación y espacio en línea para el sondaje metódico de un área será influenciada por el equipo a ser usado. La figura a1 muestra el Singlebeam Echo Sounder (SBES) con líneas espaciadas muy cercanamente que cruzan los contornos de profundidad en los ángulos correctos, la Figura a2 ilustra el Multibeam Echo Sounder (MBES) o Side Scan (S/S) Sonar con líneas espaciadas para tener una superposición paralela a los contornos de profundidad;

- b. Hacer bien la ruta seleccionada
- c. Determinar que el rastreo real hecho está bien, que la posición de la embarcación está fijada en series de intervalos de rutas que se asume yace junto a la línea que une los fijadores;

La posición EPS tradicional se actualiza continuamente y, al observar un trazador de rutas o indicador izquierda/derecha, la desviación más ligera de la ruta escogida puede ser detectada y corregida. Además, el trazador de rutas, si está marcado para que muestre intervalos de tiempo a lo largo de la ruta, permite el trabamamiento preciso de otros datos adquiridos. Los fijadores visuales, de otra parte, son eventos periódicos y el asumir que las posiciones en otros momentos que los instantes de fijación yacerán en las líneas que unen fijadores serán crecientemente erróneas ya que el intervalo entre los fijadores aumenta. La fijación de sextantes, teodolitos y estación total conducida durante un levantamiento de bahía puede tomarse en intervalos de pocos segundos y la partida de la ruta deseada puede controlarse por tránsito (como en el ejemplo anterior) o por una variedad de otros métodos.

Los fijadores modernos de EPS y satélites se toman cada segundo o menos suministrando información de posición continua conectada al indicador izquierda/derecha o a un sistema automatizado de adquisición de datos, que ofrece un medio de determinar, en tiempo real, el curso del barco y la velocidad sobre terreno, con una exactitud directamente relacionada al sistema de posicionamiento escogido.

En levantamientos de aproximadamente 25 kms cuadrados o menos, se pueden usar arreglos de reflector activo acústicos del fondo marino, colocados usando métodos de posicionamiento convencional, conjuntamente con eco-sondas o sonar de rango para proveer de información de posición continua, y en consecuencia, de control de la ruta.

Manejo de línea visual

Cuando se utilizan los métodos de fijación visual, la ruta del barco es trazada casi invariablemente en forma manual, con las posiciones de las líneas de fijación que representan la ruta seguida por la embarcación. Por tanto, la velocidad de la nave y el intervalo de posicionamiento están seleccionados por lo que las posiciones están lo suficientemente cerca (unos 3-4 cm. de distancia en el papel) para que las inexactitudes sean asumidas de forma insignificante en la escala del levantamiento (ej. Salidas de la embarcación desde la línea de posicionamiento conjunta será intrazable). La línea de control durante las operaciones de levantamiento usualmente se alcanza en forma independiente.

En el caso más difícil del levantamiento costa afuera sin un control en costa visible, la directriz de ruta será por compás o mejor por girocompás. Esto nunca es enteramente satisfactorio excepto en levantamientos a escala muy pequeña, por lo que el ajuste del curso necesariamente se verá retrasado hasta que la posición haya sido trazada. Un método alternativo de manejo de línea en estas circunstancias es conducir la embarcación alrededor del arco de un ángulo fijado subtendido entre dos marcas o seguir un LDP circular/hiperbólico de una cadena tradicional EPS. Estos métodos son superiores para cursos de compás/girocompás pero pueden ser difíciles en levantamientos a gran escala con macas de costa relativamente cerca al área de levantamiento donde los arcos son un radio pequeño que requiere variaciones grandes y constantes del curso. Actualmente, en los levantamientos costa afuera, se usan exclusivamente las técnicas GPS o EPS.

Otros métodos para manejo de línea visual y control de ruta son:

- a. Tránsito natural - al mantener un objeto cerca de la línea costera con otro más allá hacia la costa en la dirección de la ruta a ser conducida, el timonel debería poder mantener la línea más fácil y precisa que por el curso del compás. Puede usarse cualquier característica adecuada (arbustos, cercas o postes telegráficos, chozas, partes de edificios, etc.), las marcas de tránsito deberían estar lo suficientemente espaciadas, cerca de un tercio de longitud de la línea de levantamiento, para ofrecer suficiente sensibilidad.

- b. Tránsito artificial - aplican los mismos principios que los tránsitos naturales; las marcas artificiales, colocadas para cumplir con el espaciado requerido de las líneas, permite una conducción más precisa y puede ser esencial para trabajos a gran escala fuera de una costa estéril; este método es particularmente útil cuando se emprenden levantamientos a gran escala en bahías y muelles, donde se puede erigir el tránsito en ángulos rectos para proveer un manejo y posiciones de líneas en series de intervalos para cumplir con los requerimientos del levantamientos;
- c. Prisma colimador de 180 grados - es instrumento simple y sólido permite al timonel divisar las marcas hacia atrás y adelante en forma simultánea, por lo que, en levantamientos de ríos o bahías, la embarcación puede ser conducida junto a los puntos de conjunción de líneas en bancos opuestos.
- d. Dirección desde la costa - la dirección de la línea deseada se desprende del trazado por el apuntador de la estación como un ángulo desde un objeto referencia o directamente desde la hoja de campo, por intersección de LDP de un enrejado. La dirección requerida es entonces observada por un teodolito o sextante con la embarcación dirigida junto con la línea por el observador de costa usando banderas de mano, luces o enlaces de comunicaciones de radio. Cuando se levanta a lo largo de un río, cuenca o área de atraque, los observadores de la bahía pueden divisar un objeto en la costa opuesta en la línea a ser operada, lo que le permite seguir el progreso de la embarcación por ojo.
- e. Starring - al planear las líneas de levantamiento como líneas radiales centradas en marcas de costa, esa marca puede formar la marca frontal de un tránsito, el timonel recoge una nueva marca de respaldo nueva (natural o artificial) para cada línea sucesiva. Alternativamente, puede usarse el método de “*dirección desde la costa*”, con lo que el observador de costa se tiene que ocupar sólo de una estación. Este método es particularmente adecuado para levantamientos alrededor de promontorios.

Manejo de líneas EPS

Se puede alcanzar el control simplemente al planificar las líneas de levantamiento ya sea el círculo de rangos o la hipérbola de diferencia de rangos, dependiendo del tipo de sistema que se use. Si las líneas son conducidas junto con lecturas de corredor patrón, cualquier salida de la línea es inmediatamente obvia, y la embarcación puede posicionarse en la intersección de la línea por un segundo patrón. En un patrón hiperbólico, las líneas y los intervalos de posicionamiento divergirán o convergerán, pero la línea de expansión usualmente es insignificante. Se pueden hacer concesiones para la expansión del corredor, ya sea a cambiar el patrón de intervalos usados o al operar interlíneas para mantener un espacio mínimo de líneas. Un indicador izquierda/derecha mostrará la posición relativa de la embarcación respecto a la línea provee una directriz clara al timonel.

Casi todos los fabricantes de sistemas EPS de corto y mediano rango ofrecen la facilidad de un trazador de ruta como equipo periférico, el cual es particularmente útil cuando las líneas no pueden ser operadas junto con los límites del corredor como es usual en el caso de labores de dragado o despegamiento de tuberías. El reticulado de posicionamiento puede ser trazado y se puede seguir la línea seleccionada con un lápiz graficador, las posiciones pueden marcarse en el trazador de rutas como una señal pero es más usual mantener un trazado manual separado ya que el reticulado de posicionamiento regularmente te distorsiona en el trazador de ruta, algunos tipos de reticulados se muestran como una red rectangular y la escala requerida del levantamiento rara vez será como la del trazador.

Manejo de línea automatizado

El Apéndice 4 del Capítulo 7 subraya una configuración tradicional de sistemas hidrográficos automatizados para la Sala de Operaciones de un barco de levantamiento y la configuración general de hardware en el bote que realiza el estudio.

En general la configuración del hardware de un sistema de adquisición de datos hidrográficos automatizado es similar tanto en el bote como en el barco de levantamiento, con un software adecuado de adquisición de datos hidrográficos para controlar, manejar, adquirir y almacenar datos en un formato digital específico para el levantamiento desde el sistema de posicionamiento y el sistema eco-sonda (SBES/MBES/SSS). El software moderno de adquisición de datos hidrográficos debería proveer una pantalla timonel que permita que la embarcación sea conducida, ya sea manual o automáticamente, junto con las líneas preplanificadas del levantamiento.

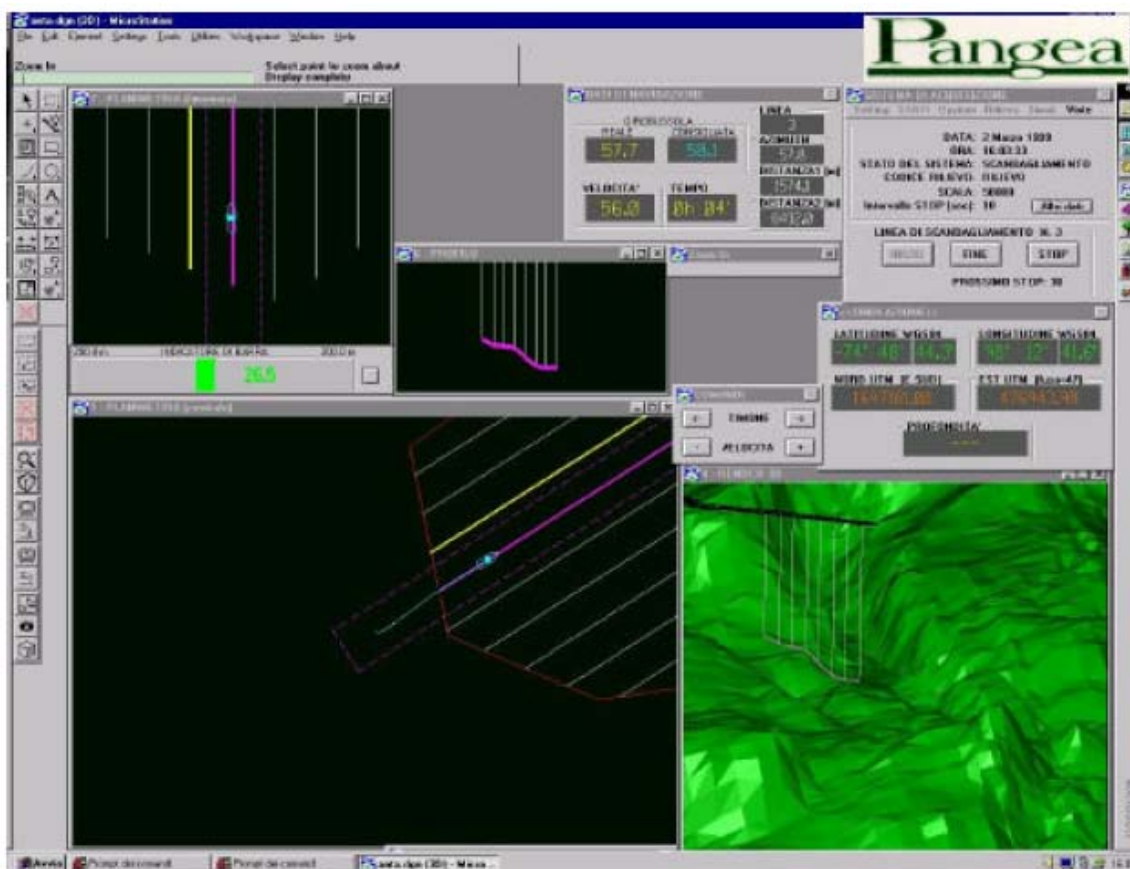


Fig. 7.14 “Imagen de video mostrada desde un software de adquisición”

Las Figuras 7.14 y 7.15 muestran una imagen de video tradicional adecuada para la pantalla del timonel que provee la siguiente información:

- La línea de levantamiento seguida por el barco georeferenciado con la posición en tiempo real actualizado en intervalos de 1 segundo;
- Un indicador izquierda/derecha;
- La información digital recibida y maneja por el software de adquisición (coordenadas de posición, profundidades, COG, encabzamiento, SOG, número de línea y posiciones, distancias desde la línea de inicio y final, etc.).

Toda esta información permite al timonel y al hidrógrafo controlar y monitorear el proceso de adquisición junto con la línea de levantamiento seleccionada para cubrir el área. El manual de operación del software de adquisición debe contener todas las instrucciones y procedimientos para manejar el control de ruta automatizado, que en general es conceptualmente similar para cada fabricante del software.



Fig. 7.15 “Imagen de video mostrada desde el software de adquisición”

4.5 Chequeo de líneas

Las líneas de comprobación deben operarse, en el comienzo del levantamiento, perpendicular a las líneas principales del sondaje y, cuando sea posible, en una etapa diferente del ciclo de mareas y en buenas condiciones del mar. Se debe recoger suficiente información de sonar de las líneas de comprobación para permitir que se haga una declaración en el informe sobre el Levantamiento de la extensión de las ondas de arena en el área de levantamiento y su dirección.

Las líneas de comprobación de sondajes deben compararse mientras progresa el levantamiento como una revisión contra errores graves, error en el modelaje co-mareas o mal funcionamiento de los equipos. Se deben usar las pantallas MBES online para verificar la actuación repetitiva del sondaje al monitorear fajas adyacentes; esto también se usa para asegurar que la cobertura de superposición de fajas se está manteniendo y que se deben operar líneas adicionales para llenar cualquier brecha en la cobertura.

4.6 Líneas principales

El sonar de barrido debería articularse en las Especificaciones Hidrográficas, que también debe detallar el % de cobertura, el % de superposición y el criterio de detección de objetos a ser alcanzados. La inspección cuidadosa de los límites de las Especificaciones Hidrográficas y aquellos de los levantamientos modernos adyacentes se requieren para asegurar que no hay brechas entre ellos.

Cuando se conducen líneas de sondaje y de sonar concurrentemente, se deben mantener un equilibrio cuidadoso entre los requerimientos en conflicto. Se debe hacer cada esfuerzo para asegurar que no hay brechas en el barrido de sonar y por tanto será generalmente necesario subordinar las necesidades de la batimetría a las del sonar. Se pueden requerir líneas de sólo sondaje adicionales para asistir a la delineación de los contornos y las características críticas, donde el error de mantener la línea es $>25\%$ del espacio de líneas, las brechas deben llenarse con líneas adicionales.

Se debe crear un cálculo/presupuesto de error de sondaje a priori y compararse con los requerimientos de las Especificaciones Hidrográficas. Si hay variaciones ambientales importantes o se hacen cambios en los equipos a los inicialmente usados, se debe repetir el proceso de cálculo/presupuesto y los nuevos resultados se usan como bases de comparación.

El espacio de líneas principales de levantamiento, la dirección y la velocidad del sondaje deben operar para cumplir con los requerimientos de las Especificaciones Hidrográficas y los criterios fijados. Las velocidades de levantamiento óptimas y máximas deben ser evaluadas tomando en cuenta el rango de profundidad y los sistemas en uso; el ritmo máximo de señal y la escala de rango deben ser utilizadas en proporción con la profundidad del agua. Normalmente las líneas de sondaje deben operarse perpendicularmente a la dirección general de los contornos; sin embargo, las líneas de sonar deben operarse dentro de 20 grados de la corriente de mareas prevaleciente. En áreas de fuerte flujo de mareas, tendría que adoptarse una dirección mucho menor de 20 grados para asegura que el sonar pez de remolque sigue la ruta del barco.

Cuando se realiza el levantamiento sólo con MBES, la orientación y espacio de las líneas será dictado directamente por los criterios detallados en las Especificaciones Hidrográficas y los requerimientos del cliente. La detección de un objeto y de este modo la densidad de los datos determinará el porcentaje de superposición entre las fajas adyacentes, que serán una función de la profundidad del agua; de este modo el espacio de las líneas será influenciado por la profundidad del agua, la densidad de los datos y el criterio de detección de objetos y el porcentaje de superposición, que dará el porcentaje de cobertura alcanzado. Es muy probable que el espacio de líneas varíe a lo largo del área de levantamiento, particularmente si existen diferencias marcadas en las profundidades; se requerirá de un monitoreo cuidadoso durante las operaciones de levantamiento para asegurar que se cumplen los objetivos deseados.

Se deben establecer la posición y registro de los intervalos como lo requiera la escala del levantamiento y el sistema de procesado en uso.

Cuando se use SBES, las líneas adicionales de sondaje deben operarse en un espacio estándar perpendicular a los contornos desde los 10 metros de contorno en la costa para determinar los contornos de 5 y 2 metros y la línea de secado. Las líneas adicionales deben operarse paralelas y en distancias de 2, 5 y 10 metros lejos de malecones o muelles.

Cuando se haga sondajes sobre ondas de arena, las operaciones deben llevarse a cabo luego de períodos de calma climática y mareas muertas cuando las amplitudes de las ondas de arena son las mayores. Donde sea posible, los levantamientos de áreas de ondas de arena deberían seguir las mismas rutas para detectar cambios en los perfiles de las ondas de arena.

Se debe tener cuidado al delinear la línea de bajamar, particularmente con respecto a los bancos falsos, rocas y bajíos alejados, ya que la posición de tales características pueden tener implicaciones legales internacionales. Cuando se haga levantamiento dentro de bahías y refugios de botes, las profundidades negativas y la ubicación de mal tendadero, en áreas donde anclas de embarcaciones pequeñas o tomar el terreno, debería ser precisamente delineado.

Cuando un levantamiento incluye un canal, la ruta o línea líder recomendada en aguas restringidas debería ser escaneada por un sonar. La concesión durante tales escaneos debe ser realizada para acomodar a las embarcaciones más grandes que usarían esas rutas prestando particular atención a las áreas de giro y donde una ruta cambia el curso.

Se deberían conducir chequeos regulares para asegurar la actuación del sonar, las ocasiones sugeridas son:

- a. En la primera corriente;
- b. Una vez por día cuando se opera en áreas de fondo marino sin características;
- c. Después de una reparación o mantenimiento;
- d. Después de cambios de pez de remolque o aletas;
- e. Si existen dudas en la actuación.

Si parece que el sistema de sonar no está trabajando en su rango máximo, debido a las condiciones del agua o deficiencias materiales que no pueden ser rectificadas, el escaneo del sonar debe ser modificado para asegurar la cobertura completa.

Se debe desplegar un magnetómetro a lo largo del escaneo básico del sonar para proveer evidencia adicional de la existencia de metal ferroso en o bajo el fondo marino.

Es de suma importancia que el escaneo es minucioso, que no aparecen brechas en él, y que cada característica significativa del fondo marino u obstrucciones artificiales son localizados.

4.7 Interlíneas e investigaciones

Los artículos en la lista de naufragios suministrada que requieren una búsqueda rebatible deben ser buscados en un radio de 2,5 millas desde la posición catalogada. El límite del área de esta búsqueda puede extenderse fuera de los límites dados en las Especificaciones Hidrográficas; sin embargo, tal extensión es esencial para evitar la anomalía de tener un naufragio PA que esté dentro de un área considerada a ser completamente levantada. Asegúrese de que cualquier área de búsqueda rebatible que esté en el borde exterior de la zona de levantamiento está cubierta; se deben planificar líneas adicionales para que operen fuera del área para asegurar la insonificación completa del área con una superposición apropiada.

Se debe tomar nota cuidadosa de los 500 metros de zona de seguridad alrededor de las instalaciones en el fondo marino y las operaciones de oleoductos submarinos cuando se hacen levantamientos cerca de campos petroleros o áreas de exploración para asegurar la seguridad de cualquier equipo remolcado.

Para un objeto catalogado PA, la búsqueda de sonar debe realizarse en dos direcciones en ángulos rectos y extendidos a al menos 2,5 millas desde la posición datum. Si hay un alto grado de confianza de que la búsqueda inicial en una dirección fue completamente rigurosa y que el equipo de sonar estaba operando satisfactoriamente, se deben dar consideraciones para prescindir de la búsqueda en la segunda dirección.

Los objetos cuyas posiciones han sido anteriormente establecidas, pero que no pueden ser hallados durante el levantamiento, se necesita una investigación muy detallada para descartarlos. Donde estos objetos caigan dentro del área de levantamiento y la búsqueda de sonar se ha completado en un radio de media milla alrededor de la posición catalogada, esto se considerará suficiente. También debería desplegarse un magnetómetro. Cuando no existan dudas acerca de la posición geográfica de un naufragio después de muchas repeticiones de levantamiento, el radio antes mencionado puede reducirse. Se deben dar consideraciones al uso de un escaneo cableado.

Cada contacto debe ser examinado muy de cerca usando un sonar de barrido lateral; si el contacto es confirmado, se debe establecer su posición y la profundidad mínima al cerrar el sondaje. Se debe alcanzar un mínimo de 4 buenas rutas, al comprimir 2 pares perpendiculares. En el caso de naufragios, un par de las rutas debe ser paralelo al eje del naufragio y un par perpendicular.

Los datos relacionados al contacto pueden obtenerse del uso del sonar, del ecosonar, magnetómetro, del barrido cableado, de buzos o una combinación de estos. Cada contacto debe tener los siguientes detalles:

- a. Posición;
- b. Profundidad mínima;
- c. Naturaleza del objeto;
- d. Longitud, ancho y orientación;
- e. Profundidad, longitud y orientación del barrido;
- f. Longitud y orientación del campo de escombros;
- g. Fortaleza del campo magnético.

El examen de la lista de naufragio suministrada puede ayudar en la identificación de los objetos; sin embargo, se debe tener precaución en vincular libremente nuevos descubrimientos de naufragios con los que están en la lista de naufragios. Aun podrían necesitarse búsquedas de descarte en las posiciones de la carta. La utilización de buzos puede ser de ayuda al identificar naufragios y reportar su estado; en particular, pueden localizar puntos altos, que no se podrían distinguir con los sonares o ecosonares.

Debe establecerse la profundidad mínima sobre los naufragios y obstrucciones, en ciertas circunstancias esto requerirá el uso de barrido cableado, que debería ser conducido después de haberse determinado la posición, tamaño, orientación y profundidad mínima probable mediante un sonar y ecosonar. El barrido cableado debe considerarse en las siguientes circunstancias:

- a. Como está dirigido en las Especificaciones Hidrográficas para naufragios específicos;
- b. Si la profundidad mínima probablemente sea menor de 40 metros;
- c. Donde las profundidades alrededor del naufragio son significativamente diferentes a las de la carta;
- d. Cuando el trabajo de salvamento/dispersión se ha realizado desde el último levantamiento;
- e. Indicaciones de sonar de mástiles y estructuras sobresalientes;
- f. Áreas carteadas como contaminadas dentro de un anclaje;
- g. Naufragios en áreas de fuertes corrientes de mareas y movilidad del fondo marino;
- h. Donde la posición del naufragio es significativamente diferente de la que está en la carta.

Se debe tener cuidado en asegurar que toda el área del naufragio se ha cubierto con el barrido de cable, en varias fases y que no hay brechas entre los barridos. No es suficiente cubrir sólo las áreas que parecen ser puntos altos en el sonar.

Se debe prestar atención particular al sondaje de profundidades <40 metros, donde la profundidad mínima debe obtenerse sobre todas las características del fondo marino. Las interlíneas deben operarse en profundidades de <40 metros, a menos que el fondo marino sea plano y sin características y que aparezca que no existen peligros al completar la cobertura por sonar de barrido lateral de remolque de alta definición o MBES.

4.8 Observaciones auxiliares/misceláneas

Las muestras del fondo marino deben obtenerse en intervalos regulares a lo largo de toda el área de levantamiento. Las muestras adicionales deben tomarse en todos los anclajes probables, en todos los bancos, bajíos y montañas submarinas, particularmente donde esas áreas fuesen inestables, y en los canales entre ellas. Aproximadamente 10 % de las muestras obtenidas deben ser retenidas para ser presentadas con el levantamiento final.

Las muestras del fondo marino deben obtenerse normalmente a lo largo del área de levantamiento antes de comenzar el barrido de sonar para proveer un método de verificar el terreno de la foto del sonar y permitir una interpretación más precisa de las texturas del fondo marino.

Antes de la llegada en el levantamiento todas las marcas y ayudas fijas y flotantes de navegación deben identificarse de las cartas a escala más grandes, Lista de Luces y Lista de Señales de Radio. Al llegar todas las marcas y ayudas de navegación en cartas o fuera de ellas deben identificarse.

La posición de cada nueva marca de navegación fija o flotante y cualquiera sospechosa de estar fuera de su posición en la carta debe tener su ubicación determinada; las marcas flotantes deben fijarse en mareas completas de flujos y reflujos, sin embargo, si se puede obtener una posición que no es ambigua del amarradero central del ancla/plomada producto de la batrimetría de faja, es permitido citar eso como la posición de carta.

Para ayudas de luz de navegación se debe registrar lo siguiente:

- a. La altura del plano focal;
- b. Características de luz y sonido;
- c. Arcos oscuros y sectores de luz;
- d. Color y forma de la estructura;
- e. El color y forma de la marca principal.

Deben tomarse las fotografías a color de todas las marcas para incluirlas en las Direcciones de Navegación.

Las autoridades de la bahía deben ser consultadas sobre los cambios encontrados en los navais para determinar si tales cambios son permanentes o temporales. Se deben obtener los detalles de cualquier cambio planeado.

Se deben obtener los detalles de las operaciones de radio de puerto, incluidos los Sistemas de Información sobre la Navegación (VTS, VTM, VTIS, etc.); los servicios de pilotos de radio; las ayudas de radio navegación (incluidos (Aereo) radiofaros, balizas de radar, etc); los servicios de estaciones de radio costera (ej. Detalles de la correspondencia pública, advertencias de navegación y información de pronósticos climáticos, programas, etc.) las instalaciones GMDSS y los procedimientos de Búsqueda y Rescate.

Se debe tomar cada oportunidad para obtener detalles de fenómenos naturales durante el curso del levantamiento. Tales fenómenos incluyen:

- a. Las capas de dispersión profunda son las capas biológicas, que consisten en plancton y otros pequeños organismos marinos, y de los peces grandes que se alimentan de ellos. Algunos de estos tienen vejigas para nadar que responden a las transmisiones de sonar y ecosonar, lo que causa dispersión de las ondas de sonido, lo que puede afectar considerablemente las operaciones de sonar. Por tanto, los reportes del fenómeno son importantes y deben ser informados;
- b. La bioluminiscencia marina es causada principalmente por animales marinos que varían en tamaño, desde microorganismos a peces bastante grandes, calamares y medusas. Se encuentran más comúnmente en aguas cálidas que frías, y es de considerable interés para los biólogos marinos y científicos militares. Los reportes del fenómeno son importantes y deben ser informados;
- c. Las aguas descoloradas generalmente se reconocen por tener casi siempre orígenes biológicos. Las muestras de agua y las observaciones secchi de tales áreas son de considerable interés y deben obtenerse y reportarse;
- d. Los reportes de vida marina deben hacerse de tal manera que cubran los movimientos de ballenas y de otras especies mamíferas marinas, que son de gran interés en las operaciones militares submarinas y para los biólogos marinos. La presencia de actividad pesquera comercial en el área de levantamiento es importante ya que el sonido generado por los motores y los aparatos de pesca pueden afectar significativamente los niveles de ruido ambiental. También la presencia de una flota pesquera puede indicar que existe una gran población de peces; la dispersión de sonido causado por cardúmenes de peces puede

inhibir la actuación del sonar. Las observaciones deben ser incluidas en el informe sobre el Levantamiento.

5. DELINEACIÓN DE LA LÍNEA COSTERA

5.1 Delineación costera general

La delineación precisa de la línea costera y las características de la costa es un punto esencial del Levantamiento Hidrográfico, ya que a los navegantes se les pide con regularidad que fijen su posición con orientación y ángulos o rangos a promontorios y características similares de la línea costera. Generalmente, en el levantamiento hidrográfico, la línea costera se define con respecto al datum HW.

La línea costera, excepto en los levantamientos más rápidos y superficiales, siempre debe ser trabajada a pie cuando la naturaleza lo permita. Muchas bocas de ríos pequeños y corrientes se han ignorado por la práctica de tomar un bote a lo largo de la costa y sólo desembarcando en varios sitios a distancia.

En algunas instancias, adecuados mapas de levantamiento de tierra se basan en modernas fotografías aéreas o imágenes satelitales que proveerán los datos que pueden ser usados para asistir en el trazado de la línea costera. Ocasionalmente, la fotografía aérea se puede utilizar para un levantamiento especial y se puede producir un “trazado fotográfico” aéreo a una escala apropiada. Sin embargo, esto no obvia la necesidad de caminar sobre la línea costera.

Todos los mapas de levantamientos terrestres y los trazados de fotos aéreas deben ser chequeados en el campo antes de usarlos en la Hoja Batimétrica y Tracings to Accompany. Donde no haya mapas adecuados, la línea costera debe ser apropiadamente levantada, y las características clave deben ser posicionadas por un método regular, dependiendo de la escala del levantamiento.

Un hidrógrafo que delinee la línea costera, incluso cuando revise un mapa o un trazado fotográfico, debe trazar la Línea de Bajamar de la mejor manera posible y siempre debe anotar la naturaleza de la playa. La mejor manera de encontrar la Línea de Bajamar es al reducir los sondeos pero cada parte de la playa debería, si es posible, ser vista al menos una vez en bajamar para observar si hay peligros que puedan haber escapado de su atención. Esto es particularmente necesario donde el rango de la marea es grande.

5.2 Detalles costeros requeridos

El hidrógrafo debe llevar a cabo las siguientes tareas:

- a. Delinear y posicionar la línea costera con los mejores métodos disponibles;
- b. Posicionar y describir todos los objetos CONSPICUOS y Prominentes al navegante, que no hayan sido posicionados y chequear que las características/marcas existentes en las cartas y publicaciones están posicionadas y descritas correctamente, aun cuando puedan estar un poco tierra adentro;
- c. Posicionar y describir o indicar en la carta todos los objetos y características de la línea costera que asistan al navegante a posicionarse él mismo e identificar la línea costera. En levantamientos a gran escala esto incluirá los detalles más pequeños que sólo pueden verse cerca de la costa;
- d. Medir y estimar las alturas de tales características, algunas de éstas pueden ser descritas en términos generales como “Acantilados rojos bajos, de 5 a 6 metros de alto”;
- e. Posicionar todas las islas, los peligros visibles costa afuera y obtener sus alturas, también fijar las marcas flotantes adyacentes (boyas que no estén en las cartas);
- f. Describir la composición de la playa entre la línea de bajamar y la línea de pleamar así como también por encima de la línea de pleamar. Se deben insertar los símbolos apropiados en la Hoja Batimétrica;
- g. Indicar los lugares de desembarco establecidos a lo largo de la costa. Posicionar y

describir esvaranes, desagües de aguas negras y todo lo que pueda constituir un peligro para el desembarco. También deben posicionarse muelles y malecones y se tiene que obtener una descripción detallada, que debe incluir el tipo de estructura, las profundidades aledañas, altura de la cubierta por encima del datum HW y las instalaciones disponibles;

- h. Deben obtenerse detalles de las bahías al dar las instalaciones y suministros de amarraderos disponibles, esta información será incluida con las Direcciones de Navegación;
- i. Donde sea apropiado, se debe obtener de fuentes locales confiables la ortografía correcta de los nombres de los lugares y revisar que los nombres mostrados existen en mapas y cartas y publicaciones.

Adicionalmente, el hidrógrafo se debe preocupar de los detalles topográficos cerca de la costa. La cantidad de detalles dependerá del tiempo disponible, la escala del levantamiento y si la topografía va a ser obtenida por otros participantes de campo, o por otros medios, como fotografías aéreas.

5.3 Detalles motivos de preocupación para el navegante

Objetos/marcas CONSPICUAS. - Los navegantes usarán marcaciones para picos, iglesias, chimeneas, molinos, mástiles, edificios permanentes, etc. Estos serán visibles desde una distancia amplia costa afuera.

Marcas prominentes. - De nuevo, los navegantes usarán marcaciones para picos, iglesias, chimeneas, molinos, mástiles, edificios permanentes, etc. Estas marcas serán visibles desde sitios bien cerca de la línea costera/playas.

Características de islas, cabos y costa afuera. - Los navegantes usarán marcaciones para tangentes a diestra y siniestra y alturas verticales para la cima de acantilados, etc.

Instalaciones de bahías y puertos. - Determinar las dimensiones de la altura de los embarcaderos, la orientación y profundidad aledañas, tipo de construcción, instalaciones de muelles y atracaderos, instalaciones para pequeñas embarcaciones, detalles de naves visitantes, marinas, club de yates, atracaderos de abastecimiento de combustibles, etc.

Principales características terrestres:

- a. Objetos naturales - cimas de colinas, ríos, lagos, pantanos, bosques, contornos, etc.
- b. Objetos artificiales - edificios, pueblos, astas de banderas, caminos vías férreas, fábricas, etc.
- c. Contornos - suficientes para indicar la altura y forma de la región costera.
- d. Naturaleza de la topografía de la playa y la costa - para asistir en el reconocimiento y la selección de los lugares de desembarco.
- e. Luces.- Los detalles deben ser chequeados en el campo y contra las entradas de las Listas de Luz.
- f. Direcciones de navegación. - Las descripciones completamente escritas de la línea costera y los detalles de las instalaciones de puertos y bahías.

5.4 Topografía

Donde estén disponibles mapas de levantamientos terrestres, fotografías aéreas o trazados de fotografías, deben ser profundamente revisados en el campo por cualquier discrepancia que se haya registrado.

También debe chequearse en el campo la topografía en cartas a gran escala para actualizar los detalles que no están mostrados normalmente en los mapas y los que no son visibles en fotos aéreas, prestando particular atención a los detalles costeros, ejemplo faros, astas de banderas, esvaranes, etc. Los objetos

cartografiados que ya no existen deben ser registrados, preferiblemente como supresiones en una copia de la carta que debe ser remitido con los resultados del levantamiento.

No se mostrarán detalles topográficos en la Hoja Batimétrica a menos que hayan sido levantados en el campo, o su existencia y posición en el mapa o trazado de foto aérea han sido confirmados por el hidrógrafo. Los detalles recién levantados deben incluirse, los detalles de otras fuentes que se hallaron son correctos pueden transferirse a la Hoja Batimétrica, y es a discreción del hidrógrafo el dar una presentación equilibrada y más completa, pero debe ser insertada con cuidado meticoloso para que no surjan posteriores preguntas sobre su autenticidad.

Donde no existan mapas modernos o fotografías aéreas, todos los detalles topográficos que serán de uso para el navegante deben estar posicionadas precisamente y mostradas en la Hoja Batimétrica. En particular, todas las características que puedan ser usadas para fijar la posición de un barco, ya sea visualmente o por radar, deben ser trazadas, y donde sea práctico, hacer coordenadas. A menos que haya tiempo y recursos disponibles, no se deben destinar esfuerzos en registrar detalles topográficos menores que no tienen directo interés para el navegante o que no es visible desde mar afuera.

Cualquier cambio que sea hallado debe ser reportado.

5.5 Delineación de la línea de bajamar

La línea de bajamar es en general la base para determinar los límites del mar territorial y las líneas de base asociadas y su delineación cuidadosa es lo más importante por el efecto que puede tener en limitar la industria pesquera, en la observación de las regulaciones de contaminación y el otorgamiento de licencias para extracción mineral costa afuera, así como en la delineación de fronteras internacionales. Los hidrógrafos, por tanto, deben tener especial cuidado de que la línea de bajamar del continente, islas y de todas las características de bajamar sean adecuadamente delineadas, aun cuando puedan ser de poco interés para el navegante.

El levantamiento de un área que involucre características de bajamar debe ser considerado incompleto si la línea de bajamar no está delineada adecuadamente, a menos que se hayan emitido instrucciones específicas que digan lo contrario.

5.6 Alturas de características terrestres

La altura de todas los bordes terrestres de la costa deben obtenerse incluso si la elevación es pequeña, en particular cada islote y roca que sobresalga del agua debe tener su altura registrada en contra del nivel del mar. Si no existen cumbres disponibles, las alturas de las puntas de los árboles o las islas deben ser halladas y registradas. Igualmente, se debe hacer con las alturas de características artificiales como mástiles, chimeneas, etc.

Los acantilados deben tener sus alturas registradas y si color si es de alguna manera destacado.

Las alturas de los objetos deben referirse al MSL (o su equivalente) y si esto no es práctico, la altura real del objeto puede mostrarse como una leyenda. Para propósitos especiales en levantamientos en ríos se puede usar otro criterio para la referencia plana.

5.7 Cartografiar la playa

La principal preocupación cuando se cartografía la playa es fijar la posición de todos los peligros que hayan podido obviarse con el sondaje rutinario, como afloramientos rocosos u obstrucciones hechas por el hombre. Los objetos que yacen más allá de la línea de bajamar tendrán que ser intersectados. Los oleoductos o cables prominentes en la playa pueden extenderse hacia el mar más allá de la línea de bajamar y ser un peligro cuando se ancla. Finalmente, la naturaleza de la playa debe ser registrada.

5.8 Calco de la línea costera

Un calco debidamente preparado de la línea costera debe contener:

- a. El título del levantamiento, el número de especificación del levantamiento, la escala el nombre del barco cualquier otra identificación complementaria;
- b. La posición de todas las marcas coordenadas a ser usadas;
- c. Las posiciones de rejilla y geográficas escogidas y rodeadas con un círculo de tinta con los valores de al menos 2 de cada posición;
- d. Escala diagonal;
- e. Meridianos verdaderos y magnéticos;
- f. Una nota del valor de la distancia menos trazable, que es $\frac{1}{4}$ mm en papel, sin reparar en la escala ($1:10.000 = 2 \frac{1}{2}$ m).

5.9 Uso de trazados de fotos aéreas

Un trazado de fotos aéreas del área costera dentro de los límites del levantamiento hidrográfico algunas veces será preparado en la Oficina Hidrográfica cuando:

- a. El mapa de topografía existente esta desfasado, es pobre o no existe;
- b. Las características de interés hidrográfico, ej. Rocas submarinas, aparecen en forma inadecuada o no están incluidas en los mapas topográficos y son evidentes en tomas fotográficas;
- c. Cuando las alturas de bajamar pueden establecerse de forma precisa y eficiente por medios fotogramétricos.

Cuando un trazado de foto aérea ha sido suministrado para soportar una especificación del levantamiento, se pueden adoptar los siguientes procedimientos:

- a. El trazado fotográfico será profundamente revisado en el campo por posibles errores en la interpretación, forma y posición de la foto. Las dificultades experimentadas en la compilación de trazados fotográficos y las discrepancias con los datos existentes serán resaltadas en el informe sobre el trazado fotográfico que acompaña al mismo. Se debe prestar atención especial para resolver esas diferencias;
- b. Los datos en el trazado fotográfico que no han sido verificados en el campo no deben ser incluidos en la Hoja Batimétrica. Se debe notar que la línea de agua derivada de las fotografías aéreas, raramente coincide en forma precisa con la Carta Datum, especialmente en áreas con playas de levemente inclinadas, y puede haber necesidad de ajustarla antes de incluirla en la Fair Sheet.
- c. Las enmiendas al trazado fotográfico debe mostrarse al marcar las correcciones en una copia del trazado;
- d. Cuando sea requerido, las fotos aéreas suministradas con el trazado serán marcadas con pinchetas e identificaciones en el lado reverso, para mostrar el control adicional establecido para el levantamiento.

La fotografía aérea existente puede ser de uso considerable en la delineación costera. Los puntos de control anteriormente usados deben ser chequeados contra el sistema de levantamiento de referencia, recordando que la escala de vuelo puede necesitar expandirse en 4 ó 5 veces para igualar la escala del levantamiento. Note que los errores en la elevación del terreno en la fotogrametría son cerca de $1/5000$ de la altura de vuelo aunque los errores horizontales son considerablemente más pequeños.

Cuando la delimitación de la línea costera es el objetivo, se deben planear franjas rectilíneas orientadas en forma paralela a la línea costera. Las franjas solapadas deben incluir los puntos de control comunes y los vuelos deben coincidir con tiempos de bajamar.

Para levantamientos a gran escala (menos de $1: 50\ 000$) donde la fotogrametría será usada para

obtener alivio de terreno y otros detalles topográficos, se requerirá de un control 3D adicional. Los errores en los puntos de control terrestres coordinados deben ser menos de la mitad de los errores de aerotriangulación para los puntos usados durante la interpretación fotogramétrica.

Para ajustes de franjas de aerotriangulación, se requieren de 4 puntos de control planialtimétricos (3D). Se deben agregar más puntos de control interno por cada franja.

En vuelos más complejos con un gran número de franjas paralelas, la aerotriangulación permite que se haga un ajuste de bloque. Los puntos de control terrestres planialtimétricos pueden ser en el orden de $5+0.2M$ (donde M= al número de modelo del proceso de aerotriangulación). Adicionalmente, se pueden requerir los puntos de control altimétrico en áreas donde se requiere una precisa medición de altura de los accidentes.

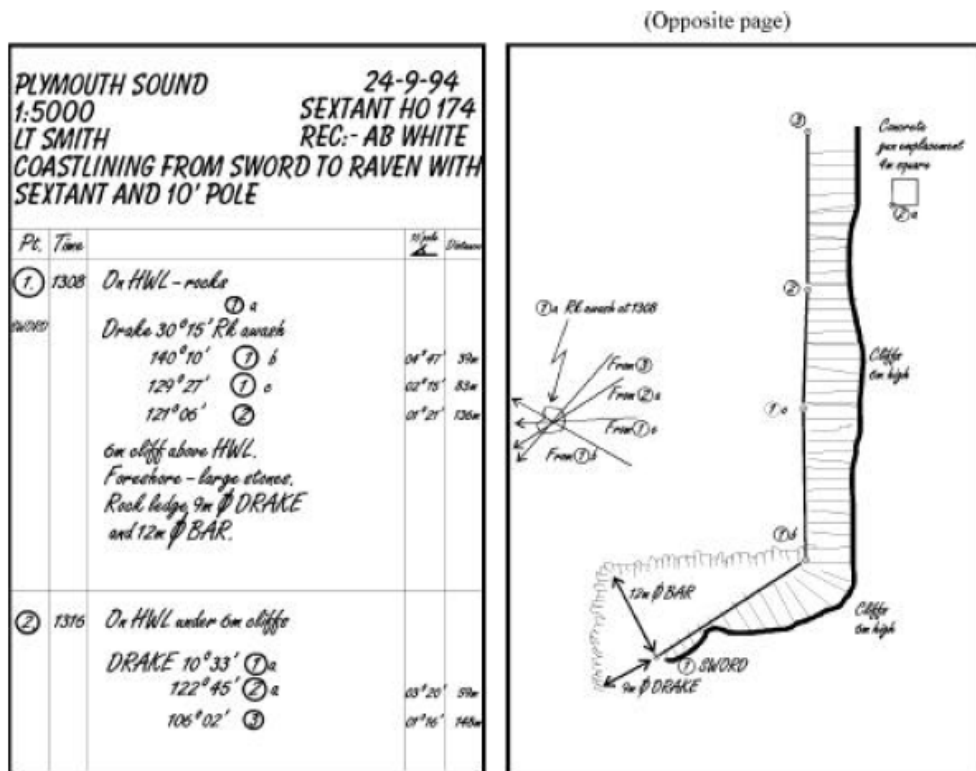
Para levantamientos a escala más pequeña (mayores que 1:50 000) se requerirá un menor número de puntos de control terrestre, algunos con sólo coordenadas horizontales conocidas. Esto también es válido para las imágenes satelitales.

La fotogrametría o imágenes satelitales no niegan la necesidad de los hidrógrafos para que exploren completamente la línea costera en el campo.

5.10 Métodos para delinear la costa

Cualquiera sea el método utilizado, los puntos deben ser posicionados en el HWL tan cerca en el papel que los detalles puedan ser dibujados precisamente entre ellos. El espacio en el papel depende, por tanto, de la complejidad de la línea costera.

El registro tradicional para un poligonal sextante y una vara de 10' se detalla a continuación. Un registro adicional sería empleado cuando se haga la resección o al usar una combinación de ambos métodos. Note que el diagrama abarca todos los ángulos y distancias en la página de grabación.



5.11 Trazado de la línea costera

Es usual dibujar la línea costera al trazar las posiciones de resección o puntos poligonales directamente en el solapamiento de delineación costera, aunque también se pueden usar hojas de trazado milimétrico. También puede ser apropiado calcular los puntos de giro de un poligonal y ajustarlos antes del trazado. Agujereee a través de los puntos de coordenadas conocidos usados al comenzar y terminar el poligonal, los detalles restantes de la línea costera son entonces trazados a mano.

El método gráfico de trazado de una línea costera se describe a continuación:

- a. Trace los puntos al usar el transportador de ángulo y distancia. Se encontrará que lo más conveniente para usar es un transportador circular grande de plástico transparente, divisores de arco de resorte, un punzón y lápices 4H bien afilados. Es importante recordar que se evite el uso de ceros cortos en el papel para alinear el transportador. Cuando se raye el trazado, asegúrese de que están dibujados más largo de lo requerido y que los agujeros hechos en el borde del transportador están marcados, para que así puedan ser usados de nuevo para alinear el transportador si es necesario. Es importante hacer esto cuando el objeto de referencia es la marca trasera del poligonal y por tanto el cero para el trazado sería muy corto si los agujeros de la marca trasera fueron usados para alinear el transportador o el apuntador de la estación. Si existe un mal cierre aceptable el poligonal debe ser ajustado gráficamente. Si el mal cierre es grande será regularmente hallado debido a un sólo error flagrante en vez de una acumulación de errores pequeños. El trazado debe ser chequeado cuidadosamente antes de abandonar las esperanzas y re-levantar la sección en el campo;
- b. Los puntos intermedios, tangentes y los trazados son dibujados entonces en forma de posiciones correctas de los puntos de giro. Se debe tener cuidado al cero en las posiciones corregidas de las marcas traseras, el dibujar líneas a través de ellas sobre las cuales se alinearán el transportador;
- c. Los detalles de la línea costera entre los puntos intermedios son entonces insertados usando el bosquejo del mapa; las fotografías aéreas y los mapas existentes son de gran asistencia ya que son la información anotada en las puntas de las líneas por los ecosondas del bote;
- d. Entonces la línea costera es pintada usando los colores y símbolos adecuados (Ver int. 5011). Cuando se describan acantilados o costas abruptas, la base de los acantilados deben ser cartografiadas correctamente pero las cimas pueden ser dibujadas lejos dentro de la costa para permitir que el trabajo del lapicero sea insertado; una exageración similar es necesaria con ciertos otros símbolos, pero se deben tener gran cuidado con esas que representan características de bajamar para asegurar que el límite hacia el mar está cartografiado correctamente.

5.12 Informe sobre la delineación de la línea costera

El trabajo de levantamiento de la línea costera debe ser reportado de acuerdo al Apéndice 2 de este Capítulo, sin embargo algunos de los aspectos más importantes se detallan a continuación:

- a. Exponga el objetivo de la tarea, note si fue una actualización de una carta existente, una nueva carta o para otro propósito especial. Indique que otras fuentes de material fueron utilizadas además en las observaciones de campo por el hidrógrafo en el terreno;
- b. Presente un breve resumen de los métodos usados y las medidas tomadas para establecer el control para el levantamiento de la línea costera, incluidos los puntos de control de fotos aéreas;
- c. Resalte las dificultades particulares que enfrentó y cualquier trabajo adicional requerido; puede ser necesario suministrar una indicación para el tiempo de la escala antes del relevamiento;

- d. Suministre una evaluación de los errores de coordenadas de los objetos y marcas levantados;
- e. Describa todos los puntos de control nuevos establecidos con una indicación de expectativa de vida, detalle los antiguos puntos de control reocupados y analice el estado del material; se deben presentar descripciones completas de todos los puntos;
- f. Se deben presentar amplios detalles de los resultados obtenidos; todos los trazados, vistas fotográficas, registros de videos, reportes de bahías e información portuaria, muestras obtenidas y los registros del levantamiento a ser entregados deben ser catalogados;
- g. Las fuentes de la cuales se han obtenido los nombres deben ser reportadas, si mapas modernos producidos localmente han sido usados para confirmar los nombres, se deben reenviar copias con el Informe sobre el Levantamiento;
- h. El levantamiento deben comentar lo completo del estudio e indicar donde se requiere trabajo adicional.

Como en todos los registros de levantamientos, es vital que los registros del levantamiento de la línea costera sean verificados para asegurar que no existen anomalías y que se alcanzó la consistencia entre los detalles citados. Todos los registros a ser presentados deben ser chequeados cuidadosamente y catalogados para asegurar un claro entendimiento del levantamiento en la Oficina Hidrográfica.

6. PROCESADO DE LOS DATOS

El cuidado y la atención dedicada al trabajo en el campo deben extenderse a todas las etapas del procesado de datos y a la cuidadosa y legible anotación de todo el material original utilizado para generar los registros finales. El principio subyacente a ser observado en los registros recaudados de cualquier levantamiento es que deben ser enteramente comprensibles a cualquier persona que tenga un sólido conocimiento del tipo de sondeo realizado. La preparación de todos los datos en la manera establecida, clara, precisa y concisamente, es absolutamente vital; la terminología debe estar en concordancia con las definiciones de la Publicación S-32 de la OHI.

6.1 Batimetría

El rendimiento del proceso de detección del fondo, cuando se usa MBES, es un tiempo y ángulo exactos de la llegada para cada profundidad medida. Estos dos parámetros son usados como aportes a los algoritmos del trazado de rayas que los convierte en una profundidad precisa y una distancia de ruta a lo largo y a lo ancho al usar la información sobre el perfil SV para hacer el cálculo, que normalmente es realizado en casi tiempo real.

El volumen absoluto de los datos reunidos con MBES significa invariablemente que el procesado basado en el área es el único método realista. El SBES puede ser procesado de forma similar, sin embargo el procesado línea por línea con la comparación directa contra la ruta del eco, si se genera, es regularmente más apropiado.

El uso de sistemas de navegación por satélite ha reducido la cantidad de posprocesado y edición de rutas, sin embargo, un cuidadoso CC online para la producción y estadísticas del sistema de navegación es vital para asegurar se alcanzan los estándares posicionales.

Los datos del perfil de la columna SV deben obtenerse en intervalos regulares durante las operaciones de levantamiento, particularmente si no se adquieren y aplican observaciones SV continuas. Los intervalos entre las observaciones SV serán determinados por la dinámica ambiental evaluada desde los datos iniciales temporales y espaciales obtenidos en concordancia con la sección 4.4.5.

Todos los algoritmos usados para la edición de los datos deben ser registrados e incluidos en el Informe sobre el Levantamiento para permitir un claro entendimiento del método de procesado a ser obtenido por la Oficina Hidrográfica. Los parámetros de suavización y filtro pueden ser detallados en las Especificaciones Hidrográficas o estandarizados por la Oficina Hidrográfica, y cualquier variación

debe ser justificada en el Informe sobre el Levantamiento. Se debe evitar un excesivo suavizamiento y filtración.

El método de procesado y edición debe seguir un camino lógico con un claro rastro de revisión para permitir que todas las acciones y parámetros sean chequeados y aprobados, una sólida rutina de CC debe estar en operación todo el tiempo, lo que debería permitir una comparación frente a anteriores levantamientos, cartas publicadas o datos de levantamientos validados, y contra datos de levantamientos adyacentes recientemente obtenidos. La inspección cuidadosa de los datos verificados debe ser llevada a cabo, se debe producir un plot estadístico y cualquier diferencia $> \sqrt{2} \times$ en el presupuesto de error del sondeo debe ser investigada.

Las lecturas de escalas mereométricas y mareógrafos deben ser reducidas al datum de sondaje en la estación de mareas, al usar los valores obtenidos para cada uno cuando fueron instalados. Los factores de rango y tiempo co-mareas deben ser aplicados para reducir las mareas observadas para los valores en el área levantada.

Una comparación diaria de la escala mereométrica y el mareógrafo debe ser llevado a cabo al comparar lecturas simultáneas. Después de la reducción del datum de sondaje, las lecturas simultáneas de escala mereométrica y mareógrafo deben ser comparadas para asegurar que el mareógrafo fue leído correctamente.

Las lecturas reducidas del mareógrafo deben ser trazadas y la curva de marea resultante debe ser comparada a la curva pronosticada en la estación de mareas, para asegurar la consistencia de los datos y para asegurar que el mareógrafo fue registrado correctamente. A menos que se prevean “pasos” en las mareas, las curvas serían más suaves, los pasos grandes o repetitivos deben ser anotados en el Informe sobre el Levantamiento y el mareógrafo debe ser revisado por si está funcionando mal.

Cuando se utilicen enlaces telemétricos con indicadores establecidos, una comparación del indicador real y los valores telemétricos deben ser conducidos durante las 25 horas de comparación de vara/indicador y luego en intervalos a lo largo del levantamiento.

La densidad de los datos deben ser alineados con los requerimientos de detección de objetos, lo que determinará el tamaño de la rejilla a ser usada. En levantamientos para cartografiado de navegación, la inclinación de los bajíos es el criterio normal, sin embargo, hay ocasiones cuando la profundidad media será la apropiada. Las Especificaciones Hidrográficas y la política de la Oficina Hidrográfica deberían proveer las directrices de los requerimientos.

Las Especificaciones Hidrográficas deberían detallar la presentación final del levantamiento, incluido los intervalos del contorno; sin embargo, se debe hacer uso completo de las numerosas herramientas de visualizaciones disponibles para ayudar en el chequeo y CC del sondeo. Algunos de los formatos de visualización son:

- a. Trazados de sondaje;
- b. Trazados de contorno;
- c. Sondaje de color digital y muestras del contorno;
- d. Superficies 3D de profundidad a color 3D;
- e. Superficies 3D de escala gris iluminadas por el sol.

Si se crean superficies 3D de escala gris iluminadas por el sol, la superficie debe ser vista desde dos direcciones perpendiculares para resaltar cualquier anomalía o artefacto que necesite más investigación.

6.2 Caracterización del fondo marino

La textura de los datos deducidos de la ruta del sonar o los datos de dispersión posterior surgirán en un mosaico ya sea usando un sistema automatizado o al crear un dibujo manual de un coleccionista de la textura del fondo del mar. En ambos casos, la interpretación será guiada por la rejilla de las muestras del fondo marino tomadas a comienzos del levantamiento.

Los detalles iniciales incluyen las crestas de las ondas de arena, con alturas, las posiciones de obstrucciones con alturas y el comienzo y fin de afloramientos y pináculos de rocas. Los detalles de textura deben ser trazados para definir los límites de la textura. Se debe tener cuidado para asegurar la conformidad de los detalles de textura de las áreas levantadas previamente.

Las instancias ocurrirán cuando se requieran muestras adicionales del fondo marino para aclarar las áreas de textura compleja del fondo marino. Se deben obtener suficientes muestras adicionales del fondo marino hasta que se haya alcanzado un nivel de confianza de que el fondo marino ha sido clasificado en forma precisa.

La calidad y totalidad de la cobertura del sonar deben ser determinada por la inspección de:

- a. Un trazado de la ruta del barco, la inspección revelará cualquier brecha en la cobertura debido a un mantenimiento pobre de la línea, una velocidad excesiva del remolque, esas brechas deben ser recorridas de nuevo;
- b. Datos de control de calidad de la línea que indicarán si la velocidad máxima de remolcado ha sido excedida, las áreas de exceso deben ser recorridas de nuevo;
- c. Los rastros del sonar deben ser inspeccionados para asegurar que el pez remolcado fue desplegado en la altura correcta sobre el fondo marino y que se registraron datos buenos, cualquier área con datos sospechosos deben ser recorrida de nuevo;

6.3 Detección de accidentes

Las obstrucciones de naufragios o artificiales que se erigen en los alrededores del fondo marino pueden constituir un peligro para la navegación o las actividades submarinas sobre áreas de plataformas continentales. Estos objetos deben ser localizados, examinados y registrados.

Durante el barrido de sonar inicial del área, la señal del sonar debe ser examinada cuidadosamente y anotarse cuidadosamente todo lo que pueda representar una obstrucción. Los contactos deben ser registrados metódicamente:

- a. Número de la señal del sonar;
- b. Día y hora juliano;
- c. Número de contacto (debe ser consecutivo a lo largo del levantamiento);
- d. Detalles de la posición;
- e. Canal de puerto/estribor;
- f. Rango de pendiente;
- g. Layback
- h. Alto del pez de remolque sobre el fondo marino;
- i. Evaluación de contacto;
- j. Acciones adicionales requeridas (ej., investigación, interlíneas, miradas rápidas, sin acciones adicionales).

Los datos de profundidad y ruta del magnetómetro deben ser cuidadosamente examinados para proveer evidencia de soporte.

Al completar la evaluación los registros deben ser chequeados cuidadosamente para asegurar que el proceso ha sido conducido de manera meticulosa. Los siguientes puntos deben ser considerados

cuando se evalúa la meticulosidad de una evaluación:

- a. Mientras un naufragio, áreas sucias u obstrucciones continúen siendo un peligro para la navegación u otras actividades submarinas, deben aparecer en la carta;
- b. Cualquier objeto descrito como eco “no-sub” o que constituye un “sucio” en el fondo marino debe hallarse, clasificarse, posicionarse y registrarse; si es peligroso para la navegación o no, debe ser descartado;
- c. La responsabilidad es clasificar o descartar cada naufragio, sucio, obstrucción o contacto cartografiado anteriormente descrito como “no-sub”, a menos que se descarten más allá de toda duda, deben permanecer en la carta.

El examen satisfactorio de cada objeto importante localizado durante un levantamiento es un factor significativo al decidir si un área ha sido completamente levantada.

6.4 Observaciones complementarias/misceláneas

La corriente de mareas, reunida durante el levantamiento mediante cualquier método, debe ser evaluada para su validez y consistencia. Donde existan datos de corrientes de mareas previos, las nuevas observaciones deben compararse para asegurar la continuidad y uniformidad. Donde no existan datos previos, las observaciones deben ser inspeccionadas para asegurar que están en concordancia con las corrientes de mareas experimentadas durante el levantamiento, lo que puede ser evaluado desde las comparaciones entre los cursos y velocidades fijadas contra los cursos y velocidades hechas bien.

Es usual para el análisis de los datos de las corrientes de mareas observadas, para la inclusión en las cartas, que sean conducidos por la Oficina Hidrográfica.

La posición media de navais flotantes debe ser calculada desde las posiciones de bajamar y pleamar, a menos que una posición del escandallo/ancla puede deducirse de la batimetría de banda.

La posición, características, sectores y descripciones físicas de cada navaid fijo o flotante deben ser comparados contra la carta publicada, la Lista de Luces y las Direcciones de Navegación pertinentes como un chequeo de error burdo. Es importante verificar que las posiciones derivadas para los navais cumplen los estándares requeridos.

La lista final de navais fijos y flotantes observados y revisados dentro del área de levantamiento debe ser comparado con la lista original creada de cartas publicadas, Lista de Luces y Direcciones de Navegación, en concordancia con la parte 4.8.3, para asegurar una cobertura completo de todos los navais.

Las variaciones de los datos publicados y confirmados por las autoridades responsables en concordancia con la parte 4.8.7 deben ser reportadas inmediatamente por medio de señales o e-mail a la Oficina Hidrográfica y con una Nota Hidrográfica de seguimiento.

Los detalles de las operaciones de radio del puerto obtenidos durante el levantamiento, en concordancia con la parte 4.8.8, deben ser rechequeados contra la Lista de señales de Radio y Direcciones de Navegación pertinentes.

Los detalles de observaciones de vida marina, bioluminiscencia, secchi y capas dispersas de profundidad deben ser presentados. Los detalles de otras características, como marcas de hoyos y cualquier muestra de sedimentos se deben dar con una descripción de cómo fueron observados.

En los frentes oceánicos, los remolinos u olas internas que han sido investigados, los detalles de su ubicación, el tipo de característica, los métodos usados y los sensores empleados deben suministrarse. Comente como se han presentado los datos y como se realizaron las conclusiones.

6.5 En conformidad con el plan

Se debe hacer una evaluación de lo completo del levantamiento y su conformidad con las Especificaciones Hidrográficas y el plan original. Las áreas que requieran de mayor investigación, incluidas las zonas que levantadas en forma incompleta o donde los requerimientos de las Especificaciones Hidrográficas no fueron alcanzados, deben ser identificadas y hay que presentar las acciones requeridas para rectificar las insuficiencias, que pueden deberse a limitaciones de los equipos o condiciones físicas. Cualquier tarea adicional requerida debe ser resaltada y se deben hacer recomendaciones de cómo puede cumplirse exitosamente en el futuro.

7. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

7.1 El informe del levantamiento

Cuando el material de levantamiento de cualquier tipo es presentado a la Oficina Hidrográfica, debe estar acompañado de un informe, de alguna u otra forma, de cómo fue obtenido. En pocos casos, como en las Notas Hidrográficas, este puede ser relativamente breve, pero en la gran mayoría de casos, el Informe del Levantamiento forma el centro de los datos levantados, y debe remarcar cada aspecto del levantamiento y otros datos que son presentados con él. Para los levantamientos batimétricos convencionales, regularmente el informe se divide en dos partes; un ejemplo de su contenido se encuentra en el Apéndice 2 de este capítulo.

El Informe del Levantamiento es el medio principal por el cual el hidrógrafo a cargo aprueba el contenido de TODOS los registros levantados y, por tanto, es un documento muy importante, y el hidrógrafo debe tener considerable cuidado en su presentación. Debe dar un informe claro y amplio de cómo se llevó a cabo el levantamiento, los resultados alcanzados, las dificultades encontradas y los defectos. En la primera parte se debe dar énfasis en el análisis de las exactitudes alcanzadas y si las especificaciones detalladas en los estándares de la especificación del levantamiento y la Publicación S-44 de la OHI han sido alcanzados. La segunda parte contiene la discusión técnica necesaria para respaldar las opiniones expresadas en la primera parte. Se debe tener siempre consciente de que es tan importante decir los que no se hizo y por qué, como los que sí se hizo y cómo.

Un Informe del Levantamiento minucioso puede reducir la necesidad de una correspondencia posterior entre la Oficina Hidrográfica y la unidad del levantamiento, lo que, de otra forma, puede ser necesario para dilucidar los puntos que no han sido cubiertos en un informe menos exhaustivo. El ejemplo en el Apéndice 2 provee un esbozo del material que se siente es conveniente incluir junto con un formato adecuado a los levantamientos batimétricos. Es útil contrastar con cualquier párrafo que no es aplicable a un levantamiento particular en una declaración breve de la forma "Las observaciones ... no se realizaron".

El Informe del Levantamiento es tanto un registro imparcial del levantamiento como cualquier otro, y debe ser compilado y presentado con tanto cuidado, exactitud y prolijidad. La manera y el formato en el cual es presentado a la Oficina Hidrográfica variarán según los requerimientos nacionales.

El Informe del Levantamiento y los datos del levantamiento asociados serán presentados a la Oficina Hidrográfica donde se someterán a un proceso riguroso de validación y evaluación. Se recomienda mantener una copia completa de los datos presentados en la unidad de levantamiento hasta que todas las preguntas hayan sido respondidas. Se debe recordar que el Informe y el conjunto de datos verificados serán archivados y permanecerán como una fuente definitiva de datos para la creación de productos futuros.

7.2 Requerimiento de datos

Las Especificaciones Hidrográficas expresarán las razones del levantamiento y los requerimientos principales del producto provenientes del cliente, ej., los levantamientos de seguridad de navegación o

de rutas de cables/tuberías serán realizados con batimetría, los levantamientos arqueológicos y de minas de guerra serán liderados por detección de objetos mientras que los levantamientos ambientales pueden estar basados en textura del fondo marino y columnas de agua. La Oficina Hidrográfica detallará cuales son los datos que deben ser presentados al final del levantamiento y en qué escala de tiempo.

7.3 Formato y densidad de los datos

La mayoría de las organizaciones hidrográficas tienen estándares detallados para el formato y la densidad de los datos para que cumplan sus requerimientos. Las Especificaciones Hidrográficas detallarán las variaciones de estos estándares en el formato de datos, que dependerá del sistema de levantamiento a ser usado y los sistemas disponibles para verificación y validación de los datos presentados. Las modificaciones a la densidad de los datos serán estipuladas en las Especificaciones Hidrográficas.

Las herramientas modernas de visualización han permitido una gran e importante flexibilidad al hidrógrafo en la presentación de los datos, tanto digital como gráficamente. Se debe tener cuidado en asegurar que la cautela inherente del levantamiento hidrográfico no afecte el uso de imágenes multicolores, que pueden ser creadas con relativa facilidad y una mínima interacción humana.

7.4 Requerimiento de medios

Las Especificaciones Hidrográficas detallarán en qué tipo de medios se presentarán los datos levantados y si el cliente requiere un levantamiento completamente digital o de gráficos representativos. Los medios usados más comúnmente son:

- a. DVD;
- b. CD-Rom;
- c. Cinta DAT;
- d. Gráficos en Ozatex/Cronaflex;
- e. Registros en papel.

Cualquiera sea el medio utilizado, se deben tener gran cuidado con la transmisión y el manejo para asegurar que los datos lleguen a su destino final sin daños ni corrupciones. Muchos de los datos serán únicos, formarán las bases para enmiendas y mantenimiento de cartas y publicaciones hasta que se realice un nuevo levantamiento del área (probablemente dentro de muchos años), y se convertirán en parte de los archivos de la nación como registros públicos. Obedece que este material deba tener el mayor grado de seguridad todo el tiempo, ya que perder una parte o todo claramente sería costoso en esfuerzo, tiempo y material.

REFERENCIAS

Edition 2004	1/04	<i>Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys</i>	UK Hydrographic Office
17 th Edition	1996	<i>General Instructions for Hydrographic Surveys</i>	UK Hydrographic Office
11 th Section	1968	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 1</i>	UK Hydrographic Office
1969 to 1973		<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 2</i>	UK Hydrographic Office
PP24 (Parts 1 & 2)	1987	<i>The Use of Side-scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information</i>	UK Hydrographic Office
5 th edition –	1994	“ <i>Hydrographic Dictionary</i> ” S–32	International Hydrographic Organization, Monaco
5 th edition –	2008	“ <i>IHO Standards for Hydrographic Survey</i> ” S–44	International Hydrographic Organization, Monaco
1 January	2002	EM 1110-2-1003 “ <i>Hydrographic Surveying</i> ”	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 July	2003	EM 1110-1-1003 “ <i>NAVSTAR Global Positioning System Surveying</i> ”	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
Fourth Edition	4 July 1976	“ <i>Hydrographic Manual</i> ”	Melvin J. Umbach Rockville, Md. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)
March	2003	NOS <i>Hydrographic Surveys “Specifications and Deliverables”</i>	U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)

A.A. 2002/2003	<i>“Lezioni di Idrografia teorica ed operativa”</i>	Luigi Sinapi Napoli
1976	<i>“Electronic Surveying and Navigation”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
January 1983	<i>“Electronic Surveying in practice”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
1991	<i>“Radionavigation system”</i>	Börje Forssell Prentice Hall International (UK) Ltd
July 1974	<i>“Sea Surveying”</i>	Alam E. Ingham John Wiley & Sons, Inc New York (USA)

BIBLIOGRAFÍAS

Edition 1/04 2004	<i>Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys</i>	UK Hydrographic Office
17 th Edition 1996	<i>General Instructions for Hydrographic Surveys</i>	UK Hydrographic Office
11 th Section 1968	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 1</i>	UK Hydrographic Office
1969 to 1973	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 2</i>	UK Hydrographic Office
PP24 (Parts 1 & 2) 1987	<i>The Use of Side-scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information</i>	UK Hydrographic Office
PP25 1990	<i>The assessment of the Precision of Soundings</i>	UK Hydrographic Office
1998	<i>“La georeferenziazione delle informazioni territoriali”</i>	Luciano Surace Estratto dal "Bollettino di geodesia e scienze affini"
Prima Edizione – 2000	<i>“GPS Principi Modalità e Tecniche di Posizionamento”</i>	A. Cina Celid
Prima Ristampa – 2001	<i>“Topografia”</i>	L. Costa Cooperativa Libreria Universitaria – Genova
Terza Edizione – 1949	<i>“Manuale di Idrografia per la costruzione delle carte marine</i>	Manoia G. Romagna Accademia Navale di Livorno
II 3100. Quinta Edizione – 1992/Prima Ristampa – 1998	<i>“Manuale dell’Ufficiale di Rotta”</i>	Istituto Idrografico della Marina, Genova
NorMas FC 1028 Seconda Edizione – 1978	<i>“Norme di Massima per i Rilievi Idrografici”</i>	Istituto Idrografico della Marina, Genova
5 th Edition – 1994	<i>“Hydrographic Dictionary” S-32</i>	International Hydrographic Organization, Monaco
5 th Edition – 2008	<i>“IHO Standards for Hydrographic Survey” S-44</i>	International Hydrographic Organization, Monaco

1 January 2002	<i>EM 1110-2-1003 "Hydrographic Surveying"</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 June 2002	<i>EM 1110-1-1004 "Geodetic and Control Surveying"</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 July 2003	<i>EM 1110-1-1003 "NAVSTAR Global Positioning System Surveying"</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
31 August 1994	<i>EM 1110-1-1005 "Topographic Surveying"</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
Fourth Edition 4 July 1976	<i>"Hydrographic Manual"</i>	Melvin J. Umbach Rockville, Md. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmos- pheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)
March 2003	<i>NOS Hydrographic Surveys "Specifications and Deliverables"</i>	U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmos- pheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)
A.A. 2002/2003	<i>"Lezioni di Idrografia teorica ed operativa"</i>	Luigi Sinapi, Napoli
1976	<i>"Electronic Surveying and Navigation"</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
January 1983	<i>"Electronic Surveying in practice"</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
1991	<i>"Radionavigation system"</i>	Börje Forssell Prentice Hall International (UK) Ltd
July 1974	<i>"Sea Surveying"</i>	Alam E. Ingham John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
