

## **CAPÍTULO 4**

### **CLASIFICACIÓN DEL FONDO MARINO Y DETECCIÓN DE ACCIDENTES**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1 La hidrografía incluye la descripción de las características de los mares para un número de propósitos no restringidos a la navegación. Con la aparición de los sonares y los ecosondas de banda ahora se puede obtener una descripción más completa y detallada para el beneficio de la seguridad en la navegación y a otros usos. Obviamente, es impráctico encontrar cada característica o accidente en cada profundidad, así que la OHI ha determinado el tamaño mínimo de la característica que debe ser buscada y determinada en cualquier área en particular. La clasificación del fondo marino ha sido empleada para las operaciones de guerra de minas por muchos años, pero la llegada del software automatizado para la clasificación ha permitido un uso más amplio, particularmente para la industria pesquera y las industrias del medio ambiente.
- 1.2 En este capítulo, las frases clasificación del fondo marino y caracterización del fondo marino, y la detección de accidentes y la detección de objetos son sinónimas.

#### **2. DETECCIÓN DE ACCIDENTES DEL FONDO MARINO**

##### **2.1 Antecedentes**

- 2.1.1 Para garantizar la seguridad de la navegación es necesario detectar los accidentes del fondo marino que puedan ser un peligro para la navegación, bien sea naturales o hechos por el hombre. Un accidente se define como cualquier objeto en el fondo del mar que sea particularmente diferente al área que lo rodea; puede ser cualquier cosa desde una roca aislada en la llanura del fondo marino hasta los restos de naufragio o un obstáculo. Esta actividad es llamada detección de los accidentes del fondo marino. La detección de accidentes puede también ser utilizada para localizar e identificar las características que sean de interés para los navegantes, tales como naufragios y yacimientos mineros. El último puede no ser de importancia en la navegación pero es, sin embargo, de importancia para aquellos afectados.
- 2.1.2 Una medición tradicional desarrollará la batimetría de un área con la aplicación de una serie regular de líneas de sonda en el área. La cobertura del ecosonda multihaz (MBES) o la imagen del sonar de barrido lateral (SSS), son utilizadas para la detección de accidentes y para proporcionar la información sobre la clasificación del fondo del mar. En algunos casos la detección de accidentes es más importante que la adquisición de la batimetría. Los accidentes específicos que se han identificado con el MBES o con el SSS requerirán generalmente un chequeo más positivo de su posición y de profundidad mínima.

##### **2.2 Normas**

- 2.2.1 Hay varias normas para la detección de accidentes. Las más importantes son las contenidas en las publicaciones S-44 y S-57 de la OHI.

## 2.2.2 OHI S-44 – Normas mínimas para Levantamientos Hidrográficos

2.2.1.1 La tabla 1 de la S-44, resumida en las tablas 4.1 y 4.2 más abajo, especifica donde se retoma una búsqueda de accidentes y las capacidades del sistema de detección para cada Orden de Levantamiento:

2.2.1.2 Una vez detectado cualquiera de los accidentes considerados como importantes se debe tener su posición y la profundidad mínima sobre ellos determinado por las normas detalladas en la Tabla 1 de la S-44.

OHI S-44 Ordenes y áreas de ejemplo		Requerimiento para la exploración
Especial	Áreas donde la separación quilla-fondo es crítica	Exploración del 100% obligatoria.
Orden 1a	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo es menos crítica, pero podrían existir rasgos de interés para la navegación.	Exploración del 100% obligatoria.
Orden 1b	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo no se considera de interés para el tipo de buque que se espera transite por el área	Exploración del 100% no obligatoria.
Orden 2	Áreas generalmente más profundas a 100 metros donde se considera adecuada una descripción general del fondo marino.	Exploración del 100% no obligatoria.

**Tabla 4.1 “OHI S-44 Requerimientos para la exploración”**

Orden OHI S-44	Capacidades del sistema de detección
Especial	Rasgos cúbicos > 1 metro
Orden 1a	Rasgos cúbicos > 2 metros en profundidades hasta 40 metros; 10 % de la profundidad cuando ésta es mayor a 40 metros
Orden 1b	No aplicable
Orden 2	No aplicable

**Tabla 4.2 “OHI S-44 Capacidades del sistema de detección”**

## 2.2.3 OHI S-57 – Normas para la Transferencia de Datos Hidrográficos Digitales

2.2.3.1 La S-57 especifica las "Zonas de Confianza" (ZOC) como el método para codificar la información de la calidad de los datos. La ZOC fue adoptada para proporcionar una manera simple y lógica de clasificación de todos los datos batimétricos y para presentar al navegante la confianza que la autoridad de cartografiado nacional pone en él. Las áreas son clasificadas al identificar varios niveles de confianza que pueden ser puestos en los datos fundamentales usando una combinación de exactitud de profundidad y posición, el perfeccionamiento de la exploración del fondo marino y de la conformidad con un plan de calidad aprobado.

2.2.3.2 Las ZOC A1, A2 y B se generan de levantamientos modernos y futuros con la importancia que las ZOC A1 y A2 requieren de una exploración completa del fondo marino, es decir la detección de accidentes totales. Las ZOC C y D reflejan baja exactitud y datos de calidad

pobre, mientras que las ZOC U están designados a ser descritos en cartas de papel, como un diagrama inserto en el lugar de un diagrama de confiabilidad actual, y en muestras electrónicas.

- 2.2.3.3 Se debe enfatizar que las ZOC son una norma de cartografiado y que no están pensadas para ser usadas para especificar las normas de levantamientos hidrográficos o para la administración de la calidad de los datos de las autoridades hidrográficas individuales. La exactitud de la profundidad y de la posición especificadas para cada ZOC se refieren a los errores de sondeos finales mostrados e incluyen no solamente los errores de medición sino otros errores introducidos en el proceso de producción de las cartas.
- 2.2.3.4 Los criterios para la detección de accidentes de la ZOC de la S-57 están en la tabla 4.3:

S-57 ZOC	Requerimientos de exploración
ZOC A1	La exploración comprende toda el área, todos los accidentes significativos descubiertos del fondo marino han sido detectados y han tenido sus profundidades medidas. (ver la nota).
ZOC A2	
ZOC B	La exploración total del área no se logró, pueden existir accidentes desconocidos peligrosos para la navegación.
ZOC C	La exploración total del área no se logró, pueden esperarse profundidades anómalas.
ZOC D	La exploración total del área no se logró, pueden esperarse anomalías en las profundidades.
ZOC U	La calidad de los datos batimétricos aún está por evaluarse.

**Tabla 4.3 “Criterios para la detección de accidentes ZOC”**

Nota: Los accidentes significativos del fondo marino están definidos en el S-57 como aquellos que se levantan sobre profundidades representadas por más de:

0.1 x profundidad, en profundidades < 10 m,

1.0 m, en profundidades de 10-30 m, y

(0.1 x profundidad) menos 2.0 m, en profundidades de > 30 m.

- 2.2.3.5 El S-57 también detalla la posición relevante y exactitud de la profundidad requerida de los accidentes medidos.

## 2.2.4 Detección de accidentes peligrosos

- 2.2.4.1 El hidrógrafo debe estar claro del hecho de que muchas características que son potencialmente peligrosas a la navegación, pueden no considerarse bajo el criterio de “accidentes cúbicos” del S-44; por ejemplo los mástiles de los naufragios y de los pilares de ruinas. Sin embargo, los criterios de ZOC toman en cuenta esos accidentes si se levantan sobre profundidades representadas por la cantidad prescrita. La capacidad de detectar tales accidentes es un punto crítico cuando se considera el tipo de sistema a ser utilizado para la detección de accidentes. Por ejemplo, los tipos de accidentes serán normalmente detectados por el SSS pero pueden no ser detectado por el MBES, el Lidar y otros sistemas parecidos como, por ejemplo, el ancho de la huella del haz o los algoritmos de “filtro”.

- 2.2.4.2 Hasta donde le compete al hidrógrafo, el propósito de un sonar de barrido es de sondear el área entre las líneas adyacentes de sondeos para detectar cualquier accidente de importancia

significativa para el navegante. Aunque no se puede dar una definición estricta y rígida de la longitud mínima de un naufragio, los accidentes de menos de tres metros de longitud son poco probables de ser suficientemente representativos del fondo marino para causar preocupación. Por supuesto habrá ocasiones cuando esto no sea así (como en las áreas coralinas, o al buscar mástiles), y el hidrógrafo debe examinar todas las fuentes de datos disponibles antes de decidir la longitud mínima de los accidentes que él desea detectar.

- 2.2.4.3 Note que para todos los cálculos que siguen, se incluyen las velocidades sobre el suelo que no deben excederse. Se toma en cuenta la longitud del accidente no así su altura. Lo que se usa para los cálculos es la longitud máxima de los accidentes que sólo reciben cinco pulsos, éste es considerado el mínimo para lograr la detección de los accidentes. Cuanta energía de los cinco pulsos en el accidente regresa al transductor depende de:

La forma del accidente, la extensión, la composición y el aspecto,

Las condiciones del sonar y

La naturaleza del fondo marino, y de otros factores.

- 2.2.4.4 La cantidad de energía que regresa del accidente controlará la intensidad de la marca impresa.

## 2.2.5 Requerimientos militares

- 2.2.5.1 Las fuerzas militares requieren de la detección de los accidentes más pequeños o más profundos que los requeridos para la seguridad de la navegación, por ejemplo algunas se dirigen a detectar las características con un tamaño de volumen de 0,5 metros en la plataforma continental a profundidades de hasta 200 m. Las fuerzas militares, al usar sensores especializados, se proponen detectar y clasificar accidentes aún más pequeños. Mientras que estos demuestran habilidades particulares, normalmente no requeridas por el hidrógrafo empleado en cartografiado náutico, existe un efecto resultante en el desarrollo de los sistemas capaces de lograrlos haciéndolos disponibles en el mercado comercial.

## 2.2.6 Informe sobre los accidentes

- 2.2.6.1 Mientras que es deseable investigar cada accidente que cumple con los criterios antes descritos, en áreas complejas ésto no será posible. Los hidrógrafos pueden necesitar utilizar su propio juicio para decidir cuáles características garantizan la investigación, después de considerar los recursos disponibles, el uso probable del área (el calado de los buques, etc), y la importancia probable del accidente notando las profundidades generales en el área. Por ejemplo, un banco de 26 metros en profundidades generales de 28 metros puede no garantizar una investigación adicional si una nave transitando el área debe en algún momento pasar a través de las profundidades generales de, por ejemplo, 20 metros. En tales casos puede solamente ser necesario asegurarse de que no hay indicación de muchas aguas bajas (ejemplo, aumentar las líneas a sondar, emplear el sonar etc).
- 2.2.6.2 Los criterios anteriores deben también ser utilizados para comprobar si un accidente debe ser incluido o no en cualquier informe sobre medición. En las áreas complejas esta lista puede ser poco manejable, por consiguiente el reporte necesita incluir solamente las características que son verdaderamente importantes en términos de profundidades generales y del uso probable.
- 2.2.6.3 Al final de cada levantamiento el hidrógrafo, siendo la única persona con toda la información a su disposición, debe dar una opinión firme del estado de cada accidente localizado, o sea, de los naufragios, el tipo de fondo, lo no examinado etc., con los

resultados incluidos en el Informe. Las características recientemente descubiertas, que pueden ser peligrosas para la navegación de superficie y submarina, y los accidentes cartografiados que se ha hallado han sufrido cambios significativos, deben ser reportados inmediatamente en la Oficina Hidrográfica Nacional (OHN). Las características no mostradas en las cartas en las profundidades menores a los 750 metros normalmente serían considerados para generar un “Aviso a los Navegantes”.

## **2.3 Métodos de detección de accidentes**

### **2.3.1 Descripción**

2.3.1.1 Hay varios métodos con los cuales se puede alcanzar la detección de los accidentes. El SSS tiene una capacidad bien probada para la detección de características y puede ser todavía considerado como el medio más confiable. Sin embargo, el SSS es objeto de limitaciones operacionales, en las que es remolcado generalmente detrás de la embarcación hidrográfica, lo que introduce los errores posicionales a las características. Estos errores pueden ser reducidos con el uso de los respondedores en la grúa de peces y/o al pasar la característica en la dirección opuesta para obtener una posición promedio. Las operaciones SSS son también objeto de la separación del nadir que requiere de que las líneas sean corridas con el solapamiento suficiente para detectar accidentes bajo las rutas adyacentes.

2.3.1.2 Una de las limitaciones principales del SSS es la velocidad del avance requerida para lograr suficientes ping en un accidente particular. Con pocas excepciones esto limita las operaciones de SSS a cerca de 6 nudos, que impacta la tasa de esfuerzos. La aparición del MBES ofrece la oportunidad de cumplir con los requerimientos de la detección de accidentes a velocidades más altas y, por lo tanto, aumentar la tasa de esfuerzo. Hasta la fecha, sin embargo, la detección con el MBES de las características del tamaño que cumpla con los requerimientos de la Orden Especial de la OHI y del ZOC A1/A2 u otras características pequeñas y potencialmente peligrosas, no puede ser garantizada a menos que se tomen ciertas precauciones, como la limitación del ancho útil de la banda y el cálculo de una velocidad de avance apropiada para la tasa de los ping.

2.3.1.2.1 La geometría de un transductor SSS en relación a un accidente es el factor clave que lo hace ser una herramienta útil para la detección de características. Las sombras detrás de una característica, pertenecientes al fondo marino, son el signo revelador de que un accidente ha sido sondeado. La geometría del transductor MBES en relación a las características de fondo marino resulta en la pérdida de casi toda la capacidad de la detección de sombras. Un hidrógrafo que desea utilizar el MBES para la detección de accidentes debe entonces confiar en otras características de los MBES para buscar cualquier accidente. Estas características son batimetría de alta resolución y la amplitud de la dispersión conectada con una capacidad de posicionamiento permitida para cada repetición exacta. Adicionalmente, mientras los accidentes son normalmente capaces de ser detectados por un operador durante la adquisición de la datos SSS, la detección usando el MBES está lejos de ser más incierta en este punto y el post-proceso es usualmente requerido para permitir que se vean los resultados.

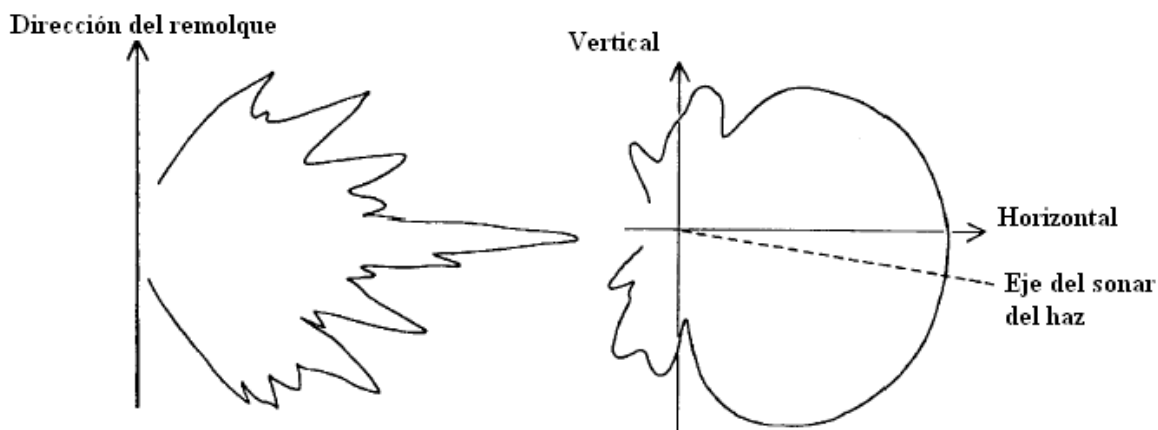
2.3.1.3 Otros sensores que se pueden utilizar para la detección de accidentes incluyen el ecosonda de haz simple (SBES), el sonar de búsqueda avanzada, el magnetómetro y los métodos remotos como el de batimetría LiDAR aerotransportada (ALB) y el de Batimetría electromagnética aerotransportada (AEMB). Los métodos de detección de accidentes mecánicos, menos usados en estos días, incluyen el barrido de guaya, el dragado y el buceo.

### **2.3.2 Sonar de Barrido Lateral (SSS)**

- 2.3.2.1 El SSS de canal dual es ahora aceptado como una ayuda esencial para el levantamiento moderno y permanece el hecho de que ningún levantamiento en la plataforma continental puede ser considerado completo a menos que se haya realizado un barrido completo del sonar e investigado todos los contactos.
- 2.3.2.2 Además de localizar las ruinas y las obstrucciones entre las líneas de levantamiento, el SSS también proporciona una cantidad considerable de otra información del fondo marino. Estos datos, cuando se combinan con las muestras del fondo marino y los contornos de la profundidad para producir la clasificación del fondo marino, son de gran valor para aquellos relacionados con las operaciones anfibas y para las operaciones militares y submarinas. La importancia de esta información ha crecido durante los años hasta un punto que, en muchos levantamientos, el sonar, en vez de las consideraciones batimétricas, gobierna la selección de la línea de dirección y de espaciado. Sin embargo, se necesita gran cuidado en la preparación y chequeo de esos datos si su potencial total se va a ver.
- 2.3.2.3 Cuando se usa en el levantamiento hidrográfico, el SSS tiene cuatro funciones principales:
- La detección de naufragios y de obstrucciones entre las líneas de sondeo. Aunque la posición exacta y la menor profundidad no pueden ser determinadas por el SSS, un sonar correctamente calibrado y utilizado detectará casi todos los accidentes significativos entre las líneas.
  - La detección de otros accidentes del fondo marino. Correctamente usado, el SSS puede detectar accidentes muy pequeños del fondo marino. A pesar de que no sean peligrosas a la navegación, las posiciones de tales objetos, o grupos de accidentes, son de importancia considerable en operaciones militares y submarinas.
  - La agrupación de la clasificación de la datos del fondo marino. El conocimiento de la textura del fondo marino, combinada con las muestras, es de gran importancia para las operaciones militares y submarinas, y para los pesqueros y el desarrollo de los recursos.
  - La identificación de áreas dinámicas del fondo marino. La presencia de ondas de arena y de pliegues son indicaciones de que el fondo marino en un área en particular es dinámico. En las rutas importantes de tráfico marítimo estas áreas pueden requerir levantamientos periódicos para garantizar la seguridad de la navegación.

### **2.3.3 Consideraciones teóricas**

- 2.3.3.1 La fuerza de la señal de retorno por un accidente dado es gobernada por varios factores ligados por una expresión conocida como la “ecuación del sonar” que puede ser utilizada para determinar si un tipo de accidente en particular será o no detectado. Una buena explicación de los términos implicados en esta ecuación, es dada en el “Informe sobre la Detección de Profundidades Anormales” FIG/OHI 1981. El documento estándar que debe ser consultado si un estudio adicional de este tema es requerido es el de los “Principios de Sondeo Submarino” de R.J. Urick. Se debe resaltar que esta ecuación puede formar solamente el punto de partida para una consideración del funcionamiento del SSS. Se debe insistir que esta ecuación solo puede formar el punto de partida para la consideración del rendimiento del Sonar de Rebusca Lateral debido a que no es posible conocer todos los términos de la ecuación.
- 2.3.3.2 La cobertura de rango corta. Hay una región cerca del remolque donde las separaciones en la cubierta del sonar pueden ocurrir. Estos espacios necesitan ser considerados en dos planos (ver la Figura 4.1):



**Fig. 4.1 “Cobertura horizontal del SSS y del haz vertical”**

- El plano vertical. El haz principal del sonar tiene un ancho en el plano vertical de alrededor de  $50^\circ$ , con el eje del haz inclinado a  $10^\circ$  hacia abajo. Hay, por lo tanto, una región debajo del domo del sonar que está fuera del haz principal; el tamaño de esta región es gobernado por la altura de los transductores del fondo marino. El concepto original de esta área no sondeada por completo es incorrecto. A menos que el domo del sonar esté a lo largo del fondo marino, esta zona está cubierta por los lóbulos laterales de los transductores, y las piezas recibirán cierta energía de sonido de las franjas del haz principal. (el borde del haz es tomado generalmente como la línea de media potencia, pero esto no es un punto absoluto de corte y cierta energía existe fuera de él). Aunque ocurre una separación en el registro del domo del sonar, es considerablemente más pequeña de lo que originalmente se pensó y puede ser de algunos metros de tamaño. Sin embargo, esta separación debe ser cubierta por un sonar desde las líneas adyacentes.
- El plano horizontal. Hay un área cerca del domo del sonar (el campo cercano) donde los pulsos de sonido tienen bordes paralelos. Como resultado, las separaciones pueden ocurrir entre los pulsos individuales del sonido. La separación en el campo cercano es una función de la velocidad de la nave y de la tasa de repetición de pulso. Más allá de esta área, el espaciamiento de los haces cierra los espacios para dar total cobertura. Los pequeños contactos están por lo tanto propensos a perderse cerca del domo del sonar en vez de más allá de él.

#### 2.3.3.3 La exploración de áreas planificadas. Dos diferentes métodos de exploración de áreas planeadas pueden ser usados:

- Detectar contactos cerca del domo del sonar. La búsqueda está planeada para que el contacto más pequeño requerido pueda detectarse cerca del domo del sonar. El caso limitando requiere de dichos contactos en el campo cercano del haz del sonar para recibir cinco pulsos; fuera de esta área, la expansión del haz asegura que recibirán cinco pulsos por lo menos.
- Detectar contactos más allá del domo del sonar. La zona donde puede que no se detecten contactos pequeños puede ser calculada para una escala en el rango dada en uso y en aceleración sobre la tierra. La separación entre líneas puede ser entonces ajustada de manera que los barridos de las líneas adyacentes por lo menos cubran los espacios. Alternativamente, el espaciado de la líneas puede ser fijado y la velocidad ajustada para asegurar que la cobertura total es lograda. Entonces con un rango de escala de 150 metros en uso y a una velocidad en la que los pequeños contactos puede

que no sean detectados dentro de los primeros 25 metros, el espaciado de las líneas no debe ser mayor a 125 metros.

- 2.3.3.4 El segundo de los métodos anteriores es normalmente empleado en la exploración en el área, ya que permite una velocidad de avance más rápida. Para una separación entre líneas de 125 metros usando la escala de rango de 150 metros, se descubrirán contactos de un metro en el campo cercano a una velocidad de 3.6 nudos. Confiando en su detección desde las líneas adyacentes permite un aumento de la velocidad hasta 7 nudos. Los detalles del cálculo a continuación (ver “Detección de accidentes y Cálculos de la Velocidad de Avance”)
- 2.3.3.5 Confirmando el comportamiento del SSS. Mientras que estos cálculos darán capacidades teóricas es esencial que el comportamiento de un SSS sea confirmado en el campo antes del uso. Esto se logra al seleccionar un accidente apropiado, reflejando el tipo y tamaño del accidente requerido para ser detectado durante el levantamiento, y remolcando el SSS por él. Ambos canales del sonar, o sea, ambos lados, y cada escala de rango debe ser probada para determinar el máximo rango de detección.
- 2.3.3.6 La posición del domo del sonar de barrido lateral. Remolcar los transductores del sonar a popa del buque tiene varias ventajas que incluyen el remover del sensor los efectos del movimiento de la nave y operándolo a una altura sobre el fondo marino permitirá la sombra óptima. Sin embargo, hay una desventaja en la que éste sólo introduce la incertidumbre de la posición del domo del sonar. Este error tiene tres componentes:
- Un componente a lo largo de la huella, producto de la incertidumbre de cuan lejano está el domo del sonar de la popa del buque; esto depende de la longitud de cable de remolque, de la profundidad del domo del sonar y de la catenaria vertical del cable (los últimos dos también varían con la velocidad de la nave);
  - Un componente de registro de la huella, causado por la desviación del domo del sonar por la acción de la marea o corriente, y por las maniobras de la nave;
  - Errores en la posición de la nave o bote, que será transferida al domo del sonar.
- 2.3.3.7 La posición del domo del sonar puede ser determinada usando el sistema de posicionamiento (USBL) Línea de Base Ultra Corta que requiere de transductores/receptores para ser fijados en la nave y en el domo del sonar; sin embargo la exactitud de este sistema se deteriora rápidamente dependiendo del largo de la grúa. Un método alternativo, en desarrollo en Australia, utiliza la dirección y el ángulo de la depresión del cable de la grúa sobre la proa de la nave, junto con un modelo de la catenaria del cable de la grúa para predecir, con exactitud razonable, la posición del domo del sonar.
- 2.3.3.8 Además, el comportamiento del domo del sonar puede variar longitudinalmente y sobre su eje y por lo tanto la dirección de los haces del transductor puede fluctuar. Esto es especialmente verdad si el curso de la nave o la velocidad frecuentemente están cambiando y enfatiza la necesidad del solapamiento generoso durante el barrido del sonar. Planeando a los límites teóricos de desempeño es casi cierto dirigirse a separaciones en el barrido en la realidad.
- 2.3.3.9 El montaje en el casco. El SSS puede ser montado en el casco de la superficie de la nave. Las ventajas de esto son que su posición, y por ende su orientación, son conocidas con exactitud y por lo tanto el posicionamiento de los accidentes detectados es relativamente fácil. El montaje en el casco también permite la libertad de maniobrar la nave que no requiere el sensor de la grúa. Sin embargo, hay un número de desventajas al montar en el casco incluyendo el efecto del movimiento de la nave en el sondeo del SSS y del



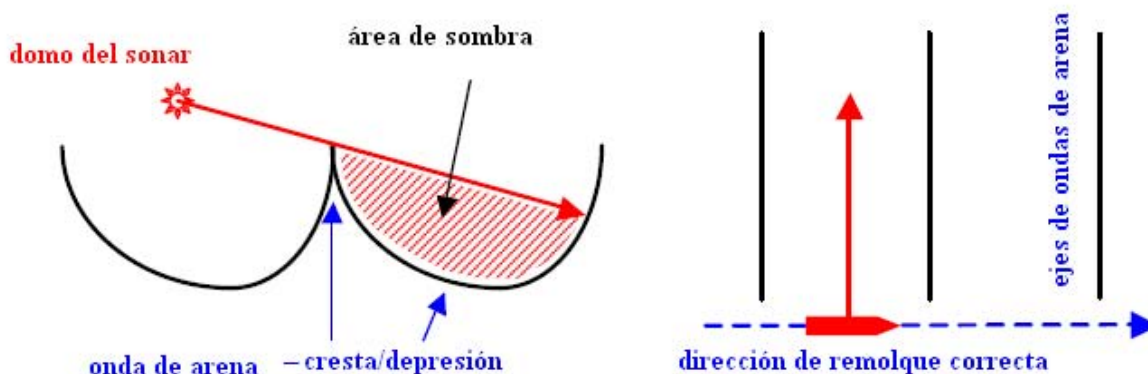
desempeño, la posible interferencia mutua con otros sensores montados en el casco, Ej. Un MBES, y el hecho de que es poco probable que el SSS sea operado en aguas poco profundas o en áreas donde la topografía del fondo marino es potencialmente peligrosa, Ej., un arrecife. Si no fuera así, las desventajas del montaje en el casco normalmente superarían las ventajas.

### **2.3.4 Consideraciones operacionales**

- 2.3.4.1 La estabilidad hidrodinámica del domo del sonar. Bajo la mayoría de las condiciones, el domo del sonar es altamente desligado de los efectos del movimiento de nave debido a la flexibilidad del cable de remolque. Se supone que normalmente el domo es completamente estable en el rolido, cabeceo y guiñada, aunque algún movimiento en todos estos sistemas ocurre indudablemente. Probablemente el rolido tiene un efecto relativamente pequeño en el registro del sonar, siendo compensado por el ángulo del ancho en el plano vertical. Una lista permanente en una dirección que puede ser causada por una aleta torcida o una irregularidad en el cable, puede, sin embargo, disminuir notablemente su desempeño. Esto debe sospecharse si un canal da una calidad diferente de un registro a otra.
- 2.3.4.2 En los casos extremos puede ser necesario sólo confiar en el canal "bueno" y permitirlo en las líneas de levantamiento planificadas. El cabeceo y la guiñada son más significantes; con un ancho de haz tan estrecho en el plano horizontal, estos movimientos podrían disminuir las probabilidades de detección de accidentes pequeños. Un accidente que recibiría al menos cinco pulsos con un domo estable puede sólo recibir tres o cuatro si el domo está oscilando en cualquiera de estas direcciones.
- 2.3.4.3 Se cree que el problema de la estabilidad del domo es menos importante que el de su posición. En aguas escabrosas los efectos de la oscilación del domo pueden ser normalmente vistos en forma clara en el rastro. Bajo estas condiciones la reducción en la probabilidad de detectar accidentes pequeños debe ser considerada. Con el uso creciente de compensadores de balanceo y de sensores de movimiento para los ecosondas, y la gran importancia relacionada a detectar pequeños contactos, las condiciones del sonar en el lugar del desempeño de los ecosondas puede ser el factor limitante para un eficaz levantamiento.
- 2.3.4.4 La altura del domo del sonar. Para la mayoría de los trabajos la altura óptima del domo del sonar sobre el fondo marino es de un 10% del rango de la escala en uso, ej., para la escala de 150 metros el domo debe estar a 15 metros sobre el fondo marino. Los transductores del SSS son dirigidos ligeramente hacia abajo de manera que al mover el domo muy cerca al fondo marino puede reducir el rango del que se puede recibir los retornos. Si el domo está muy alto, las sombras acústicas puede que no se formen detrás de las obstrucciones haciéndolas más difíciles de detectar. Esto es especialmente verdad en las aguas profundas, cuando un compromiso debe ser hecho entre la necesidad de mantener el domo abajo en una profundidad útil y mantener una velocidad de avance razonable.
- 2.3.4.5 En las áreas de relieves muy altos en el fondo del mar puede ser prudente remolcar el sonar más alto de lo normal; en este evento la reducción en la sombra acústica en los accidentes resistentes pertenecientes al fondo marino deben ser tenidos en mente. Este efecto es el peor cierre en el domo del sonar donde la detección de pequeños contactos es de hecho la más difícil.
- 2.3.4.6 En aguas poco profundas puede que no sea posible colocar el domo tan alto del fondo marino como se desea. Aunque el registrador estará dando un rastro del fondo a través de lo ancho del papel, el haz del sonar puede no estar sondeando el rango entero. Bajo estas condiciones la única solución es reducir el rango de la escala y la separación entre las líneas.

- 2.3.4.7 Como una limitación adicional en las aguas poco profundas los transductores pueden estar muy cerca de la superficie con poco cable de remolque. Esto introducirá el problema del ruido de la superficie (como las olas y la estela de los barcos) degradando el desempeño y puede llevar también a que el domo sea afectado adversamente por el movimiento de la nave. Los efectos de las capas de agua y de las termoclinas en el SSS, pueden ser ignorados normalmente, ellos tienen un efecto muy pequeño en el rango en las frecuencias usadas.
- 2.3.4.8 Cuando se están investigando los contactos con el sonar el domo, éste debe estar suficientemente alto sobre el fondo marino para permitirle que pase por encima de las obstrucciones en el caso de un accidente “on top”. La profundidad mínima sobre los accidentes puede usualmente ser estimada inicialmente desde la longitud de la sombra obtenida durante la exploración del área.
- 2.3.4.9 Si es necesario remolcar el domo del sonar a una altura distinta a la óptima, siempre debe realizarse un chequeo de confianza para confirmar que el sistema continúa cumpliendo con la detección y otros requisitos. La altura del domo puede controlarse fácilmente por una combinación de cable y la velocidad de la nave. El balanceo rápido en una longitud del cable agarrará el domo hacia arriba rápidamente, después de esto se estabilizará hacia atrás más lentamente. Esta técnica puede ser muy útil al levantar el domo por encima de los peligros inesperados. A medida que la longitud del cable aumenta este método resulta menos eficaz.
- 2.3.4.10 Depresores. Algunos domos de SSS pueden ser equipados con depresores que llevarán los peces a una mayor profundidad por una longitud de cable de remolque dada o por la velocidad de avance. Aunque esto puede reducir el largo de la grúa requerida hay un número de desventajas en el uso de los depresores:
- Aumentan la tensión en el cable dando como resultado el requerimiento de un “winche” más potente si la inclinación va a ser ajustada en el camino; y los procedimientos manuales pueden volverse imprácticos.
  - El alcance más corto del cable resulta en la transmisión del movimiento de la nave bajo el domo del sonar;
  - Pueden reducir el efecto de un aumento en la velocidad y/o la reducción en el alcance del cable del remolque en la altura del domo del sonar, por lo que se niega el uso de esta técnica para superar los peligros inesperados.
- 2.3.4.11 Cuando se opera en una proximidad cercana al fondo marino es prudente asegurarse de que el domo está equipado con un mecanismo de viaje que le permite voltearse y seguir en uso después de un impacto. En este caso, es posible que las aletas se pierdan, pero al menos el domo como tal es recuperado. Algunos SSS modernos evitan el problema de la pérdida de aletas con solo tener aletas que miran hacia arriba.
- 2.3.4.12 La dirección del remolque. En condiciones normales el SSS debe ser remolcado dentro y fuera de la corriente/ flujo de marea predominante para minimizar su efecto en el domo del sonar en la forma de los errores de posición al través. Donde los efectos de flujo/corriente de la marea no son un problema el SSS debe ser remolcado en paralelo a los contornos batimétricos. Esto minimiza el requerimiento de tener que ajustar continuamente la inclinación de la grúa cuando se vierte dentro y fuera de las aguas poco profundas.
- 2.3.4.13 Sin embargo, hay excepciones a estas reglas. En áreas de ondas de arena, en particular, puede ser necesario remolcar el SSS a los ángulos adecuados del eje de las ondas de arena.

Esto asegura que el SSS revise las crestas/depresiones de las ondas de arena para evitar la posibilidad de las áreas de sombra donde los accidentes no serán detectados, ver Figura 4.2.



**Fig. 4.2 “El Sonar de Barrido Lateral – Áreas de sombra potencial en ondas de arena y la dirección de remolque correcta”**

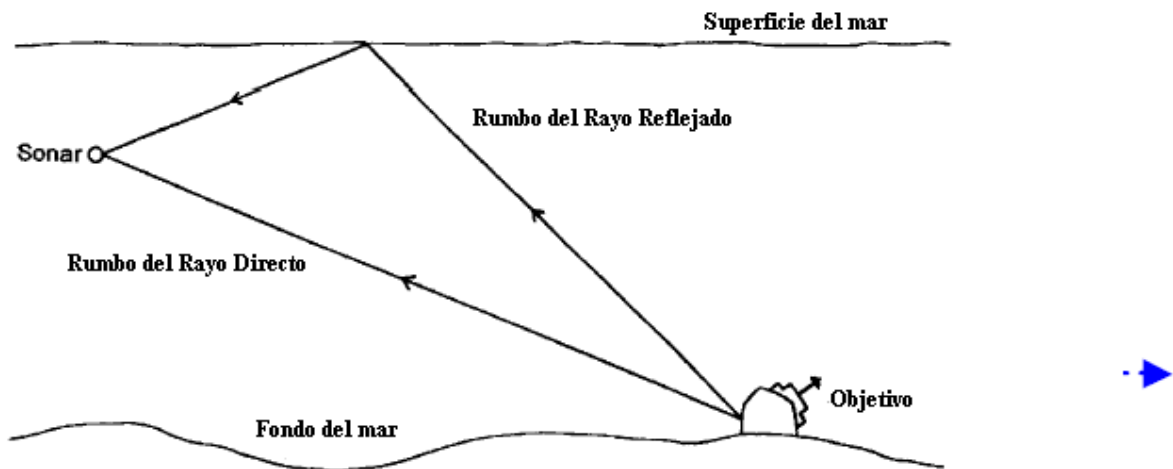
2.3.4.14 Rango Eficaz del Sonar. La presencia de marcas en el rastro del sonar no indica necesariamente que los ecos de retorno están siendo recibidos. Las pérdidas de la transmisión, interferencias de otras fuentes de ruido, condiciones de agua y las limitaciones del registrador, todos restringen el rango útil del SSS. Por ejemplo con un sonar de 100 kHz , el máximo alcance que puede esperarse es 270 metros para incluso grandes restos de naufragios ; con contactos menores (1-2 metros) es improbable que se detecten mas allá de los 120-150 metros. La detección de rangos varía entre los diferentes modelos de SSS y de sus frecuencias – A mayor frecuencia menor es el rango de detección, aunque el grabado resultante puede ser mejor. Los mejores resultados normalmente serán logrados restringiendo la escala del rango a 150 metros para sacar provecho de las tasas de pulso más alto y de la resolución más alta. Una pequeña prueba usando un contacto de fondo marino apropiado en rangos variantes normalmente dará información de las condiciones de sonar en el área de estudio.

## 2.3.5 Distorsiones de los registros del sonar

2.3.5.1 Los sonogramas nunca representan mapas isométricos del fondo marino. Varios factores distorsionantes tienen que ser reconocidos cuando se interpretan los mosaicos sonográficos en forma de mapa. A menos que las distorsiones hayan sido eliminadas digitalmente antes que el mosaico haya sido compilado. Las principales causas de distorsión son:

- La compresión del grabado sonográfico con el aumento de velocidad - una distorsión ocurrirá paralela al curso hecho bien debido a las velocidades variables de la nave y a la constante velocidad de alimentación del papel, resultando normalmente en una compresión del registro en esta dirección;
- La altura del domo sobre el fondo marino introducirá una distorsión lateral perpendicular a la dirección de viaje;
- Un fondo marino inclinado introducirá distorsiones perpendiculares a la dirección de viaje que son diferentes en el tope de la inclinación y en los lados de debajo de la inclinación.

- 2.3.5.2 Para una velocidad de la nave dada, el rango de escala, la velocidad del papel y la altura del domo del sonar, las distorsiones pueden ser calculadas. Durante los barridos de área estos efectos generalmente sólo necesitan ser considerados en los contactos de trazado; durante las investigaciones estos necesitan ser considerados en detalle. La velocidad durante las investigaciones deben ser ajustadas para dar la menor distorsión posible, cerca de 3.0 nudos es usualmente lo ideal.
- 2.3.5.3 El efecto de Espejo Lloyd. Durante las operaciones del sonar en muy calmadas condiciones de reflejo de alguna de la energía del sonar puede ocurrir de la superficie del mar, como se muestra en la Figura 4.3. Esto es conocido como el Efecto de Espejo Lloyd y resulta en una serie de máximos y mínimos en la imagen del sonar. Este efecto normalmente ocurre sólo cuando el domo está cerca de la superficie y puede minimizarse al remolcar el domo más profundamente.



**Fig. 4.3 “Efecto de Espejo Lloyd”**

- 2.3.5.4 Comunicación cruzada. La comunicación cruzada entre dos canales SSSS puede resultar en una imagen de espejo de los accidentes del fondo marino desde un canal siendo mostrado en el canal opuesto, aunque usualmente más débil. El cruce de información puede resultar en la imagen verdadera de los lados afectados siendo oscurecidos. Esto puede prevenir la detección de accidentes o a la errónea “detección” de lo que son, de hecho, copias de los accidentes reales del lado opuesto. Esto puede ser un problema particular en áreas donde hay accidentes numerosos en los que puede ser difícil verificar lo que es real y lo que no lo es.
- 2.3.5.5 El efecto de inclinación. Si el lado del explorador del domo del sonar no está siendo remolcado a nivel, en otras palabras está inclinado hacia un lado, el canal que está mirando hacia el fondo del mar dará resultado a una señal retorno más fuerte y por lo tanto a una imagen más oscura; por otro lado, el canal que está mirando hacia arriba dará resultado a una imagen más clara. La clasificación del fondo marino está basada en la interpretación de la imagen de sombra, un resultado de la fuerza relativa de la señal de retorno de los diferentes tipos de fondo marino. El efecto de inclinación puede por lo tanto dar resultado a una interpretación difícil o hasta errónea.
- 2.3.5.6 El Control de Ganancia Automática (AGC). El AGC fue introducido como un medio de asegurar que la imagen del SSS fuera optimizada para la detección de accidentes. En otras palabras, en las áreas de un retorno fuerte, como en una roca, la ganancia era automáticamente disminuida para permitir a los accidentes ser detectados en un medio

“suave”. Sin embargo, como con el efecto de inclinación, el alterar la ganancia y de hecho la sombra de la imagen resultante, también da dificultad a la clasificación del fondo marino, si no imposible. Por esta razón el AGC debe ser apagado si la imagen del sonar va a ser usada para la clasificación del fondo marino.

- 2.3.5.7 La perturbación del agua y la estela. Si el SSS es remolcado muy cerca de la superficie la imagen puede ser afectada por los retornos de la perturbación del agua y de la estela de otras embarcaciones o hasta por la misma nave remolcadora si ésta ha hecho un giro recientemente. Una vez más, dicha interferencia puede impactar seriamente la clasificación del fondo marino y es importante que un registro del sonar sea mantenido para que dichos incidentes puedan ser grabados para ayudar a la interpretación de las imágenes subsiguientes.
- 2.3.5.8 Las termoclinas. Como con cualquier sonar, las transmisiones de SSS son objeto de los efectos de su paso por el agua con las propiedades cambiantes y las que pueden dar resultado a la distorsión de la imagen. Mientras el software puede ser usado para “moldear” la imagen a su forma original, es importante para el higrógrafo conocer el grado de sondeo del sonar que es usado para sobrellevar este problema. Por ejemplo, en áreas importantes para la navegación, un nivel más alto de redundancia de sondeo puede ser requerido con las líneas adyacentes en la dirección opuesta y posiblemente líneas adicionales en los ángulos correctos, con un rango de escala corto seleccionado. En áreas menos importantes el rango de escala empleado puede ser mayor y el grado de solapamiento y de redundancia menor y por lo tanto la distorsión se puede convertir en más que un problema.
- 2.3.5.9 “Las imágenes de sonido sub acuáticas – Una guía de la Generación y la Interpretación de la Datos del Sonar de Barrido Lateral” (Fish JP y Carr HA, 1990) es un ejemplo de un texto de referencia que puede ser usado para ayudar a la interpretación del sonar.

### 2.3.6 Detección del accidente

2.3.6.1 Las siguientes suposiciones son hechas:

- El tamaño del accidente es definido como la longitud presentada normal al haz del sonar.
- El número mínimo de retornos para hacer una marca discernible en el rastro es tomado como cinco;
- Se asume la velocidad del sonido de 1500 m/seg;
- El ángulo del haz del sonar es 1.5°.

2.3.6.2 Términos y Unidades:

El intervalo del pulso -	t	segundos
El intervalo de repetición de pulso:	F	pulsos por segundo
Velocidad de la nave (sobre el suelo)	V	metros por segundo
La Longitud del accidente	L	metros
La velocidad de sonido en el agua de mar	C	metros por segundo
La escala de rango de registrador	Rm	metros

Ancho del haz	Bw	metros
El rango inclinado para el contacto	Rs	metros
La longitud de la alineación	I	metros
La distancia de viaje entre pulsos	d	metros

### 2.3.6.3 Ecuaciones básicas:

$$F = \frac{C}{2Rm} \text{ pulsos por segundo ; } \phi; t = \frac{1}{F} \text{ segundos}$$

Porque  $\phi$  es un ángulo muy pequeño, el ancho del haz en un rango dado ( $Bw$ ) =  $Rs \times \phi$

2.3.6.4 Puede verse en la Figura 4.4 que el accidente A es el rango más largo que NO PUEDE recibir cinco impulsos; puede recibir un máximo de cuatro (ej: los impulsos 2, 3 y 4 o el ping 1 ó 5). Sin embargo, teóricamente, un pequeño aumento en la longitud del accidente A significaría que recibió cinco ping; en general, para los pulsos de N su longitud se da por:

$$L = V \times t \times (N - 1) - Bw \quad (4.1)$$

2.3.6.5 El accidente B es el accidente más pequeño que DEBE (teóricamente) recibir 5 impulsos; es capturado por el primero, y simplemente excluido por el sexto. Su longitud se da por:

$$L = V \times t \times N - Bw \quad (4.2)$$

Esencialmente ésta es la misma ecuación usada para determinar la velocidad durante el eco sondas. Ambas fórmulas asumen que el haz del sonar es divergente.

2.3.6.6 En general, la ecuación (4.1) se usa para determinar:

- La longitud de accidente que recibirá cinco impulsos a una velocidad dada sobre el suelo;
- La velocidad sobre el suelo que no puede ser excedida si un accidente de una longitud determinada va a recibir cinco impulsos.

2.3.6.7 Puede haber ocasiones cuando el hidrógrafo cree más prudente usar la ecuación (4.2) dando una probabilidad de detección mayor.

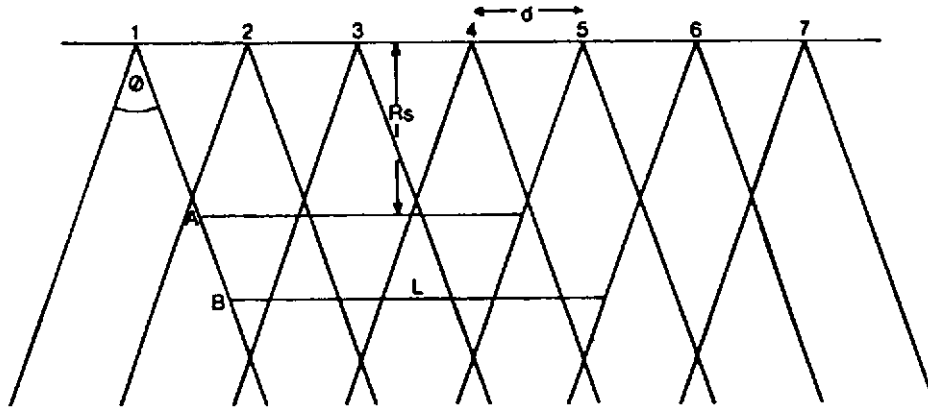


Fig. 4.4 “Diagrama que muestra la detección de accidentes”

### 2.3.7 Cálculo de la Velocidad de Avance (SOA)

- 2.3.7.1 Una escala típica de estudio es 1:25,000 para este caso usualmente el espacio entre líneas es de 125 metros con el SSS en la escala de rango de 150 metros. En general, es ventajoso si la batimetría y el barrido de sonar pueden llevarse a cabo al mismo tiempo. Con líneas de separación de 125 metros una banda de 25 metros a cada lado de líneas adyacentes es sondeada, aunque esto puede ser reducido con el mantenimiento de línea voluntario.
- 2.3.7.2 Para reconocer un accidente con el sonar SSS es necesario asegurarse que reciba cinco impulsos. Para identificarlo como un accidente significativo se requiere de la detección confirmatoria desde otra línea. Esto no significa que los contactos no descubiertos en las líneas adyacentes pueden ser desechados como falsos sino que un desecho pequeño al borde exterior del trazado SSS puede pasarse por alto fácilmente.
- 2.3.7.3 En un área barrida, es necesario entonces determinar la velocidad sobre el suelo que no debe ser excedido para que un accidente de un metro de longitud deba recibir cinco impulsos desde dos líneas adyacentes. Esto da la “Velocidad de Avance sobre el Suelo” (SoG) que no debe ser excedida.

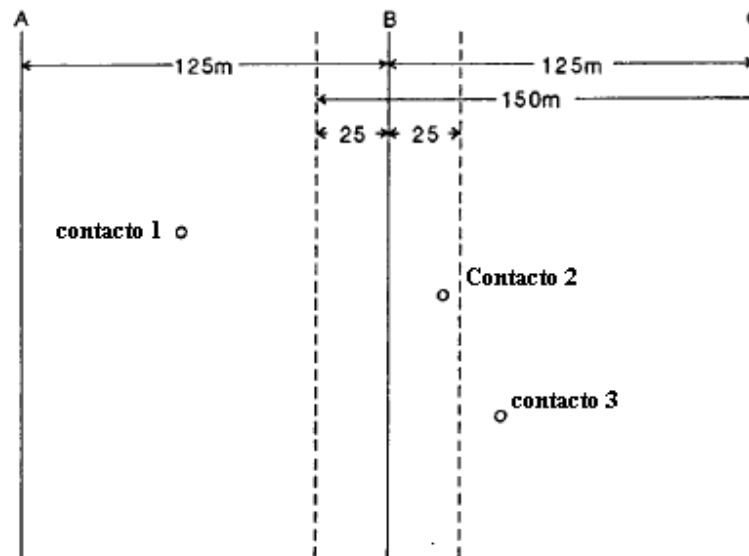


Fig. 4.5 “Calculo de la Velocidad de Avance”

- 2.3.7.4 En la figura 4.5 A, B y C son tres líneas separadas a 125 metros. Un buque de levantamiento está operando su SSS en el rango de escala de 150 metros. ¿Qué criterio debe satisfacerse?
- 2.3.7.5 Cerca del Campo: El límite del campo cercano normalmente está dentro de los 20 metros. Por consiguiente con un solapamiento de 25 metros de las líneas adyacentes, un accidente que no haya recibido cinco impulsos en un rango dado en el campo cercano en la línea B recibirá cinco impulsos de ambas líneas tanto de A como de C. En este caso la velocidad de la detección del campo cercano es de 3.6 nudos no es un factor limitante.
- 2.3.7.6 Lejos del Campo: El contacto 1 debe ser detectado desde las líneas A y B, El contacto 2 recibirá cinco impulsos de las líneas A y C; el contacto 3 las recibirá de las líneas B y C. Es necesario calcular la velocidad sobre el suelo que no debe ser excedida si un contacto de longitud L va a recibir cinco impulsos en 25 metros.

Si  $L = 3.0$  metros entonces:

De la ecuación (4.1) la longitud máxima de un accidente que no tendrá cinco impulsos:

$$L = V \times t \times (N - 1) - Bw$$

donde  $Bw = 25.0 \cdot \phi$

$$N = 5$$

$$t = 0.2 \text{ segundos}$$

$$L = 2.999 \text{ m (ver la nota)}$$

Nota: Teóricamente un accidente ligeramente más largo, o sea de 3.0 metros, debe recibir cinco impulsos

$$\begin{aligned} \text{reajustando: } V &= \frac{L + Bw}{(N - 1) \times t} \\ &= \frac{2.999 + 0.6545}{4 \times (0.2)} \\ &= 4.57 \text{ m/sec or } 8.9 \text{ nudos} \end{aligned}$$

- 2.3.7.7 De hecho por razones prácticas los domos del sonar no deben ser remolcados a velocidades el suelo superiores a 0.8 nudos, o los accidentes pequeños se perderán, o los 10 nudos a través del agua desde la velocidad anterior el domo del sonar esta propenso a guiñar. También note que si cinco impulsos en un accidente van a ser “garantizados” entonces la ecuación (4.2) deberá ser usada dando una V de 3.65 m/seg. ó 7.1 nudos.

- 2.3.7.8 Si el requisito es detectar accidentes de 1,0 metro de longitud desde dos líneas entonces:

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.999 + 0.6545}{4 \times (0.2)} \\ &= 2.067 \text{ m/sec or } 4.0 \text{ nudos} \end{aligned}$$



- 2.3.7.9 Sin embargo si sólo se necesita cinco impulsos en un accidente de un metro desde una línea entonces:

$$V = \frac{0.999 + (72.5 \times Bw)}{4 \times (0.2)}$$

$$= 3.623 \text{ m/sec or } 7.0 \text{ nudos}$$

- 2.3.7.10 El peligro de usar la última de las ecuaciones anteriores es que la probabilidad de la detección de un accidente pequeño en una situación de “oportunidad única” es baja.

- 2.3.7.11 Los SSS “Veloces”. A medida que la tecnología evoluciona algunos SSS son capaces de ser operados a velocidades mayores sobre el suelo de lo que se podía anteriormente. Un ejemplo es la serie Klein 5000 que emplea un haz dirigido y técnicas de enfoque simultáneamente generando varios haces adyacentes y paralelos a los costados. Este diseño de multihaz permite velocidades de remolque superiores, mientras proporcionan imágenes de alta resolución. Otros desarrollos de los SSS incluyen el uso de técnicas de apertura interferométricas, de multi pulso y sintéticas. Sin embargo, como con todos estos sensores, es esencial que su desempeño sea validado con los objetivos conocidos, que representan accidentes requeridos para ser detectados. La validación debe seguirse de chequeos iniciales y regulares de confianza en el área de estudio.

### 2.3.8 Registro de errores

- 2.3.8.1 Una pregunta que necesita ser respondida es qué tan lejos puede ir la nave antes de que sea creada una separación en cobertura. Asumiendo que solamente una detección (cinco impulsos) es requerida a un accidente de 1,0 m, un levantamiento estándar de 1:25,000 está siendo hecho con líneas de 125 metros de separación y el rango de escala seleccionado es de 0-150 metros, entonces el solapamiento es de 25 metros. La suma de cualquier error debe contenerse dentro de esta figura. Por ejemplo:

Posición del domo	e1	10 m
Navegación de buque	e2	5 m
Efecto de inclinación	e3	1 m
Variaciones velocidad del sonido	e4	1.5 m
Por consiguiente	$\sum e^2 =$	128,25 m.
Error total RMS	E =	11.3 m

- 2.3.8.2 El solapamiento es de 25 metros, sin embargo sólo 24 metros son útiles (el contacto tiene que pintar) por consiguiente el error total del trazado aceptable es  $= \sqrt{[24^2 - \sum e^2]} = 21 \text{ m}$

- 2.3.8.3 Esto asume que un accidente es detectable a 149 metros, donde se representará como un punto negro de 0.8 mm por 0.8 mm con una sombra de 1 mm (eso es si la sombra no se borra por el rango de la línea de 150 m). Una concesión más prudente afuera de trazado sería 15 metros; esto traza como 0.6 mm a una escala de 1:25 000.

### 2.3.9 Uso práctico del Sonar de Barrido Lateral

- 2.3.9.1 El barrido del área es el nombre dado al método de exploración de sonar estándar hidrográfico. Las categorías del barrido de sonar requerido para cualquier levantamiento

dado será especificado en las instrucciones del levantamiento. Un ejemplo de las categorías de la exploración SSS es como sigue:

Las Categorías A y B. La exploración en un sentido y/o en su recíproco atizando el SSS. Donde sea práctico, las líneas adyacentes van a ser corridas en direcciones opuestas. Las exploraciones de todos los naufragios listados van a ser conducidos. Los ejemplos de la separación de las líneas de sondeo, la escala del rango, el solapamiento a ser logrado y la velocidad máxima sobre el suelo a ser usada están dados en la Tabla 4.4.

Los barridos de categoría A están dirigidos para ser los barridos estándar para las áreas costeras y para las áreas de costa adentro no sujetas al reestudio rutinario. Estos barridos están diseñados para lograr el sondeo teórico del fondo del mar del 240%, es decir  $(2 \times \text{el rango del sonar efectivo/línea de separación}) \times 100 = \% \text{ de sondeo}$ .

Los barridos de categoría B logran un sondeo del fondo marino teórico del 133% y pueden ser usados para los reestudios de rutina y en profundidades mayores a 100m donde el descubrimiento de todos los accidentes es menos crítica.

La Categoría C. Sólo explora los naufragios listados que van a ser conducidos.

La Categoría D. Las exploraciones especiales como se ordenan. Esto incluye las instrucciones e especiales para el uso de un SSS en particular y de los sonares montados en los cascos etc.

Categoría	Tipo de Levantamiento	Espaciado de las Líneas del Sonar	Rango de Escala del Sonar	Velocidad Máxima sobre el suelo marino	Traslape de Líneas Adyacentes
A1	Especial	125 m	150 m	6 kt	25 m
A2	Levantamientos costa adentro y costeros >1:25,000 en profundidades de <15 m	62.5 m	75 m	8 kt (ver nota 2)	12.5 m
	Levantamientos costa adentro y costeros >1:25,000 en profundidades de <50 m	125 m	150 m		25 m
	Levantamiento de plataforma en profundidades >50 m y/o escala <1:25.000	250 m	300 m		50 m
B1	Levantamientos (re estudios) rutinarios,	250 m	150 m		50 m
B2	Escala de levantamiento de plataforma <1:25.000 en profundidades >100 m.	500 m	300 m		100 m

**Tabla 4.4 “Exploración con Sonar de Barrido Lateral - Categorías A y B – Criterios de ejemplo”**

Notas:

1. El solapamiento bajo las líneas adyacentes es para permitir el mantenimiento de línea voluntario limitado y las inexactitudes posicionales. Si el hidrógrafo considera que las inexactitudes posicionales y/o el mantenimiento de líneas voluntario excede esta figura entonces él debe ajustar el espaciado de las líneas o el rango de la escala, con los ajustes subsiguientes de velocidad, como sea necesario.

2. Ver los comentarios anteriores con respecto al uso de SSS “rápidos” que pueden permitir aumentar estas velocidades.
- 2.3.9.2 Se enfatiza que estos reflejan las normas mínimas; si hay alguna duda sobre el desempeño del sonar, el espaciado de las líneas debe ser recortado o la velocidad reducida. En todos los casos es necesario referirse a las normas relevantes de la S-44 de la OHI o a la ZOC de la S-57 para asegurarse que se cumplen las normas de los requisitos de exploración.
  - 2.3.9.3 La aplicación de una serie regular de líneas rectas paralelas sigue siendo la manera más eficaz de cubrir un área de estudio. La dirección de la línea estará cerca a la dirección de la corriente de marea para minimizar el desplazamiento del domo del sonar. La separación entre líneas para el sonar está determinada por el rango de la escala usada y por el solapamiento requerido. Se recomienda que el solapamiento entre las líneas adyacentes sea de 125%
  - 2.3.9.4 Para el levantamiento militar en la plataforma continental en profundidades menores a 200 m, el requisito es casi siempre el detectar todos los contactos más grandes que un metro de magnitud. Con el equipo existente esto no puede lograrse fácilmente y se debe lograr un compromiso entre los requerimientos del sonar y la batimetría. Un barrido del sonar que detecte contactos de un metro en las profundidades menores de 140 m proporciona este compromiso. Para la escala normal de 1: 25.000 esto significa una separación entre líneas de 125 m, un rango de escala de 150 m y una velocidad sobre el suelo no mayor a 7 nudos. El equipo existente no puede utilizarse eficazmente en profundidades que sobrepasen los 150 m y en aguas de 150 y 200 m de profundidad, la búsqueda será restringida para localizar naufragios grandes y obstrucciones.
  - 2.3.9.5 Los Vehículos Ordinarios Submarinos (UUV). El uso de un UUV equipado con un SSS y un MBES se está volviendo más común cada día. Estas plataformas permiten a los sensores ser operados a grandes profundidades y a la apropiada altitud sobre el fondo marino. Es por esto que es probable que los accidentes pequeños sean capaces de ser detectados a mayores profundidades de lo que es posible actualmente cuando se utilizan sensores montados en el casco de la superficie de la nave o e remolcados.
  - 2.3.9.6 Los barridos de sonar debe ser siempre hechos con líneas orientadas tan cerca como sea posible, paralelas al flujo de la marea principal en el área del estudio. Los errores del cruce de trazado en la posición del domo son invariablemente mayores que aquellas a lo largo del rumbo, y cada esfuerzo debe hacerse para minimizarlos. A una velocidad de 6 nudos con 400 m de cable y una corriente de marea de 2 nudos, una diferencia de 10° entre el flujo de la marea y la dirección de la línea puede compensar el domo a 17 m de la línea.
  - 2.3.9.7 El correr una línea del sonar extra inmediatamente fuera de cada borde del área de estudio es necesario para asegurar que la categoría de barrido ordenada continúe al límite del área. Igualmente, se debe tener cuidado para asegurar que el domo del SSS haya despejado el borde del área del estudio antes que se termine una línea de estudio.
  - 2.3.9.8 Se debe recomendar que la velocidad y las probabilidades de detección de accidentes calculados aquí son teóricas y no toman en cuenta las condiciones del sonar adversas y las fallas del equipo.
  - 2.3.9.9 Delineado de Contactos. La detección de contactos en el fondo marino entre las líneas del levantamiento es una de las razones principales para usar el SSS. El último uso de la información siempre debe ser considerado al decidir qué contactos se deben identificar; por ejemplo, los submarinos no basarán sus operaciones en las áreas de fondo marino irregulares y las operaciones militares serán usualmente seleccionadas para evitarlas. En áreas de fondo marino llano el propósito debe ser siempre detectar y delinear cada

contacto; en áreas más escabrosas este estándar tendrá que ser más flexible. Todos estos contactos deben ser delineados y asignados de un número que se será incluido últimamente en el modelo de clasificación de fondo marino.

2.3.9.10 Se han desarrollado varias técnicas para el trazado de los contactos de los registros manuales de SSS; todos intentan reducir los errores en la posición de contacto causada por errores en la posición del domo y de su orientación. Diferentes técnicas van a ser usadas para los contactos delineados en las áreas de exploración, investigación y de examen

- Los contactos de las búsquedas de área son usualmente delineados desde dos direcciones a 180° de separación. El método estándar de "*layback* y *offset*" debe ser usado, con la media de dos posiciones asumida como la posición más probable.
- Las investigaciones deben producir un mínimo de dos pares de rectas para cada contacto con ángulos rectos entre ellos, orientados de tal manera que fijen las extremidades.
- Cuando un contacto es examinado por el ecosondas, la mejor posición de "la cima" será usada como preferencia a cualquiera derivada de un SSS, donde sea posible una línea de eco sonda debe pasar la longitud del eje largo del contacto.

2.3.9.11 Mediciones por Sonar. Un buen registro "beam-on" del SSS de un naufragio o de una obstrucción puede ser usualmente utilizado para estimar la altura sobre el fondo marino usando la "sombra" del sonar. Aunque no es lo bastante exacta para propósitos de cartografiado, esta altura es muy útil para la seguridad de la embarcación y del domo al planificar investigaciones. Las estimaciones del haz y la longitud de un naufragio puede ser también obtenida por el rastro del sonar. Los siguientes aspectos siempre deben ser considerados:

- Al estimar las alturas de las sombras del sonar la presencia de partes más altas del naufragio (como los mástiles), que no generan una sombra perceptible, deben ser siempre tenidos en cuenta;
- La altura de las sombras debe ser medida por ambos lados del naufragio y los resultados promediados -esto ayuda a corregir los errores introducidos por la pendiente del fondo marino (debe ser notado que las alturas obtenidas en el área cerca del nadir por este método debe ser estimada hasta un 20%);
- Las medidas de longitud y anchura deben ser siempre tomadas perpendiculares de la huella del domo y deben siempre ser corregidas de distorsiones del rango de inclinación.

2.3.9.12 Conduciendo Investigaciones. Las investigaciones (o exámenes) son conducidas para mejorar la clasificación de un contacto localizado durante una exploración de área. La siguiente técnica es recomendada:

- Relocalizar el contacto con el SSS, con el propósito de pasar a 50-100 m de él; esto normalmente será suficiente para eliminar los contactos efímeros;
- Verificar y/o mejorar su posición;
- Conducir el examen.

- 2.3.9.13 La escala de 150 m es normalmente la mejor (el uso de la escala de 75 m puede dar resultado a la sombra de un contacto grande que se extiende fuera del rastro). La velocidad debe mantenerse a aproximadamente 3 nudos para reducir las distorsiones en el registro, con el domo aproximadamente a 15 m claro del fondo marino. Si los registros obtenidos son buenos, cuatro rutas (comprendiendo dos pares perpendiculares) deben ser suficientes. En el caso de naufragios, un par de huellas deben estar paralelas al eje a lo largo del naufragio y un par perpendicular a él.
- 2.3.9.14 El procedimiento anterior normalmente dará los datos suficientes para determinar si un examen de un eco sondas es requerido y si también permitirá tomar medidas de longitud, del haz y altura. Los SSS siempre deben recuperarse antes de finalizar el sondeo. Si varios contactos necesitan una prueba con sonar en el área general, puede ahorrarse tiempo examinando el grupo completo con el sonar antes de recuperar el sonar y de obtener una profundidad menor por el ecosonda.
- 2.3.9.15 Exploraciones refutadas. Los naufragios cartografiados, las obstrucciones u otros accidentes peligrosos que no se han localizado y examinado durante el levantamiento deben ser refutados si es posible. No se retirarán de la carta sin una declaración positiva del hidrógrafo responsable que lo justifique y explique el motivo. El procedimiento para dirigir una disputa de una exploración está escrita a continuación:
- Los accidentes cuyas posiciones han sido establecidas previamente pero que no pueden encontrarse durante el levantamiento necesitan una investigación muy detallada para refutarlas. Dichas exploraciones deben incluir un barrido de sonar en dos direcciones en los ángulos rectos entre ellos y una exploración cerca del ecosondas sobre el radio de entre 0.5 y 2.5 Millas Náuticas desde la posición trazada. Puede darse consideración también a realizar un barrido con guaya.
  - Al buscar un accidente cuya posición sólo es aproximadamente conocida (normalmente un naufragio (PA)), la búsqueda del sonar también debe emprenderse en dos direcciones a los ángulos rectos y debe darse consideración a extender la búsqueda sobre un radio de por lo menos 2.5 Millas Náuticas, una distancia basada en la probabilidad estadística de dicha búsqueda es muy exitosa. Sin embargo, si el hidrógrafo está seguro de que la búsqueda del área inicial en una de las direcciones fue hecha completamente, y que el equipo del sonar estaba operando satisfactoriamente, entonces él puede considerar que no es necesaria una segunda búsqueda en la otra dirección. Es preciso considerar el tamaño e historia del naufragio en cuestión y a la posición en que se alega puedan quedar. Si, durante el barrido inicial del sonar, también se despliega un magnetómetro y no se registra ninguna anomalía magnética, dentro de las 2.5 Millas Náuticas de la posición trazada, esto puede ser aceptado como evidencia adicional de que un naufragio con un volumen predominantemente férreo no existe en el área.
  - La búsqueda de los naufragios que no estén dentro de un levantamiento regular debe extenderse a un radio de por lo menos 2.5 Millas Náuticas. Si hay necesidad de llevar a cabo un segundo barrido a ángulos rectos del primero dependerá de las mismas consideraciones que el anterior.
- 2.3.9.16 Cualquiera sea el resultado de las investigaciones, Si son parte de estudio de envergadura o a pruebas individuales, el hidrógrafo debe informar los resultados por completo con los archivos de soporte necesarios y una recomendación positiva acerca de lo que se va a hacer a futuro.

### 2.3.10 Errores de posición de los contactos del sonar

2.3.10.1 Durante los estudios de áreas normales la principal preocupación del hidrógrafo es intentar sondear todo el fondo marino para descubrir cualquier accidente significativo. Cualquier accidente de tamaño importante será usualmente corregido exactamente por el ecosonda.

2.3.10.2 Sin embargo en algunos levantamientos especiales es esencial que una posición sea tan precisa como sea posible para cada contacto dado, particularmente para los contactos de fondo marino pequeños. Éstos no serán necesariamente corregidos por el ecosonda. Es entonces necesario considerar todos los errores que aumentan en el delineado de un contacto del trazo del SSS.

2.3.10.3 Las incertidumbres en la posición de un contacto derivarán de lo siguiente: (e.j.  $\pm 1 \sigma$ ):

La incertidumbre en la posición del buque.	5.0 m
La incertidumbre en la posición de el domo (ver nota).	10 m
Las variaciones debido a la velocidad del sonido asumido (1500 m/seg).	1.5 m
La resolución en el trazado del papel. (0.75% escala del rango).	0.75 m
Los errores debido a la inclinación del fondo marino.	1.0 m
Por consiguiente, el error total (RMS) (1 sigma) =	11.4m

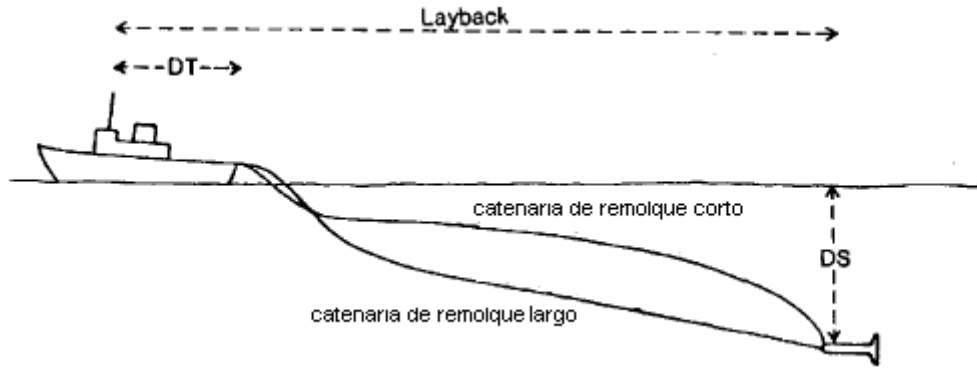
Nota: Esta puede ser una cantidad desconocida dependiendo de la precisión del sistema de remolque del domo. La evidencia sugiere que el domo puede oscilar en 20m sobre la huella del buque de remolque. El valor es también dependiente de la profundidad y de la longitud del cable de remolque. Un estimado de  $\pm 10$  m es por lo tanto asumido.

2.3.10.4 Los valores dados anteriormente sólo son ejemplos y la lista no es exhaustiva. El hidrógrafo debe considerar la Tabla de errores para cada parte de su estudio y debe hacer un comentario en el Informe de Estudio, como en el caso de los errores del ecosonda.

2.3.10.5 La incertidumbre en la posición del domo es la fuente más grande de error. A menos que se utilice un método de posición precisa el domo es empleado, los hidrógrafos deben hacer cada esfuerzo para minimizar los desplazamientos planificando derrotas paralelas a las corrientes de marea predominantes. Si esto no es posible, cada oportunidad debe aprovecharse para cuantificar el desplazamiento del domo como referencia a los accidentes del fondo marino cuyas posiciones son conocidas. Si hay cualquier riesgo que el sondeo total no esté lográndose, la solución más simple es el cierre de la línea del sonar, aceptando que esto producirá una reducción en la tasa de esfuerzo.

### 2.3.11 Trazado y mediciones desde los registros del sonar

2.3.11.1 *Layback*. Es la distancia a popa de la embarcación que asume que el domo para posicionarse (ver Figura 4.6). En el curso normal puede calcularse de la siguiente forma:



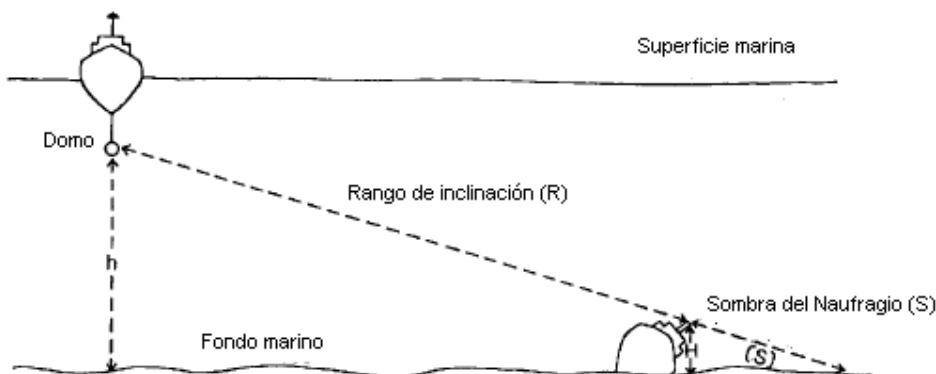
**Fig. 4.6 "Sonar de barrido lateral Layback"**

Nota: Cuando el cable de remolque excede los 100 m, el seno del cable tiene un efecto mayor en el remolque que las propiedades hidrodinámicas del domo.

$$\text{Layback} = DT + \sqrt{[WO^2 - DS^2]}$$

Donde: DT = la distancia horizontal desde el punto fijo hasta el inicio del remolque,  
 WO = la cantidad de cable fuera del punto del remolque, y  
 DS = la profundidad del domo debajo de la superficie.

- 2.3.11.2 Esto asume que el cable toma un camino en la línea recta desde punto del remolque hasta el domo. Obviamente ésta es una simplificación, el cable realmente está en una catenaria irregular en los planos horizontal y vertical.
- 2.3.11.3 La Corrección Para el Rango de la Inclinación El rango de la inclinación puede corregirse al rango horizontal simplemente con el uso del teorema de Pitágoras. Si el fondo marino presenta una pendiente entonces se tendrá que aplicar un factor de corrección.
- 2.3.11.4 La Geometría de Heighting del SSS. Una de las más importantes capacidades del SSS es la habilidad de permitir la medición de la altura de un accidente desde la longitud de su sombra en trazado del sonar. Sin embargo, esta capacidad depende de que el SSS sea operado a la altura correcta sobre el fondo marino y de la selección del rango de escala óptima. La geometría de Heighting del SSS es mostrada en la figura 4.7.



**Fig. 4.7 "Geometría de Heighting" del Sonar de barrido lateral"**

Por lo tanto, por los triángulos similares  $H = \frac{S \times h}{R + S}$

Donde	H=	Altura del accidente
	S=	Longitud de la sombra del accidente
	R=	Inclinación del accidente
	h=	Altura del domo sobre el suleo marino

### 2.3.12 Ecosondas Multihaz (MBES)

- 2.3.12.1 Para la batimetría el MBES ha demostrado sus capacidades superiores que le permiten proporcionar (en la teoría) el 100% del sondeo del fondo del mar cumpliendo con las especificaciones de batimetría de la OHI. El hecho de que un transductor de ecosonda de multihaz sea rígidamente montado en el casco del buque hidrográfico significa que su posición puede ser calculada tan precisa como la del sistema de posicionamiento en uso. Acoplado con la capacidad de formar los haces discretos, el MBES se está convirtiendo en una buena herramienta para los levantamientos batimétricos.
- 2.3.12.2 Dadas las capacidades de posicionamiento del MBES, subsecuentes pasadas sobre el mismo rasgo estacionario deben dar exactamente la misma posición georeferenciada. La pequeña diferencia, si la hay, está en la posición del contacto es de gran ventaja cuando se busca por accidentes que pueden ser revisitados para propósitos de identificación in-situ por ROV o por buzo. Sin embargo, los transductores fijos dan como resultado anchos ángulos de incidencia, los que no son apropiados para la detección de accidentes de tiempo real usando los mismos principios de modelos de sombra del SSS. La detección, por consiguiente, debe enfocarse en las variaciones en la batimetría resultante causada por un accidente en el fondo marino.
- 2.3.12.3 Métodos de levantamiento. Los requisitos para un levantamiento MBES dónde un SSS es remolcado simultáneamente, son similares a los requisitos para SBES tradicional. El uso de una serie regular de líneas rectas paralelas es la manera más eficaz de cubrir un área de estudio. La dirección de la línea probablemente se determinará por los requerimientos del SSS, la dirección es cercana a la dirección de la corriente de la marea. Una diferencia con el MBES es que ya que el sistema recolecta los datos en una matriz que es tan densa a lo largo de la línea como a través de la nave, no hay ningún requisito para cruzar los contornos en ángulos rectos para determinar su posición con precisión.
- 2.3.12.4 La separación entre las líneas de sondeo es como de costumbre determinada por la escala del rango en uso y al solapamiento requerido. La diferencia aquí es que casi el 100% del cobertura será especificado para la batimetría también. En las aguas poco profundas bajo 30 m la separación entre las líneas requeridas para lograr el 100% de cobertura de la batimetría con el MBES puede ser menos que para lo requerido del SSS. Será potestad del hidrógrafo determinar si es más eficaz completar la cobertura con el SSS como normal, y después correr los entrerrenglones usando el MBES sólo donde se requirió, o de completar la cobertura del MBES en el primer paso.
- 2.3.12.5 Donde el multihaz determina el espaciado de líneas, el espacio requerido dependerá del promedio y de las profundidades mínimas del área. El ancho del haz del multihaz es dependiente de la profundidad. Donde la profundidad varía significativamente en el área de estudio, puede ser más eficaz separar el área completa en sub secciones y de correr cada sub sección con un espacio entre líneas apropiadas a su profundidad. Las recomendaciones actuales son para lograr un promedio de solapamiento entre las bandas adyacentes de 25% con un solapamiento mínimo del 10%.



- 2.3.12.6 Donde el MBES sólo determina la dirección de la línea del levantamiento, y donde el perfil de la velocidad del sonido a través de un área es similar, entonces la dirección de la línea más eficaz será la paralela a las líneas del contorno de la profundidad. De esta manera, el ancho de la banda, y el solapamiento entre las bandas adyacentes, será más parejo y la separación entre líneas será más ancha.

### 2.3.13 Consideraciones para usar el MBES

- 2.3.13.1 A pesar de las predicciones y de las especificaciones del fabricante, la detección de accidentes pequeños y potencialmente peligrosos por el MBES no pueden darse por hecho. Por ejemplo, aun cuando el mástil de un naufragio tiene pulsos del MBES, los algoritmos de reducción de ruido incorporados eliminarán probablemente el accidente; mientras que al bajar o apagar dichos factores . introducirá tanto ruido como para que la datos sea inútil.
- 2.3.13.2 Otro factor fundamental es la geometría de haz del MBES. Las distintas marcas y modelos son de diferentes diseños y, en algunos casos, dejan espacios entre los haces relativamente grandes que no son sondeados. El MBES interferométrico, por ejemplo, pueden padecer detecciones pobres en el área del nadir debido, simplemente, a la física de ese tipo de sistema.
- 2.3.13.3 Los hidrógrafos deben verificar el desempeño del MBES antes de que sea empleado para el descubrimiento de un accidente; incluyendo la determinación de un ancho de banda apropiado, la tasa del impulso, la velocidad en uso etc.. Muchas agencias responsables del cartografiado náutico todavía requieren el uso del SSS para el descubrimiento de accidentes. La data batimétrica es obtenida con el MBES y con el SSS, obtienen una verificación de la detección de accidentes del SSS. La geometría del haz MBES y el potencial de detección se discuten en detalle en "*How Effectively have You covered Your Bottom?*" de Miller JE, Hughes Clarke JE, & Paterson J – The Hydrographic Journal No. 83 de enero 1997.

### 2.3.14 El Magnetómetro

- 2.3.14.1 Este instrumento puede ser muy útil para diferenciar un naufragio de una roca, si el naufragio es férreo. Una descripción breve de la teoría de funcionamiento de magnetómetros puede encontrarse en el FIG/IHO de 1981 "Report on the Detection of Depth Anomalies".
- 2.3.14.2 Donde sea posible, un magnetómetro debe ser usado durante el barrido básico del sonar ya que éste proporcionará la evidencia adicional de la existencia de material férreo sobre o debajo del fondo marino, aunque no pueda localizarlo con precisión.
- 2.3.14.3 La intensidad del campo magnético de un objeto férreo es proporcional al cubo de la distancia desde el objeto. Una fórmula general para calcular el cambio en el campo en nanoteslas (nT) que se esperan ya que el magnetómetro desplazado de su accidente es:

$$M = \frac{50.000 \times W}{D^3}$$

Donde      M =                      cambio en la intensidad del campo en nT,  
                   W =                      el peso de metal férreo en toneladas,  
                   D =                      la distancia del objeto al detector en metros

- 2.3.14.4 Generalmente, 5 nT es el cambio más pequeño de la intensidad del campo magnético que puede descubrirse fiablemente. Entonces, para un cambio en la intensidad de 5 nT, la ecuación anterior puede escribirse para dar:

$$D = \sqrt[3]{10\,000 \times W}$$

o, para una serie de accidentes:

<b>Objeto</b>	<b>Rango de Detección</b>
Ancla de 100 kg	10 m
1 tonelada de objeto en forma de mina	22 m
2 toneladas de cañón	27 m
10 toneladas de naufragio	46 m
100 toneladas de naufragio	100 m
1000 toneladas de naufragio	200 m

- 2.3.14.5 Por ejemplo, durante un barrido en un área con las líneas separadas a 125 m en una profundidad de 50 m y con el magnetómetro remolcado a 3 m por debajo de la superficie, de la tabla anterior podrá verse que:

- Un naufragio férreo de 100 toneladas probablemente será descubierto desde al menos uno de un par de líneas adyacentes y cualquier cosa más grande a 1000 toneladas debe ser detectado en varias líneas.
- Un naufragio férreo de 10 toneladas puede sólo ser detectado directamente por debajo del magnetómetro.
- Cualquier cosa menor a las 10 toneladas es poco probable de ser detectado;
- Una nave de aproximadamente 1.000 toneladas (de metal férreo) debe remolcar el magnetómetro a 200 metros de la popa o los rangos de detección tabulados serán degradados seriamente.

- 2.3.14.6 Muchos magnetómetros están diseñados para ser remolcados muy cerca del fondo marino. Esto aumentará la probabilidad de detección de objetos féreos pequeños. Sin embargo, se debe tener cuidado y prevenir de engañar el cable del SSS, un peligro menos evidente con un magnetómetro remolcado de superficie.

### **2.3.15 Otros métodos para detectar accidentes**

- 2.3.15.1 Otros sensores con el potencial para la detección de accidentes son:

El Ecosonda de haz simple (SBES). No es normalmente empleado para la detección de objetos en aguas poco profundas debido a su ancho de haz relativamente estrecho, que hace de la búsqueda del área total algo impracticable. Los SBES pueden usarse para verificar los MBES que tienen en su nadir una detección pobre, y en el agua profunda más allá del rango de aguas poco profundas. Sin embargo, en todos estos casos se debe considerar el uso del SSS para la detección de accidentes.

Batimetría de Lidar Aerotransportada. Los sistemas de ALB contemporáneos como los LADS Mk. 2 y CHARTS son capaces de dar una exploración total al área y de detectar objetos en dos metros cuadrados. Esto significa que ellos pueden cumplir con las normas de la OHI, en las aguas condicionadas para los funcionamientos del ALB. Se espera el

desarrollo futuro para disminuir más el tamaño de los puntos para permitir la detección de objetos más pequeños.

Batimetría Electromagnética Aerotransportada. Originalmente diseñado para el levantamiento geofísico, los métodos AEM ofrecen el potencial para el descubrimiento de accidentes pero esta capacidad tiene que ser demostrada todavía ante las normas de la OHI.

Sonares de búsqueda avanzada (FLS). Originalmente designados sólo para la navegación y para evitar colisiones, algunos desarrollos recientes de FLS ofrecen capacidades batimétricas y de detectar accidentes. Actualmente, sin embargo, no se ha demostrado que estas capacidades cumplen con las normas de la OHI para la detección de accidentes, pero pueden lograr las normas de batimetría bajas. No pueden ser consideradas en realidad como sensores de levantamientos hidrográficos independientes.

### **2.3.16 Obtención de la profundidad mínima definitiva sobre un accidente**

- 2.3.16.1 El hidrógrafo debe establecer la menor profundidad por encima de los naufragios y obstrucciones y la próxima guía puede ayudar a decidir el método de exploración, es decir, obteniendo la menor profundidad. Cualquiera sea el método empleado, la opinión del hidrógrafo acerca de la exactitud la menor profundidad obtenida es de vital importancia y debe declararse en el Informe de Estudio. Si una menor profundidad no se logra, la exploración todavía debe producir las recomendaciones positivas con respecto a la exactitud probable de la profundidad obtenida y su futuro en la carta.
- 2.3.16.2 La exactitud horizontal y vertical de la menor profundidad puede reflejar el criterio de exactitud detallado para el levantamiento como un todo y, a su vez, aquellas normas de la S-44 y/o de la S-57 de la OHI.

### **2.3.17 Ecosonda de poca profundidad**

- 2.3.17.1 La menor profundidad puede ser obtenida de la saturación del sondeo con SBES. La separación necesaria entre líneas será calculada según el ancho del haz del ecosonda con las profundidades generales del área, permitiendo un solapamiento de por lo menos 25% entre las líneas. Un llamado de atención se hizo en el capítulo 3, párrafo 4.5, en relación al cálculo del área sondeada por ecosondas de haz sencillo.
- 2.3.17.2 Alternativamente, los MBES pueden permitir obtener la menor profundidad. Sin embargo, como fue explicado previamente, si el MBES es empleado el hidrógrafo debe estar seguro que las capacidades del sistema son tales que la menor profundidad definitiva pueda ser determinada. Este es particularmente el caso, si la menor profundidad está encima de un mástil o de un accidente similar. Las consideraciones incluyen el ancho y la separación del haz, la velocidad en uso, partes óptimas de la banda (o sea, el nadir, y la banda interior o media) a ser colocados sobre el objeto, y el número y la dirección de los pasos requeridos. Puede ser, sin embargo, que el MBES se emplee mejor para identificar el límite de un accidente para permitir un primer paso, o al menos, un examen de MBES menos extenso para determinar la menor profundidad.

### **2.3.18 Uso de Buzos**

- 2.3.18.1 Una alternativa es utilizar buzos asumiendo que la visibilidad, la fuerza de corriente de la marea y profundidad del accidente permiten su empleo. Donde pueden emplearse los buzos, las naves deben planificar el tiempo suficiente para completar la tarea con seguridad y precisión. Si se usan las medidas de profundidad para determinar la profundidad, la exactitud de las medidas debe ser determinada. La menor profundidad sobre un accidente

normalmente puede obtenerse por los buzos en menos de una hora, mientras que un barrido con tendido de guaya puede tomar a menudo cuatro horas o más.

- 2.3.18.2 En ciertas circunstancias, el higrógrafo será dirigido a usar buzos. Si la menor profundidad tiene probabilidad de ser menor de 30 m, el uso de un buzo debe ser considerado. Si un naufragio ha sido barrido con guaya o ha sido investigado por buzos dentro de los últimos 5 años, su posición está inalterada, y las profundidades del ecosonda sobre él no muestran ninguna alteración significativa, el uso de buzos no debería ser necesario.
- 2.3.18.3 Donde las profundidades generales alrededor del naufragio son notablemente diferentes de aquellos en las cartas o cuando se sabe que desde el último levantamiento ha habido trabajos de remoción del fondo, el uso de buzos puede ser necesario.
- 2.3.18.4 Si los trazos del SSS indican que el buque está cayendo sobre su lado, o con la parte más elevada de la quilla y se han obtenido varias profundidades consistentes del ecosonda la investigación exhaustiva no debe ser necesaria. Sin embargo, si hay cualquier posibilidad de que hayan estructuras proyectándose que pueden no haberse revelado en el sonar o ecosonda, entonces los buzos deben ser empleados.
- 2.3.18.5 Las áreas marcadas como “foul” en las cartas, especialmente en un anclaje, necesitan una consideración especial debido a que el movimiento del fondo marino puede exponer ruinas que previamente no fueron consideradas peligrosas; el informe de un buzo es especialmente útil en estas circunstancias.
- 2.3.18.6 En las áreas de fuerte corriente de marea y un fondo marino dinámico, el escombros puede cambiar y es posible que para la menor profundidad sobre él se vuelva notablemente menor. Los naufragios en áreas como estas deben ser siempre vistos con suspicacia y donde otra evidencia lo sugiere como necesario, el buceo debe llevarse a cabo.

### **2.3.19 Otros métodos**

- 2.3.19.1 Otros métodos para obtener la menor profundidad sobre un objeto incluyen el barrido por guaya (ver el siguiente párrafo) y el uso de vehículos autónomos y remotos equipados con los sensores apropiados. Estos, solamente, pueden ser utilizados para identificar el punto más bajo en el accidente para las mediciones subsiguientes. Estos métodos no se describen en detalle aquí.

### **2.3.20 Método de barrido con cable para naufragios**

- 2.3.20.1 En muchos casos los únicos medios positivos para establecer la menor profundidad sobre un pináculo de piedra o del naufragio es el uso del barrido direccionado con guaya. Hay varios métodos:
- 2.3.20.2 Barrido direccionado desde una sola nave. Éste es un método lento pero exacto que es, no obstante, imposible si el viento y la marea están en ángulos rectos y difícil si están en sentidos opuestos. Los ángulos de la guaya deben ser mínimos y no debe haber movimiento adelante o a popa durante el arrastre. Los hidrógrafos que usan este método deben tener cuidado con los descuidos, al dejar los espacios en la banda barrida y de ángulos excesivos en el cable.
- 2.3.20.3 La situación óptima para un barrido con una sola nave es:
- El naufragio debe examinarse apropiadamente primero por el ecosonda;

- Una boya marcadora debe ponerse aproximadamente una anchura del barrido a la marea del naufragio;
- El ángulo del barrido debe ser menor a 20°;
- No usar mecanismos, o sea direccionadores;
- Debe mantenerse una tensión constante durante el barrido.

2.3.20.4 Barrido con dos Buques. El procedimiento es similar al barrido de un buque. Las consideraciones son:

- Mayor camino de barrido que con el del barrido de un buque ( de 100 a120m. máximo);
- Necesidad de saber la posición del bastidor del buque;
- Se necesitan buques con buena maniobrabilidad;
- Los buques deben detenerse y direccionarse;
- Hundimiento (cable fuera del agua) levantamiento (tensión del cable);
- Mayor tendencia de los buques a rolar
- Los buques tirarán lentamente.

2.3.20.5 Los factores de precisión incluyen:

- El ángulo de barrido es causado por el movimiento a través del agua y la tensión puesta en el barrido del cable y debe ser mantenido al mínimo;
- El hundimiento del cable es afectado por el peso del mismo y del ancho del barrido;
- Mayor tendencia de los buques a rolar, por lo tanto menor precisión que con el método con de barrido con un solo buque.

2.3.20.6 Barrido Suelto o de Dragado.

2.3.20.7 Los factores de precisión son:

- El hundimiento tiende a desaparecer debido al levantamiento del cable durante el movimiento en el agua;
- Una tensión variable del cable y de la velocidad de dragado, dan como resultado un ángulo incierto en el barrido.

2.3.20.8 El direccionamiento y el barrido de dragado se discuten en detalle en el "Admiralty Manual of Hydrographic Surveying", Volumen 2, UK Hydrographic Office, 1969.

## 2.4 Registro del Sonar de Barrido Lateral

2.4.1.1 Esta sección resalta los registros asociados con el SSS. El hidrógrafo debe ser escrupuloso al confirmar que no hay inconsistencias entre cualquiera de los registros.

2.4.1.2 Los archivos de puente variarán de nave a nave dependiendo del tipo de equipo de registro de datos en uso y de las preferencias del hidrógrafo. Sin embargo, se recomienda que la información siguiente deba estar disponible para el interpretador del sonar:

- Fecha y hora;
- Velocidad en uso;
- Rumbo base y rumbo en uso;
- Punta de la nave;
- Fondo al cable
- Comentarios, incluyendo el estado del mar.

2.4.1.3 Libro de Contactos del sonar. Este es el registro oficial para todos los contactos del sonar. Donde sea necesario, debe contener lo siguiente para cada registro evaluado:

- El número del rollo del ecograma y el rollo del eco asociado (o los equivalentes digitales);
- Fechas y horas;
- Número de contacto;
- Detalles de la posición;
- Babor o estribor;
- Rango de inclinación;
- Layback;
- Altura del domo sobre el fondo marino;
- Evaluación de contacto, es decir, la sombra, la comunicación de cruce, la intensidad, clasificación inicial;
- Acciones adicionales requeridas o sea, investigar, interlinear, vista rápida, no más acciones (NFA) etc.;
- Acción completa con la clasificación final y la referencia para los registros del naufragio asociado si son apropiadas.

2.4.1.4 El sonograma (si es aplicable) debe marcarse simultáneamente con el rastro del ecosonda y debe llevar un título comprensible. Debe recordarse que el libro de la cabina y el sonograma pueden separarse, y es digno de incluir suficiente información en el sonograma que permita su análisis y confirmación por sí solo para propósitos de verificación.

## 2.4.2 Registro de naufragios

2.4.2.1 El proceso exacto de registro de los naufragios es una tarea que consume tiempo. El establecimiento de un procedimiento a prueba de errores en el principio salvará de confusiones o de errores posteriores. La posición y detalles de naufragios individuales pueden aparecer en varios documentos y se necesita gran cuidado para asegurar que estos registros son consistentes y correctos.

2.4.2.2 El hidrógrafo debe asegurar que las siguientes actividades se cumplan:

- Los registros de trabajo sean anotados y sistemáticamente guardados;
- Todos los contactos son investigados y se examinados de una manera ordenada;
- Los reportes de los naufragios son completados donde sea necesario;
- Todos los naufragios sean delineados en los registros de trabajo y en los evidentes;
- Todas las posiciones y detalles sean consistentes.

2.4.2.3 Los datos del naufragio pueden aparecer en los siguientes registros evidentes:

- Hoja evidente (o el equivalente digital) a su finalización;
- Delineo del trazado del sonar;
- Morfología del trazado del fondo marino;
- Anotaciones de las trazos del barrido lateral y del ecosonda (o los equivalente digitales o sea, los contactos menores);
- El Informe del Levantamiento.

2.4.2.4 Exactitud en la Posición de los Naufragio. La posición de un naufragio en todos los registros debe ser consistente. El siguiente procedimiento es recomendado:

- Seleccionar el mejor ecosonda “*on top*”; determinar las lecturas de la navegación para esa posición, o de un *on top* de fix o de la zona le levantamiento del naufragio y convertir esto a la latitud y longitud para proporcionar la posición maestra;
- Grabar la posición tomada durante la mejor ecosonda "*on top*";
- Delinear la posición maestra o la zona de trazado, la zona contacto del sonar, la textura del suelo marino y el registro de sondeo (como sea apropiado);
- Grabar la posición maestra en el Informe de Levantamiento.

2.4.2.5 La Hoja de evidente debe mostrar la posición y la menor profundidad de cada naufragio localizado. Si no ha sido posible examinarlo totalmente, un círculo rojo indicando peligro debe insertarse con la leyenda "Wk (NFS)" - es decir, no estudiado completamente. Es importante señalar que ninguna profundidad debe insertarse en el círculo ya que puede prestarse a equivocaciones de ser tomada como la menor profundidad durante los procesos subsecuentes.

- 2.4.2.6 El trazado del sonar es para mostrar la posición de cada naufragio usando los símbolos apropiados contenidos en la carta INT 1.
- 2.4.2.7 Cada uno de los naufragios listados u obstrucciones será acompañado por los ejemplos representativos de los ecosondas y de los trazos del SSS ilustrando el objeto (imágenes de pantalla, si el ecosonda no tiene trazos de papel). Los trazos a ser anotados con la hora y fecha de las fix encerrando los accidentes, el rumbo de la nave y la velocidad en la superficie y, en el caso de los registros SSS, el rumbo verdadero de la embarcación y la distancia del domo del sonar desde la posición del fix. La menor profundidad obtenida o calculada también debe insertarse
- 2.4.2.8 Se debe mostrar tanto detalle como sea posible y se debe incluir lo siguiente:
- Posición del naufragio localizado, junto con el dato horizontal del levantamiento;
  - El fix obtenido debe indicar qué correcciones fueron aplicadas;
  - La posición en que el naufragio fue localizado, junto con el datum horizontal del levantamiento;
  - Fix obtenido – esto es para indicar que correcciones fueron hechas;
  - La menor profundidad registrada, como fue obtenida y si el hidrógrafo considera que es definitiva - si la profundidad en la carta es diferente el hidrógrafo debe expresar su punto de vista acerca de la razón para esa diferencia, si la altura del naufragio ha sido calculada trazos de SSS, debe declararse si es un promedio de las alturas obtenidas de direcciones opuestas;
  - Las dimensiones aproximadas y orientación, junto con cualquier evidencia (Ej.: el informe del buzo) sobre la identidad y condición del naufragio;
  - Detalles sobre la reducción de la marea usada;
  - Los comentarios generales, especialmente con cualquier correlación con otros naufragios en su vecindad, o listados; la existencia y profundidad de barrido; las profundidades generales y naturaleza de fondo marino.

### **2.4.3 Registro de cobertura del sonar**

- 2.4.3.1 Donde sea que el sonar sea usado durante un levantamiento, un trazado a la misma escala en la Hoja de evidente será preparado para mostrar los siguientes datos:
- El rastro del buque mientras se realiza la exploración con sonar,
  - Límites del área explorada por el sonar,
  - Límites de las áreas exploradas de cerca (el examen de los trazos necesita ser mostrado),
  - Los números de posición y de identificación de todos los naufragios y obstrucciones localizados durante el levantamiento,
  - Los números de posición y de identificación de todos los naufragios y accidentes listados en el Informe del Levantamiento.



2.4.3.2 Cuando un sonar de proyector se ha usado junto con el SSS, el trazado también debe incluir:

- Las áreas de ecos numerosos;
- Todos los contactos seguros y la dirección en que ellos fueron obtenidos (no deben mostrarse los contactos efímeros);
- La clasificación y calidad de estos contactos y si fueron examinados.

2.4.3.3 Todas las posiciones de contactos y naufragios deben ser verificadas cuidadosamente con otros trazados formas y reportes. Los símbolos siguientes serán usados en los trazados del sonar:

Un naufragio -	Wk
Un naufragio, no inspeccionado totalmente –	Wk (NFS)
Un posible naufragio –	Wk (U) (ver nota)
El fondo marino -	B
Un contacto bueno de fondo marino -	g
Un contacto evidente de fondo marino -	f
Un naufragio barrido -	<u>Wk</u>

Nota: donde no ha sido posible confirmar la identidad de un contacto como un naufragio, pero si hay fuertes motivos para clasificarlo como “posible naufragio”, la calificación adicional de “(U)” (por examinar) debe usarse para indicar un examen inconcluso. “(U)”, también debe usarse cuando un contacto no se ha examinado en absoluto. La clasificación de "Wk (U)" deberá dar resultado a un informe de naufragios.

2.4.3.4 El rastro de la embarcación y los fixes. Donde el rastro del buque para las operaciones del sonar difiere de aquéllas del sondeo principal, suficientes fixes serán identificados y anotados en el registro, y deberá ser abreviados excepto para los extremos de línea.

2.4.3.5 Límites del área explorada. La línea verde para SSS, la línea roja para el sonar de proyector; y contorno azul para las áreas de búsqueda intensiva (con el resultado en el manuscrito, o referencia a otro registro).

2.4.3.6 Listas de naufragios. El símbolo para los naufragios no peligrosos en negro identificado con el número de Lista de Naufragios.

2.4.3.7 Naufragios localizados. Círculo negro de 5 mm de diámetro.

2.4.3.8 Cuando solamente se ha usado el sonar de proyector los trazado son para acercar el área entera del levantamiento (idealmente cubierta en la escala más grande de la carta o mapa topográfico que cubre el área). Esto es para mostrar los límites del área barrida por el sonar de proyector, y puede ser combinada con cualquier otro trazado, proporcionando la claridad pueden ser mantenidos. Esta información es usada por la autoridad hidrográfica para asignar los atributos de calidad de datos.

2.4.3.9 Los trazados del sonar son para llevar una guía clara y comprensiva de los símbolos usados. Además, los trazados SSS son para llevar una tabla que muestra las especificaciones de operación, incluyendo el rango de la escala, el modo (estudio o búsqueda), depresión del haz y altura promedio del domo.

2.4.3.10 Algunos de los datos requeridos anteriormente pueden ser combinados con otros trazados proporcionando que su inclusión no interfiera con la claridad del registro existente.

### **3. CLASIFICACIÓN DEL FONDO MARINO**

#### **3.1 Antecedentes**

3.1.1 Hay tres requerimientos para la clasificación del fondo marino, es decir el cartografiado náutico, comercial/ambiental y militar

3.1.1.1 El Cartografiado Náutico. Un método para la clasificación relativamente simple se usa para el cartografiado náutico y los propósitos de navegación; se define como la determinación de la composición del fondo marino. Una lista de las clasificaciones está contenida en la Carta INT 1. El navegante necesita esta información:

- Decidir dónde anclar,
- Determinar el tipo de fondo y cuánto cable usar,
- Ayudar a evaluar la seguridad de un anclaje;
- Para proporcionar un chequeo adicional en la navegación.

3.1.1.2 Comercial y Ambiental. Una caracterización más detallada, normalmente se obtiene usando un software de procesado comercial y se utiliza para:

- Ingeniería de costa es decir, plataformas de petróleo fijas, faros y paredes de agua,
- La exploración minera,
- Pesca etc.

3.1.1.3 Militar. Una combinación de los cuatro tipos básicos de fondo marino con los datos detallados y específicos y sus atributos. Los usos militares dependen de esta información para:

- Las operaciones anfibas,
- Conteo de minas, es decir la selección de las áreas operativas para evitar aquellas de topología de fondo marino desfavorables.
- Operaciones submarinas y anti submarinas, Ej. Selección de áreas seguras para que los submarinos tomen el fondo marino;
- Desempeño acústico del sonar.

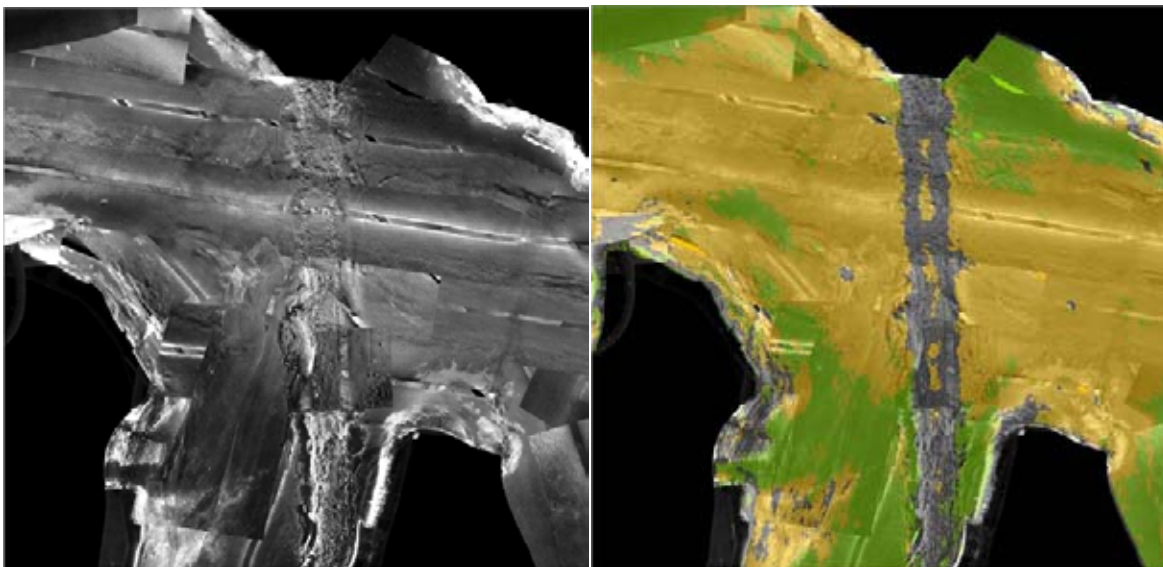
3.1.1.4 En el futuro, la información de las clasificación militar del fondo marino, probablemente será distribuida a la oficina principal y a las unidades operacionales en el formato de Capas Militares Adicionales (AML). Éstas pueden ser leídas en los sistemas de información geográficos integrados y en los sistemas de comando de toma de decisiones tácticas.

### 3.1.2 Modelos de clasificación del fondo marino

3.1.2.1 Normalmente se presenta la información como un modelo de clasificación del fondo marino, ejemplos de estos están en la Figura 4.8. Los datos pueden obtenerse de los SBES, MBES, SSS y muestreo actual, y es presentada como una mezcla de símbolos y palabras. Como con todos los registros evidentes la información debe ser delineada precisa y claramente.

3.1.2.2 La siguiente información será mostrada en los modelos para la Clasificación del fondo marino:

- La naturaleza de las muestras del fondo marino;
- La textura del fondo marino desde el eco sonda, SSS, etc.
- Los contactos y accidentes del fondo marino (es decir, naufragios, ondas de arena, red barredera);
- Los contornos de profundidad.



**Fig. 4.8 “Ejemplos del mosaico del Sonar de Barrido Lateral y de los modelos de clasificación  
“(usando el software QinetiQ "classphi")**

3.1.2.3 Ejemplos de Registros del Sonar. Los problemas para identificar los naufragios en registros de sonar son bien conocidos por los hidrógrafos y no necesitan ninguna explicación extensa. Los ejemplos de registros del sonar para las comparaciones de clasificación del fondo marino pueden ser encontradas en "Sonographs of the Seafloor" por Belderson, Kenyon, Stride y Stubbs.

### 3.1.3 Muestras del fondo marino

3.1.3.1 La naturaleza del fondo marino será obtenida en las profundidades menores de 200 m como sigue:

- Para ayudar a la interpretación de cualquier registro SSS;

- Para proporcionar la veracidad y confirmación de la clasificación de los modelos de fondo marino;
- En todos los anclajes posibles;
- En todos los bancos, bajos y montes marinos, particularmente cuando es probable que éstos sean inestables y con canales entre ellos;
- En la cúspide y en la base de los montes marinos, en las profundidades mayores a 200 m, cuando las profundidades no son extremas y los métodos de muestreo apropiados están disponibles.

3.1.3.2 Adicionalmente, la naturaleza del fondo marino será obtenida en intervalos regulares a través del suelo de levantamiento. La frecuencia del muestreo puede variar, dependiendo de la profundidad y al punto que es homogéneo, con las muestras obtenidas en intervalos de entre 1.0 y 1.7 km en profundidades menores a 200 m.

3.1.3.3 La naturaleza del fondo marino obtenida de las muestras será incluida en el modelo de clasificación. La correlación entre las muestras y la textura derivada del registro del sonar es muy importante; proporciona el único chequeo de confianza real en la interpretación. Posteriormente esas muestras del fondo marino deben cumplir con tres condiciones, es decir, deben ser:

- Una muestra completa – los muestreos en el camino son conocidos por perder muchas de las más finas porciones de la muestra a medida que son recolectadas;
- Desde un punto individual – los muestreos en el camino pueden ser dragados por varios cientos de metros y no pueden dar una muestra puntual;
- Posición con precisión – los muestreos deben ser fijadas a la misma exactitud de cualquier elemento de la información del levantamiento, con el fix tomado a medida que las muestras golpean el fondo marino.

3.1.3.4 Para cumplir con los requerimientos anteriores las muestras deben ser tomadas por agarre o por extractor con la nave detenida y el fix obtenido por la principal ayuda de la navegación del levantamiento (o una de exactitud comparable). Su posición en el modelo de clasificación se muestra por un punto pequeño rodeado por un círculo, con la clasificación posicionada al lado de él.

### **3.1.4 Naturaleza del fondo marino**

3.1.4.1 El fondo marino esta formado por rocas de varios tipos colocados en muchos lugares por sedimentos sin consolidar de dos fuentes principales:

- Los materiales lavados por las masas de la tierra adyacente o de la erosión del propio fondo marino;
- Sedimentos biológicamente producidos que están formados de los productos decadentes animales o vegetales con bases oceánicas.

### **3.1.5 Clasificación de muestras**

3.1.5.1 La clasificación ocasiona la descripción de una muestra bajo dos títulos principales:

- Un adjetivo descriptivo, como “áspero”, “pequeño”, etc.;
  - Una descripción general, como “Roca”, “Lodo”, etc.
- 3.1.5.2 Muestras mixtas. La mayoría de los sedimentos naturales son raramente compuestos de un sólo tipo de sedimento, son a menudo mezclas. Cuando esto ocurre, la clasificación debe primero seguir el principio de listar el material más predominante primero, por ejemplo el "*fsbkSh*" indica que hay más arena en la muestra que conchas.
- 3.1.5.3 Tamaño del grado y calificación: Los sedimentos se califican de acuerdo al tamaño del grano en la tabla 4.5.

Descripción General	Nombre		Limites (mm)	Comentarios
Lodo	<i>M</i>	Arcilla	< 0.002	Cuando se secan a mano, <u>no</u> se quitan fácilmente
		Fango	0.002 – 0.063	Cuando se secan a mano, se quitan fácilmente
Arena	<i>fS</i>	Arena muy fina	0.063 – 0.125	
		Arena fina	0.125 – 0.250	
	<i>mS</i>	Arena media	0.250 – 0.50	
	<i>cS</i>	Arena áspera	0.5 – 1.0	
		Arena muy áspera	1.0 – 2.0	
Grava	<i>smG</i>	Gránulos	2.0 – 4.0	De gruesos como un lápiz y del tamaño de un guisante
	<i>P</i>	Piedras de grava	4.0 – 64.0	Guisante pequeño al tamaño de un puño cerrado.
	<i>lG</i>	Piedra de canto rodado	64.0 – 256.0	De un puño cerrado a una cabeza humana.
Roca	<i>R</i>	Piedra de peñón	> 256.0	Más grandes que una cabeza humana.
		Rocas		

**Tabla 4.5 “Tamaño del grano de sedimento”**

(Tomado del UKIHO hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys)

- 3.1.5.4 El tamaño de un grano puede ser determinado a simple vista o por la comparación con las muestras estándar ilustradas en un “disco de comparación”, si los tiene. Los sedimentos más finos son los más difíciles de clasificar. Si el tamaño no puede ser clasificado a simple vista o por la comparación, la muestra puede ponerse entre los dientes. Si se siente arenoso entonces es cieno; si se siente liso y suave en la textura entonces es de arcilla. Es sumamente difícil estimar los porcentajes relativos cuando las muestras contienen arena, cieno y arcilla.
- 3.1.5.5 Las rocas. Una muestra solamente debe ser clasificada como “Roca” si la evidencia disponible es positiva. Si la única evidencia que tiene al colector es una marca o abolladura o una muestra dañada, la abreviación que debe usarse es "h" (duro).

3.1.5.6 Otras Descripciones. Cuando cualidades adicionales pueden identificarse o cuando el tipo de fondo marino puede ser clasificado positivamente como que contiene otro material distinto, varias referencias deben consultarse para guiarse.

### **3.1.6 Métodos para obtener las muestras del fondo marino**

3.1.6.1 Las muestras del fondo marino pueden ser obtenidas por una variedad de medios, los más comunes son:

- Escandallos
- Cangilón
- Extractor de almeja y cucharones
- Toma testigos
- Draga
- Buzos
- Operación de vehículos remotos (ROV) y sumergibles;
- Muestreo basado en la oportunidad (Ej.: desde las anclas)

3.1.6.2 La selección y uso del dispositivo apropiado dependerán de la naturaleza de la investigación, la característica del fondo marino, la profundidad de agua, y del equipo disponible a bordo para bajar y recuperar el equipo de muestras.

3.1.6.3 Punteros de sondeo. El escandallo armado es un método tradicional para obtener e indicar la naturaleza de la capa delgada de la superficie del fondo marino. Pero no puede dar una idea de la profundidad de esa capa de la superficie. Los escandallos están armados con un cebo o una sustancia similarmente pegajosa como petróleo o grasa, a las que las partículas de sedimento se adhieren. Cuando en el fondo marino está esparcidos de objetos más grandes como las piedras de grava o roca, una impresión del material del fondo puede obtenerse pero esto no puede garantizarse.

3.1.6.4 Las ventajas del escandallo es su bajo costo y su fácil operación. Las desventajas son:

- El material más grande no puede ser detectado (por ejemplo los peñones),
- Sólo la capa de la superficie es explorada,
- A mayor profundidad las muestras de vuelven más in confiables,
- La muestra se contamina por el material usado para armarlo;
- La muestra se perturba cuando se captura.

3.1.6.5 Cangilón, extractor de almeja y cucharones. Éstos se proporcionan con el propósito de coleccionar muestras de tamaño medio en la superficie y en la capa inmediatamente subsiguiente del fondo marino. Ellos normalmente comprenden un cubo o pala que se activa al chocar con el fondo marino. Algunos tienen dispositivos de resortes, otros se cierran cuando se levantan del fondo marino. Los cangilones son raramente convenientes para

explorar el barro suave o líquido ya que la muestra se lava a menudo fuera del cubo antes de que alcance la superficie.

- 3.1.6.6 Cangilón Shipek . El cangilón Shipek, esta compuesto de dos medio cilindros concéntricos; el medio cilindro interno o cubo de muestra se mantiene abierto contra un par de resortes axiales poderosos en un trinquete. Al golpear el fondo marino se desliza con peso sobre el trinquete y permite al cubo girar a través de 180° bajo el torque de los resortes. Durante esta rotación el cubo toma una muestra del fondo marino. El cubo permanece cerrado entonces mientras el cangilón es llevado a la superficie. El cangilón Shipek es más efectivo en sedimentos suaves e in consolidados. Es posible balancearlo en un fondo marino compacto y la acción de cierre del cubo puede levantar el cangilón del fondo dando sólo una muestra superficial o ninguna. En estas condiciones los resultados mejorados pueden ser obtenidos algunas veces al reducir la velocidad de impacto del cangilón en el fondo marino.
- 3.1.6.7 Toma testigos. Estos se usan para obtener una muestra vertical sin disturbios del fondo marino. Ellos penetran a menudo una distancia considerable bajo la superficie del fondo marino. Los toma testigos normalmente están compuestos de un tubo o un mecanismo en forma de caja similar a un descorazonador de manzana o a un cortador de dulce. Estos son llevados al fondo marino y cuando se halan mantienen una muestra sin disturbios de las capas del sedimento.
- 3.1.6.8 Los mecanismos de retención varían desde los que crean un vacío en la parte de atrás de la muestra hasta los que cubren el plato o los obturadores. Normalmente existe una combinación de métodos para sostener la muestra en el lugar. Los toma testigos pueden ser llevados a penetrar en el fondo marino por varios medios: su propio peso, explosivos, o por vibración mecánica o neumática.
- 3.1.6.9 Dragas. Las dragas están diseñadas para ser arrastradas a lo largo del fondo marino para coleccionar material suelto y sedimento. Ellos incorporan a menudo un filtro que permite que los sedimentos más pequeños puedan atravesarlo. Las muestras siempre se perturbadas pero reflejan los materiales del fondo marino en la superficie de un área bastante grande. Las dragas pueden desplegarse en todas las profundidades del agua.
- 3.1.6.10 Otros métodos de muestreo

Buzos. Una inspección por buzos permite una identificación positiva del fondo marino. Tanto para identificar accidentes grandes como pequeños. Los buzos están limitados por la profundidad a la que ellos pueden trabajar, pero para aguas poco profundas y con suficiente tiempo, éste es un buen método para obtener muestras.

Vehículos sub marinos no manejados por el hombre (UUV). Los equipos UUV operados a control remoto pueden ayudar a clasificar el fondo marino recolectando las muestras (normalmente utilizando paletas grandes o dragas) u obteniendo las imágenes de video para una inspección posterior. Los UUV están siendo incorporados cada vez más a las SBES, MBES y SSS y pueden ser empleados para adquirir la misma datos de las de las embarcaciones de superficie.

Muestreo en base a las Oportunidades. Las muestras útiles también pueden obtenerse de los cables de la embarcación, anclas o amarres de boya. Estas muestras deben usarse con cautela ya que es probable que sólo las muestras de una naturaleza pegajosa sobrevivan a la acción del lavado del equipo al llevarlos a la superficie.

### **3.1.7 Registros de muestras del fondo marino**

- 3.1.7.1 Registro de muestras del fondo marino. La datos deben formatearse para complementar la información en forma relevante, de tal manera que esté prontamente disponible para las autoridades interesadas. El Informe del levantamiento debe contener los detalles de los métodos de muestreo empleados durante un levantamiento junto con cualquier problema que pudo haberse presentado.
- 3.1.7.2 La ubicación y la clasificación de las muestras del fondo marino obtenidas debe ser mostrada en un trazado o modelo digital que acompañen los datos batimétricos.

### **3.2 Clasificación de los sensores**

- 3.2.1 Esta sección describe varios sensores usados para la clasificación del fondo marino.
- 3.2.1.1 Sonar de barrido lateral. Además de localizar naufragios y obstrucciones entre las líneas del levantamiento, el SSS proporciona también una cantidad considerable de otra información sobre el fondo marino. Estos datos, cuando se combinan con las muestras del fondo marino y los contornos de la profundidad para producir los modelos de clasificación del fondo marino, son de gran valor. La importancia de esta información ha crecido durante los años, a tal magnitud que, en muchos levantamientos, las consideraciones del sonar (y no las batimétricas) gobiernan la selección de la dirección y espaciado de la línea. Un gran cuidado se necesita en la preparación y verificación de estos trazados si su contenido en pleno es comprendido.
- 3.2.1.2 Ecosondas Multihaz. La incursión de sistemas MBES en los levantamientos hidrográficos no sólo ha significado la habilidad de determinar la batimetría con más precisión y con mayor cobertura que antes, sino que también la habilidad para determinar los límites del fondo marino y de los tipos de sedimento relativamente más rápido y eficaz. Con esta perspectiva, el hidrógrafo puede ahora capaz de interpretar la imagen del dispersor desde los sistemas de banda así como de los registros del sonar de barrido lateral. El beneficio agregado para obtener la información del dispersor desde un MBES, mientras recolecta la datos batimétrica, permite conducir un levantamiento de mejores costos (y tiempo).
- 3.2.1.3 Ecosonda de haz simple. Los software comerciales de clasificación del fondo marino que se pueden ajustar al SBES han estado disponibles durante varios años. Usados particularmente en la industria de la pesca, un sistema típico se describirá después.
- 3.2.1.4 Otros Métodos. Otros sensores con el potencial de clasificar el fondo marino incluyen:
- Batimetría Aerotransportada con Láser. La exploración continúa a la extracción de información que no sea batimétrica desde la onda de retorno del láser incluyendo la turbidez y la clasificación del fondo marino.
  - Batimetría Electromagnética Aerotransportada. Los métodos AEMB ofrecen un potencial para obtener información sobre la clasificación del fondo marino, pero aun ésta capacidad tiene que ser desarrollada.
  - Sensores Remotos. La clasificación del fondo marino puede obtenerse de las imágenes de satélite y aéreas en las aguas poco profundas pero todavía requiere de datos verdaderos del suelo.



- Los sonares de búsqueda avanzada (FLS). Originalmente fueron diseñados específicamente para la navegación y evitar colisiones, algunos desarrollos recientes del FLS, ofrecen capacidades batimétricas y de clasificación del fondo marino. Por ejemplo, el sistema FLS Thales Underwater "Petrel" une la energía acústica recibida con los niveles de ruido ambiental y el ángulo del haz de incidencia en el fondo marino para proporcionar una figura de reverberación del fondo marino de importancia, que será único para las variantes de densidad de materiales y de porosidad del fondo marino. Al comprobar en la tierra estas "figuras de importancia" una capacidad de clasificación del fondo marino de banda de tiempo real está disponible paralelamente con la batimetría.

### **3.3 Clasificación - Teoría**

3.3.1 Esta sección introduce la colección e interpretación de la información del dispersor y compara los métodos usados por el MBES y el SSS. Se discuten las ventajas y desventajas de cada uno. También trata los métodos que el MBES usa para quitar los efectos de distorsión debido al ángulo en el que la señal llega al fondo marino y otras causas.

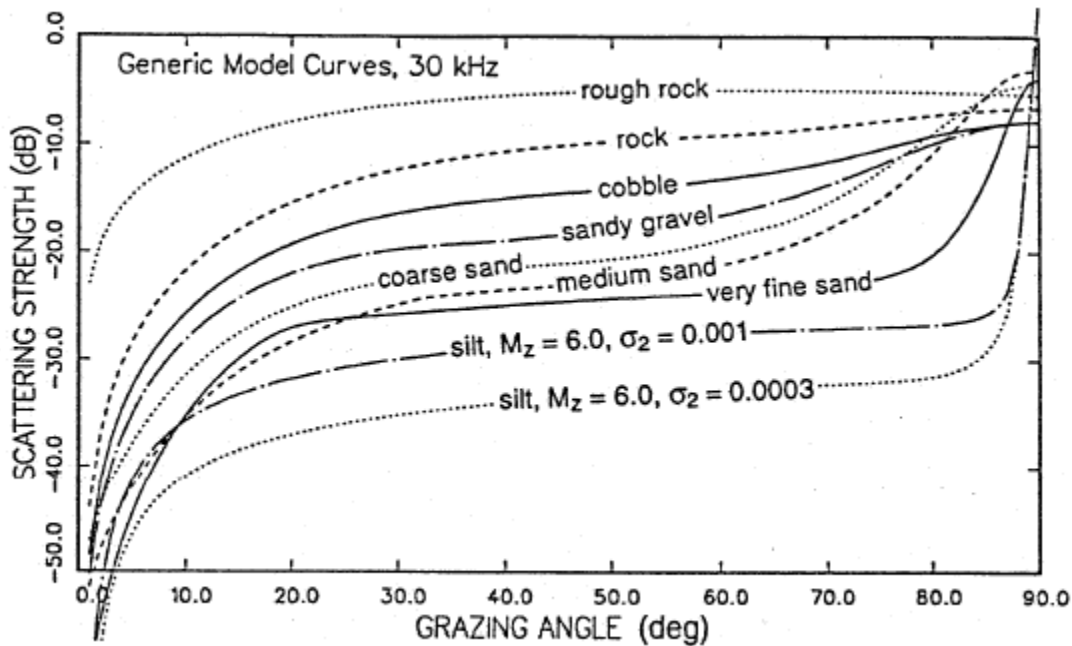
3.3.1.1 El SSS y la mayoría de los MBES, pueden desplegar una representación del fondo marino que usa el principio de imagen acústica. La mayoría de las fotos de los SSS muestran representaciones relativamente sofisticadas del pulso de retorno en el sentido de que la imagen es solamente corregida para un rango limitado de parámetros medibles. Por ejemplo, los SSS modernos tienen a menudo la habilidad para medir la velocidad de dirección del buque y ajustarse a lo largo del eje de la imagen para que la escala en esta dirección iguale a la escala a través de la huella. También, ellos pueden medir la altura del domo sobre el fondo marino, y quita esta sección de la imagen, para que la imagen empiece en el suelo abajo del domo y cubre el fondo marino en el rango máximo del grupo. La imagen puede corregirse para que la distancia en la imagen iguale a la distancia del fondo marino, sin embargo esto es normalmente logrado haciendo la suposición de que el fondo marino está nivelado. Ya que esté no es el caso, de hecho, habrá distorsiones en la imagen del SSS.

3.3.1.2 Por otro lado, la provisión de información del dispersor es un producto de la captura de datos batimétricos para un MBES. Es semejante al rendimiento del SSS y produce una representación del fondo marino, en lo que respecta a la intensidad del eco de retorno. La diferencia significativa entre los dos es que el MBES está midiendo la profundidad concurrentemente con la información del dispersor, y esto permite un nivel más sofisticado de despliegue. Los datos en la profundidad, cuando se combinan con el ángulo del haz, efectivamente entregan la posición del fondo marino a la que se relaciona la información del dispersor y por consiguiente proporciona una corrección geométrica verdadera de la imagen del dispersor.

### **3.3.2 Imagen del dispersor**

3.3.2.1 El resultado de las imágenes del MBES de imágenes del barrido lateral basado en la información del dispersor es un mosaico que cubre el fondo marino que despliega la intensidad del dispersor igualándolo a cada punto en el fondo marino. Hay normalmente una habilidad de combinar el dispersor y la información de profundidad para que ellos sean co-registrados por la posición. Asumiendo que las líneas se han corrido apropiadamente, las imágenes deben proporcionar 100% de cobertura y puede ser que la información del dispersor cubra más que la batimetría si se han invalidado los haces por razones de exactitud. Es probable que la información extra del dispersor no sea usada ya que no tiene la información de profundidad asociada con él, pero permanece disponible tal cual.

3.3.2.2 Cierta actividad en post-proceso se habrá llevado a cabo para normalizar la imagen del dispersor para quitar los efectos de distorsión en el retorno de la señal original. Las correcciones dependerán del rango (para corregir la atenuación y extensión del haz), el poder de la fuente (qué deben grabarse con la información del eco), y la dirección del haz – para transmitir o recibir, si esto varía con el tiempo. Adicionalmente habrá correcciones a ser aplicadas que dependen del recorrido de la señal y del área que es sondeada. Éstas son las correcciones para el ángulo del haz, el recorrido del rayo y la inclinación del fondo marino local todos pueden ser combinados en la incidencia del ángulo en la que la señal llega al fondo marino. La figura 4.9 muestra ejemplos de la fuerza del dispersor para los diferentes tipos de fondos marinos en diferentes ángulos de inclinación.



**Fig. 4.9 "Ejemplos de la fuerza del dispersor"**

(Tomado del "High Frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook", Octubre 1994)

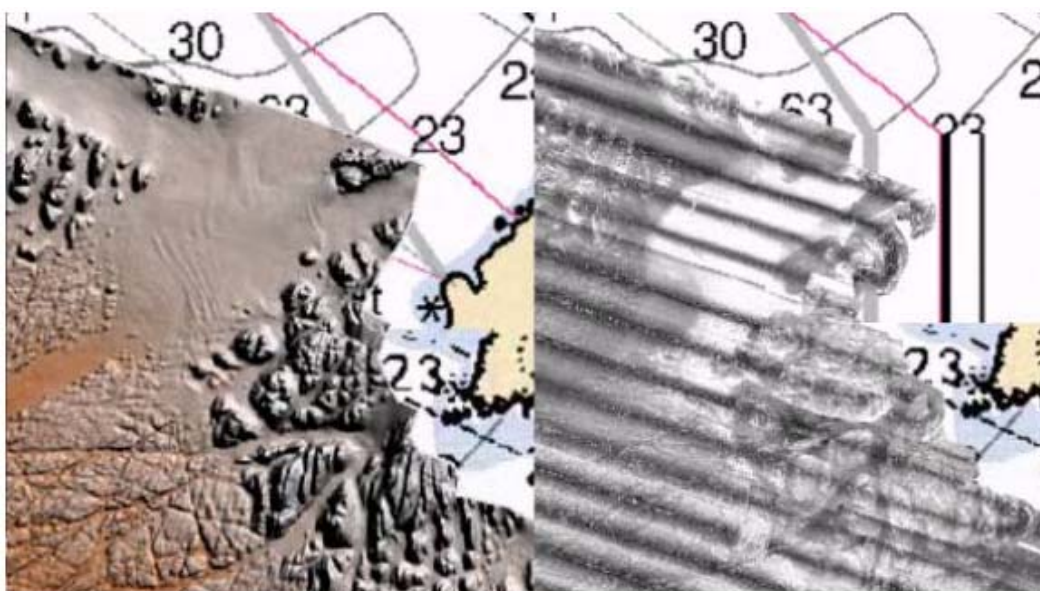
### 3.3.3 Registros de Barrido Lateral

3.3.3.1 La corrección de la imagen por posición es llamada registro del sonar de barrido lateral (ya que el término barrido lateral es comúnmente usado con el sistema MBES para referirse a la intensidad de imagen del dispersor). La corrección requerida se traduce entre el rango de inclinación dado por el tiempo de viaje y la posición verdadera del fondo marino, o por lo menos una distancia verdadera desde el punto bajo el transductor al parche del accidente del fondo marino.

3.3.3.2 Como se mencionó anteriormente, el método usado con las imágenes SSS tiende a ser bastante simple, pero, usando la información de profundidad extra disponible en los sistemas MBES, el conocimiento del perfil de velocidad del sonido y el comportamiento del buque en el punto de transmisión, el registro puede hacerse más exacto. Una gran parte del cálculo ya se ha llevado a cabo para producir las profundidades corregidas en la aplicación de la batimetría del ecosonda del MBES y algunas veces esa información puede tenerse disponible para la imagen del sonar de barrido lateral.

### 3.3.4 Mosaico

- 3.3.4.1 La transformación de la imagen de sonar de barrido lateral MBES en una imagen rastrea regular se llama mosaico. La imagen será corregida en su posición por el movimiento del buque; sin embargo, puede haber todavía algunos problemas con el procedimiento del mosaico. En algunos MBES, el pequeño tamaño de la huella en los haces centrales, pueden dejar espacios pequeños entre cada huella individual. El objetivo con la imagen del sonar de barrido lateral es producir una imagen rastrea que permita la comparación directa de un punto con otro y las separaciones en los datos pueden hacerlo difícil. Puede ser posible rellenar los espacios por la interpretación.
- 3.3.4.2 Si la cobertura excede el 100% y hay solapamiento de los datos, es probable que los datos hubieran sido recolectados en diferentes ángulos y diferentes direcciones de sondeo. En lugar de intentar combinar los datos, el datos de la haz preferido se acepta mientras que el otro haz se suprime. Inevitablemente habrá una discontinuidad dónde las dos bandas se unen, pero el método anterior minimiza la distorsión que esto causará. Hay varios métodos disponibles que pueden automáticamente escoger el haz preferido, por ejemplo da preferencia al medio haz encima del nadir y lejos del rango.
- 3.3.4.3 La interpretación de la imagen del dispersor dependerá por consiguiente del conocimiento de la información que el sistema mantenga, y su método para presentar los datos. Algunos sistemas tienen la habilidad de retener la información sobre la distribución de datos dentro del haz, tan detallada que es más pequeña que la huella del haz que aún puede verse. Otros métodos usan un grupo de datos reducido, reteniendo (por ejemplo) sólo el promedio de la intensidad máxima para cada haz, que proporciona menor detalle. La figure 4.10 muestra que la batimetría sola no proporciona la misma información sobre los cambios en el tipo de fondo marino como la imagen de mosaico del dispersor rastrea.



**Fig.4.10 "Imágenes del fondo marino" - Batimetría (izquierda) vs. Imagen Rastrea de Mosaico (derecha)"**

### 3.3.5 Clasificación - General

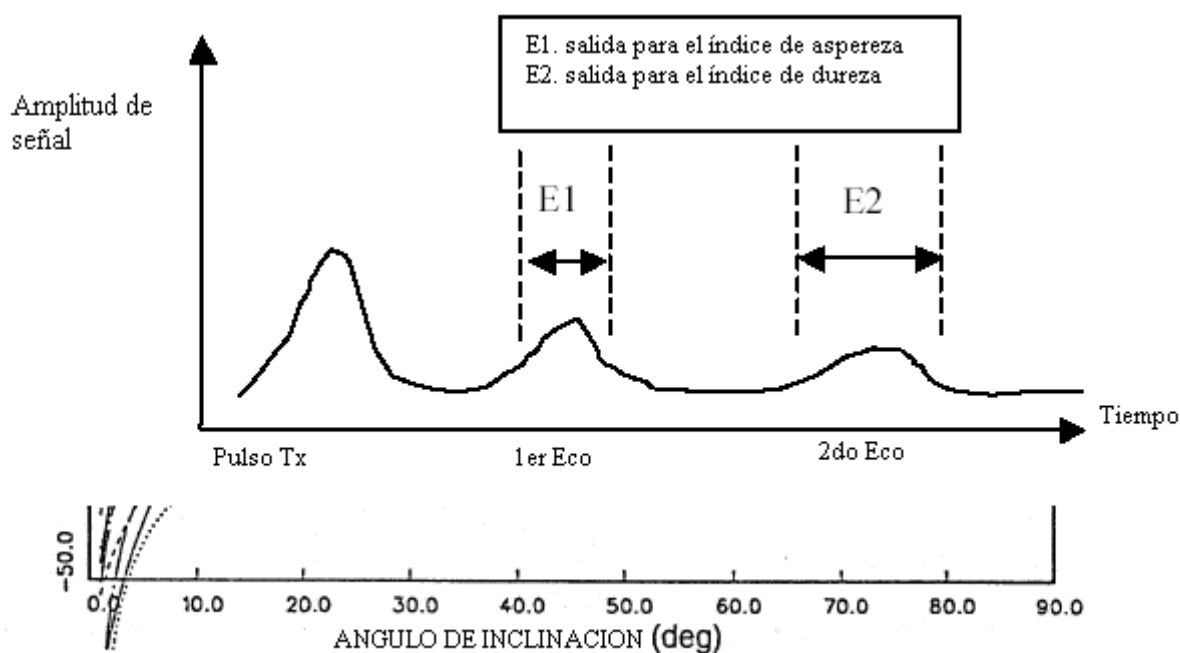
- 3.3.5.1 Hay complicaciones adicionales al intentar clasificar los tipos de fondo marino. Junto con la impedancia acústica hay otros rasgos del suelo marino que afectaran la forma y características del retorno. Si el fondo es escabroso, pero con el detalle más pequeño que la huella del haz, entonces esto tendrá influencia en la intensidad del retorno.
- 3.3.5.2 La única manera de permitir verdaderamente estos efectos diferentes, es teniendo un conocimiento total del fondo marino, de antemano y esto sólo es posible donde la fidelidad del fondo real (ej: con muestras del fondo marino) ha acontecido. Sin embargo, ciertos tipos de fondo marino tendrán características generales diferentes, por lo que los dispersores pueden ser usados para hacer la clasificación general. Si los retornos particulares son unidos con suelos verdaderos, entonces una “biblioteca” de clases del dispersores puede construirse, permitiendo la clasificación automática. Esta biblioteca puede ser tan compleja como sea requerido con áreas diferentes del gráfico del duro asignando las únicas clasificaciones. Existe un número de diferentes herramientas de software para este propósito aunque cada una probablemente tenga diferentes procedimientos y requerimientos para realizar su tarea.
- 3.3.5.3 La clasificación del fondo marino que usa la imagen acústica es un campo que se desarrolla rápidamente. Los descubrimientos iniciales fueron hechas con el uso de sistemas de incidencia vertical (SBES), donde el método era estudiar todos los parámetros del eco de retorno, incluyendo la variación en la intensidad con el tiempo y la frecuencia de dispersión gráfica para proporcionar una indicación del tipo de fondo marino.
- 3.3.5.4 El requisito para la clasificación del fondo marino depende del uso final de la información. A cambio, los parámetros particulares que se usan para identificar un tipo del fondo marino particular pueden depender del requisito de la clasificación. Las características típicas que pueden medirse son el tipo de fondo marino con términos hidrográficos tradicionales, que clasificarían al fondo marino en términos del tamaño del grano, la textura y el tipo. Otras características pueden ser las propiedades físicas del fondo marino que pueden ser relevantes para, digamos, un estudio de la tubería, o las propiedades acústicas que puedan ser de interés para la minería, las operaciones militares, y oceanográficas. Éstas incluyen:
- El tipo de sedimento , O sea:
    - El tamaño de grano, la textura, es decir, la arena, cieno, arcilla y grava.
    - La mineralogía, es decir, la ceniza, cieno, sílice, carbonato,
    - Genético, es decir, biogénico, terrígeno,
  - Las propiedades físicas, o sea, tamaño del grano, densidad, y porosidad;
  - Las propiedades acústicas, o sea, las velocidades y la atenuación;
  - Propiedades geotécnicas, o sea, los equilibrios de fuerza, elasticidad;
  - La morfología, o la textura y composición.

3.3.5.5 Varios acercamientos han llevado al problema de la clasificación del fondo marino, enfocándose en las diferentes propiedades de las señales de retorno, y con las metodologías diferentes para lograr el resultado. Para lograr esta clasificación remota nosotros vimos los sistemas y modelos desarrollados para la interacción del sonido con el fondo marino y el efecto que esta interacción debe tener en la forma del pulso. Tal sistema adoptado para la clasificación del fondo marino usando el SBES es el RoxAnn, desarrollado por Marine Microsystems Ltd.

### 3.3.6 RoxAnn

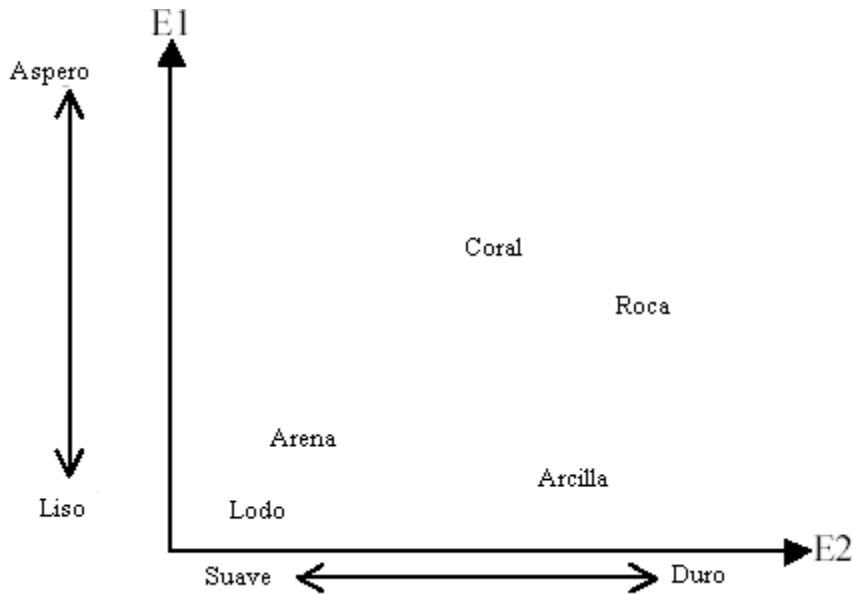
3.3.6.1 El RoxAnn es uno de los varios sistemas comerciales para la clasificación del fondo marino, que se conectan, en este caso, a los ecosondas existentes (los sistemas de incidencia típicamente verticales) por medio de un "amplificador principal" que une la impedancia del sistema a la del ecosonda. El diseño fue basado en las observaciones del comportamiento del ecosonda en áreas conocidas en diferentes tipos de fondo marino. La clasificación del sedimento es lograda por la identificación de dos parámetros (ver Figura 4.11):

- E1 - la energía integrada bajo la cola del primer retorno, es decir, indica la aspereza;
- E2 - la energía integrada bajo el segundo (múltiple) retorno, indica la dureza,



**Fig. 4.11 "RoxAnn - La cuantificación de aspereza (E1) y de la dureza (E2)"**

3.3.6.2 Luego, con el uso de una tabla look-up que graficará la dureza comparada con la aspereza, usted puede entrar con un valor observado que ha sido confirmado y calibrar el sistema para la clasificación automática en esa localidad. El sistema requiere la recalibración periódica y también requerirá una nueva calibración cada vez que se estudie una nueva área. La figura 4.12 muestra los valores de E1 y E2 delineadas, y entonces un tipo de fondo 'conocido' asignado.



**Fig.4.12 “RoxAnn - valores de E1 y E2 (solamente como ejemplo)”**

3.3.6.3 Las ventajas de este sistema es que es relativamente simple y económico. Las desventajas son que el sistema no es cuantitativo, debe ser calibrado y depende de los múltiples retornos que cuestionan la variabilidad como una función del estado del mar.

### 3.3.7 Clasificación usando MBES

3.3.7.1 El MBES nos proporcionan medidas georeferenciadas de intensidad del dispersor instantáneo, y resalta los estimados de la elevación del fondo marino (el sondeo). Ambos pueden ser usados conjuntamente o separadamente, para determinar la clasificación del fondo marino usualmente junto a los paquetes de software comerciales diseñados para tal propósito. Para aquellos sistemas que son calibrados, o para los que por lo menos una calibración relativa puede realizarse, las medidas de intensidad del dispersor pueden reducirse de acuerdo a:

- El rango del accidente (la atenuación y la extensión esférica),
- La Fuente de poder, dirección del haz (transmitida y recibida);
- El área sondeada (el ángulo del haz, la trayectoria del rayo refractado, inclinación del fondo marino).

3.3.7.2 Hay tres métodos principales empleados en la clasificación del fondo marino por sonar de banda basado en la variabilidad en la estructura de eco para inferir la información sobre la naturaleza del fondo marino:

- Textura del trazado y la estimación de espectro;
- Función de probabilidad de densidad de la amplitud del pico del eco;
- Funciones de dependencia angular del dispersor acústico.

### 3.3.8 Mapa de textura

- 3.3.8.1 Este método mira la variación de la intensidad del dispensor como una función espacial en 2D (dimensiones horizontales). Está basado en la identificación de los cambios importantes en las características de los ecos dentro de un pulso y sobre un número de pulsos consecutivos. En esencia, es la estimación de las estadísticas espaciales en 2D de una imagen de amplitud de dispensor acústico del fondo marino.
- 3.3.8.2 Incluso en la ausencia de un sistema de sonar calibrado, es fácil ver que las características de textura de la imagen del SSS contienen la información sobre el fondo marino. La mayoría de los SSS primitivos se desarrollaron con el propósito de reconocer accidentes, en el que el propósito era usar todo el rango dinámico del equipo de despliegue, generalmente un registrador de papel húmedo o un monitor gráfico, para maximizar el contraste del eco de retorno. Para este propósito se desarrollaron los controles de ganancia automáticos. El lado perjudicial de este desarrollo era que, en la mayoría de los casos, el nivel absoluto de la intensidad del dispensor no era conservado. No obstante, tal técnica del proceso de señal fue ideal para sacar la información estructural de la imagen. Esto se ha logrado con la introducción de dos métodos:
- Poder del espectro;
  - Matrices de co-ocurrencia del nivel gris.

### 3.3.9 Power Spectra

- 3.3.9.1 El dispensor acústico del fondo marino cambia bruscamente a función del  $\cos^2$  del ángulo de incidencia (Ley de Lambert), sale para bajar los ángulos rozantes. Por consiguiente, puede asumirse que las variaciones en la amplitud de ecos del fondo marino recibidas por el sonar sobre este sector angular son expresiones de la aspereza inherente de la superficie del dispensor. Esto indicaría la posibilidad de clasificar estos retornos y de por lo tanto inferir los tipos del fondo marino, basado en su forma espectral.
- 3.3.9.2 Cuando se aplica a los MBES, este método debe ser limitado al segmento exterior de los haces del barrido, donde la dependencia angular de los niveles del dispensor acústico del fondo marino se reduce y donde la longitud del área de ensonificación es relativamente constante al través de la trayectoria. En la región de incidencia vertical cercana, una combinación de intensidad emitida por el sonar del casco, el repentino cambio del área de ensonificación y la función de dependencia angular del dispensor acústico pone severas limitaciones al supuesto de que la forma del espectro se relaciona directamente al tipo de fondo marino.
- 3.3.9.3 Adicionalmente, debido a que las series de tiempo de la fuerza del dispensor obtenida con una configuración de MBES es realmente un compuesto de varias trazos del haz, existe la posibilidad de introducir energía en el espectro de poder en longitudes de ondas de espacio equivalente al espaciado del haz.
- 3.3.9.4 A medida que usted se mueva entre aguas poco profundas y más profundas, la longitud de los pulsos de muchos de los sistemas de guadaña de aguas poco profundas es variada. Esto cambia el área sondeada instantáneamente y las escalas de longitud que pueden observarse con los espectro de poder.

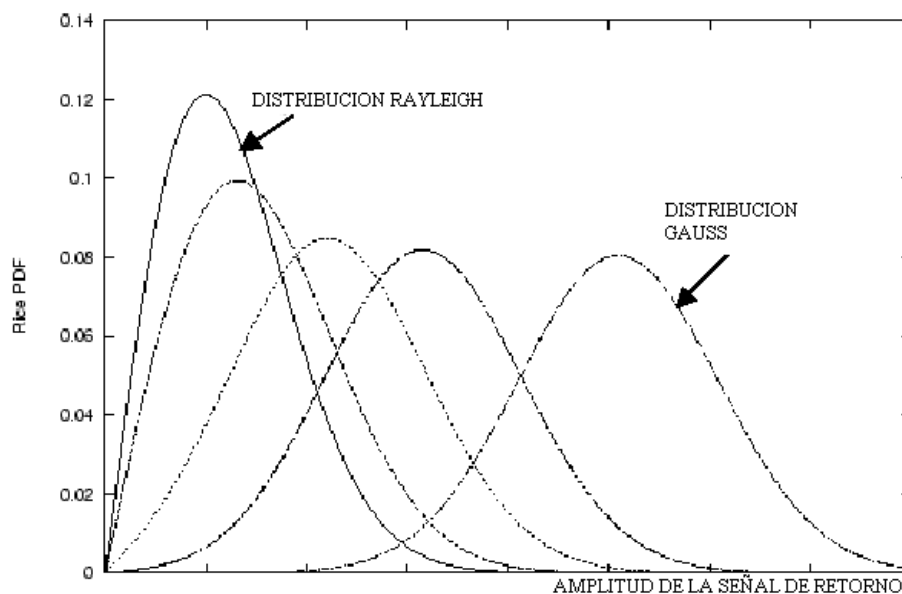
### **3.3.10 Matrices de co-ocurrencia de nivel de gris**

- 3.3.10.1 Para identificar los límites de los patrones de textura parecidos en la imagen del sonar de barrido lateral, las técnicas de proceso de imagen clásica de las Matrices de Co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM) es usada. Esta técnica caracteriza la interrelación bidimensional espacial de los niveles grises (donde la oscuridad del gris se refiere a la intensidad del dispersor) en una imagen con una escala que va desde la textura fina, correspondiendo a cambios de niveles frecuentes por encima de distancias cortas, hasta una textura gruesa que corresponde a pocos cambios de niveles por encima de las distancias largas. Las matrices del Co-ocurrencia son calculadas para un grupo de distancias y de relaciones espaciales angulares. Cada GLCM corresponderá a una textura diferente que puede interpretarse entonces como un tipo de fondo marino.
- 3.3.10.2 Una desventaja del método de GLCM es que debe ser implementado en un mosaico del sonar de barrido lateral, que es un producto del rastro. Como se discutió, el proceso del mosaico es un compromiso entre conservar la resolución de la trayectoria al través de la amplitud de la datos del dispersor y de destacar la resolución a lo largo. Así los mosaicos del sonar de barrido lateral normalmente son versiones promedio ( o filtros de la mediana) de la intensidad de los datos brutos. Como tal, no pueden exhibir las mismas características estadísticas como los datos crudos originales. Por consiguiente, las características usadas para la clasificación sólo son aplicables a datos que han sufrido exactamente la misma transformación desde una serie de tiempo para el sonar de barrido lateral bruta a un producto del rastro. Además, algún forma de veracidad es requerida para identificar el tipo del fondo porque no hay ningún modelo que vincule el GLCM a las propiedades físicas de un fondo marino específico y de litologías diferentes (características del fondo marino) puede exhibir las mismas características de textura.

### **3.3.11 Función de probabilidad de densidad de la amplitud pico del eco**

- 3.3.11.1 La Función de probabilidad de densidad de la amplitud pico del eco (PDF) dispersor acústico del fondo marino es un proceso de reverberación cuyo comportamiento estocástico (estadístico) pueden ser descritos a través de la distribución de las muestras cuadradas instantáneas de Gauss, con una envolvente (amplitud del eco) distribuida de acuerdo a la función de densidad de probabilidad Rice y a una fase de distribución de uniformidad. Recordando que los miembros finales del PDF Rice son de forma de Gauss cuando la señal de retorno es mayormente coherente y de una forma de Rayleigh cuando es más dispersa, es posible derivar una coherencia de medidas de las estadísticas del envolvente. La figura 4.13 muestra una comparación de las curvas estadísticas de Gauss y de Rayleigh, midiendo la probabilidad de amplitud de un eco.





**Fig. 4.13 “Comparación de las curvas de Rayleigh y Gauss”**

3.3.11.2 La media y la varianza de los valores de la amplitud instantánea son cantidades dimensionales y esto implica que el sistema del sonar debe retener al menos los cambios relativos por lo menos en las amplitudes de los ecos del dispersor. Cualquier cambio en la fuente de poder y/o en los ajustes del receptor de ganancia pueden tomarse en cuenta (compensación para el control de ganancia automática). La amplitud de los datos durante la guadaña del dispersor (sonar de barrido lateral) presentado como una amplitud media es fácil de entender como una herramienta de la clasificación. Aproximadamente la amplitud media constante sobre una región sugiere un tipo de fondo marino homogéneo y los cambios grandes en la amplitud de la media sugieren cambios en el fondo marino. Sin embargo, las presentaciones de cambios regionales en la amplitud del dispersor del fondo marino generalmente ignoran, o tratan de normalizar empíricamente para los cambios en la geometría del sondeo (ángulos de roce) a través de la guadaña.

3.3.11.3 Esta preparación de los PDF observados contra los modelos estándar es hecha con PDFs de eco normalizados, entonces la media absoluta de la amplitud del dispersor es ignorada en el proceso. El método es de tratar de separar la proporción de los componentes coherentes e incoherentes de la datos. Con la datos desde un sistema de sonar calibrado, el paso normalizado puede ser omitido y las amplitudes absolutas usadas en su lugar.

### 3.3.12 Dependencia angular

3.3.12.1 Hay varios modelos que predicen la dependencia angular del dispersor acústico del fondo marino basados en varios factores (parámetros generadores). Éstos incluyen el contraste de impedancia del interfaz del sedimento y el agua; las estadísticas de la aspereza de esa interfaz; y cualquier contribución posible a la homogeneidad del volumen de las capas del sedimento. La cantidad de interés en este método es la fuerza del dispersor por unidad sólida (3D) en el ángulo. Esto se obtiene de la medida y comparado a las predicciones de modelo para estimar los parámetros generadores.

3.3.12.2 Los sistemas de alto aspecto de proporción como los MBES proporcionan medidas de la amplitud del dispersor en ángulos de roce que van desde 90°(Vertical) hasta ángulos de roce tan bajos como 15°. Esto es en contraste para la distribución de los ángulos de roce recuperados por el remolque de profundidades, proporción de bajos aspectos SSS, los cuales tienden a ser inclinados a ángulos mucho más bajos.

3.3.12.3 Junto con este método está el requisito de saber la trayectoria del rayo de la energía acústica a medida que toca el fondo marino y la inclinación 3D de la interfase del fondo marino que éste toca. Esto lleva a asignar una medida instantánea de la amplitud del dispersor a ese ángulo. Para llegar a un buen estimado de la media de la fuerza del dispersor en el ángulo de roce, un número grande ( $>10$ ) de medidas instantáneas es usado. Esto obviamente asume que el fondo marino bajo investigación no está cambiando con la longitud de la guadaña del MBES (o sea, el tipo de fondo marino es el mismo desde el nadir al rango lejano).

### 3.3.13 Interpretación de los datos acústicos por radiación

3.3.13.1 En la primera instancia, la interpretación de una imagen digital del sonar de barrido lateral es a menudo difícil. En los límites de resolución está la muestra simple instantánea de la intensidad del dispersor. Esto se deriva de una suma compleja de todas las contribuciones individuales del dispersor dentro del área sondeada, y también las contribuciones del dispersor en el volumen del sedimento debajo de esta área. A pesar de la solución derivada, hay tres efectos principales que son notables en cualquier mosaico del sonar de barrido lateral:

- Las variaciones en la fuerza del dispersor debido a los cambios del tipo de fondo marino;
- Las variaciones en la fuerza del dispersor debido a los cambios en la pendiente del fondo marino;
- Las sombras verdaderas

3.3.13.2 Para el SSS convencional las dos primeras son ambiguas. No hay ninguna manera de decir sin ambigüedad si las fluctuaciones son debidas a una pendiente o a la textura. En la realidad es raro ver un cambio significativo en la inclinación del fondo marino sin un cambio en la textura. En contraste con el SSS convencional, los sistemas de sonar de guadaña pueden resolver las ambigüedades para estos casos donde la longitud de onda topográfica es mayor que el ancho del haz, aunque las asperezas de las longitudes de onda más cortas no pueden ser resueltas.

3.3.13.3 Verdaderas sombras pueden ser reconocidas por ambos sistemas a medida que la razón de la señal-ruido sea bastante alta- de este modo la caída de la fuerza de la señal es mayor que aquella esperada para cualquier tipo de sedimento real. Interesantemente, los sonares de la guadaña no pueden predecir la presencia de una sombra por la información topográfica solamente. Esto es porque una sombra implica pendientes más empinadas que el trayecto del rayo y así los sonares de la guadaña no pueden ver detrás del objeto sombreante. Esto es importante de recordar al usar los sectores angulares laterales. La topografía inclinada retirada del sonar no es adecuadamente resuelta y entonces el resultado derivado del modelo del terreno resultará distorsionado. Incluso con los sonares de la guadaña, no se tiene claro si las variaciones de la longitud de la onda en el dispersor del fondo marino son un resultado de cualquiera de los efectos anteriores. La única forma de solucionar esto es representar el fondo marino desde múltiples direcciones ortogonales cercanas.

3.3.13.4 Por encima de todo, el hidrógrafo se preocupa por verificar los peligros potenciales hidrográficos del fondo marino. Cualquier confirmación o rechazo de la validez de un sondeo anómalo, representa una ayuda en la interpretación de los datos. Esto permite mayor confianza en la calidad de los datos del sondeo que aparecerán en una carta náutica. Como lo hemos visto existen limitaciones de resolución en la imagen del MBES de gran velocidad, lo que significa que usted no puede siempre resolver las anomalías hidrográficas discretas que son de interés. Esto se presta a la discusión para desplegar el SSS convencional remolcarlo junto con un sistema de sonar de guadaña.

- 3.3.13.5 Cuando el haz alcanza el fondo marino, algunos de estos haces se reflejan de regreso en forma de eco, pero mucha de la energía se esparce en todas las direcciones, e incluso algunos se absorben en el fondo marino. En el caso de la incidencia vertical es afectada principalmente con las propiedades de la reflexión del fondo marino, y nuevamente, las características diferentes del haz del ecosonda tiene un efecto en la cantidad de la señal que se refleja. La frecuencia de la señal es uno de los atributos más importante en este respeto. Para el caso del MBES es más complicado y las propiedades de esparcimiento del fondo marino asumen una importancia más grande.
- 3.3.13.6 Los retornos desde un fondo marino suave y duro. A medida que la onda de sonido viaja en el agua, se mueve desplazando las partículas de agua, haciéndolas vibrar y así permitir el paso de la ola. El agua tiene una impedancia acústica baja, o una resistencia baja al movimiento de la ola. Si embargo cuando la onda alcanza el fondo marino, el fondo tiene una impedancia acústica alta y no permite que la onda de sonido continúe en el fondo marino. Las partículas se condensan densamente y no pueden moverse fácilmente. Puesto que la energía total debe mantenerse y la energía no puede pasar en el fondo marino en forma de una onda acústica, debe ir a alguna parte y el resultado es que se radia de regreso a través del agua. Algunos, probablemente en un porcentaje más pequeño, se reflejarán en la dirección de la ola entrante y viajarán hacia atrás para ser recibidos en el transductor del sonar como un eco.
- 3.3.13.7 Efectos de los diferentes tipos de fondo marino y diferentes ángulos de incidencia. Los diferentes tipos de fondo marino tendrán niveles diferentes de impedancia acústica. Si el nivel es bajo entonces alguna de la energía sonora es absorbida en el fondo marino y el eco de retorno será más débil. Si el nivel es alto entonces será mayor el reflejado. Similarmente, la intensidad de la señal reflejada también es dependiente del ángulo de incidencia. Si el ángulo es alto, acercándose a  $90^\circ$ , una gran parte de la onda sonora se reflejará con dirección hacia el sonar. Si el ángulo es entonces mas bajo que la parte mayor de la onda sonora se esparcirá en una dirección lejos del transductor, sin embargo algunos todavía regresarán como un eco débil.
- 3.3.13.8 El tipo de fondo marino tendrá un efecto sobre la señal de retorno también. La relación entre el ángulo de incidencia, el tipo de fondo marino y el nivel de la señal de retorno no es directa. Para un haz que llega con un nivel bajo de incidencia, si el fondo marino es escabroso entonces habrá más caras que están cerca del ángulo correcto de la onda sonora entrante y por consiguiente dan una reflexión más fuerte. Un fondo marino liso producirá en general más señal esparcida en otras direcciones y no atrás en la dirección del receptor del sonar. Para un ángulo alto de incidencia, sin embargo, la situación será invertida probablemente y un fondo marino liso puede dar un mejor retorno . Esto, sin embargo, dependerá sin embargo de varios factores como el tamaño de la partícula y la composición del fondo marino.

### **3.3.14 Modelos de clasificación militar**

- 3.3.14.1 En la preparación de un modelo de clasificación militar (o de textura) con los registros del sonar, la primera tarea para el hidrógrafo es decidir si la composición del fondo marino es barro, arena, grava o roca. Se aprecia que el fondo marino contiene una gran variedad de combinaciones de las cuatro categorías básicas, pero el análisis más detallado se emprende mejor por las descripciones escritas. Claramente definidos los límites entre los diferentes tipos de fondo marino serán mostrados como líneas firmes; los límites mal definidos serán mostrados con líneas segmentadas. La Figura 4.14 muestra un ejemplo de un modelo de la clasificación militar.

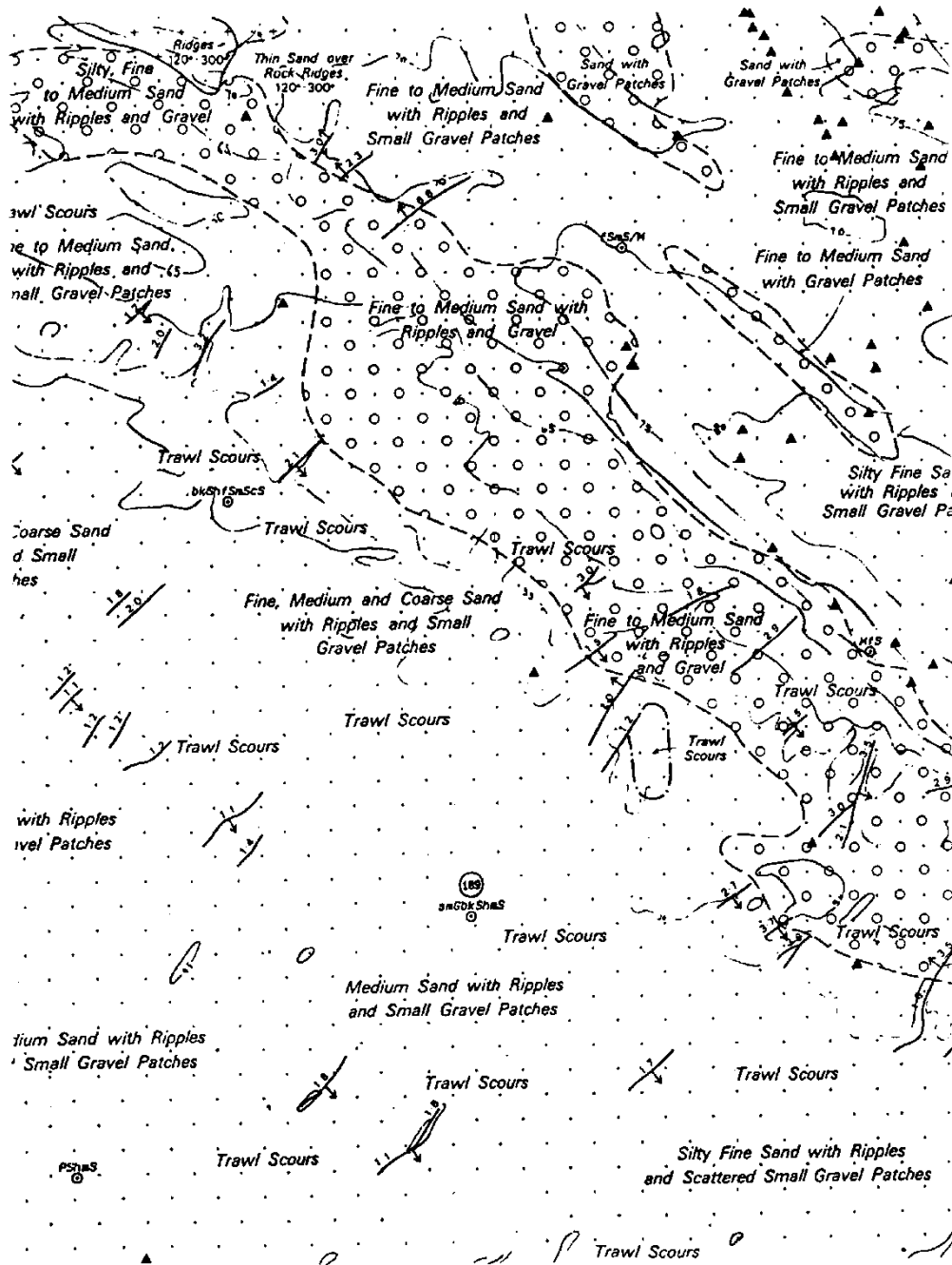


Fig. 4.14 “Ejemplo de un modelo militar de la textura del fondo marino”

- 3.3.14.2 La representación gráfica de la composición del fondo marino debe extenderse con el uso de las descripciones escritas. Los ejemplos de los términos a ser usados con sus definiciones deben seguir. Se enfatiza que éstos no son exhaustivos; pueden usarse otras palabras asegurando que el significado es claro para todos los que puedan usar la información. Las descripciones de los accidentes “negativos” (por ejemplo “formaciones de arena”) son tan útiles como la información de características más prominentes. Las descripciones por escrito y deben ser breves.
- 3.3.14.3 Accidentes como los naufragios, bancos de arena, barreras de coral y las tuberías también forman una parte importante de la descripción del fondo marino. Estos accidentes son invariablemente más importantes que las descripciones por escrito, y en las áreas congestionadas su inclusión debe tomar prioridad.

- 3.3.14.4 Bancos de arena, son un accidente común de la topografía del fondo marino, y puede ocurrir como accidentes aislados o en los campos. Se usan símbolos diferentes para cada tipo:
- Bancos de Arena Aislados. Para asegurar la exactitud, la posición de la cresta de la onda debe ser delineada desde el trazo del eco y no desde el registro del sonar. El símbolo para un banco de arena aislado será posicionado entonces a lo largo de la línea de la cresta. Si la onda es asimétrica, una flecha pequeña será insertada apuntando hacia abajo del lado de la inclinación del accidente; la flecha debe omitirse si la onda es simétrica. Deben ser incluidos los detalles de la altura de la cresta sobre el comedero.
  - Campos de bancos de arena. Muchos bancos de arena se producen en grupos con una altura y orientación similar. Bajo estas condiciones las ondas individuales no necesitan ser trazadas. La magnitud del campo debe delinearse, una vez más refiriéndose al trazo del eco para la exactitud y el símbolo para un campo de bancos de arena insertado. La orientación de las crestas debe indicarse, así como se debe indicar la longitud de onda, altura, simetría y el lado más inclinado.
- 3.3.14.5 Para propósitos de delineado, un banco de arena se define por tener una altura mayor que un metro. Los accidentes más pequeños que esto deben clasificarse como pliegues. La longitud de onda se define como la distancia entre dos crestas adyacentes; la altura es la diferencia de la profundidad entre una cresta y su comedero adyacente. Como una regla, las crestas que se trazan más cerca que un centímetro en el papel y que tienen una orientación, altura y longitud de onda similar deben ser consideradas un campo. Los pliegues son a menudo sobrepuestos en las ondas y pueden tener una orientación diferente una descripción escrita breve como "Pliegues 120/300" debe ponerse al lado del símbolo del banco de arena.
- 3.3.14.6 Los pequeños contactos del fondo. Todos los contactos no efímeros mayores a un metro deben ser trazados. Donde más de cinco de dichos contactos existen en un centímetro cuadrado el área puede delinearse y hacerse una anotación. Donde quiera que sea posible el número de contactos en cada área debe declararse; pueden ser incluidas las descripciones escritas donde sea útil.
- 3.3.14.7 Naufragios y obstrucciones. Todos los naufragios y las obstrucciones localizadas durante el levantamiento deben ser incluidos en el modelo de clasificación. Los naufragios serán mostrados con el símbolo de "naufragio peligroso", orientado en la misma dirección del naufragio. La magnitud y dirección de cualquier barrido debe ser notada, ej: "Barrido 155/50m". Otras obstrucciones van a ser mostradas usando el símbolo "foul", con una descripción escrita si es posible, ej: "*wellhead*".
- 3.3.14.8 Pequeñas Depresiones. Ciertas áreas del fondo marino pueden contener depresiones pequeñas, distinguibles en el rastro del sonar por la "sombra" que está delante del contacto. Algunos pueden mostrar un borde pronunciado e incluyen "marcas perdidas". A menos que su origen sea conocido (por ejemplo si una mancha de aceite se mueve durante un levantamiento) la clasificación no debe intentarse.
- 3.3.14.9 Barrido de pesca. En muchas áreas los barridos de pesca son una parte frecuente y distintiva del fondo marino. Su importancia aumenta por el hecho de que ellos son encontrados más frecuentemente en áreas llanas. Los barridos de pesca aislados serán mostrados individualmente; concentraciones de ellos pueden delinearse y los términos "Numerosos Barridos de Pesca " insertados.

- 3.3.14.10 Tuberías. Todas las tuberías descubiertas durante un levantamiento serán trazadas. No deben interpolarse áreas de cañerías enterradas a menos que ellos sean visibles en el registro del SSS, en este caso la palabra "enterrada" será insertada como se requiera. Las tuberías que se levantan del fondo marino deben tener su altura en metros notada en intervalos.
- 3.3.14.11 Contornos de profundidad. Los contornos serán incluidos con el intervalo vertical normal que es de cinco metros. En áreas donde un rango grande de profundidad ocurre esto pueden extenderse a la discreción del hidrógrafo, garantizando que la presentación de la "forma" de la textura es mantenida. El propósito de dibujar los contornos de profundidad es ayudar al hidrógrafo en la interpretación del sonógrafo.
- 3.3.14.12 Descripciones para el uso de los Modelos de Clasificación del Fondo Marino Militarmente:

**Bancos de Arena.** Directamente o cerros sinuosos de arena, normalmente alineados a lo largo de la corriente de la marea dominante. La altura mínima es un metro. La separación de la cresta (la longitud de onda) puede ser de hasta 1000 m con alturas que llegan a los 20m. Pueden ser simétricos o asimétricos, y puede tener pliegues en ellos.

**Pliegues.** Los cerros pequeños de arena, similar en la forma de los bancos de arena pero con una altura de menos de un metro. Normalmente orientados transversos al flujo de la marea o de la corriente con una la longitud de onda de menos de 15 m. Pueden no ser perceptibles con un ecosonda.

**Surcos y Cerros.** Longitudinalmente forman camas en la grava, arena o barro, algunos de los cuales pueden ser de hasta 9 km de largo y 14 m de ancho. Ellos pueden ser solitarios, pero más comúnmente ocurren en grupos. Ellos son generalmente paralelos a las corrientes predominantes.

**Las Cintas de Arena.** Normalmente parecen ser menores a un tipo de fondo marino ordinario. La mayoría es recta y paralela a las corrientes. Pueden ser de hasta 15 km de largo, 200 m de ancho y son generalmente de sólo unos centímetros de grueso. Típicamente tienen una apariencia de una "escalera" debido a la presencia de los pliegues.

**La grava / arena / los parches de Barro.** Los parches del de grava, arena o barro esparcidos finamente a no más de 100 m al través y comúnmente a menos de 2 m de grueso. Pueden ser destituibles y sujetos al movimiento. La forma puede determinarse por el alivio del fondo marino subyacente.

**El afloramiento de Rocas.** Un parche de piedra que cubre una área pequeña. Se refiere a un grupo cohesivo, no a una colección de peñones.

**El pináculo.** Una roca de magnitud horizontal limitada con una altura considerablemente mayor que las rocas circundantes.

**El anaquel.** El afloramiento de rocas con una longitud que exceda los 300 m y relativamente angosto en comparación. A menudo se encuentra en grupos, con dirección y magnitud similar.

**El banco.** Normalmente de arena o grava, pero puede ser de piedra. Una elevación en el fondo marino sobre un área relativamente pequeña, pero bastante prominente respecto a sus alrededores. Cuando se forma por sedimento, está a menudo orientado a lo largo del flujo de la marea.

**Largo / Pequeño.** Sinónimo de grande, más grande, alto/ pequeño, mediano, mini, etc.,

Ancho / Estrecho. Usado para expresar la anchura cuando se califica los accidentes como cintas de arena. El ancho sólo debe usarse para las cintas sobre los 150 m ancho, angosto para aquellos menores a los 10 m de ancho.

Liso. Preferiblemente para igualar o nivelar, y puede referirse a un fondo marino que es o aplastado o inclinado. Normalmente se referirá sólo al barro.

Aplastado. Sólo debe usarse para describir las superficies niveladas (o sea sin ninguna pendiente significativa).

Pendiente. Se refiere a cualquier área dónde hay una tendencia general en la profundidad del fondo marino, es decir, una pendiente del fondo marino. Un fondo marino con pendiente puede ser liso pero no puede ser aplastado.

Manso. Gradual, que cambia despacio.

Regular. Calificación que se usa para una serie de accidentes que son uniformes en la amplitud y longitud de onda, es decir, bancos de arena o cerros .

Irregular. Calificación que se usa para los accidentes que no son uniformes pero que tienen una entidad específica, como en los bancos de arena. También pueden ser usados para describir un área de rocas donde ninguna estructura regular es evidente.

Prominente. Usado para describir un accidente o una serie de accidentes que es o son muy obvios en relación a su alrededor general.

Sin accidentes. Normalmente aplicado a un fondo marino llano o liso dónde el aspecto sin accidentes es raro o de magnitud considerable.

3.3.14.13 Los símbolos para el uso en los Modelos de Clasificación del Fondo Marino Militarmente están en la figura 4.15





















	exposición a las rocas
	Grava
	Arena
	Lodo
	Límite de un tipo de fondo marino claramente definido
	Límite de textura del fondo marino definido III
	Cresta de un banco de arena con la altura de la cresta en el comedero en metros, el símbolo indica la dirección y tamaño más inclinado.
	Áreas de banco de arena (con la altura, orientación, longitud de onda y simetría; A = Asimétrico; S = Simétrico)
	Cañón de barrido de pesca.
	Área de barrido de pesca concentrada.
	Contacto relevante del sonar.
	Parche del fondo marino altamente reflectivo sin altura o tamaño significativo
	Marca relevante
	Posición de una muestra del fondo marino con la descripción abreviada e identificada con un número.
	Naufragio, orientado como sea apropiado, con la dirección y la magnitud del barrido
	Equivocación u obstrucción (con la clasificación si se aplica)
	
	Pozo sumergido
	Tubería
	Fondo marino contorneada a intervalos verticales de 5 m.

Fig. 4.15 “Símbolos para utilizar en los modelos de clasificación del fondo marino militarmente”



## REFERENCIAS

- |      |  |   |
|------|--|---|
| 1987 | <i>“The Use of Side Scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information”</i> | UK Hydrographic Department<br>Professional Paper No. 24 |
| 1990 | <i>“Sound Underwater Images” – A Guide to the Generation and Interpretation of Side Scan Sonar Data.</i>       | Fish JP & Carr HA                                       |
| 1994 | <i>“High Frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook”</i>   | Washington University Seattle<br>Applied Physics Lab    |
| 1997 | <i>“Admiralty Manual of Hydrographic Surveying”</i>  | UK Hydrographic Office                                  |
| 1998 | <i>“Side Scan Versus MBES Object Detection - A Comparative Analysis”</i>                                       | Brissette MB &<br>Hughes Clarke JE                      |
| 2001 | <i>“LEEWIN Class Operating System”</i>   | Australian Hydrographic Service                         |
| 2004 | <i>“Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys”</i>                                     | UK Hydrographic Office                                  |
-

