

## “ECOSONDA”

### Ref.:

- a) Admiralty Manual of Navigation BRd 45 (3) “Navigation Systems, Equipment & Instruments. (1966)
  - b) The Mariner’s Handbook , NP 100, 1999.
  - c) Pub. SHOA 3030 “Manual de Navegación”
  - d) Manual de operación Simulador Puente Transas NTPro 5000
- 

El presente texto tiene el propósito de describir los principios generales de un ecosonda, sus pruebas, las precauciones en su operación, etc. No pretende agotar el tema, sin embargo, se entregan las herramientas fundamentales para operar cualquier equipo de estos.

### A.- Concepto del ecosonda

El Ecosonda es utilizado para medir profundidad en el mar, siendo fundamental que toda nave, no importando sus características, cuenten con uno de estos equipos para medir profundidad, de tal manera de contribuir significativamente a la seguridad de la navegación.

### B.- Principios Generales

Un pulso de sonido es transmitido desde un transductor<sup>1</sup>, ubicado bajo el casco del buque, en dirección vertical hacia el fondo. Al alcanzar el fondo, una parte del pulso rebota y es reflejado hacia el buque, que al llegar a éste puede ser mostrado gráficamente sobre un registrador de papel, como en la Fig 1. Una aguja rotativa, llamada estilo, marca el momento de transmisión del pulso del transductor.

El pulso que regresa también puede ser mostrado en forma alfanumérica en un registrador digital como la profundidad.

La profundidad del agua puede se calculada mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{c \times t}{2}$$

- c: Velocidad de sonido en el agua, (aproximadamente 1.500 m/s o 4.920 pies/s).  
t: Intervalo de tiempo entre la transmisión y la recepción.  
d: Profundidad del agua.

El intervalo entre el pulso transmitido y el recibido puede ser mostrado sobre un inscriptor de profundidad. Es importante comprender que un ecosonda no mide la profundidad directamente, sólo el intervalo de tiempo entre la transmisión y la recepción del pulso de sonido. Por lo tanto, si la fórmula usada para determinar la velocidad de

---

<sup>1</sup> Transductor: Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.

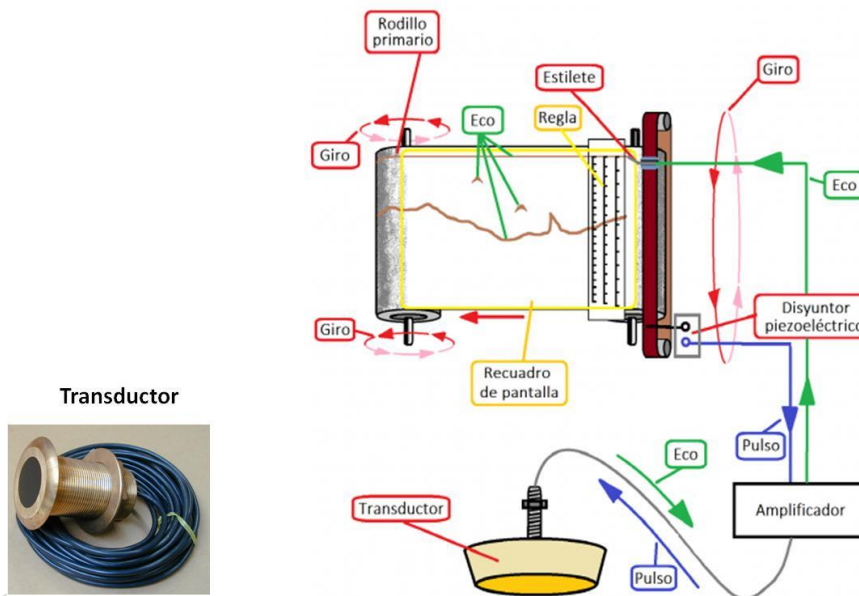
sonido es incorrecta o el intervalo de tiempo es inexacto, entonces la profundidad del agua registrada también será incorrecta.

La velocidad de sonido en el agua de mar varía con la temperatura, la presión (la profundidad) y la salinidad, es por lo general entre 1.445 y 1.535 metros por segundo. La velocidad del estilo en el inscriptor debería ser proporcional a esta velocidad.

Si la velocidad de sonido es más alta que la velocidad de inscriptor, la profundidad registrada será demasiado pequeña; y viceversa. Cuando se asume que la velocidad de sonido es 1500 m/s la profundidad registrada debería estar dentro del 4 % de la profundidad verdadera, aún en condiciones extremas. Las profundidades pueden ser corregidas por velocidad del sonido, pero esto no es normalmente necesario. Durante los sondeos Hidrográficos, es decir de alta precisión, debe de ser corregida esta variable.

### C.- Diagrama en block del ecosonda

#### Diagrama en block del ecosonda



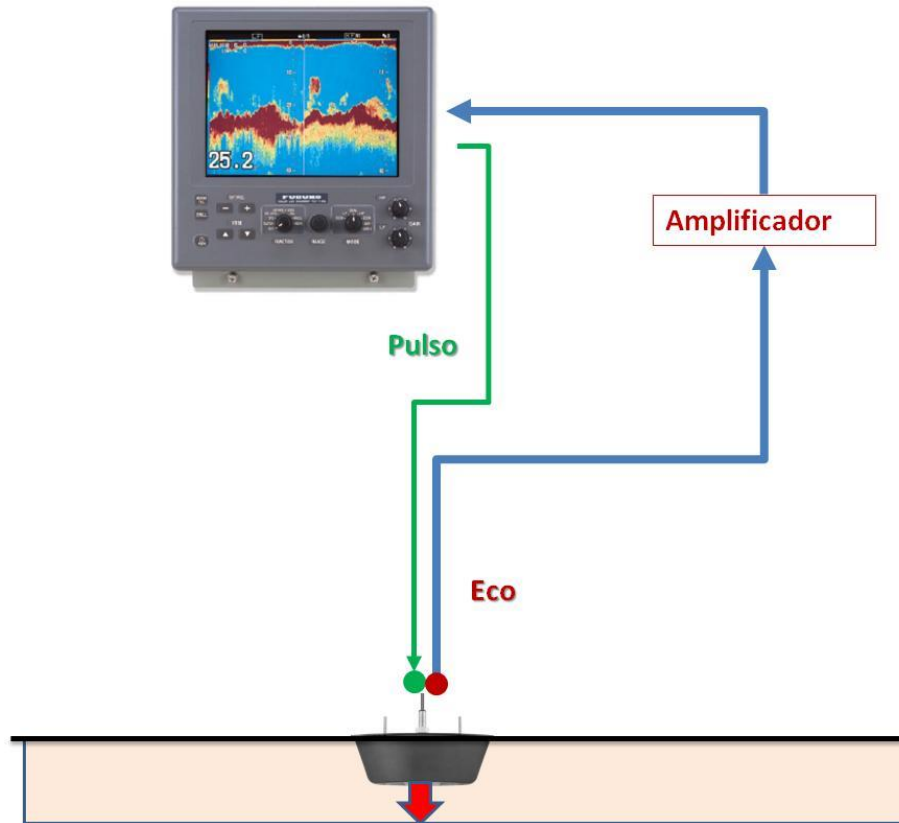


Fig. N° 1 Diagrama en block de ecosonda

#### D.- Señales de Transmisión.

Si el pulso transmitido por el transductor es recibido casi instantáneamente por el transductor de recepción y es mostrado sobre el registrador como una línea continua. Por el contrario, si la señal transmitida es recibida posteriormente, debido al tiempo que se demora en el rebote desde el fondo, en el registrador se mostrará con una línea debajo de la línea de transmisión. Se debe tener en cuenta, que la profundidad registrada por el ecosonda es bajo la quilla, por lo cual la profundidad real medida será la del ecosonda mas el calado.

Los buques de guerra tienen pocas variaciones de calado, por lo que se puede ajustar directamente la distancia entre la línea de flotación y la posición vertical del transductor, objeto que la lectura sea realmente la profundidad en el lugar. Sin embargo, los submarinos, petroleros, portacontenedores o en general los buques mercantes, operan en todas partes del mundo en áreas donde las cartas no son suficientemente confiables en lo relativo a los sondajes y por otro lado se les producen importantes variaciones en los calados, en este caso es prudente poner la señal de transmisión en cero y registrar profundidades debajo de los transductores, es decir el ecosonda indicara cantidad de agua **bajo la quilla**.

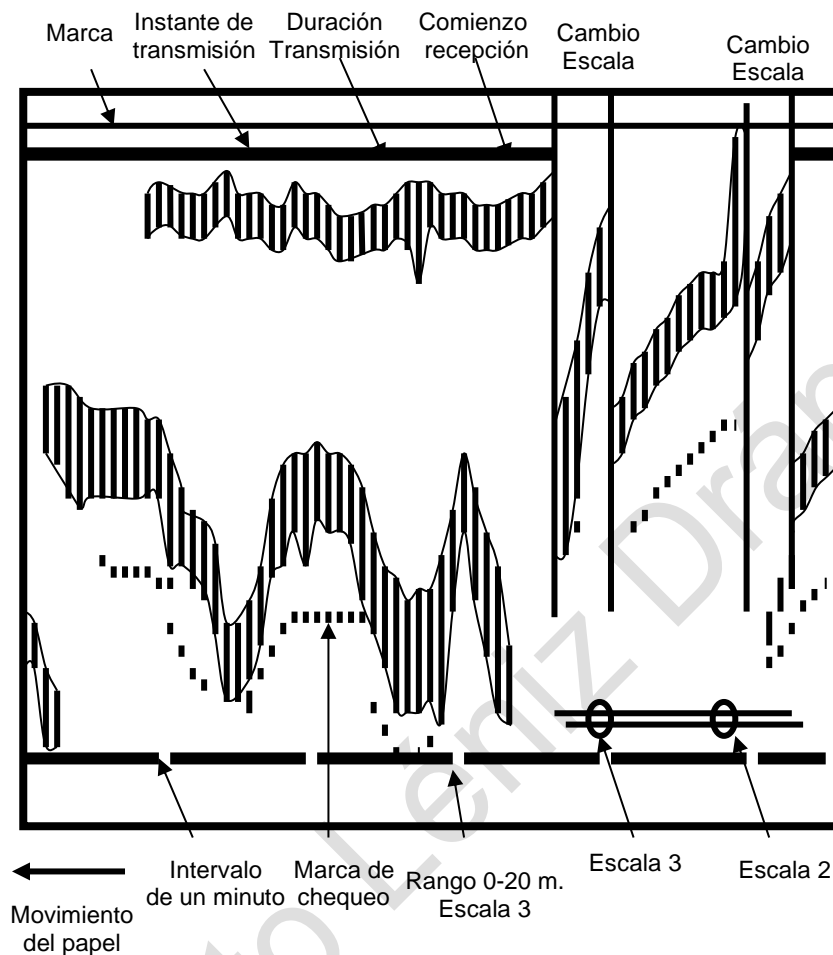


Fig. N° 2: Típico registro de ecosonda

## E.- Operación del ecosonda

A no ser que el comandante ordene otra cosa, los reportes y procedimientos de empleo del ecosonda son los que se indican a continuación, los cuales deberán estar escritas en las cercanías del equipo.

### 1.- Reporte de profundidad o sondaje

- **Naves de Superficie.** Las lecturas del ecosonda se deben informar como **profundidad**, nunca como **sonda**, debido a que se puede confundir como “Fondo”. Ejemplo: “Profundidad 10 metros” y cuando corresponda “Profundidad 10 metros bajo la quilla”.
- **Submarinos.** Para el caso de estas naves, “la Profundidad” corresponde a la profundidad que navega el submarino debajo de la superficie del mar, por lo cual

todas las lecturas del ecosonda se les debe decir **sonda**. A diferencia del buque de superficie, no se presenta confusión con la palabra **fondo**, ya que el submarino sumergido rara vez por no decir nunca, fondea estando sumergido. Ejemplo “sonda 10 metros”.

- 2.- **Reporte estándar.** En cualquier momento que se ordene, una persona deberá cubrir el ecosonda objeto informar las profundidades, de acuerdo al siguiente reporte estándar, en intervalos no mayores de 1 minuto, o de acuerdo a la siguiente tabla:

Profundidad / sonda entre 0 - 20 metros	: Informe cada 1 minuto.
Profundidad / sonda entre 20 - 40 metros	: Informe cada 5 minutos.
Profundidad / sonda sobre 40 metros	: Informe cada 10 minutos.

- 3.- **Empleos de sufijos para el reporte estándar.** El operador deberá anteponer la palabra profundidad / sonda con aumentando, pareja, disminuyendo o mínima bajo la quilla. Ejemplo: profundidad 10 metros aumentando.

- 4.- **Reunión informativa y de coordinación (Briefing).** Durante esta reunión, el operador del ecosonda será informado por el oficial de guardia o el navegante sobre la mínima profundidad o sonda esperada en el track de navegación. Si durante la navegación, la profundidad está bajo del mínimo esperado, se informará inmediatamente con voz fuerte y urgente, hasta que sea escuchado y comprendido, especialmente por el oficial de guardia y por el encargado de llevar la navegación.

- 5.- **Medición de profundidad desde la línea de flotación o desde el transductor.** Por lo general los ecosondas deben ser ajustados para leer profundidades tomando como referencia la línea de flotación, a no ser que expresamente lo ordene el Comandante. Excepcionalmente, en las naves que tienen variaciones importantes en el calado, como los submarinos, petroleros, barcos dique, etc., los comandante ordenarán expresamente leer e informar la profundidad desde el transductor, diciendo por ejemplo “sonda 10 metros bajo la quilla”, ya que esta situación de excepción pueden conducir a errores graves. En todo caso cada ecosonda debe estar claramente marcado y a la vista de todas de estas disposiciones y órdenes.

- 6.- **Unidad de medida para el reporte.** Las lecturas del ecosonda serán informadas en las unidades de medida de las sondas indicadas en la carta de navegación, normalmente en metros. En la eventualidad de usar una carta con sondas en pies o brazas, el operador del ecosonda transformará a las unidades correspondientes, usando tabla de conversión que se tiene a un costado del indicador.

- 7.- **Anotación en el registro del ecosonda.** En submarinos, es obligatorio registrar en el papel los acaecimientos más importantes que ocurren a bordo, indicando el hecho, la hora y fecha. Adicionalmente se registrará el momento que ocurren los sucesos más importantes. Esta información adicional es necesaria para poder reconstituir una navegación. Para las naves de superficie es recomendado este procedimiento y obligatorio marcar en los siguientes casos.

- Cada 6 minutos.
- En cada situación.
- Todas las alteraciones de rumbo y velocidad.

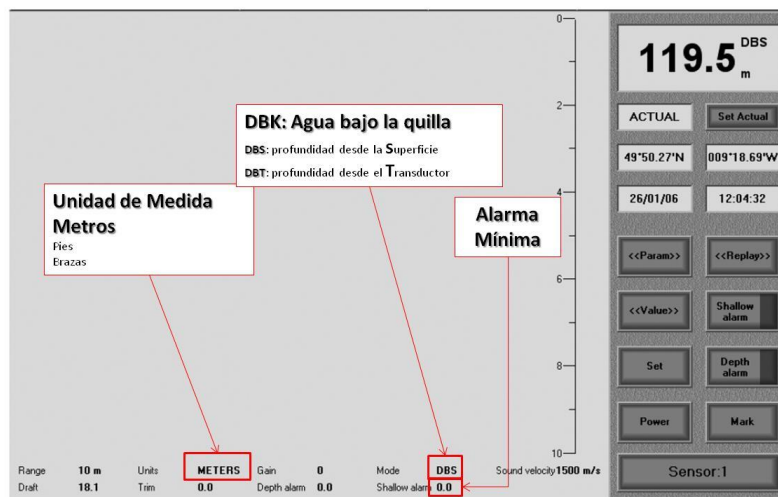
- Cualquier cambio de profundidad del submarino.
- Cualquier incidente u otra información útil.

## F.- Ajustes fundamentales de un ecosonda

En todo ecosonda se debe asegurar que se encuentren ajustados los siguientes parámetros objeto evitar confusiones en el momento de medir la profundidad. En la siguiente, se muestra el ecosonda del simulador de puente Transas con dichos parámetros que son:

- Unidad de medida : metros
- DBK = Agua bajo la quilla.
- Shallow Alarma = Profundidad mínima

### Ajustes fundamentales ecosonda



Los parámetros que interviene en la medición de la profundidad son:

- DBS = distancia desde la superficie hasta el fondo.
- DBT = Distancia desde el transductor al fondo.
- DBK = Distancia entre la quilla y el fondo.
- Trim = Distancia entre el transductor y la quilla.
- NRS = Nivel de reducción de sonda.
- Sonda = profundidad de la carta, referida al NRS.
- Altura de la marea = Datos obtenido de la Tabla de Mareas para un momento y lugar determinada.

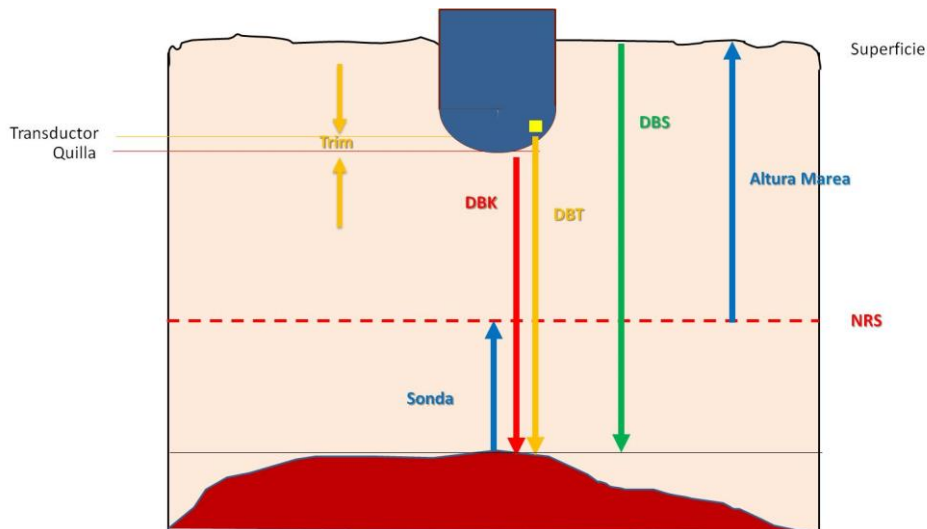


Fig. N°3: Conceptos que intervienen en la medición de profundidad.

### G.- Ajuste alarma ecosonda

- La alarma del ecosonda alertar al oficial de guardia cuando la profundidad disminuye a valores límites que podría peligrar la seguridad de la nave por una varada.
- Lo anterior es importante ya que permite tomar acción, tales como parar las máquinas, dar atrás, caer a una u otra banda, objeto evitar la varada.
- Para definir la profundidad de la alarma ecosonda (**shallow alarm**), se debe estudiar la carta, los veriles, la capacidad del buque para maniobrar, velocidad, tiempo que se requiere para parar la viada, entre otros factores.
- En la siguiente figura aparecen dos ejemplos de alarma de ecosonda:

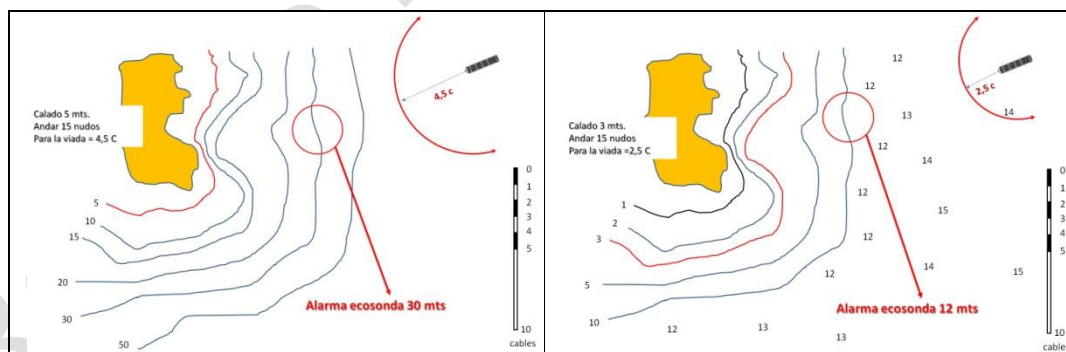


Fig.: N° 4: Ejemplos de alarmas de ecosonda

### H.- Corrección por separación del transductor.

En ocasiones es necesario aplicar una corrección a la profundidad medida si los transductores están separados una distancia como se muestra en la Fig. 2. Estas profundidades son mayores a los profundidades verdaderas en ese lugar, en una cantidad que aumenta al disminuir la profundidad. La corrección de separación, que siempre debe ser restada de la profundidad registrada, puede ser encontrada en la fórmula.

$$d = 2 \times r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}$$

**Profundidad desde la superficie = d + h**

- r = Profundidad registrada debajo de los transductores.
- s = Distancia horizontal entre los transductores en metros.
- d = Profundidad verdadera
- h = Distancia desde la línea de flotación al transductor (normalmente calado)

Las naves cuyos transductores están a 2 metros o más deberán construir una tabla de profundidades verdaderas y medidas para su uso en aguas someras. La corrección de separación siempre deberá ser aplicada cuando se calibre, compruebe la profundidad registrada del ecosonda y en aguas someras.

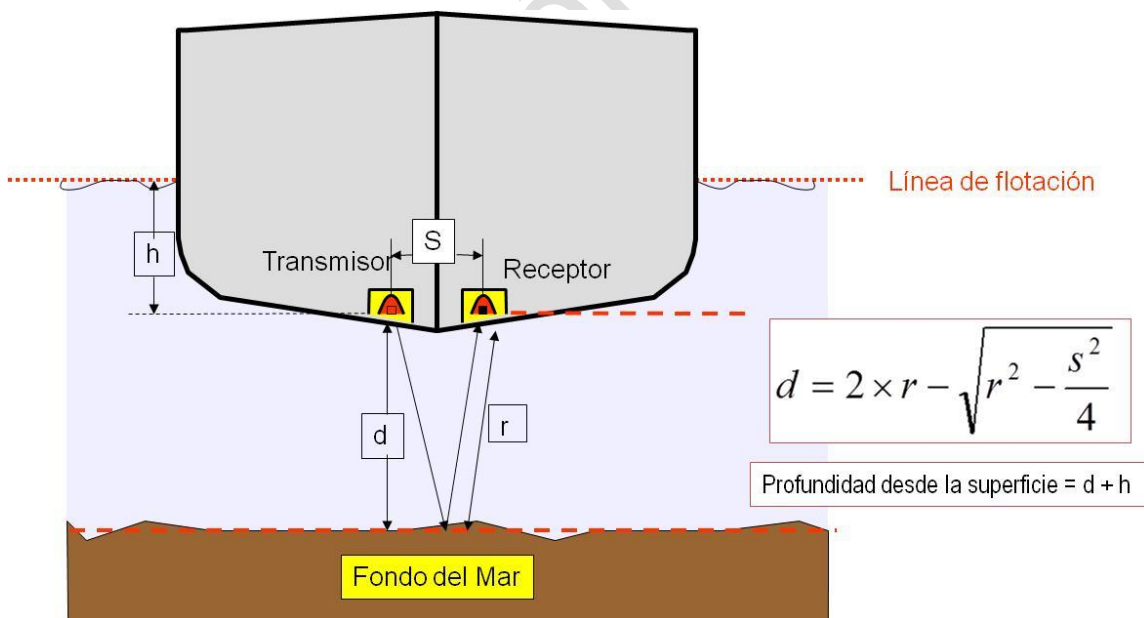


Fig. N° 5: Corrección por separación



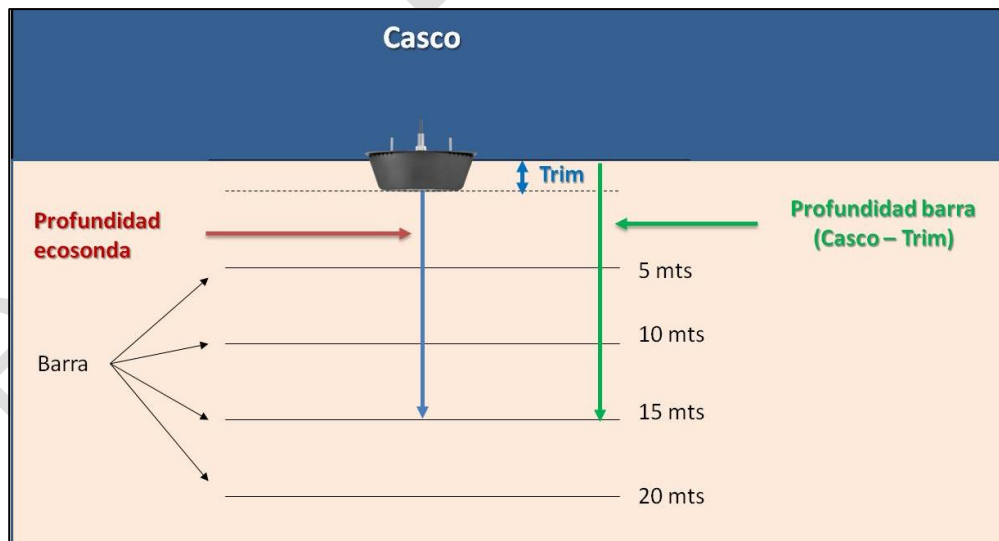
## I.- Calibramiento del ecosonda.

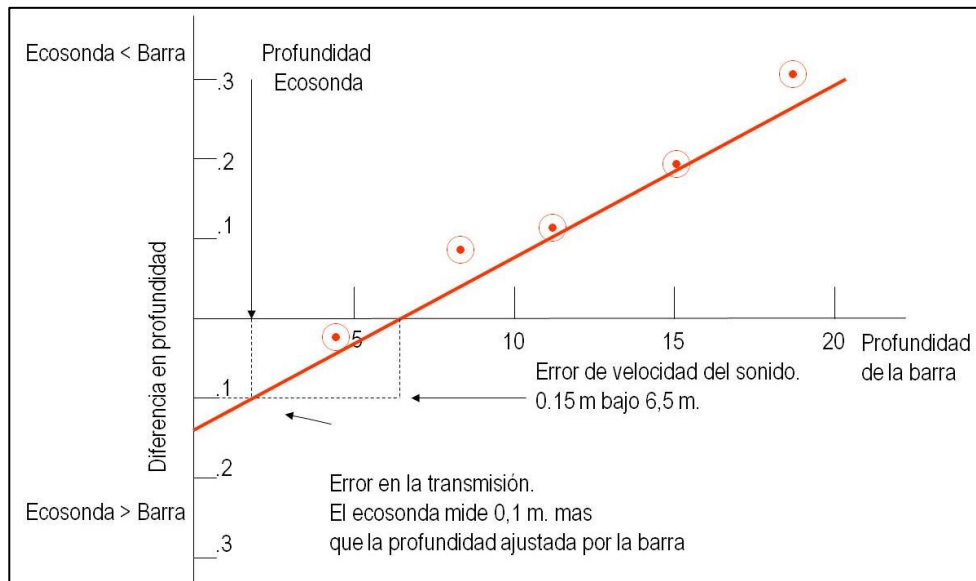
- 1.- **Método de calibración por Comprobación de Barra.** En muchas ocasiones la nave debe navegar aguas someras, por lo cual se requiere una gran precisión en el sondaje. Adicionalmente, los buques de guerra deben estar capacitados para desarrollar sondajes hidrográficos. Por lo anterior es necesario que el ecosonda se encuentre correctamente calibrado.

Para profundidades entre 0 - 40 metros, se usa el método de "Comprobación de Barra" que en síntesis, consiste en comparar las profundidades registradas por el ecosonda con la profundidad a una barra metálica que es bajada horizontalmente bajo el transductor, a varias profundidades conocidas. Estos datos son ploteados en un gráfico. Ver Fig. 6.

Procedimiento:

- Se obtienen varias sondas a diferentes profundidades.
  - Se calcula la diferencia entre la profundidad a la barra (medida por el ecosonda) y la verdadera (distancia de la quilla a la barra).
  - Se dibuja la línea de error cuyos parámetros es la profundidad seleccionada y el error calculado a las distintas profundidades.
  - Se ajusta el equipo para las distintas profundidades llevando la línea de error al eje "X".
  - Se repite la prueba para comprobar las correcciones efectuadas.
- 
- Si no es posible utilizar el método de Barra, se podrá hacer el mismo gráfico con profundidades conocidas y confiables, debidamente efectuadas las correcciones de marea y calado.





**Fig. 6: Gráfico para calibrar el ecosonda**

2.- **Ocasiones para Calibrar el ecosonda.** Un ecosonda debería ser calibrado en las siguientes circunstancias:

- Al término de su reacondicionamiento.
- Cuando cualquier parte del equipo es cambiada
- Si hay duda sobre su exactitud.
- Cada año.

#### **J.- Interpretación del sondaje.**

El tipo de fondo afecta a la calidad del eco, ya que pueden representar variaciones considerables en la fuerza de eco. En general, la arena dura, el coral, la tiza y la roca dan un eco bueno; el fango grueso o espeso da un mal eco. La roca puede producir un eco falso, alterando el eco real.

Otros factores externos producen ecos sobre el papel del registrador y es importante estar atento a esto, para interpretar adecuadamente los ecos.

#### **K.- Ecos Falsos Inferiores**

Los poderosos y modernos ecosondas pueden sondear a grandes profundidades, pero son afectados por otro grupo de errores. El eco que vuelve es recibido cuando el inscriptor ha completado una o varias rotaciones y el siguiente pulso ya ha sido transmitido.

Por ejemplo, una lectura de 30 metros del ecosonda en una escala de 450 metros podría significar un sonda de 30, 480 (450 + 30) o aún 930 (450 + 450 + 30) metros. En tales circunstancias, el operador del ecosonda puede asumir que la nave está sobre el peligro mientras la profundidad correcta es otra.

Si es posible (ejemplo 778 metros), seleccione una escala más larga (ejemplo 880 metros o mejor aun 8.800 metros) para determinar la profundidad real. O bien, dejar de transmitir y permitir que el estilo complete al menos cinco revoluciones; cuente las revoluciones desde el inicio de la transmisión hasta el regreso del eco. Con esto se podrá ajustar la escala correcta.

#### L.- Ecos reflejados

En aguas poco profundas o someras, el casco de la nave y la superficie de mar pueden rebotar el eco original hacia el fondo del mar y crear dos ecos falsos, en aproximadamente dos veces la profundidad indicada. Ver Fig 7.

Un eco reflejado también puede ser recibido en aproximadamente dos veces o aún tres o cuatro veces la profundidad indicada a profundidades tan grande como varios cientos de metros. El segundo eco es siempre más débil que el eco verdadero y puede ser eliminado reduciendo el poder de transmisor o la ganancia del receptor.

Ecos múltiples pueden ser recibidos en buenas condiciones de transmisión. Estos ecos múltiples pueden ser eliminados de la misma manera como los ecos dobles. Tenga cuidado para no ser engañado por dobles o múltiples ecos cambiando los ajustes de fase del ecosonda.

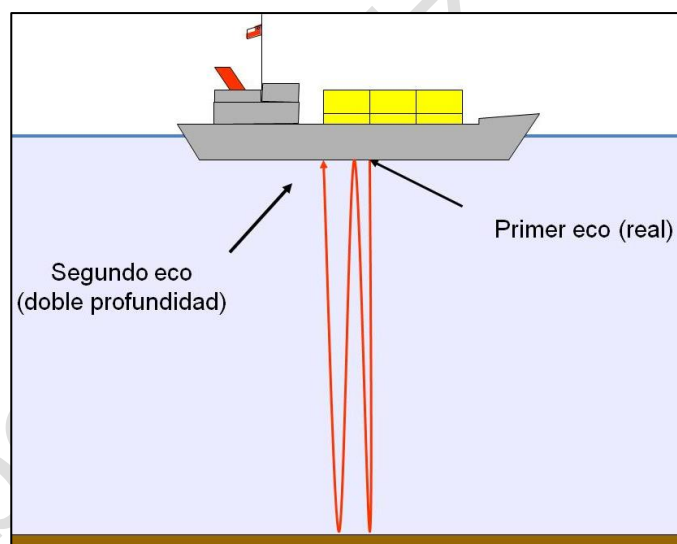


Fig. 7: Ecos reflejados

#### M.- Otros ecos falsos

Varios ecos, que no son verdaderos, pueden ser registrados en el inscriptor.

Se les llama “ecos falsos”, que en general son poco frecuentes. Tales ecos, normalmente no dificultan la medición de profundidad, pero su interpretación correcta a menudo requiere de experiencia en el equipo.

Algunos ejemplos:

- 1.- **Peces.** Los cardúmenes pueden causar ecos falsos que a veces enmascaran el eco real. Ellos son fáciles de identificar en alta mar por su característico eco o huella, y por que se mantienen a una determinada profundidad. Sobre la roca y el coral, los peces son difícil de identificar y pueden ser confundidos con otros elementos.
- 2.- **Capas en el agua.** En el agua se producen capas productos del diferencial de temperatura y densidad del agua, que tienden a reflejar parte de la onda sonora en dirección al transductor. Sin embargo, en casos muy extremos, el eco inferior por lo general puede rebotar y devolver en forma muy débil.  
  
La capa profunda, probablemente será Plankton, reflejará una fuerte onda sonora. Esto por lo general se produce entre 350 a 400 metros de profundidad, y disminuye hacia la superficie durante la noche. La capa es más pronunciada en el día cuando el cielo es claro que cuando esté cubierto. El eco de la capa a menudo es acentuado por los cardúmenes que comen el plankton, en particular de noche cerca de la superficie del mar. El eco verdadero puede ser visto a través de la capa, pero debería ser buscado usando los controles o a una escala diferente. El rebote profundo en la capa genera frecuentemente errores en la medición de profundidad.
- 3.- **Corrientes verticales submarinas.** La masa de agua salada fría, cuando es afectada por agua salada de altas temperaturas, genera frecuentemente interferencias al ecosonda. Ocurre a menudo en primavera y donde hay falla geológica o por actividad volcánica. En estos, el agua caliente se eleva desde el fondo por el agua más fría como un géiser sobre la tierra. Este fenómeno a menudo causa un eco fuerte que se parece a una ruina o un pequeño bajo.
- 4.- **Alga marina.** Los ecos producto de las algas marinas son fáciles de identificar. El eco inferior por lo general puede ser visto y en otras oportunidades no aparece. Por lo general no existe alga marina en profundidades bajo los 30 metros.
- 5.- **Ecos laterales.** No toda la energía transmitida de un ecosonda es concentrada en su lóbulo principal. Hay algunos que se transmiten hacia el lado simultáneamente, y uno de estos puede producir un eco de un objeto no se encuentra inmediatamente bajo de la nave, pero donde la profundidad de inclinación es menor que la profundidad del agua. Los ecos laterales pueden producir un eco diferente del real, la mezcla entre ellos puede producir confusión.
- 6.- **Turbulencia.** La turbulencia en el agua, a menudo causada por la interacción de corrientes de marea o remolinos fuertes, a veces puede producir ecos sobre el inscriptor.
- 7.- **Ecos artificiales.** Durante el mantenimiento se producirán ecos instrumentales. Si el poder del transmisor o la ganancia del receptor son ajustados en señales demasiado altas, pueden ocurrir ecos falsos en el inscriptor. El ruido de maquinaria, sónar, etc., ajustados en la misma frecuencia puede causar interferencia y producir ecos falsos.

### N.- Ecos Débiles

Este tipo de ecos se pueden producir por:

#### 1.- Interferencia de ruido de agua:

- Forma y condición del casco.
- Velocidad de la nave.
- Ubicación inadecuada de los transductores.
- Mar y tiempo.

#### 2.- Aireación:

- Empleo de excesivo de la caña.
- Malas condiciones de mar.
- Navegación por la estela de naves.
- Con la nave asentada



Fotografías de diversas consolas de ecosondas modernos