



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"LEVANTAMIENTOS HIDROGRAFICOS"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
P R E S E N T A  
ADOLFO REYES PIZANO

MEXICO, D. F.

1988

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

CAPITULO	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. EQUIPO.....	3
II.1 Tránsito.....	4
II.2 Sextante.....	8
II.3 Ecosondas.....	16
II.4 Sondaleza.....	27
II.5 Vara de Sondear.....	29
II.6 Nivel N-3.....	30
II.7 Equino Electrónico.....	40
III. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	48
IV. APOYO HORIZONTAL.....	53
IV.1 El Triángulo.....	55
IV.2 El cuadrilátero reforzado con dos diagonales.....	57
IV.3 Compensación de un cuadrilátero con dos diagonales por el método de aproximaciones sucesivas usando las cotangentes.....	63
IV.4 Levantamiento de Poligonales.....	68
IV.5 Determinación del Azimut del Sol.....	76
V. APOYO VERTICAL.....	84
V.1 Procedimiento de Campo.....	85
V.2 Cálculo de Desniveles.....	91
V.3 Establecimiento de Reglas de Mareas.....	96
V.4 Corrección por Fluctuación de Mareas.....	99
VI. BATIMETRIA.....	101
VI.1 Métodos Ópticos.....	105
VI.2 Métodos Angulares. (Un Ángulo y una Alineación).....	113
VI.3 Métodos Lineales.....	114
VI.4 Método Punto de Pivot.....	116
VI.5 Dibujo del Plano Topohidrográfico.....	117
VII. CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	120

## C A P I T U L O I

### I N T R O D U C C I O N

Desde los tiempos antiguos los navegantes han tenido gran inquietud por conocer las profundidades de las masas de agua, ya que de esto depende su seguridad, por lo que el hidrógrafo ha desempeñado un papel muy importante al tener la responsabilidad de presentar una información exacta, suficiente y clara, lo que hace necesario el conocimiento de las profundidades, particularmente en los puertos y sus proximidades.

Como es imposible medir la profundidad de cada punto aún cuando el equipo moderno nos proporciona un registro continuo del perfil de una línea de sondeo, es necesario efectuar un número suficiente de perfiles para que con ésto se pueda determinar la posibilidad de existencia de irregularidades y los peligros que amenazan la seguridad de los buques y que se pueden encontrar --

entre líneas de sondeo si éstas son realizadas con una mayor separación.

En este trabajo se presentan algunos métodos para efectuar levantamientos hidrográficos, incluyendo el apoyo horizontal y vertical, ya que de estos depende la precisión del levantamiento.

La función principal de un levantamiento hidrográfico es determinar las elevaciones de un suficiente número de puntos, con la finalidad de poder definir la forma de una superficie sumergida como pueden ser costas, canales, lagos, ríos, presas, etc. En un sentido más panorámico, abarca un campo amplio y variado de actividades todas enfocadas con la finalidad de obtener los datos necesarios para hacer un plano o mapa del lecho marino.

Resumiendo, un levantamiento hidrográfico debe proveer información de las profundidades para tener un conocimiento claro de la zona de interés.

## C A P I T U L O   I I

### E Q U I P O

Los diferentes métodos que se aplican dependen del equipo con que se cuenta y de la fisiología de la zona de estudio.

El equipo que se utiliza para efectuar un levantamiento de este tipo es el que se requiere para el apoyo horizontal y el vertical, incluyendo algunos equipos posicionadores. Dentro del equipo para apoyo horizontal contamos con: tránsito y sextante. En el apoyo vertical se requiere: nivel basculante, nivel automático, ecosonda, sondaleza y vara de sondear.

En los equipos posicionadores se consideran los siguientes: Posicionador Mini-Ranger III, Decca Trisponder, Loran (navegación a gran alcance), Artemis y Distanciómetros como D-13 y Red-2.

## 2.1 TRANSITO.

Dentro del equipo para apoyo horizontal tenemos el tránsito, contando en general con tres partes principales:

- a) Alidada.
- b) Limbo.
- c) Base.

Las condiciones geométricas que debe cumplir un tránsito son:

- 1) Las directrices de los niveles del limbo deben ser perpendiculares al eje vertical o azimutal.
- 2) El hilo vertical de la retícula debe estar contenido en un plano perpendicular al eje de alturas.
- 3) La línea de colimación debe ser perpendicular al eje horizontal o de alturas.
- 4) El eje de alturas debe ser perpendicular al eje vertical o azimutal.

(Ver Figura 1)

Es conveniente revisar el aparato antes de efectuar algún trabajo, sobre todo después de haber sido utilizado por largo tiempo o cuando ha sido transportado sin el debido cuidado.

Para hacer la revisión y los ajustes se recomienda proseguir con el orden en que se dieron las condiciones requeridas.

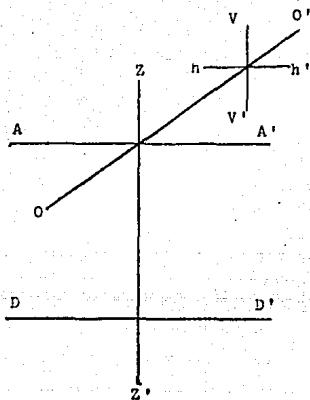


FIGURA 1

O: CENTRO OPTICO DEL OBJETIVO.  
 ZZ': EJE AZIMUTAL.  
 OO': LINEA DE COLIMACION.  
 hh': HILO VERTICAL DE LA RETICULA.

DD': DIRECTRIZ DEL NIVEL  
 AA': EJE DE ALTURAS.  
 VV': HILO VERTICAL DE LA RETICULA.

#### Ajustes del Tránsito.

Para efectuar la revisión y los ajustes correspondientes se procede de la siguiente manera:

Para la primera condición, los niveles se colocan en dirección a la línea que une dos tornillos diagonalmente opuestos, se centran los niveles y se gira acimutalmente  $180^\circ$ , si sus burbujas permanecen en sus centros entonces se cumple la condición.

Si al girar los  $180^\circ$  se desplazan las burbujas saliendo de sus centros entonces se procede a hacer el AJUSTE, haciendo retrocer la burbuja



La mitad del desplazamiento con los tornillos de calavera del propio nivel y la otra mitad se efectúa con los tornillos niveladores, de esta manera se hará cumplir esta condición. Para comprobar se gira azimutalmente para que quede en su posición original y si las burbujas no se desplazan, ha quedado ajustado, pero si aún existe un desplazamiento se repite la operación cuantas veces sea necesario.

Para la segunda condición, se nivela el tránsito ó teodolito y se visa una plomada, haciendo coincidir el hilo vertical con el hilo de la plomada en toda su longitud, en caso de no ser posible por la existencia de rafagas de viento, entonces se marcara un punto bien definido en una pared, árbol, poste, etc., y se visará con la parte superior del hilo vertical, y moviendo el tornillo tangencial vertical se hará recorrer el punto por todo el hilo vertical hasta el extremo inferior coincidiendo en toda su longitud. De no coincidir el hilo de la plomada y no contener el punto, entonces se procederá a efectuar el AJUSTE mediante los tornillos que fijan el anillo de la retícula, aflojándolos y apoyándose en ellos se dá un giro al anillo lo suficiente para ajustar el hilo vertical, repitiéndose la prueba y el ajuste las veces que sea necesario.

Al ajustar el hilo vertical por construcción quedará ajustado el hilo horizontal.

Para la tercer condición, se deberá nivelar el aparato de

preferencia en una zona plana y amplia, se visará un punto bien definido "A" a una distancia mayor a 100m. se fijan los movimientos particular y general, se da al anteojo vuelta de campana quedando en posición invertida, se marca un punto "B" que coincida con el centro óptico de la cruz de los hilos de la retícula, - se prosigue a girar el aparato azimutalmente y en ésta posición se vuelve a visar el punto "A" fijando nuevamente los tornillos particular y general, se dá al anteojo una vuelta de campana y - deberá coincidir con la marca "B".

Sino coincide con el punto "B" se procederá a efectuar el ajuste, marcando otro punto "C" que coincida con el hilo vertical, se medirá la distancia entre "B" y "C" y se pondrá otra marca "D" a una distancia equivalente a  $\frac{1}{2}$  de " $\overline{BC}$ " midiéndola de "C" hacia -- "B", entonces ya establecida la marca "D" se hará desplazar el hilo vertical hacia esta marca con los tornillos de calavera que -- sostiene el anillo de la retícula quedando así ajustado. Se repetirá la prueba y de volver a fallar, se repetirá esta corrección.

Para la cuarta condición, se estaciona y nivela el aparato frente a una superficie suficientemente alta donde se pueda observar un punto fijo alto, se observa un punto "X" en lo alto, se gira el telescopio verticalmente hasta visar la parte más baja posible y se marca un punto "Y", se dá vuelta de campana al anteojo - y se gira  $180^\circ$  sobre el eje azimutal y se vuelve a visar el punto "X". Se fija el movimiento azimutal y se baja la visual verticalmente hasta el punto "Y" debiendo coincidir con éste, de no ser - así se marca un punto "Z" cercano a "Y", se mide la distancia " $\overline{YZ}$ "

y se marca otro punto "W" a la mitad de esta distancia entre los dos primeros puntos. Para la corrección se levanta o baja el cojinete del eje de alturas con las tuercas o tornillos de calavera, hasta que el hilo vertical coincida con el punto "W", quedando así ajustado. Se repetirá la prueba y si vuelve a fallar se repetirá el ajuste las veces que sea necesario.

## II.2 SEXTANTE.

El sextante es un instrumento que sirve para dar posición a la embarcación en donde se efectúa el sondeo, por medio de medición de ángulos. Consiste esencialmente de las siguientes partes.

- a) El plano del limbo o cuadrante al cual se montan las demás partes.
- b) El limbo que se encuentra graduado en grados.
- c) El índice que se encuentra marcado sobre un brazo que gira sobre el limbo y que se encuentra montado en un pivote, en el centro mismo de curvatura del limbo.
- d) Vernier. Se cuenta con dos tipos, de tambor o plano.
- e) El espejo del índice llamado así por estar montado en el brazo del índice y perpendicular a este y al plano del limbo.
- f) El espejo del horizonte, montado directamente en el plano del limbo y que debe ser paralelo al espejo índice cuando la lectura es  $0^{\circ}$ . Este espejo tiene la caracteris-

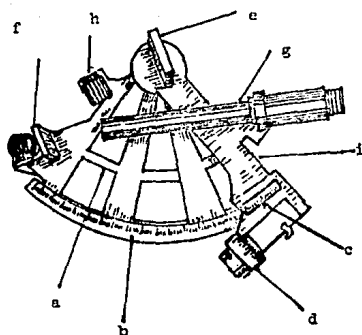


FIGURA 2

tica de ser la mitad (parte inferior) espejada y la otra (Parte superior) de cristal transparente.

- g) El telescopio, fijado al plano del limbo por medio de una argolla de manera que se dirija el rayo visual del observador al espejo horizontal en una línea paralela al plano del limbo, viendo el otro espejo a través de la parte espejada y el horizonte a través del cristal transparente.
- h) Dos juegos de filtros, colocados detrás de los espejos.
- i) Un mango para asir el instrumento, colocado en la parte posterior del plano del limbo.

Este instrumento se emplea para medir únicamente ángulos de abertura que hay entre dos puntos de referencia, mediante un sis-

tema de espejos, el punto de referencia a la izquierda se vé en forma directa a través del telescopio y el cristal transparente en la parte superior del espejo pequeño, en tanto que el punto de la derecha es doblemente reflejado, primero por el espejo principal de la alidada y luego por el espejo pequeño enfrente del telescopio. El ángulo de abertura se puede leer luego en la alidada y el micrómetro en grados y minutos.

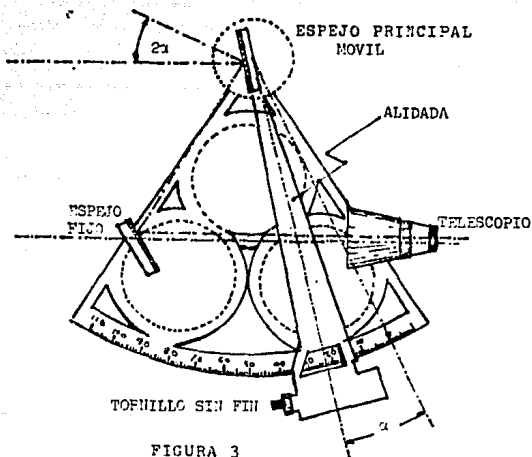


FIGURA 3

El sextante es muy útil sobre todo para medir ángulos desde una embarcación en movimiento, ya que se puede medir los ángulos apoyando el instrumento en las manos. Se puede emplear para triangulaciones pequeñas, en terrenos cubiertos de maleza, en las riberas de los ríos o en la línea de playa; el sextante se puede utilizar para medir ángulos desde lugares de difícil acceso, por

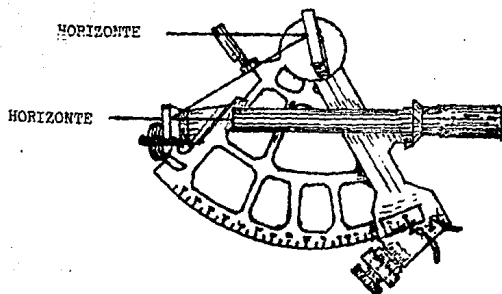


FIGURA 4

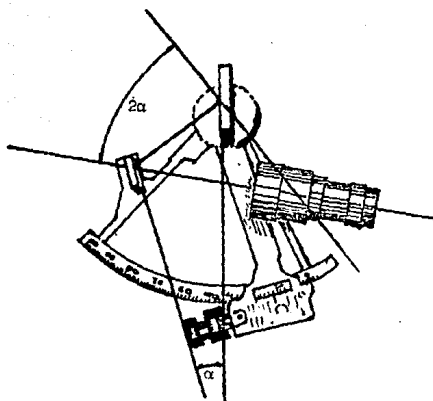


FIGURA 5

ejemplo árboles, mástiles, etc.

La precisión en éste instrumento es menor comparada con la del tránsito, pero para el posicionamiento en las mediciones (corrientes, batimetría, etc.) la precisión deseada es suficiente, tomando en consideración que la exactitud de la representación en el dibujo depende de la escala empleada.

El sextante se aplica para medir ángulos verticales entre los cuerpos celestes (estrellas, Sol, etc.) y el horizonte. También se emplea para determinar el posicionamiento de una embarcación, midiendo los ángulos horizontales de señales preestablecidas (balizas). La determinación del posicionamiento de una embarcación, midiendo dos ángulos horizontales de señales preestablecidas, la cual se encuentra realizando sondajes batimétricos, se hace midiendo los ángulos simultáneamente por dos observadores desde a bordo.

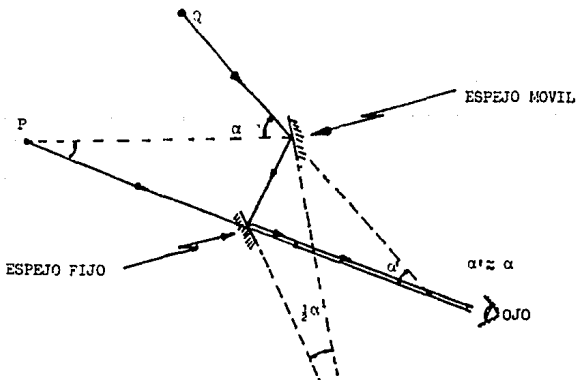


Figura 6

Determinación de los Errores y su Corrección.

## Errores:

- a) Los espejos no se encuentran perpendiculares al plano del arco graduado.

Para verificar si el espejo principal se encuentra perpendicular al plano del arco graduado, se coloca la alidada en el centro del arco, sosteniendo el sextante en forma horizontal, observar por el espejo principal hacia el arco, luego verificar si la imagen reflejada del arco está en la misma línea que la que se observa en forma directa; si no es así, se corrige la posición del espejo mediante el tornillo de corrección, hasta que la imagen y la visual directa del arco estén en una línea.

Después de ajustar el espejo principal se revisa el espejo fijo, manteniendo el sextante horizontal y colocando la alidada en cero.

Visar un objeto lejano, si es posible el horizonte, la imagen directa del horizonte deberá estar en la misma línea de la imagen doblemente reflejada, sino es así, se debe corregir el espejo fijo, mediante el tornillo de corrección superior.

- b) El eje óptico del telescopio no está paralelo al plano del arco graduado.



Sólo es válido para telescopios astronómicos.

- c) En la posición 0 del arco graduado, los espejos no se encuentran paralelos.

Colocar la alidada en 0, sostener el sextante vertical y verificar si la imagen del horizonte reflejada está en la línea con la imagen directa, de lo contrario se deberá corregir el espejo fijo con el tornillo inferior. A veces esto no es suficiente y podría persistir un error muy pequeño, entonces se toma el horizonte como línea de referencia y se hace coincidir las imágenes por medio del micrómetro (tornillo sin fin). La lectura que se observa en el ángulo después de hacer coincidir las imágenes será el índice de corrección del instrumento, el cual será positivo si el 0 del micrómetro está a la derecha del arco graduado y será negativo si está al otro lado. Ver Figura 7.

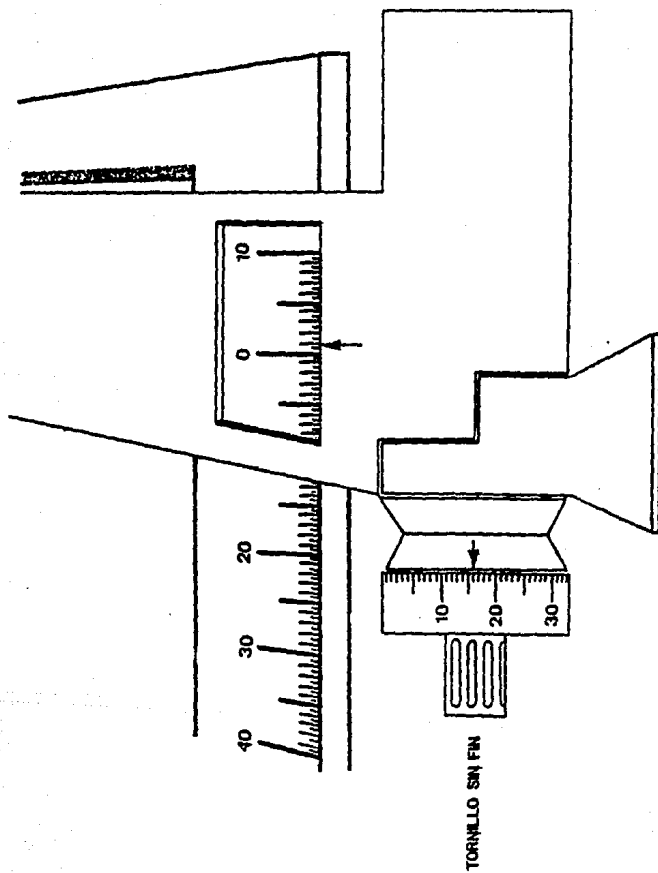


FIGURA 7

### II.3 ECOSONDAS.

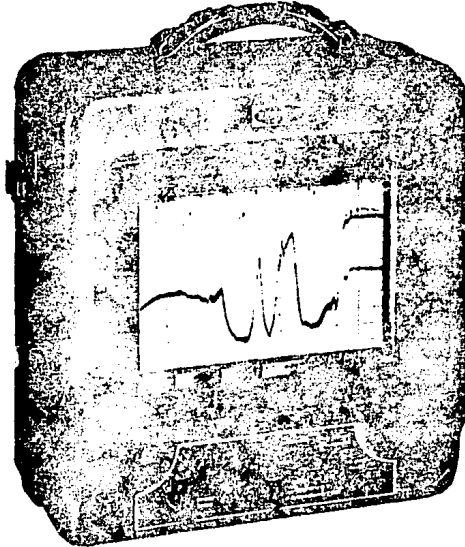
#### Ecosonda Raytheon DE-719B

El Ecosonda Marca Raytheon Modelo DE-719B, es un instrumento que se emplea para medir las profundidades de cualquier masa de agua, por medio de la computación del intervalo de tiempo requerido por las ondas del sonido que viajan con una velocidad conocida, desde un punto a una superficie reflectora y su regreso. Si el tiempo es medido entre la transmisión de un sonido y la de su eco, la distancia puede ser computada, multiplicando la mitad del intervalo de tiempo por la velocidad del sonido en el agua:

$$D = \frac{1}{2} tV$$

Con este método la precisión esta sujeta a algunas condiciones físicas como lo es la consistencia de la superficie reflectora del eco, la salinidad y temperatura del agua, ya que desde aguas frías a punto de congelación hasta las más calientes y de más alta salinidad, puede existir una variación en la velocidad del sonido, de aproximadamente 150 metros por segundo. La velocidad se incrementa a más alta temperatura y salinidad.

La velocidad del sonido también se incrementa con el aumento de la presión, sin embargo, en las profundidades medidas con este equipo la corrección para presión resulta insignificante.



ECOSONDA RAYTHEON DE-719B

FIGURA 8

Bajo las diferentes condiciones del agua que se pueden presentar la precisión del sondeo puede ser afectada  $\pm 5.0\%$  debido a cambio de la velocidad del sonido con las variantes del agua. En condiciones normales de operación, las variaciones de la velocidad del sonido en el agua serán comunmente menores que el  $0.5\%$ .

La mejor reflexión del sonido la proporciona un fondo duro, tal como arena o roca, sin embargo, dicha reflexión puede perderse por las burbujas que se forman en el agua, ya sea por el mismo transducer o por la formada por la estela de la embarcación. En algunas ocasiones se presentan reflexiones de sonido débiles (ecos) que son provocados por peces pequeños, trozos de algas, y por variaciones de temperatura del agua.

El ecosonda DE-719 portátil, está diseñado para proporcionar una señal precisa y continua de un perfil de la topografía submarina, a profundidades de "0" a 123m. dando opción de ampliar o reducir la escala horizontal de la gráfica, contando para esto con diferentes velocidades del movimiento de papel de registro, como son desde 1, 2, 3 6 4 pulgadas por minuto. El papel de registro puede estar graduado en pies o en metros y sus dimensiones son: 7" (17.8cm) de ancho por 60' (18.3m.) de longitud. La escala está dividida en rangos de 0-55', 50-105', 100-155', 150-205', pies. 6 rangos de 0-16.5, 15-31.5, 30-45.5, 45-61.5 metros, y puede multiplicarse por dos dando opción de utilizar el doble de estos rangos.

En las figuras 9 se observa un perfil que varía entre 5 y 14.50m.. sin embargo en la Figura 10. se utilizó otro rango además del primero, por lo que en este perfil la variación de la máxima a la mínima profundidad es desde 2m. hasta 17.50m.

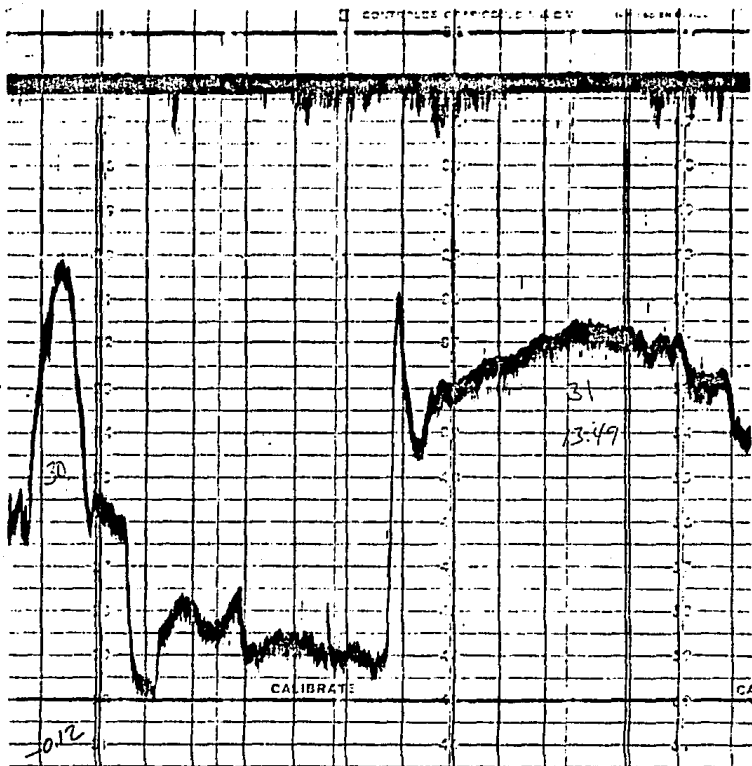


FIGURA 9

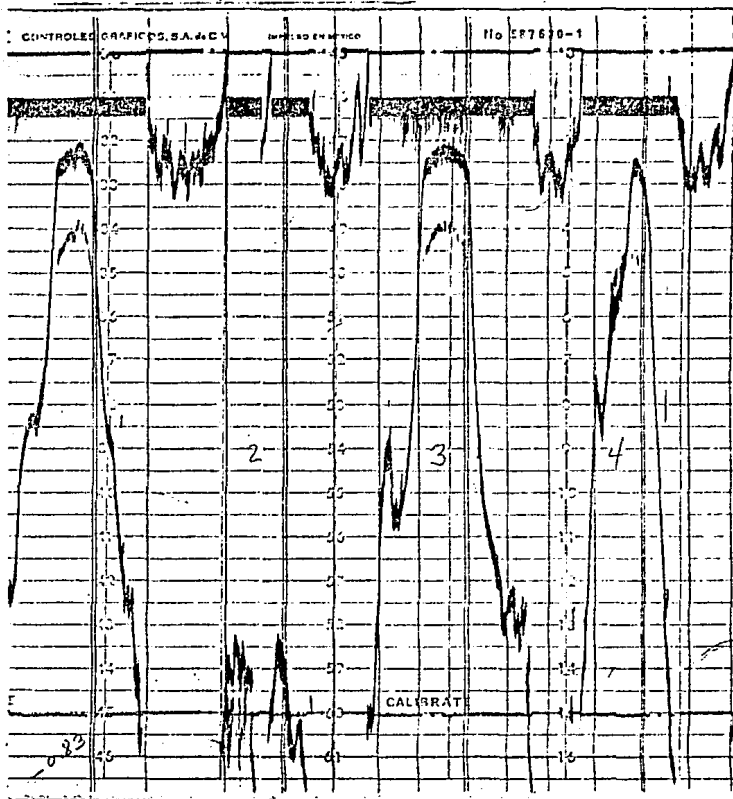


FIGURA 10

Esta ecosonda está calibrada para una velocidad de sonido - en el agua de 1463.0 metros por segundo, que es más común en -- aguas saladas. Sin embargo, para la obtención correcta de un - sondeo, la velocidad de propagación del sonido en el agua se pue de observar en el papel de registro en el mismo instante que se está calibrando el ecosonda, ésto hace posible la corrección de cualquier variación de la velocidad del sonido inmediatamente.

Es un equipo diseñado con un circuito solido, cerrado magne ticamente y controlando electronicamente la velocidad del papel. Este equipo está guardado en un estuche de aluminio a prueba de humedad para asegurarlo y darle máxima protección, ya que éste - es operado en las más adversas condiciones. En la cubierta de - enfrente está colocado el rollo registrador de las profundidades y los controles de la velocidad del sonido, compensador de marea y la elección de rango simple o duplicado. Una cubierta de segu ridad protege el estilo y el juego de piezas sujetas dentro del equipo, esto es con el fin de prevenir un contacto accidental -- con el brazo giratorio del estilo, mientras se toman los regis-- tros del rollo.

Un soporte diseñado para mantener el registro en una posición inclinada que permite mayor visibilidad y operación está incluido en la parte posterior del estuche en donde se encuentra el trans ductor, los tubos y el cable de poder, como se ve en la Figura 11.

Este equipo está unicamente diseñado para operar con 12 Volts,





FIGURA 11

sin embargo, puede ser equipado con un regulador que opera en --  
115/130 Volts y con una fuente de poder de 50-60 Hz., esto no --  
afecta la capacidad de operarlo con 12 Volts.

Los controles de operación se muestran en la figura 13, así  
como la descripción de su funcionamiento de cada una de ellas.

Es muy importante el conocimiento de las dimensiones de es-  
te equipo ya que el hidrógrafo puede darse una idea de la facili-  
dad de transporte e incluso de instalarlo en alguna pequeña em-  
barcación. Las dimensiones de este equipo son las que se presen-  
tan a continuación.

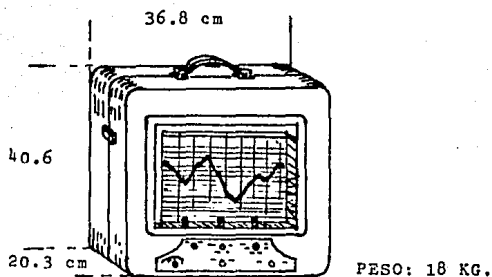


FIGURA No. 12

Las características más importantes de este equipo son:

- Portable y ligero.
- Marcador de calibración.
- Ajustes para mareas y calado de transductor.
- 4 Velocidades selectoras.
- 1 Visor montado para anotaciones.
- Estado ampliamente sólido.
- Circuitos impresos. Cerrado magnético.
- Trabaja con 12 Volts DC y 113/230 Volts AC. 50-60 Hz.
- Papel para pies o metros.
- Compensación en la velocidad del sonido.
- Switch marcador remoto.
- Estuche de piezas de repuesto (fusibles, estilos, procas, papel registrador, etc.)
- Agarradera de correa.
- Diseño de larga duración.

CARRYING HANDLE. Proporciona una fácil portabilidad.

**VENTANILLA PROTECTORA**

Se abre únicamente para tener acceso a la gráfica de papel y para controlar la velocidad del sonido, marea por deriva, y el rango de escala.

**VELOCIDAD DEL SONIDO COMPENSADOR.**

Porsalinidad y temperatura del agua, corrigiendo la profundidad real verificándola con una sonda za.

**OFF/STDBY/ON.**

Encendido y apagado, además puede estar encendido sin que la gráfica avance.

**CAL. ZERO.**

Ajusta la primera marca grabada por el aparato en el papel con la línea correspondiente (calibre) en la carta, que a su vez es el cero de la escala de la carta.

**CHARTSPEED.**

Selecciona 1, 2, 3 6 4" por minuto de carta, variando así la escala horizontal de la carta.

**COMPARTIMIENTO DE RESERVA**

Para guardar transduser, tubos, y cables.

**TIDE/DRAFT.**

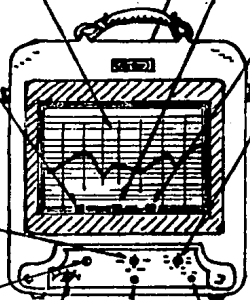
Compensador de variación por marea y deriva.

**RANGE X1, X2.**

Cambia la velocidad del stylus variando la escala multiplicándola por dos.

**FEET.**

Selecciona diferentes rangos para las profundidades.



**FIX-MARK.**

Manualmente se marca una línea como referencia sobre la carta para poder ubicar los sondeos.

**SENSITIVITY.** Ajusta la sensibilidad del papel marcando con más o menos intensidad.

FIGURA 13

### Ecosonda ELAC 30KC

El principio de su funcionamiento es el mismo que el Raytheon de 719-C.

Este tipo de ecosonda puede registrar un perfil continuo del fondo, con el ecosonda ELAC 30KC, es posible diferenciar entre -- fango blando, arcilla y arena, lo cual hace posible estimar el es pesor de las distintas capas de materiales.

Debido al peso del transducer no es posible instalarse en embarcaciones pequeñas.

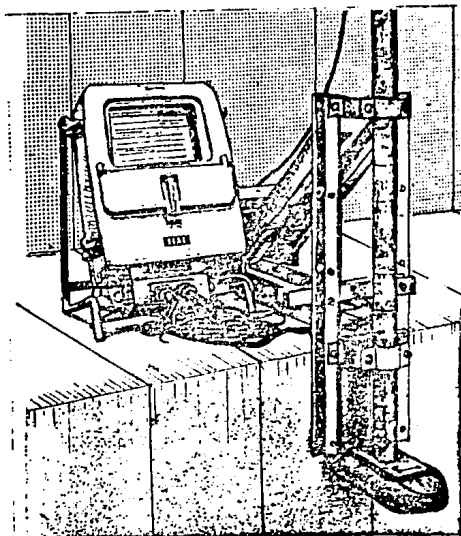
El cambio de densidad y temperatura del agua durante el día afecta la precisión de los sondeos, es por esto que es necesario calibrar el ecosonda en el transcurso de las mediciones, esto se hace con una sonda de calibración.

Para la lectura de las profundidades es necesario utilizar una escala móvil.

Este instrumento puede ser utilizado para hacer cartas batimétricas, determinar perfiles transversales, sedimentos (cantidad) en el dragado de canales.

Para su preparación se deberá verificar el ecosonda de acuerdo al manual de instrucciones, abastecerse de suficiente cantidad de papel y agujas para registrar (stylus).

La corriente con la que funciona es continua de 24 voltios y cuando se conecta a las baterías se deberá estar seguro que las - conexiones (+) y (-) estén conectados a sus respectivos polos en la batería. La equivocación en la conexión causará averías a la ecosonda.



ECOSONDA ELAK 30Ke

FIGURA 14

Ecosonda Foruno 200 MARK III

Su funcionamiento se basa en el mismo principio del ecosonda Raytheon de 719-C.

Debido a su tamaño y poco peso es fácil de manejar y transportar, se puede instalar en pequeñas embarcaciones. Tiene una sola velocidad de transporte de papel y a su vez el ancho del papel es muy reducido, por esta razón es apropiado sólo para mediciones de reconocimiento.

Este instrumento utiliza una frecuencia de 200KC, el cual no tiene capacidad de penetración aún en las capas más blandas, por lo cual solo se puede obtener el registro del lecho marino.

Para la profundidad es necesario el uso de una escala móvil.

Este instrumento es para usarse sólo en mediciones de reconocimiento, escoger perfiles transversales para mediciones de azolvamiento y hacer sondeos en canales pequeños. Para su preparación es necesario verificar el ecosonda de acuerdo al manual de instrucciones, abastecerse de suficiente papel de registro y agujas de registro (stylos), así como baterías de repuesto de 1.5 voltios según sea necesario.

#### II.4 SONDALEZA.

Conocido también como escandallo, consiste en una cuerda de cañamo o lino, debidamente trenzados, unido en uno de sus extremos a un plomo; el grueso de la cuerda será proporcional al peso

del plomo, aproximadamente entre 1 a 1.5cm. de diámetro. Es necesario para poder marcar las medidas de 1m en 1 m. ó 0.50m. en -- 0.50m., mojar la cuerda y estirarla bien, dejarla secar al Sol y volver a mojarla, estirándola nuevamente, dejandola estirada y te niendo cuidado de no exceder ya que después puede encogerse. Las marcas que se utilizan son practicamente tiras de cuero que se in troducen entre las hebras. En trabajos de poca profundidad se -- acostumbra ponerlos cada 2dm. o medio metro y a cada metro se po-- nen otras más grandes que se distinguan de las anteriores.

Se acostumbra en el primer metro que la marca sea una tira -- que termina en un pico; en el segundo, con dos picos y así hasta el quinto, que no termina en pico pero que cuenta con un orificio romboide, el cual aparece en el sexto metro que termina en pico, repitiéndose lo primero hasta el dé-- cimo metro, en que el orificio ahora es un rombo y un círculo. Se debe de tomar en cuenta que el cero es en la cara inferior del plomo.

Es necesario verificar la sondaleza antes del sondeo, comparando con una cinta que las marcas estén bien pue-- tas, ya que de otra manera nos aca-- rrearía un error en los sondeos.

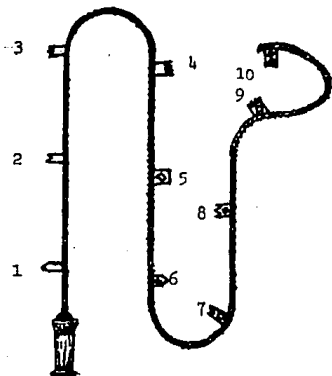


FIGURA No. 15

## II.5 VARA PARA SONDEAR.

Las varas para sondear están formadas de dos partes principales; una vara de madera fuerte y de fibra recta que debe estar bien "curada" para evitar torceduras y la otra parte una zapata de hierro en forma de disco, de diámetro no menor de 10cm. para que la vara no se hunda en el fango del fondo. La longitud primordial varía entre 4 a 6m. y su diámetro de 7 a 8cm. en el extremo inferior y de 5 a 6cm. en el superior. La zapata de hierro se coloca en el extremo inferior en forma de casquillo, quedando acunado en la madera, de tal manera que se mantenga fija.

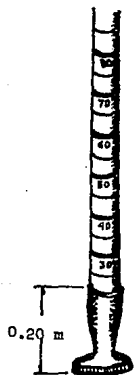


FIG. No. 16

Por lo regular esta vara se pinta de blanco y se marca con líneas separadas a cada centímetro o cada 5cm. marcando cada una con su número respectivo. Las líneas se marcan en todo el contorno por bandas rojas y negras, los números se marcan en dos posiciones diagonalmente opuestas.

Antes de efectuar cualquier sondeo es necesario verificar la situación con respecto a la vara del origen "0" de la numeración marcada en dicha regla, para facilitar la lectura generalmente se hace coincidir con el extremo inferior de la zapata de hierro.



## II.6 Nivel N-3.

Para poder trasladar un banco de nivel a una zona de estudio es necesario efectuar una nivelación de precisión, para lo cual - se requiere del equipo adecuado, para este caso se podrá utilizar un Nivel N-3, en la Fig. 17 se presentan sus partes principales:

- 1.- Placa base.
- 2.- Tornillo nivelante.
- 3.- Anillo de bayoneta.
- 4.- Ocular del anteojo con graduación en dioptrías.
- 5.- Ocular de observación para el nivel de coincidencia y el micrómetro de placa plano paralela.
- 6.- Escala contador de giros del Botón 11.
- 7.- Botón de enfoque.
- 8.- Ventanilla de iluminación para la división del cristal del micrómetro de placa plano paralela.
- 9.- Asa.
- 10.- Botón del micrómetro.
- 11.- Botón para basculamiento en línea con graduación.
- 12.- Tornillo de sujeción lateral.
- 13.- Tornillo de movimiento fino.
- 14.- Cristal cuneiforme de protección.
- 15.- Visor óptico.
- 16.- Ventanilla de iluminación para el nivel de coincidencia.
- 17.- Nivel esférico.
- 18.- Tornillo de ajuste para el nivel esférico.

Este nivel es basculante y cuenta con una base para colocarse sobre un tripié, en ésta se encuentran tres tornillos niveladores para centrar la burbuja de un nivel esférico con que cuenta, haciendo que el eje azimutal quede aproximadamente vertical, --

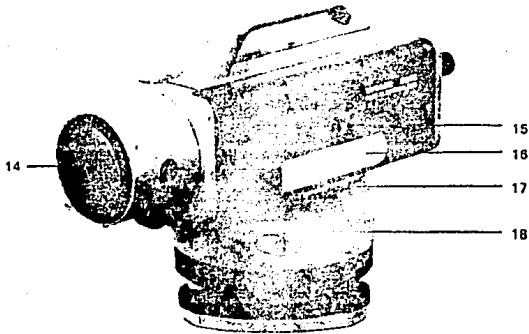
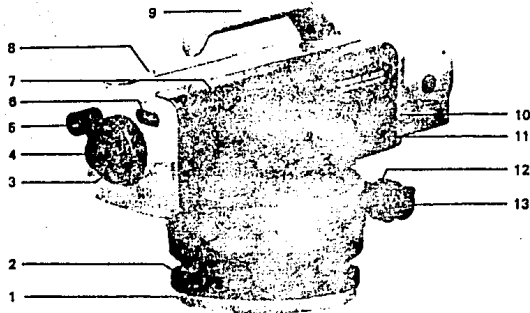
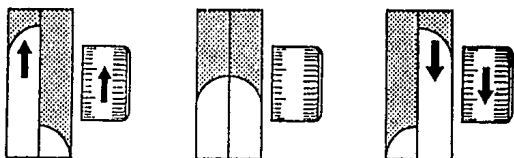


FIGURA 17

moviendo el tornillo de basculamiento se harán coincidir dos mitades de burbuja (meniscos), logrando esto se tendrá el ajuste -- azimutal en posición vertical. Con el tornillo de presión se fija el movimiento azimutal y con el tornillo tangencial se dan los movimientos lentos y precisos.

Es necesario que en cada lectura que se tome se corrijan los meniscos mediante el tornillo de basculamiento, éstos se localizan a la izquierda del ocular del anteojo, allí mismo se encuentra la escala del micrómetro, en los modelos más recientes. Para hacer coincidir los extremos de las dos mitades de la burbuja, se gira el tornillo de basculamiento hasta formar un arco como se -- ilustra a continuación:



SENTIDO DE ROTACION DEL BOTON DE BASCULAMIENTO PARA LA PUESTA EN COINCIDENCIA DE LAS EXTREMIDADES DE LA BURBUJA (MENISCOS)

En el nivel tubular puede apreciarse su sensibilidad ya que un milímetro de desplazamiento de la burbuja representa una inclinación de 5". El poder amplificador de su anteojo es de 42 - diámetros, permitiendo observar con claridad las lecturas de miras a mayores distancias.

La retícula esta grabada sobre cristal, constando con un hilo vertical y a la derecha otra línea horizontal, a la izquierda dos líneas inclinadas formando una cuña, que por medio de un sistema óptico como el de la fig. 18, se desplazan los hilos hasta hacer coincidencia con la línea correspondiente a la división centimétrica más cercana, hasta que quede exactamente en el vértice de la cuña, como se muestra en la figura 18.

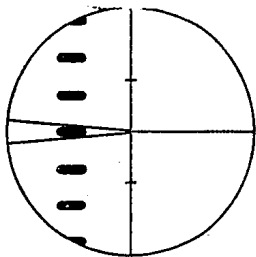


FIGURA 18

Mediante el micrómetro del sistema óptico pueden apreciarse lecturas hasta el milésimo de centímetro, como se ilustra en la Fig. 19.

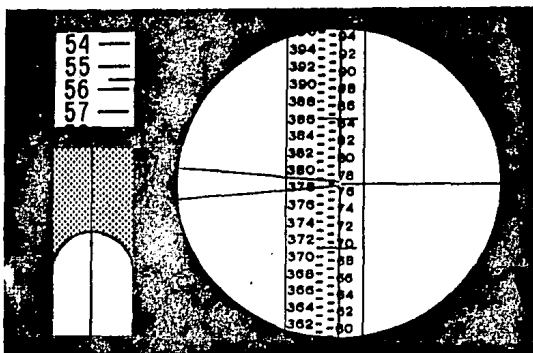
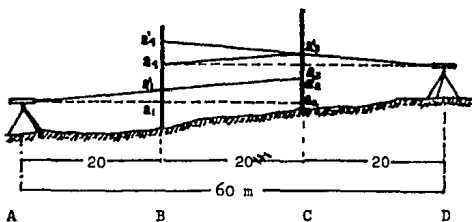


FIGURA 19

Este instrumento debe ser revisado y ajustado, de no estarlo ésto debe hacerse antes de efectuar una nivelación, o en caso de sufrir un golpe o después de haber sido trasladado.

Para la verificación y ajuste del paralelismo de la directriz del nivel y la línea de puntería o conocida también como "horizontalidad de la línea de puntería", se traza una distancia de 60m. y se divide en tres secciones iguales, teniendo así 4 vértices A, B, C, D.



Se coloca una mira en cada uno de los vértices B y C simultáneamente y se obtienen lecturas sucesivamente con el instrumento desde los vértices A y D.

Es necesario centrar el nivel torico para obtener las lecturas " $a_1'$ " en la mira en "B" y " $a_2'$ " en la mira en "C". Después se traslada el instrumento al punto D y se efectúan las lecturas  $a_3'$  en C y  $a_4'$  sobre B.

Sí el instrumento no tiene error entonces debe cumplirse la siguiente condición, la cual se obtiene de la Fig. 20:

$$a_4 - a_1 = a_3 - a_2$$

Sí el aparato se encuentra desajustado se forma un ángulo con la línea de puntería y el plano horizontal.

Sí se traza una paralela a la línea  $a_1' a_2'$  que pase por  $a_3'$  corta a la mira B en  $a_4'$ , cota que indica una puntería horizontal desde D, de la figura obtenemos la siguiente relación:

$$a_4 - a_1' = a_3' - a_2'$$

De donde podemos obtener  $a_4$

$$a_4 = a_3' + a_1' - a_2'$$

Sí  $a_4'$  difiere  $a_4$  en más de 1mm a 30m de distancia, repetir la medición para verificar. Sí el error subsiste se ajusta la línea de puntería como a continuación se menciona.

#### Ajuste de la Línea de Puntería.

Se afloja el tornillo de sujeción de la cubierta protectora del objetivo, aproximadamente media vuelta .

Se inscribe en el micrómetro la parte decimal de la lectura  $a_4$  (milímetros y fracciones de milímetros).

Se mantiene nivelada la burbuja del nivel tubular mientras - se gira la cubierta protectora del objetivo hasta obtener la otra parte de la lectura  $a_4$  (metros, decímetros y centímetros).

Se aprieta el tornillo de sujeción.

Se comprueba nuevamente hasta cumplir con la condición establecida para  $a_4$ .

#### Comprobación y Ajuste del Nivel Esférico.

Se coloca el instrumento y se nivela mediante los tornillos nivelantes.

Se coloca el anteojo en dirección a dos tornillos nivelantes.

Se gira el anteojo  $180^\circ$ , si la burbuja permanece centrada - entonces el nivel está correcto. En caso contrario se procede a su ajuste.

Ajuste.- Se desliza la mitad del desplazamiento con los tornillos de corrección y la otra mitad con los tornillos nivelantes comprobándose y ajustándose cuantas veces sea necesario.

#### Comprobación y Ajuste de la Niveleta de la Mira.

Mediante una plomada se pone en posición vertical y se sujeta firmemente. Se examina la burbuja de la niveleta, si se man--

tiene centrada la niveleta esta correcta, de lo contrario, se --  
ajusta como sigue: con los tornillos de sujeción se lleva la bur-  
buja al centro. La comprobación debe realizarse al inicio de ca-  
da trabajo.

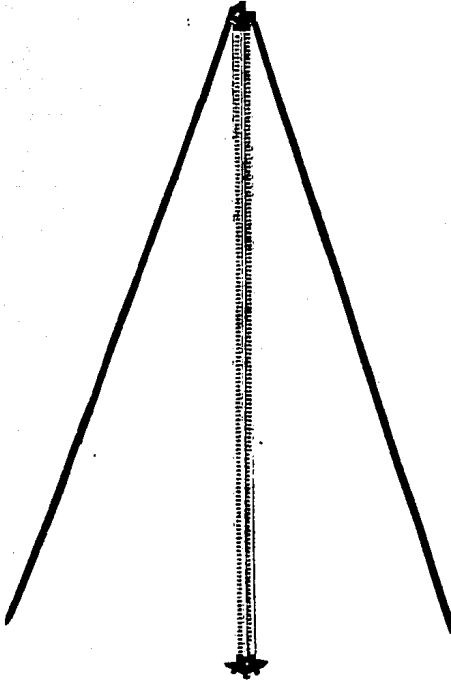
Para este tipo de nivelación es necesario utilizar dos miras  
invar y un apoyo de mira (sapo) para cada una de ellas. La mira-  
está compuesta de una cinta invar con divisiones centimétricas a  
trazos, su longitud es de 3m, está alojada en una ranura de la mi  
ra la cual consiste de un cuerpo de madera seca y barnizada.

Los trazos sobre la cinta invar están pintados de la siguien-  
te forma: hay dos escalas una al lado de la otra, indicando cada  
centímetro en negro sobre fondo blanco y van defasadas vertical-  
mente una con relación a la otra en un valor constante: 30l.5.

El intervalo de 1 cm de la división de la mira corresponde a  
la amplitud del desplazamiento del micrómetro. La división de la  
izquierda va numerada de dos en dos centímetros, desde 0 hasta --  
300 cm. empezando con el número 4; y la de la derecha desde 302 -  
hasta 600, empezando en el 306. Como el desfase de la numeración  
es constante, se obtiene así una comprobación de la lectura en la  
mira, obteniendo la diferencia de las lecturas de la derecha con  
la de la izquierda, se obtiene siempre 30l.5cm. teniendo en cuen-  
ta la precisión de la lectura que se haya realizado.

La mira cuenta con un anillo "riostra" que puede fijarse en  
su base con el fin de colocar un apoyo metálico triangular, cons-

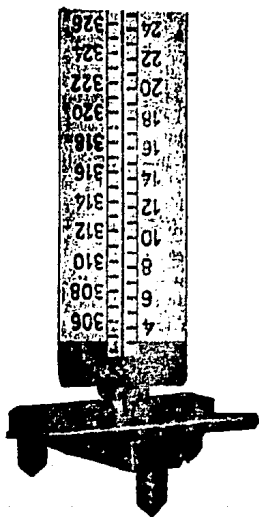




MIRA INVAR CON APOYO (SAPO)

FIGURA 20

ta de un bulbo esférico central a una placa de metal y que a su vez tiene tres pequeñas patas puntiaguadas y un asa para transportarla. A este aditamento se le conoce con el nombre de "sapo" y además garantiza que el aro (riostra) que se coloca en la base de la mira gire sobre el bulbo del sapo sin sufrir desplazamiento -- con respecto al terreno:



APOYO PARA MIRA (SAPO)

FIGURA 21

## II.7 EQUIPO ELECTRONICO.

### DECCA TRISPONDER

Principio.- La operación del sistema DECCA TRISPONDER se ba  
sa en:

- a).- Propagación en línea recta.
- b).- Velocidad constante de propagación de la onda.

Las distancias se miden utilizando las características de la energía de banda X [9400 mc/s] que tiene una velocidad relativamente constante. La estación principal transmite una serie de pulsaciones codificadas, estas señales son captadas y descifradas por todas las estaciones remotas. Solo una estación remota posee el código corrector para una específica serie de pulsaciones codificadas, si una estación remota encuentra que el código recibido es el correcto, entonces la señal regresa como una serie de pulsaciones a la estación principal, estableciéndose de este modo un enlace de RF. El tiempo empleado por la señal RF para hacer el viaje de ida y vuelta entre la estación -- principal y la remota (menos el tiempo que tarda la señal en los circuitos electrónicos) es convertido en distancia.

La estación principal está provista de dos indicadores independientes que hacen posible leer en forma simultánea las distancias que hay a dos estaciones remotas.

Cuando se conoce la ubicación de las estaciones remotas se puede ubicar la posición de la embarcación (estación principal) ya sea graficamente o calculando, por trilateración.

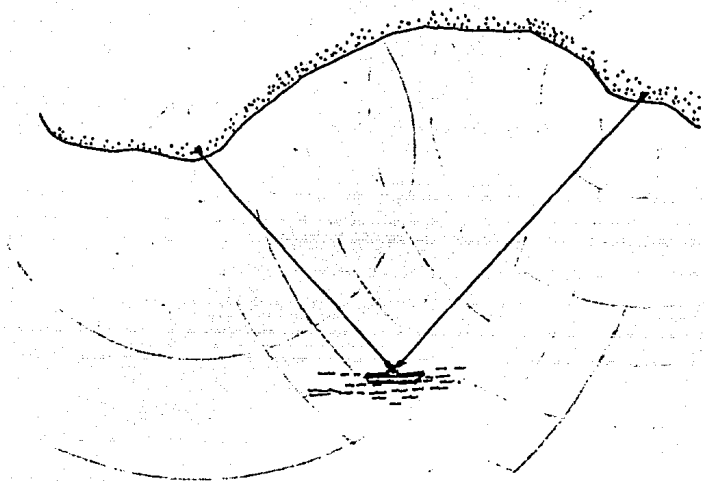


FIGURA No. 22

## PATRON DE TRAYECTORIA DEL SISTEMA TRISPONDER

Especificaciones.- Nombre: Trisponder. Naturaleza de líneas de Posición: Circular. Alcance: 80 km.

Las distancias mostradas en el indicador de la estación principal, en metros, también se registran en un impresor digital. El impresor digital imprime además de la distancia, la hora de la medición y el número correlativo de registro. También puede ser programado para registrar cada 10 segundos, un minuto o diez minutos, pudiendo registrar en forma manual.

Este instrumento conectado con un ECOSONDA se puede marcar en el registro del ECOSONDA en forma automática su respectiva -- profundidad. Además si el ECOSONDA esta provisto de una salida digital, el impresor registra el valor digital del sondeo.

Todas sus estaciones funcionan con corriente continua de 24 voltios. Alcance máximo de 80 km. distancia mínima 30 metros. Precisión  $\pm$  3 metros.

#### Ventajas.-

Se requiere de solo 2 ó 3 ubicaciones de las estaciones -- Trisponders Remotas, lo cual reduce el costo en materiales y -- tiempo para la colocación de una red de estaciones en la playa.

Posibilidad de trabajar más allá de la capacidad de visibilidad, además se evitan interrupciones en las mediciones debido a la mala visibilidad causada por la lluvia, niebla o bruma.

La precisión de  $\pm$  3 metros es suficiente para todos los fines hidrográficos.

Este instrumento es de poco peso, hermético e impermeable y se puede instalar a la intemperie, sin ser afectado por el clima y todas las estaciones funcionan con corriente continua de 24 -- voltios, de tal forma que se puede instalar en un lugar o embarcación.

#### Desventajas.-

Es necesario tener una línea visual no interrumpida, pero -- no habrá problema en costa abierta, ya que si alguna embarcación

cruza la visual la señal es interrumpida solo por algunos segundos. Los instrumentos vuelven a registrar la distancia correcta tan pronto como el obstáculo salga de la trayectoria de propagación de la onda.

Es necesario tener un generador cargador para cargar las baterías cuando se realizan las mediciones en zonas alejadas.

Aplicación.- Este equipo es muy útil para posicionar las embarcaciones de sondeo, seguir el curso de los flotadores, etc.

## ARTEMIS

El sistema de posicionamiento "Artemis" consiste en un sistema de dos antenas-seguidoras enlazadas una a la otra por medio de una transmisión de microondas.

Por medio de un sistema de rastreo automático se mantiene la trayectoria de la transmisión, aún cuando la "estación móvil" se encuentra trasladándose de posición respecto a la "estación fija" (las antenas mantienen su movimiento pero siempre se encuentran en una posición paralela, una con respecto a la otra).

En una situación como la que se muestra en el dibujo siguiente la posición de la estación móvil se puede determinar en coordenadas polares con respecto a la estación fija. La distancia que emplea la trayectoria de la propagación de la microonda (principio de radar).

El ángulo  $\phi$  entre la estación móvil y una dirección de referencia observado en la estación fija, se deriva por un ángulo preestablecido de la posición del eje de la antena de la estación fija, por medio de la trayectoria de la transmisión, la información del ángulo es enviado a la estación móvil.

Los datos de las coordenadas polares, ángulo  $\phi$  y la distancia R, se procesan en la estación móvil para su lectura y/o alma

cenaje.

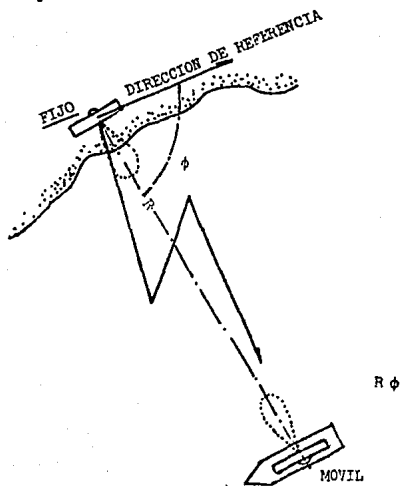


FIGURA No. 23

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO ARTEMIS (DISTANCIA AZIMUT).

**Especificaciones:**

NOMBRE: Artemis. NATURALEZA DE LAS LINEAS DE POSICION: Coordenadas polares. ALCANCE: 50m. - 30km. PRECISION:  $\pm 1.5m$ . independientemente de la distancia. FRECUENCIA EMPLEADA: 9,200 mc/s. TIPO DE SEÑAL: Pulsaciones. OBSERVACIONES: Sólo para mediciones un solo usuario, es necesario de una línea de visual.



## DISTANCIOMETRO DI-3

Principio.- El distanciómetro DI-3 utiliza como onda portadora para la medición la luz infrarroja emitida por un diodo As Ga, esta es modulada en amplitud por el suministro de corriente. Un prisma reflector de cristal devuelve el rayo infrarrojo el cual - regresa con un pequeño desplazamiento lateral, pero siempre paralelo al rayo emitido. La diferencia de fase es medido digitalmente contando las pulsaciones de un oscilador de cuarzo entre la salida y llegada del rayo infrarrojo (ondas reflejadas).

Este instrumento mide la distancia en metros pero también tiene un convertidor incorporado para cambiar los metros a pies, si así se requiere.

La desviación estándar es  $\pm 5\text{mm} \pm (5 \times 10^{-6} \times D)$ . El distanciómetro se puede montar sobre un teodolito Wild T-2, con el cual se pueden medir los ángulos de referencia además de las distancias. Las distancias que se miden entre dos puntos que se encuentran a diferentes alturas se pueden reducir a una distancia horizontal por medio de una computadora incorporada en el instrumento, de igual forma se puede calcular la diferencia de nivel entre los dos puntos.

## Ventajas.-

Rapidez en la medición de distancias y en combinación con el teodolito T-2, se pueden hacer triangulaciones, trilateraciones y poligonales en muy poco tiempo.

El equipo puede ser transportado por una sola persona, trabaja con una batería recargable de níquel-cadmio, con cada batería se pueden hacer alrededor de 500 mediciones. El equipo es impermeable.

Desventajas.-

Se necesita de una línea de visual sin obstáculos ya que incluso las ramas de los árboles pueden perturbar las mediciones si éstas se encuentran en la trayectoria de la señal infrarroja.

Tiene un alcance sólo de 1,000 metros con un reflector de 9 prismas.

Aplicación.- Se emplea para hacer mediciones geodésicas como triangulaciones y poligonación cuyos lados no sean mayores a 1000m.

### C A P I T U L O   I I I

#### RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se hace un reconocimiento de la zona con los medios de que se disponga, para determinar el tipo de control terrestre que servirá de apoyo a los trabajos a ejecutar, localizando puntos para posibles vértices de triangulación y de poligonales, según la importancia del estudio, así como los diferentes tipos de vegetación que se encuentren y las clases de terreno del frente, - por donde pasará la poligonal (escabroso, ondulado, llano, etc.) Se evalúa la longitud de cada tramo, tanto de brecha como de trazo para efectos del costo, con el fin de hacer una buena planeación del control terrestre.

Para poder localizar vértices y plantear un control que nos restitua buenos resultados se pueden tomar como reglas las siguientes:

En la triangulación se plantean figuras lo más sencillas posibles, variando desde un solo triángulo o cuadrilátero, hasta -- una cadena de ellos con vértices localizados en promontorios donde se puedan conservar, y otros más accesibles para el cierre de poligonales, localizadas en playas o lugares similares, de tal -- forma que se puedan restituir cuando sea necesario.

En lo que se refiere a poligonales se localizan los vértices fuera de la zona de influencia de la marea y en sitios que tengan visibilidad hacia el mar o la zona que se va a estudiar, para que sirvan de apoyo a trabajos posteriores. Además de que sean visibles uno respecto al anterior y al siguiente. En algunos casos -- hay necesidad de situar mojoneras a orillas de esteros o pantanos, procurando que se sitúen en el terreno más firme posible sin descuidar lo mencionado anteriormente.

El brecheo se efectúa de acuerdo con las circunstancias refiriéndose al trabajo a realizar, se hace lo más angosto posible para ligar los vértices de poligonales y para tener visibilidad entre los vértices de triangulación. Para las poligonales los brecheos deben estar limpios de troncos para poder efectuar la medición con cinta y si ésto se hace electrónicamente, los requerimientos se reducen notablemente ya que basta con observar el prisma -- reflector que se encuentra centrado en el vértice observado.

Como se mencionó el reconocimiento de la zona de estudio - se efectúa con el objeto de seleccionar los lugares donde se -- realizarán las mediciones y así poder decidir el número de em-- barcaciones, potencial humano, equipo auxiliar y materiales, co mo balizas fijas, balizas de triangulación y bancos de nivel. Si fuese posible obtener fotografías recientes, éstas deberán - estudiarse con el objeto de obtener un panorama del área de me- diciones y sus alrededores.

Con objeto de llevar las mediciones de campo con éxito es necesario hacer ciertos preparativos, los cuales permitirán rea lizar las mediciones sin contratiempos, por lo que se debe to-- mar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Hacer una evaluación de los datos requeridos para el pro yecto en desarrollo, la precisión deseada y las circuns- tancias bajo las cuales se tendrán que llevar a cabo las mediciones, esto con la finalidad de decidir la clase y número de instrumentos a ser utilizados.
- En áreas con influencia de mareas es necesario conseguir información de la marea vertical, del área o área vecina con el objeto de planificar un programa de mediciones -- que tenga en cuenta las predicciones de la variación ver tical de las mareas.
- Se deberá hacer un inventario de todos los materiales - que se emplearán durante las mediciones, como son: sogas, clavos, baterías, etc., además de éstos hay un sinnúmero

de objetos de menor costo, pero indispensables y que se deberán tener en cuenta, ya que es probable que no se puedan adquirir fácilmente en campo.

- Si se ha planeado usar equipos de frecuencia de radio, como walkie talkies, sistemas de posicionamiento electrónico; deberá obtenerse información de las frecuencias permitidas en la zona y obtener los respectivos permisos.
- El apoyo logístico del equipo de mediciones deberá estar bien organizado, con el objeto de evitar cualquier posible discontinuidad en las mediciones, debido a la falta de repuestos, alimentos o combustible.
- Todos los instrumentos que se utilizarán en las mediciones, deberán ser revisados completamente y además contar con una reserva permanente de repuestos.
- En caso de que las mediciones se tengan que realizar en canales de navegación, deberá de contactarse por anticipado con las autoridades locales, capitán de puerto u persona encargada, para comunicarles la posición en la cual estarán ubicadas las embarcaciones durante el período de mediciones.

Lo anterior es necesario para prevenir a las embarcaciones que navegarán por las inmediaciones y así evitar --

choques que podrían causar desgracias personales o pérdida de equipo. Se solicitará que el capitán de puerto comunique a los pilotos de otras naves, que naveguen -- con mucha precaución y a poca velocidad en el área de mediciones.

Si fuera posible, se deberá tener comunicación radial -- entre todas las embarcaciones y entre éstas y su estación base, de campo o de oficina.

## C A P I T U L O   I V

### APOYO HORIZONTAL

Para la realización de un estudio hidrométrico independiente de la amplitud del estudio, es necesario contar con una poligonal básica de apoyo desde la cual se pueda posicionar (dar -- control horizontal) la embarcación utilizada para las mediciones hidrográficas. En algunas ocasiones se da el caso de utilizar triangulaciones topográficas la cual se limita a una extensión de terreno, considerado como una superficie plana, puede ser amplia o simple, local o puede enlazarse a una triangulación existente.

La precisión en las mediciones de los ángulos y distancias -- dependen de la calidad y tipo de instrumentos, métodos empleados



condiciones del terreno y si la ubicación de los vértices se han obtenido por cálculo o por un método gráfico, teniendo en cuenta la tolerancia de  $1:10000$  y  $30''\sqrt{H}$  para levantamientos de este tipo.

Las principales figuras empleadas en los trabajos de triangulación son: el triángulo y el cuadrilátero con dos diagonales.

La aplicación de estos se puede observar en los croquis de algunos puertos que se muestran. (Figuras 24 y 25).

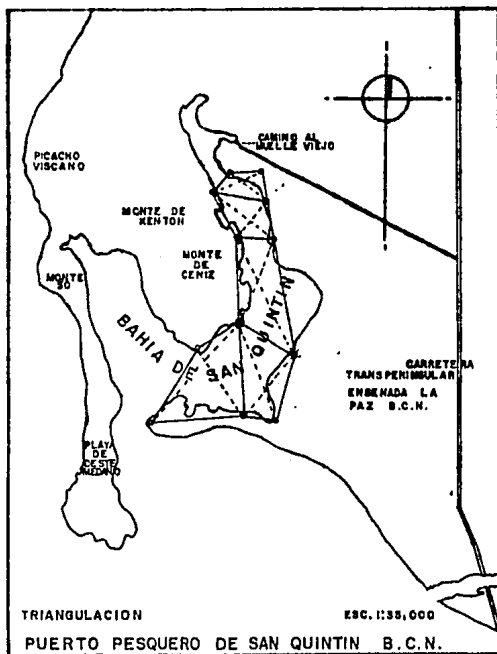


FIGURA 24

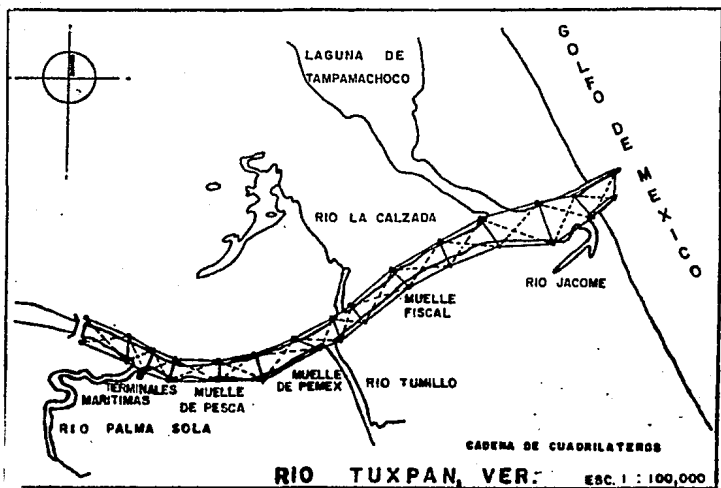


FIGURA 25

## IV.1 EL TRIANGULO.

Es la figura más simple que se puede emplear y que cubre -- muy bien cualquier terreno. Sin embargo, el error en un triángulo automáticamente es transmitido a todos los demás triángulos siguientes. En todo triángulo para evitar acumular errores se debe evitar que los ángulos sean menores de  $40^\circ$ .

Hay ocasiones que los triángulos se tienen que emplear para un recodo o para hacer triangulaciones en lugares que presentan difíciles condiciones; entonces para atenuar la acumulación de errores se evita que el lado desconocido esté puesto a un ángulo

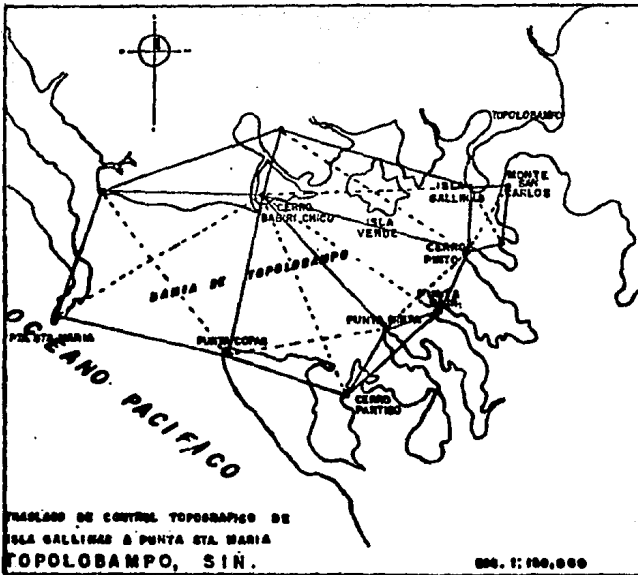


FIGURA 26

muy agudo. Antes de emplear los ángulos de un triángulo en las ecuaciones de los senos, estos deben sumarse y verificar que la suma de ellos sea exactamente  $180^\circ$ . Si se asume que los ángulos han sido medidos con el mismo grado de precisión, entonces el exceso o diferencia se debe distribuir en partes iguales y si los ángulos no han sido medidos con el mismo grado de precisión, entonces el exceso o diferencia se debe distribuir en proporción inversa a la precisión estimada de cada ángulo.

Sí solo se han observado dos ángulos del triángulo, el tercero se asume que es la parte que falta para que la suma de los tres ángulos sea  $180^\circ$ .

#### IV.2 CUADRILÁTERO REFORZADO CON DOS DIAGONALES.

El cuadrilátero en el que se han observado las dos diagonales es la figura más recomendable para hacer una red de triangulación, como se mencionó anteriormente se debe emplear lo más posible. Cuando la triangulación se hace empleando esta figura se debe tener cuidado de que los ángulos marcados con una (+) (Ver Fig. 27) no sean menores de  $35^\circ$ ; pero sí en circunstancias excepcionales no se puede evitar esto, el cuadrilátero se debe reforzar midiendo el ángulo en cuestión con la mayor precisión posible, pero será mejor medir la longitud de uno de sus lados que lo contengan (de preferencia la diagonal).

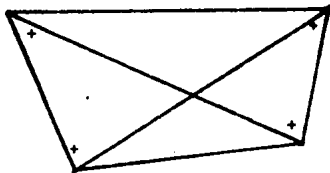


FIGURA 27

##### A) Generalidades.

En el cuadrilátero de la Fig. 28 se han medido sus ocho ángulos.

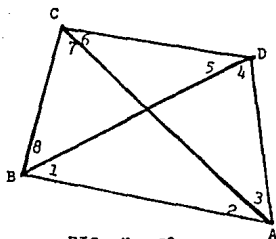


FIG. No. 28

Leyes de geometría:

- i) La suma de los ángulos debe dar exactamente  $360^\circ$ , la compensación de ángulos para satisfacer esta ecuación debe hacerse mediante la fórmula para la compensación del cuadrilátero.

ii) La suma de los ángulos de cada uno de los cuatro triángulos que forman el cuadrilátero, deben ser exactamente  $180^\circ$ , la compensación de los ángulos para satisfacer esta ecuación es la descrita en el subcapítulo IV.1. Las ecuaciones del triángulo y del cuadrilátero son satisfactorias si los ocho ángulos compensados suman exactamente  $360^\circ$  y además cumplen con la siguiente ecuación:  $1 + 2 = 5 + 6$  y  $3 + 4 = 7 + 8$

A primera vista puede parecer que satisfechas las condiciones anteriormente mencionadas, la figura debe ser geoméricamente consistente, pero no es necesariamente así, lo cual se puede observar en las dos figuras siguientes:



FIGURA 29

Es evidente que la longitud de los lados debe tomarse en cuenta, tanto como los ángulos, esta condición es conocida como la ecuación de los lados.

$$DC = \frac{DA \operatorname{Sen} 3}{\operatorname{Sen} 6} = \frac{AB \operatorname{Sen} 1 \operatorname{Sen} 3}{\operatorname{Sen} 4 \operatorname{Sen} 6} \dots\dots\dots (1)$$

O de otra manera:

$$DC = \frac{CB \operatorname{Sen} 8}{\operatorname{Sen} 5} = \frac{AB \operatorname{Sen} 2 \operatorname{Sen} 8}{\operatorname{Sen} 7 \operatorname{Sen} 5} \dots\dots\dots (2)$$

Nótese que si estas dos fórmulas fuesen aplicadas (por -- error) a las dos figuras anteriores se obtendrán dos valores diferentes para el lado DC; sólo se podrá obtener el mismo valor para el lado DC si la figura es verdadero cuadrilátero, por lo que es recomendable emplear las dos fórmulas para su verificación.

Para que la figura sea un cuadrilátero se debe aplicar lo siguiente:

$$DC = \frac{AB \operatorname{Sen} 1 \operatorname{Sen} 3}{\operatorname{Sen} 4 \operatorname{Sen} 6} = \frac{AB \operatorname{Sen} 2 \operatorname{Sen} 8}{\operatorname{Sen} 7 \operatorname{Sen} 5}$$

Despejando DC y AB se tiene:

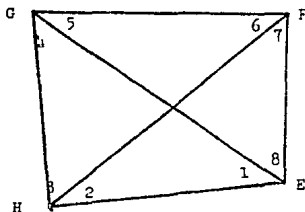
$$\operatorname{Sen} 1 \operatorname{Sen} 3 \operatorname{Sen} 5 \operatorname{Sen} 7 = \operatorname{Sen} 2 \operatorname{Sen} 4 \operatorname{Sen} 6 \operatorname{Sen} 8$$

Si se emplean logaritmos se tiene:

$$\operatorname{Log} \operatorname{Sen} 1 + \operatorname{Log} \operatorname{Sen} 3 + \dots = \operatorname{Log} \operatorname{Sen} 2 + \operatorname{Log} \operatorname{Sen} 4 + \dots$$

B) Compensación del cuadrilátero por el Método de Aproximaciones Sucesivas con Logaritmos.

En la figura siguiente EFGH es un cuadrilátero en el cual los ángulos numerados del 1 al 8 han sido medidos. La compensación de éstos ángulos es llevada a cabo de la siguiente manera:



CUADRILATEPO

FIGURA 30

F 1) Tabular los ángulos interiores de los cuatro triángulos componentes del cuadrilátero y sumarlos por separado con el objeto de hallar los errores de cierre de cada triángulo.

TRIANGULO	ANGULO	ANGULOS INTERNOS	TRIANGULO	ANGULO	ANGULOS INTERNOS
EHG	1	57° 54' 20"	HGF	3	24° 48' 05"
	2+3	72° 40' 00"		4+5	118° 51' 14"
	4	<u>49° 25' 42"</u> 180° 00' 02"		6	<u>36° 20' 47"</u> 180° 00' 06"
GFE	5	69° 25' 32"	HEF	7	37° 11' 10"
	6+7	73° 31' 57"		8+1	91° 56' 52"
	8	<u>37° 02' 32"</u> 180° 00' 01"		2	<u>47° 51' 55"</u> 179° 59' 57"

Al tabular los ángulos, a veces es posible notar qué ángulos son los de menor confiabilidad, pero de cualquier manera, es muy arriesgado hacer especulaciones, acerca de ésto, por lo que los ángulos deben considerarse que tienen el mismo peso de precisión de medición, esto a menos que existan evidencias definitivas que indiquen lo contrario. Para el caso que vamos a analizar asumiremos que todos los ángulos tienen igual peso de confiabilidad.

2) En este paso se hace la aplicación de las ecuaciones del cuadrilátero y del triángulo, para lo cual los ángulos se tabulan como se muestra en la columna i e ii, del cuadro siguiente. Nótese la forma en la cual se les ha agrupado.

(i) ANGULOS No.	(ii) MEDIDA DEL ANGULO	(iii) COMPENSACION DEL CIERRE	(iv) CIERRE DE ANGULOS	(v) CORRECCION ANG. DOBLES	(vi) COMPENSACION DE ANGULO
1	57°54'20"	-0.4	57° 54'19"6	+1.0	57°54'20"6
3	24 48 05	-0.3	24 48 04.7	-1.2	24 48 03.5
5	69 25 32	-0.4	69 25 31.6	-1.1	69 25 30.5
7	37 11 10	-0.4	37 11 09.6	+1.3	37 11 10.9
2	47°51'55"	-0.4	47°51'54"6	+1.0	47°51'55"6
4	49 25 42	-0.4	49 25 41.6	-1.3	49 25 40.3
6	36 20 47	-0.3	36 20 46.7	-1.0	36 20 45.7
8	37 02 32	-0.4	37 02 31.6	+1.3	37 02 32.9
	360°00'03"		360°00'00"0		360°00'00"0

De la columna (iv)

1 + 2 105°46'14"2      3 + 4 74°13'46"3

5 + 6 105 46 18.3      7 + 8 74 13 41.2

4"1 ..... 5"1 ... Diferencia

1.0 ..... 1"3 ... 1/2 de Diferencia



- b) Sumar los ángulos de la columna (ii). El exceso o diferencia de  $360^\circ$  es la cantidad que se tiene que compensar, el cual en este caso es de  $3''$ .

Esta cantidad se divide entre 8 y el resultado se distribuye en forma arbitraria entre los 8 ángulos, a menos que exista algún motivo para no hacerlo así. Los resultados de la división sólo se deben tomar en cuenta hasta los décimos de segundo y si esta división no es exacta se podrá distribuir los resultados en la forma que se muestra en la columna (iii).

Las compensaciones menores son aplicadas a los ángulos menores.

- c) Tabular los ángulos de cierre en la columna (iv) y nuevamente revisar que la suma sea  $360^\circ$ , entonces se aplica la ecuación de los triángulos, lo cual se hace comparando los ángulos (1 + 2) con (5 + 6) y (3 + 4) con (7 + 8). Esta compensación de los ángulos se calcula en la parte inferior del formato, la cantidad a compensar en cada ángulo será  $\frac{1}{2}$  de la diferencia que hay entre cada par. Estrictamente estas cantidades deben ser  $1''025$  y  $1''275$ , pero sólo es necesario redondearlas al decimal más cercano, con tal de que la suma aritmética total a compensar en la columna (v) sea respectivamente  $4''1$  y  $5''1$ . Entonces se tabularn los ángulos compensados co-

lumna (vi) y revisar una vez más que éstos sumen  $360^\circ$ .  
Con esto se completa la compensación del cuadrilátero  
y de los triángulos.

3) Para aplicar la ecuación de los lados se pueden emplear  
logaritmos. Se tabulan los logaritmos senos de la columna (vi)  
en la columna (vii) y se anota en la columna (viii) la "diferencia  
para un segundo". Esta diferencia se encuentra en cualquier  
tabla logaritmica. Es importante tener en cuenta que en los ángulos  
mayores de  $90^\circ$  la diferencia es negativa, ya que el logaritmo  
seno está disminuyendo.

	(vi)	(vii)	(viii)	(ix)	(x)	(xi)
ANGULOS	COMPENSACION DE ANGULOS	SENO LOG	DIF. PARA 1"	(DIF. PARA 1") <sup>2</sup>	COMPENSACION	ANGULOS COMPENSADOS
1	57° 54' 20.6	9.9279731	13.20	174.24	+ 1.93	57° 54' 22.50
3	24 48 03.5	9.6226983	45.55	45.55	+ 6.66	24 48 10.10
5	69 25 30.5	9.9713751	7.90	62.41	+ 1.16	69 25 31.60
7	37 11 10.9	9.7813313	27.75	770.06	+ 4.06	37 11 14.9
	A' =	Σ 9.3033776				
2	47° 51' 55.6	9.8701529	19.05	362.90	- 2.79	47° 51' 52.9
4	49 25 40.3	9.8805779	18.03	325.08	- 2.63	49 25 37.7
6	36 20 45.7	9.7728059	28.62	819.10	- 4.18	36 20 41.5
8	37 02 32.9 <sup>f</sup>	9.7798899	27.90	778.41	- 4.08	37 02 28.8
	B' =	Σ 9.3034266		3337.75		360° 00' 00.0

$$A' - B' = 488$$

$$e = \frac{488}{3337.75} = 0.146205$$

Después:

- a) Sumar los logaritmos de los senos de cada grupo de ángulos para hallar las cantidades A y B; si éstas dos cantidades resultan iguales, entonces la ecuación de los lados satisfecerá las condiciones, pero para el caso del ejemplo que estamos resolviendo, se tiene una diferencia de 488 en las tres últimas cifras, por lo tanto esto se debe distribuir entre los logaritmos senos de cada ángulo en las dos agrupaciones, en este caso las compensaciones son positivas en los ángulos impares (para aumentar los logaritmos senos) y negativos para los ángulos pares (disminuir los logaritmos senos).
- b) El valor del factor "e" se encuentra dividiendo (A'-B') - entre C (C es la suma algebraica del cuadrado de las diferencias de 1"), el resultado en este caso es  $\pm 0.146205$ . Este factor se multiplica por cada una de las diferencias de 1", obteniendo el valor de cada una de las compensaciones como se ve en la columna (x) las cuales se aplican a los ángulos de la columna (vi) y cuyo signo es el que se mencionó anteriormente.

**IV.3 COMPENSACION DE UN CUADRILATERO CON DOS DIAGONALES,  
POR EL METODO DE APROXIMACIONES SUCESIVAS USANDO LAS  
COTANGENTES.**

El procedimiento anterior se facilita con el uso de las cotangentes y el empleo de las calculadoras de bolsillo. Para ejemplificar esto se resolverá el mismo cuadrilátero con este método. (ver Planilla 1).

No.	ANGULOS ORIGINALES	CORRECCION $C_1 + C_2 + C_3$	ANGULOS CORREGIDOS	IMPARES SEÑOS	PAIRES SEÑOS	IMPARES COT.	PAIRES COT.	COT. <sup>2</sup>	CORRECC. K' (")	ANGULOS COMPENSADOS
1	57°54'20"	+0.6	57°54'20.6	0.487171		0.6271597		0.393329	0.91	57°54'21.51
2	47 51 55	+0.6	47 51 55.6		0.7415714		0.904665	0.8184196	-1.33	47 51 54.27
3	24 48 05	-1.6	24 48 03.4	0.419467		2.1641046		4.6833487	3.15	24 48 06.55
4	49 25 42	-1.6	49 25 40.4		0.759588		0.856259	0.733181	-1.25	49 25 39.15
5	69 25 32	-1.4	69 25 30.6	0.936214		0.3753741		0.140905	0.54	69 25 31.14
6	36 20 47	-1.4	36 20 45.6		0.59266		1.359046	1.847008	-1.99	36 20 43.61
7	37 11 10	+0.9	37 11 10.9	0.6044095		1.3181028		1.737394	1.91	37 11 12.81
8	37 02 32	+0.9	37 02 32.9		0.6024069		1.325000	1.755625	-1.94	37 02 30.96
Σ 360°00'03"			360°00'00.00"	0.2010895	0.2011067			12.10921		360°00'00.00"

67

$$1 + 2 \quad 105^{\circ}46'14.72$$

$$5 + 6 \quad \underline{105 \quad 46 \quad 18.3}$$

$$\text{Diferencia} \quad 04.71$$

$$\frac{1}{2} \text{ Diferencia} \quad C_2 = 1.70$$

$$C_1 = \frac{3''}{8} = 0.375$$

$$3 + 4 \quad 74^{\circ}13'46.73$$

$$7 + 8 \quad \underline{74 \quad 13 \quad 41.2}$$

$$05.71$$

$$C_3 = 1.73$$

$$K'' = \frac{1 - (\text{Prod. Sen. Imp.})}{\Sigma \text{ Cot}^2} \div (\text{Prod. sen. par})$$

$$K'' = 0.0000070629$$

$$K' = 206265.0 \text{ K}''$$

$$K' = 1.7456839266$$

PLANILLA 1

#### IV.4 POLIGONALES.

Las poligonales no se deben adoptar como una alternativa de las triangulaciones o trilateraciones. Su cualidad es la de poder proporcionar control en áreas donde la triangulación o trilateración puede ser imposible o extremadamente difícil y demasiado costosa. La poligonal generalmente se emplea a lo largo de la costa cuando no hay ancho suficiente para hacer una triangulación normal; ya sea debido a la vegetación espesa a lo largo de la playa o a la configuración del terreno (cerros muy cerca de la playa).

##### Poligonales Abiertas y Cerradas.

Una poligonal abierta es aquella que empieza en un punto conocido, del cual se sabe sus coordenadas y se interna en un área desconocida.

Una poligonal cerrada es la situada entre dos estaciones que han sido trianguladas y que tienen el mismo punto geodésico de origen. En este caso sí existe la posibilidad de comprobar las mediciones lineales y angulares de los tramos y vértices -- respectivamente de la poligonal.

## Desarrollo de Poligonales.

En la Fig. (A) se muestra una poligonal (ideal) entre dos puntos conocidos "A" y "B" la longitud de los tramos que lo conforman son todos de igual di mensión y además tienen un mismo rumbo la poligonal es de hecho una línea recta con un solo rumbo que enlaza los puntos "A" y "B".

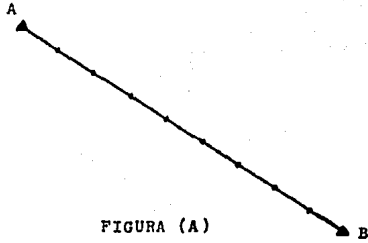


FIGURA (A)

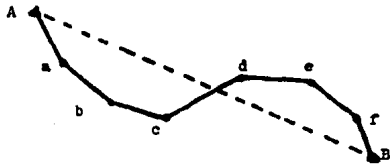


FIGURA (B)

Sino se considerasen los errores la poligonal ilustrada en la figura (B) debe ser tan buena como la anterior; sin embargo, en la práctica los errores están siempre presentes, cuanto más se desvían de la línea recta que une a los dos puntos y además de esto sí los tramos que conforman la poligonal son

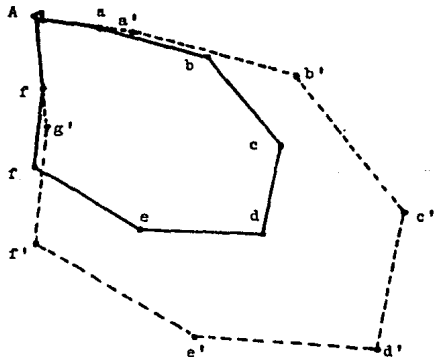


FIGURA (C)



de dimensiones muy heterogéneas, la precisión de la poligonal es cada vez menor.

En la Figura (C) la poligonal empieza y termina en el mismo punto. En este caso si bien posibilita la revisión de las mediciones angulares, no hay ninguna posibilidad de verificar las mediciones lineales, aún si la poligonal cierra en el mismo punto ya que los vértices a, b, c, etc. no pueden ubicarse en su verdadera posición si el instrumento empleado para medir las distancias tiene un error de escala (constante).

La línea llena muestra el desarrollo de la poligonal verdadera, entre tanto la línea segmentada muestra el desplazamiento de los vértices debido a un error (en este caso mayor) en la escala.

Cabe señalar que en algunas ocasiones el punto inicial de la poligonal cuenta con coordenadas conocidas de alguna red de triangulación, pero en la mayoría de los casos se tiene que hacer mediciones hidrométricas e hidrográficas en regiones remotas y sin ninguna posibilidad de conectar la poligonal a ninguna red de triangulación.

Por lo tanto se puede hacer una poligonal a lo largo de una franja de la playa, empezando en un punto arbitrario con coordenadas cero o cualquier número redondo; el rumbo del azimut al siguiente punto de la poligonal se puede determinar por medio de -

una brújula (debe tenerse en consideración las influencias magnéticas del lugar) o por observaciones astronómicas. Posteriormente si se dispone de tiempo se puede tratar de empalmar la poligonal a un punto geodésico de una red de triangulación existente. Las mediciones hidrográficas pueden empezar tan pronto como se tengan marcados los vértices en el terreno.

El método más común para el levantamiento de poligonales es el de medición directa de ángulos que consiste en medir el ángulo en cada punto o estación, midiéndolo por repeticiones para obtener un valor aceptable, al final de la medición de los vértices se debe comprobar el cierre angular, si está dentro de la tolerancia se tomará como bueno, sino se repetirá el trabajo. La medición de los lados del polígono se efectúa con cinta o distanciómetro, por lo menos una vez en ambos sentidos.

Es necesario tomar un rumbo o azimut de partida con el fin de calcular todos los lados del polígono.

Cuando se ha terminado el trabajo de campo se procede a ordenar todos los datos obtenidos para efectuar los cálculos correspondientes a la construcción del plano.

El método de coordenadas rectangulares es sin duda el mejor por su exactitud, las ventajas de éste son:

- la precisión para fijar las posiciones de los puntos no depende de la posición de puntos anteriores.
- se puede saber de antemano la posición u orientación y -

el tamaño del papel de dibujo.

- en las poligonales cerradas se puede conocer el grado de exactitud o su error relativo para su fácil compensación.
- el cálculo de áreas, división del predio se facilitan, conociendo sus coordenadas. El único inconveniente es el mayor número de cálculos que hay que efectuar.

Los cálculos que hay que efectuar son los siguientes:

#### 1. Compensación de ángulos.

La suma de todos los ángulos de una poligonal partiendo de un rumbo inicial debe dar el rumbo final (cierre), pero debido a factores inevitables y a errores accidentales (equivocaciones) que ocurren en todo trabajo de medición, hay siempre discrepancias, sin embargo éstas no deben rebasar ciertos límites dependiendo esto del grado de precisión que se desee para cada tipo particular de mediciones que se desee realizar. El error angular no debe exceder de la tolerancia "T" que se determina con la ecuación:  $T = a + \sqrt{n}$

En donde a = aproximación del aparato.

n = número de lados.

T = tolerancia.

Para verificar el cierre angular en las poligonales cerradas la suma angular debe ser igual al valor que resulte de las siguientes ecuaciones.

### 3. Cálculo de proyecciones de los lados.

Mediante los ejes cartesianos podemos dar la posición a un punto o la proyección de una línea, estos ejes se conocen como de las "y" u ordenadas al vertical y "x" o abscisas al horizontal: en topografía el eje "Y" coincide con la línea Norte-Sur. El cálculo de las proyecciones de los lados de un polígono son:

$$Y = \text{distancia} \times \text{coseno del rumbo}$$

$$X = \text{distancia} \times \text{seno del rumbo.}$$

Las abscisas son positivas a la derecha del eje "Y" o hacia el (Este) y negativas hacia el (Oeste). Las coordenadas son positivas hacia el Norte(arriba) y negativas hacia el Sur (abajo).

La suma de las proyecciones Norte debe ser igual a la suma de las proyecciones sur al igual que las del Este y Oeste. Si estas difieren se procede a hacer su compensación.

$$\sum \text{Proy. N} - \sum \text{Proy. S} = E_y \text{ Error en } y$$

$$\sum \text{Proy. E} - \sum \text{Proy. W} = E_x \text{ Error en } x.$$

Pero antes se verifica si se esta dentro de la tolerancia para lo que se necesita el error total (ET).

$$ET = \sqrt{E_y^2 + E_x^2}$$

Con el cual se calcula la precisión con la que se efectuó el levantamiento.

$$P = \frac{ET}{L} \quad L = \text{perímetro.}$$

Este factor debe ser menor o igual a la tolerancia especificada.

Angulos interiores =  $180 (n-2)$

Angulos Exteriores =  $180 (n+2)$

En donde n = número de lados.

Si la suma angular difiere del resultado de las ecuaciones de condición, se compara el error con la tolerancia, si se encuentra dentro de ésta se procede a compensar de no ser así se repite el trabajo.

Para efectuar la compensación el error se distribuye por igual si todos han sido medidos con las mismas condiciones.

## 2. Cálculo de rumbos.

El azimut de cada tramo de la poligonal se obtiene sumando el ángulo compensado al azimut del lado inmediato anterior menos  $180^\circ$ . Si se obtiene un valor mayor de  $360^\circ$  se debe restarle  $360^\circ$ .

Ejemplo:

Azimut inicial del punto A al B .....	340° 30'15"3
	+
Angulo en B .....	230 15 17.0
	<u>570 45 32.3</u>
	-
	180 00 00.0
	<u>390 45 32.3</u>
	-
	360 00 00.0
Azimut $\overline{BC}$ .....	<u>30° 45'32.3</u>

Si se esta dentro de tolerancia se procede a compensar, sino se repite el trabajo.

#### 4. Compensación de las Proyecciones.

Una vez conocidos los errores en "X" e "Y" se calculan las correcciones respectivas "Cx" y "Cy" (corrección en x y corrección en y), por medio de la regla del tránsito:

$$Cx = \left( \frac{Ex}{L \text{ Proy. EW}} \right) \text{ Proy. EW}$$

$$Cy = \left( \frac{Ey}{L \text{ Proy. NS}} \right) \text{ Proy. NS}$$

#### 5. Cálculo de las Proyecciones corregidas.

El signo de las correcciones es tal que:

Se suma a las proyecciones cuya suma es menor. Y se resta a las proyecciones cuya suma es mayor, para poder tener -- las proyecciones corregidas.

#### 6. Cálculo de las Coordenadas de los Vértices.

Partiendo del primer vértice cuyas coordenadas ya estan establecidas de artemano y sumando algebraicamente y sucesivamente las proyecciones de los lados se obtienen las coordenadas de los vértices.

#### IV.5 DETERMINACION DEL AZIMUT DEL SOL.

Para determinar el rumbo entre dos puntos (de triangulación o poligonal) con relación al norte astronómico, se tiene que medir simultáneamente el ángulo horizontal (dirección del Sol respecto a un punto de referencia) y el ángulo vertical - (altura del Sol sobre el horizonte).

Teniendo estos datos se podrá calcular el azimut del Sol y por consiguiente se podrá conocer el rumbo, relacionado al norte astronómico de la línea que une los dos puntos mencionados.

Para este tipo de mediciones se requiere de los siguientes instrumentos:

- Un teodolito o tránsito.
- Un cronómetro.
- Termómetro.
- Un Barómetro.

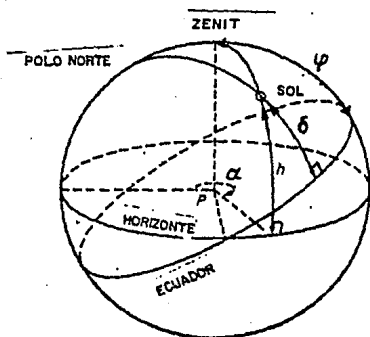
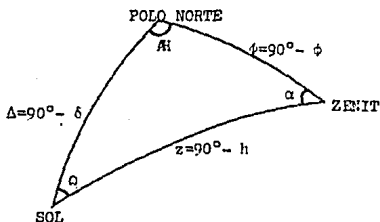


FIGURA 32

## ESFERA CELESTE

El azimut del Sol se calcula en el triángulo esférico, - polo-norte, zenit, Sol, estos tres parámetros por conocer son:

- Altura medida del Sol ( $h$ )
- Declinación del Sol ( $\delta$ )
- Latitud geográfica del punto de observación ( $\phi$ ).



## TRIANGULO ASTRONOMICO

FIGURA 33



La determinación del azimut de una línea comprende de dos operaciones las cuales son las siguientes:

1.- La medida de un ángulo horizontal entre la línea de la cual se requiere su azimut y la visual al astro, y el ángulo vertical que comprende desde el plano del horizonte hasta el astro.

2.- Cálculo astronómico del azimut del astro.

El azimut deseado es igual al azimut del astro más o menos el ángulo horizontal medido.

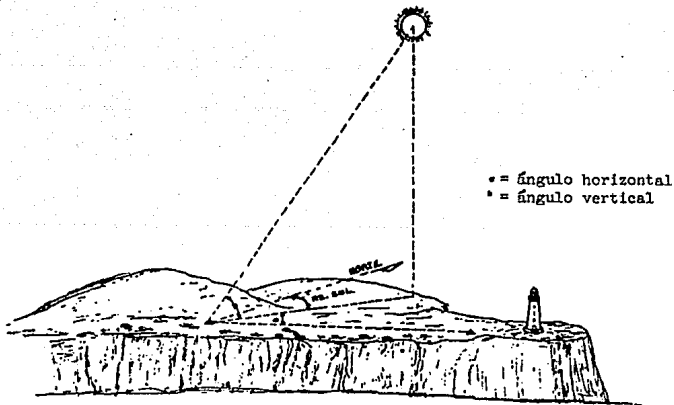


FIGURA 34

Existen tres métodos para determinar el azimut de una línea de los cuales analizaremos solo uno.

Método de Distancias Zenitales de un Astro.

El cálculo del azimut se puede efectuar utilizando la ecuación:

$$\cos Az = \frac{\sin \delta - \sin \phi \sin h}{\cos \phi \cos h}$$

Para aplicar la ecuación anterior es necesario conocer la latitud del lugar y la declinación del Sol, además de corregir la altura observada por paralaje y refracción atmosférica, por lo que a continuación se describen los métodos y fórmulas para determinar dichas variables.

La latitud ( $\phi$ ) puede ser obtenida de una carta náutica - (portulano) con una aproximación de 1'.

La declinación del Sol se obtiene de un anuario astronómico o de un almanaque náutico, de la fecha de la observación, en función de la hora media de Greenwich (GMT).

Para reducir la declinación, se promediarán las horas de la observación y se calculará el intervalo entre dicho instante y la hora que corresponda a la declinación del astro en el momento

to de su paso por el meridiano, la cual se encuentra en el anuario astronómico. Este intervalo tendrá signo (-) ó (+) dependiendo de que la observación se haya hecho antes o después de la hora de paso.

El cálculo de la declinación en el momento de la observación se aclara con el siguiente ejemplo:

Calcular la declinación del Sol el día 13 de abril de 1986 en Frontera, Tabasco, a la hora de observación de  $8^h 30^m 12^s$ .

Hora de observación	$8^h 30^m 12^s$
Hora de paso	<u><math>12^h 00^m 32^s</math></u>
Intervalo	$-3^h 30^m 20^s$
Intervalo en horas	3.505556
Declinación el día 12 de abril	$8^{\circ} 46' 09''$
Declinación el día de la observación	<u><math>9^{\circ} 07' 57''</math></u>
Diferencia	$0^{\circ} 21' 48''$
V.F. = Diferencia $\div 24^h$	$0^{\circ} 00' 54''.5$
Intervalo x V.F.	$-0^{\circ} 03' 11''.05$
Declinación el día de observación	<u><math>9^{\circ} 07' 57''</math></u>
Declinación a la hora de observación.	$9^{\circ} 04' 45''.95$

Correcciones en las Mediciones, Altura o Distancia Zenital.

Hay dos correcciones que se tienen que aplicar:

- Refracción astronómica.

- Paralaje.

- Refracción Astronómica.

Esta refracción juega un papel muy importante durante las observaciones de los cuerpos celestes, ya que al momento de que los rayos penetran a las capas mas densas del aire causa una refracción (desviación) tendiente a la normal.

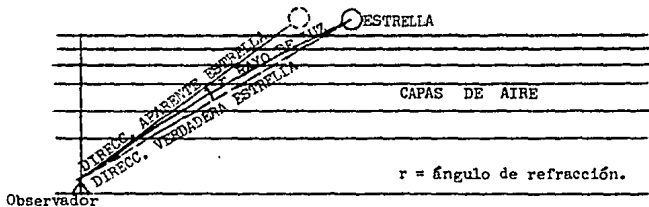


FIGURA 35

La corrección del ángulo vertical denominado altura del cuerpo celeste observado es una función de la altura (h), de la presión barométrica (p) y de la temperatura en el lugar de las observaciones.

La refracción puede calcularse por medio de la fórmula siguiente:  $r = p \cdot \beta \cdot \tau$

donde:

$r$  = refracción

$\rho = 60''6 \tan Z$  ó  $e = 60''6 \cot h$

$\beta = \frac{P}{762}$  ;  $P$  = presión en mm de Hg

$\tau = \frac{1}{1 + 0.004 t}$   $t$ : temperatura °C en el momento de la observación.

La refracción tendrá signo negativo para las alturas y sig no positivo para las distancias zenitales.

EJEMPLO REFRACCION:

DATOS:  $P = 754.3$  mm

$T = 17.6^\circ\text{C}$

$h = 46^\circ 11'$

USANDO LA FORMULA:

$60''6 \cot 46^\circ 11' = 58''147148$

$\frac{754.3}{762} = 0.989895$

$\frac{1}{1 + 0.004 (17.6)} = 53''7738$

$h_c = h - r$

$h_c = 46^\circ 11' - 53''7738$

$h_c = 46^\circ 10' 06''22$

**Paralaje:**

La segunda corrección que debe aplicarse a la altura media, se debe a que el lugar de observación no está en el centro de la Tierra, sino en su superficie lo cual se le denomina paralaje.

Esta corrección es  $p = 8'' \cos h$

Si  $h = 0^\circ \quad 10^\circ \quad 20^\circ \quad 30^\circ \quad 40^\circ \quad 50^\circ$

$p = 0'' \quad 9'' \quad 8'' \quad 8'' \quad 7'' \quad 6''$

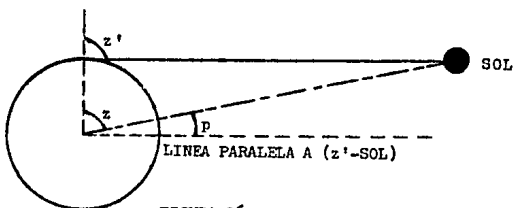


FIGURA 36

A la distancia zenital se le resta el paralaje y a la altura se le suma.

El signo de las correcciones es opuesto entre sí como a continuación se señala.

$$h = h' - \text{refracción} + \text{paralaje}$$

$$z = z' + \text{refracción} - \text{paralaje.}$$

## C A P I T U L O V

### APOYO VERTICAL

El objetivo del apoyo vertical de un levantamiento topohidrográfico consistente en establecer un banco de nivel lo más cercano a la zona de estudio, con el fin de dar control a las elevaciones medidas que son afectadas por la influencia de las mareas y así dar el valor correspondiente y correcto a las cotas que nos definirán la forma del lecho marino.

En topografía existen tres tipos de nivelaciones:

- a) Nivelación geométrica o por alturas.
- b) Nivelación trigonométrica.
- c) Nivelación Barométrica.

Para efectos de traslados de bancos de nivel se utiliza el método de nivelación por alturas de precisión conocido comunmente como Nivelación de Precisión.

La precisión depende de la exactitud con que se coloca la línea de colimación y de la precisión de las lecturas en la mira, lo que hace necesario utilizar aparatos bien contruídos y perfeccionados, como el que se mencionó y describió en el capítulo II.

A todo esto corresponden métodos operatorios especiales, de los cuales vamos a ocuparnos a continuación.

#### V.1 Procedimiento de Campo.

el procedimiento de campo para efectuar una nivelación de este tipo es el siguiente:

- a) Se colocará la mira "A" en el banco de partida, cuidando que se quite la riostra.
- b) Se situará el instrumento en estación de acuerdo a las condiciones topográficas y metereológicas existentes.
- c) Se coloca la mira "B" a una distancia igual a la que existe entre la mira "A" y el instrumento, medida a -- pasos por el porta-miras.



- d) Se nivela el instrumento con el nivel esférico.
  - e) Se dirige la visual hacia la primera mira "A".
  - f) Se hará la coincidencia de meniscos de la burbuja del nivel tubular.
  - g) Se llevará el hilo horizontal por medio del tornillo micrométrico a la escala "a", de tal forma que los lados de la cuña de la retícula sean tangentes a la marca correspondiente de la mira (como se indica en el capítulo I, Figura No. 18).
  - h) Se leerán los hilos superior medio e inferior, complementando la lectura del hilo medio con la del micrómetro, anotando en la libreta de campo correspondiente.
  - i) Se leera y anotará la escala "b" de la misma mira únicamente con el hilo medio, con la correspondiente del micrómetro.
  - j) Se obtendrán los intervalos estadimétricos y se comprobará que la diferencia entre ellos sea de 0.002m, sumándolos y anotando el resultado, el cual llevaremos a la gráfica de corrección dada por el fabricante, para obtener así la distancia y anotarla en el registro. (Ver gráfica siguiente).
- Se comprobará además que la diferencia entre la lectura del hilo medio en la escala "a" y la lectura del hilo medio en la escala "b" sea la propia de la mira, en este caso 3.015m con una tolerancia de  $\pm 0.0005m$ .

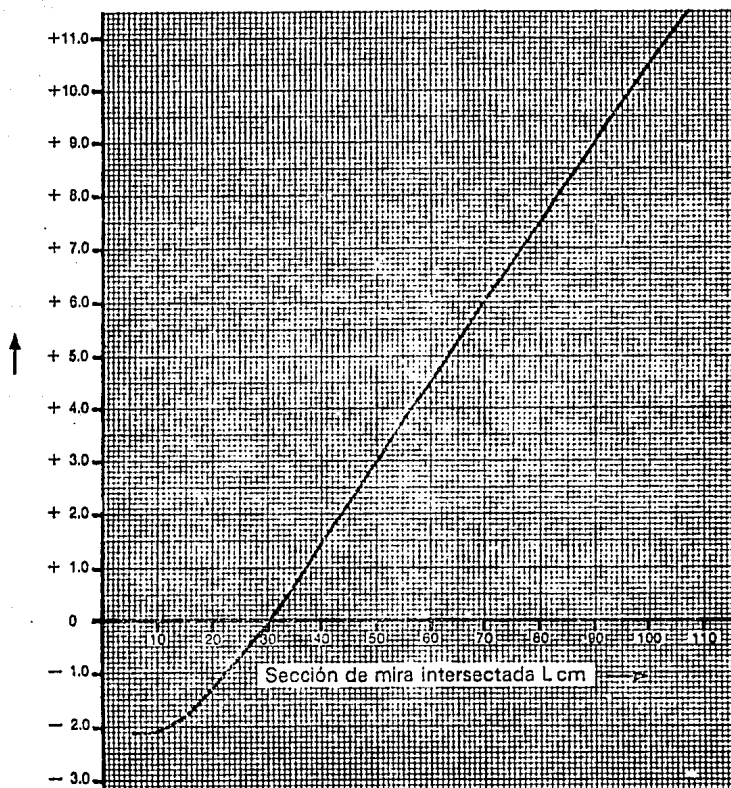


Diagrama 2: Tabla de las distancias; L = sección de mira intersectada  $A_1 - A_2$

Distancia  $D = 100 L + K$

Ejemplo:  $L = 52,5$  cm

$100 L = 52,5$  m

$K = +3,4$  m

$D = 55,9$  m

- k) Se leerá la mira "B" de adelante repitiendo las instrucciones de los incisos e) al h) una vez que se haya comprobado que las distancias de las visuales no varien en mas de un 8%, una con respecto a la otra, debiendose -- cuidar de no exceder en 60 m los brazos nivelados.
- l) Se trasladará el instrumento a la siguiente estación y también el portamira "A", colocando la ríostra colocará la mira sobre el sapo en el nuevo punto de liga.
- m) Se realizarán las lecturas en la forma ya descrita pero leyendo primero la mira de adelante.
- n) Se continuará la nivelación leyendo en las estaciones pares primero la mira de adelante y en las estaciones impares la mira de atrás.

El número de estaciones será siempre par, lo que significa que la mira con la que se sale será con la que lle<sub>g</sub>ue, eliminando de esta forma el error de índice.

Al terminar la sección la cual no debe de pasar de 1 km se procederá a efectuar la nivelación de regreso, con el mismo procedimiento.

Las nivelaciones efectuadas deberán cumplir con las siguientes tolerancias para cierres de secciones corridas en ambos sentidos:  $0.004 \text{ m } \sqrt{k}$        $k = \text{distancia de la sección en km.}$

El registro de campo correspondiente a una nivelación de -

este tipo es como el que se presenta a continuación, el cual consiste en una nivelación efectuada únicamente con tres puestas de aparato o tres puntos de liga, ésto con el fin de ejemplificar una corrida de ida y vuelta.

Línea **TEDMAN-PTO. VALLARTA.**  
 Sección **Tramo BN 381-PL-3**  
 Observador **ADOLFO REYES R** Anotador **GILBERTO L.**

Instrumento **N-3 WILD**  
 Fecha **1 JUNIO-1984.** Hora **8:30**  
 Estado Atmosférico **DESPEJADO.** Nivelación de **IDA**  
Box-1414

HQJA **32**

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01		9269				295
02	BN-381	4020	538	402538	249	498
03		3771			249	5275
04	PL-1					
05		1010	010	101010		
06				301.528		
07						
08		4891				3.6
09	PL-1	4620	337	462337	271	542
10		4349			271	578
11	PL-2					
12		1600	775	160785		
13				301.552		
14						
15		4750				3.6
16	PL-2	4980	233	498233	270	590
17		4210			270	526
18	PL-3					
19		1460	714	146714		
20				301619		
21						
22				Σ 1313108	Σ	168.15
23				+ 1329038		+ 172.35
24		DESNIVEL		5930		
25						340.50

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01						
02	342-A					
03		4747				3.05
04	342-B	4490	826	449826	257	514
05		4233			257	5445
06						
07		1480	314	148314		
08				301.512		
09	342-B					
10		4542				3.6
11	342-A	4270	480	427480	272	544
12		3998			272	58.0
13						
14		1260	947	125977		
15				301.643		
16						
17	342-A					
18		4790				3.9
19	342-B	4510	732	451732	280	560
20		4230			280	599
21						
22		1500	184	150184		
23				301.548		172.35
24						
25				Σ 1329038		

00

TECOMAN-PTO VALLARTA.

HOJA

33

Línea \_\_\_\_\_  
 Sección MALIK  
 Observador MALIK

Tramo PL-3-BN-381  
 Anotador GILBERTO L.

Instrumento N-3 WILD  
 Fecha 1 JUNIO - 1929  
 Estado Atmosférico DESPEJADO  
 Hora 17:30  
 Nivelación de VUELTA.  
CON HELIO

	P.V.	LECTURAS POSITIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA		No DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MICRO-METRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
01		4797				3.7	01						
02	PL-3	4520	318	452318	277	55.4	02	342-B					
03		4243			277	59.1	03		4719				4.0
04	PL-2						04	342-A	4432	007	443207	287	579
05		1500	821	150821			05		4145			287	61.4
06				301497			06						
07							07		1470	713	147173		
08		4502				3.7	08				301494		
09	PL-2	4230	345	423345	272	54.4	09	342-A					
10		3958			272	58.1	10		4896				3.7
11	PL-1						11	342-B	4620	231	462231	276	552
12		1210	840	121840			12		4344			276	58.9
13				301505			13						
14							14		1600	727	160727		
15		4740				3.2	15				301505		
16	PL-1	4480	123	448123	260	52.0	16	342-B					
17		4220			260	55.2	17		4313				3.3
18	BN-381						18	342-A	4120	414	412414	263	52.6
19				146634			19		3857			263	55.9
20				301484			20						
21					Σ	172.4	21				110905	Σ	176.2
22						176.2	22				301504		
23			Σ	1323786			23						
24				1317852		348.6	24				1317852		
25		DESNIVEL.		5.934			25						

## V.2 CALCULO DE DESNIVELES.

Para calcular el desnivel se toma en cuenta las lecturas del hilo medio. Los desniveles de cada tramo se obtienen por las diferencias entre las sumas totales de las lecturas del hilo medio y el micrómetro atrás (+) y adelante (-).

En otras palabras el desnivel es la suma algebraica de las diferencias parciales de las lecturas atras y adelante de cada estación.

La obtención del desnivel no es tan simple ya que se deben tomar en cuenta algunos aspectos que intervienen y que de ellos depende poder alcanzar una mayor precisión en la obtención de las elevaciones.

### Correcciones

Corrección por Curvatura y Refracción.

Cuando una visual positiva (atrás) y otra negativa (adelante) difieren en longitud cada una de ellas debe ser corregida. Esta corrección se aplica al desnivel, debido a que la visual pasa por diferentes capas atmosféricas y la curvatura terrestre.

Para anular este error en el trabajo de campo únicamente

se debe colocar el instrumento equidistante de ambas miras en todas las estaciones.

La corrección se calcula con la ecuación:

$$C_c = 67.6 D^2$$

donde:

$C_c$  = Corrección por curvatura y refracción en mm.

$D$  = Distancia del instrumento a la mira en km.

Esta ecuación está dada por un coeficiente de refracción de 0.07 y un radio de curvatura de 6,364 km.

Ejemplo.-

Distancia del instrumento a la mira (atrás) 70.0 m

Distancia del instrumento a la mira (adelante) 85.0 m

Lectura mira instrumento a la mira (atrás) (+)2.75435 m

Lectura mira instrumento a la mira (adelante) (-)1.53645 m

Desnivel = +1.21790 m

Desnivel corregido: 1.21774

#### Corrección por Longitud de la Mira.

Esta corrección se aplica cuando la mira de nivelación no tenga realmente la longitud indicada en las graduaciones para - llevarla a efecto será indispensable realizar la estandarización



de las miras de nivelación para comprobar lo anterior; la estandarización se efectúa a una cierta temperatura efectuando varias comprobaciones, esta actividad debe de hacerse por técnicos capacitados y equipo adecuado. Las miras deben de utilizarse por pares como una sola unidad, a menos que las circunstancias lo impidan.

Se debe encontrar:

- La corrección por metro nominal, a partir de los datos de la estandarización y multiplicando esta corrección por el desnivel se obtiene la corrección final.
- La corrección se calcula por la fórmula: (US Coat and Geodetic Survey, Special Publication # 240);  $C_L = D(e)$  donde:  $C_L$  = corrección por longitud de la mira.  
D = Desnivel.

(e) = Exceso (diferencia de la longitud real de la mira con respecto a la longitud nominal, después de la estandarización; el signo será positivo. cuando exceda la longitud de la original y negativo en caso contrario). Está dado en mm/m.

Ejemplo.-

Desnivel =	(+) 1.28806 m
e =	0.033 mm/m
Desnivel corregido =	+ 1.21810 m

Corrección por Temperatura.

Esta corrección se aplica al desnivel cuando se efectúa la nivelación a una temperatura diferente a la que las miras fueron estandarizadas. Se deberá medir y anotar la temperatura al inicio de cada corrida de una sección (en un termómetro que esté en contacto con la faja de metal invar de las miras), durante el desarrollo de la nivelación y al final del trabajo del día en caso de que se continúe la nivelación.

Cuando se tenga alguna interrupción durante la nivelación de una corrida, resultará tener que hacer una anotación extra de temperaturas.

Para calcular la corrección se necesita conocer los valores de la temperatura a que se estandarizaron las miras, así como el coeficiente de expansión de la cinta de metal invar. Las temperaturas se toman con aproximación al grado, el coeficiente de expansión se utiliza con los mismos decimales que se usaron en la estandarización y se debe respetar el signo algebraico de todos los factores que intervienen.

La corrección se calcula por la fórmula (US Coast and Geodetic Survey, Special Publication # 240):  $CT = (T_m - T_s) DxC_e$

donde:

CT = corrección por temperatura.

$T_m$  = temperatura promedio (en la nivelación).

$T_s$  = promedio de las temperaturas a la que se estandarizaron las miras.

$D$  = desnivel.

$C_e$  = coeficiente de expansión.

**EJEMPLO:**

$T_m = 36^\circ$

$T_s = 26^\circ$

$D = (+) 18.24755m$

$C_e = +0.000001$

**DESNIVEL CORREGIDO = +18.24773m.**

### V.3 ESTABLECIMIENTO DE REGLAS DE MAREAS.

Cuando ya esta establecido un banco de nivel cercano a la zona de estudio es necesario colocar reglas de marea relacionadas con algún plano de referencia, por lo que es conveniente - mencionar algunos de ellos.

Altura máxima registrada.- Nivel más alto registrado en la estación por efectos de algún tsunami o ciclón.

Pleamar máxima registrada.- Nivel más alto registrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también a que tengan - influencias sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

Nivel de pleamar media superior.- Promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en cada estación.

Nivel de pleamar media.- Promedio de todas las pleamares durante el período considerado en cada estación.

Nivel medio del mar.- Promedio de las alturas horarias durante el período considerado en cada estación.

Altura mínima registrada.- Nivel más bajo registrado en la estación por efecto de algún tsunami.

Bajamar mínima registrada.- Nivel más bajo registrado debido a las fuerzas de las mareas periódica, o también que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

Nivel de bajamar media inferior.- Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el periodo considerado en cada estación.

Nivel de bajamar media.- Promedio de todas las bajamares durante el periodo considerado en cada estación.

Nivel de media marea.- Plano equidistante entre la pleamar media y bajamar media.

Para efectos de navegación es utilizado el nivel de bajamar media inferior como plano de referencia en el litoral del Pacífico y el nivel de bajamar media en el Golfo de México. Por lo que es necesario conocer a que plano de referencia se encuentra el banco de nivel y relacionarlo con el plano requerido, como apoyo se pueden utilizar las tablas de predicción de Mareas editadas por la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde están tabuladas las equidistancias entre los planos de referencia men-

cionados, por puertos y así poder establecer el origen de la regla de mareas debidamente.

Como ejemplo citaremos el establecimiento de una regla de mareas en el Puerto de Topolobampo, Sinaloa. Se cuenta con un banco de nivel cuya elevación es 2.100 m referidos al Nivel medio del mar y el plano de referencia requerido será el nivel de bajamar media inferior.

Al buscar las tablas de Predicción de Mareas mencionadas encontramos que el nivel de bajamar media inferior se encuentra a  $-0.610$  m del nivel medio del mar, por lo que el cero de la regla de mareas deberá encontrarse a  $(2.100 + 0.610) = 2.71$  m abajo del banco de nivel y se colocará como se ilustra en la figura

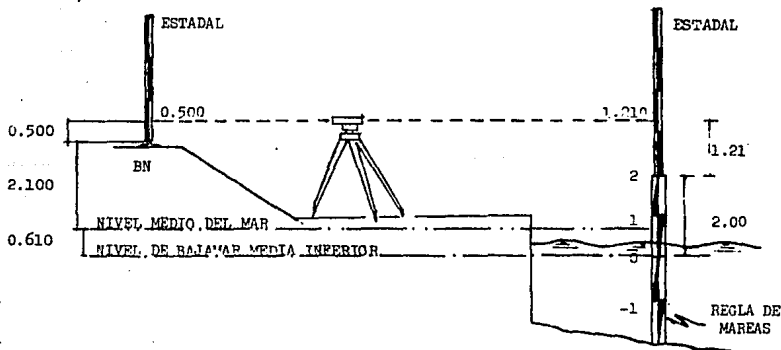


FIGURA 37

## V.4 CORRECCION POR FLUCTUACION DE MAREAS.

Como parte esencial del control vertical se encuentra la corrección de las lecturas del registro del ecosonda, la cual será:

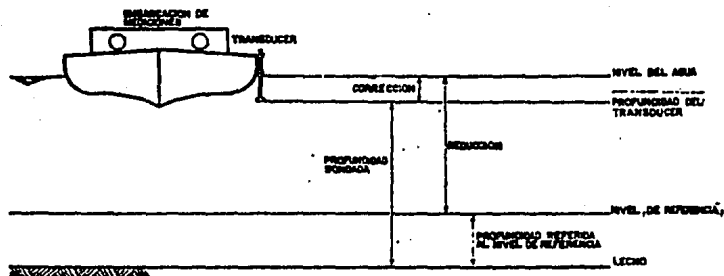
- a) En el caso de que la línea cero del registro se haya hecho coincidir con el cero de la escala, la corrección tendrá que ser igual a la suma algebraica de la longitud del transducer por debajo de la superficie del agua más la profundidad registrada.
- b) En el caso de que la línea cero del registro este en su correspondiente profundidad con respecto a la escala de lectura no se hará corrección.

Las profundidades sondeadas deberán ser reducidas a fin de que las mediciones realizadas en diferentes momentos tengan compatibilidad unas con otras, ya que el nivel de la superficie varía a cada instante (por la marea), la profundidad medida de un mismo punto a diferente hora no será la misma.

Este plano de referencia podrá ser cualquiera de los mencionados anteriormente.

La diferencia entre el nivel de la marea en el momento de la medición y el plano de referencia al cual es referido el son-  
daje se le llama reducción.

La suma algebraica de la profundidad sondeada y la reduc-  
ción, dará la profundidad relativa al nivel de referencia, al -  
cual se le denomina profundidad hidrográfica.



CORRECCION Y REDUCCION DEL SONDAJE

FIGURA 38



## C A P I T U L O VI

### B A T I M E T R I A

Las mediciones batimétricas son una parte indispensable en los estudios de campo ya que da información de la configuración del fondo y da una idea de la sedimentación y erosión en el área de estudio.

Es importante llevar a cabo estas mediciones con la mayor precisión posible, lo cual dependerá de los siguientes factores: calibración del ecosonda, sistema de posicionamiento de la embarcación, mediciones del nivel del agua (para establecer con precisión el nivel de referencia para la reducción de los sondeos). Asimismo, se deberá seleccionar el tipo de ecosonda que corresponda a las necesidades del estudio.

Si se supone que existen estratos [capas] de fango o lodo blando, o las mediciones se hacen con fines de pre-dragado, o post-dragado, se debe emplear un ecosonda de baja frecuencia, a fin de detectar el espesor del estrato de material y/o la sedimentación o erosión, puesto que las ondas de sonido de baja frecuencia tienen la capacidad de penetrar las capas mas blandas.

Los ecosondas de alta frecuencia solo registran la parte superior del estrato en contacto con el agua, sea cual fuese la composición de este estrato.

La batimetría en los ríos se hace por medio de perfiles - transversales paralelos y a intervalos regulares a lo largo del río. La posición de la embarcación en el perfil se determina - por medio de observaciones lineales o angulares, y al mismo tiempo se hace una marca en el papel de registro del ecosonda (Figura 9, Capítulo II ), determinando de esta forma el posicionamiento horizontal y vertical del punto en el perfil.

En los estuarios y en el mar los sondeos se hacen en líneas perpendiculares a la playa, con el objeto de obtener con la mejor precisión la posición de las curvas batimétricas. Los intervalos de los perfiles en este caso dependerá de la finalidad de su uso y de la escala en la cual se dibujará el plano.

El posicionamiento se puede efectuar por medio de métodos

ópticos, sextantes, teodolitos, telemetros, métodos lineales, - balizamiento o por medio de equipos electrónicos.

Es importante que antes de empezar cualquier Batimetría sean comparados los relojes que intervendran en el equipo, ya - que la hora será anotada en los registros de campo y en la gráfica del ecosonda, así como el número correspondiente a cada -- punto de sondeo. Lo anterior es con el objeto de facilitar la verificación de cualquier representación dudosa.

Cuando el posicionamiento se efectúa por medio de lecturas de ángulos empleando sextante, además de los miembros de la tripulación debe de haber tres operadores (instrumentistas), dos pa ra medir los ángulos simultáneamente y una persona para graficar la posición de la embarcación y dirigir al piloto, para que la - embarcación no se salga demasiado del perfil pre-establecido, de bido a la deriva u otro factor.

Cuando los ángulos son medidos desde tierra por medio de - teodolitos o transitos el número de operadores es el mismo que el anterior.

En cada medición de los ángulos un miembro de la tripula-- ción hace una marca en el registro del ecosonda (con el pulsador) y anota en un formulario el número de orden y la hora. Los ángu los medidos y la marca en el registro del ecosonda tienen la mis

ma numeración correspondiente.

Si el posicionamiento se hace por medios electrónicos, sólo se necesitan dos operadores además de la tripulación. Un operador para indicar la posición y dirigir al piloto y otro para manipular las unidades receptoras y el equipo de ecosonda.

Si en la zona de estudio se estableció una regla de marea es necesario disponer de una persona para que registre la lectura de la marea que marca la regla.

En el registro del ecosonda al comienzo y al final de cada perfil (corrida) se hace doble marca [dos líneas] y se anota en el formulario.

Como se mencionó anteriormente es necesario diferenciar la forma de llevar a cabo el posicionamiento que se realiza en los ríos y el posicionamiento que se realiza en una costa abierta, ya sea tomando como criterio el propósito de los diferentes tipos de mediciones o en relación al área en sí, ya que en los ríos se tiene una área restringida en comparación con las áreas en estueros o a lo largo de la costa.

Esto significa que en los ríos, se tiene que proveer de medios para facilitar que la embarcación de mediciones al cruzar el río, lo haga en una línea perpendicular al flujo del mismo.

En general esto se hace mediante una señal (punto de referencia) a cierta distancia de otra referencia existente (vértice de poligonal), creando de esta forma una dirección de alineamiento - que atraviesa el río. La señal existente puede ser cualquier - objeto visible llamativo, como árboles pintados, banderas u otra señal cualquiera.

En áreas costeras, estuarios y ríos muy anchos, normalmente, el alineamiento no se hace en la forma descrita anteriormente y las embarcaciones se desplazan relativamente en libertad.

Las señales de referencia en la costa, deben ser altas y - de dimensiones suficientes que faciliten su visión desde grandes distancias, además los colores de las señales altas deben tener contraste con el trasfondo. Las señales (balizas) deben instalarse preferiblemente en una línea o que la señal central (de -- una serie de 3 balizas) debe estar en una zona re-entrante (Figura No.42C).

Como se mencionó anteriormente el posicionamiento puede -- llevarse a cabo por métodos ópticos o electrónicos.

#### VI.1 Métodos Ópticos.

Los instrumentos utilizados para estos métodos son los si-

güentes: Sextante, Teodolitos y Telémetros.

- Dos Sextantes (tres señales).

Los observadores miden simultáneamente dos ángulos entre las tres señales (Figura No. 39 ). La posición del bote desde el cual se han medido los ángulos, se pueden establecer durante las mediciones de la siguiente manera:

a) Colocando los ángulos en un compas de tres puntas (estig mógrafo), obteniendo de esta forma una solución gráfica.

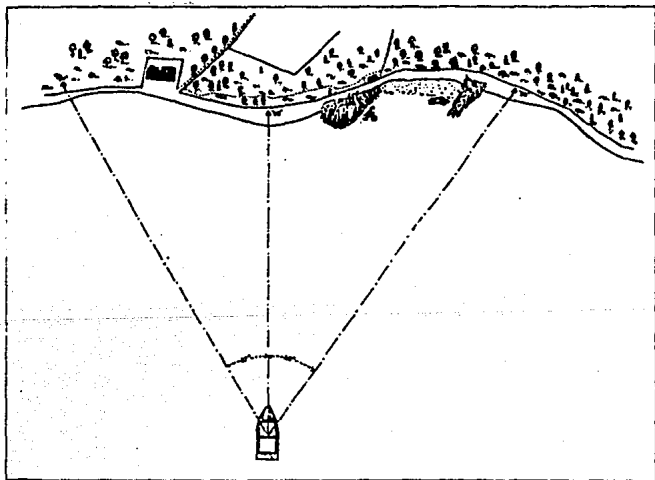
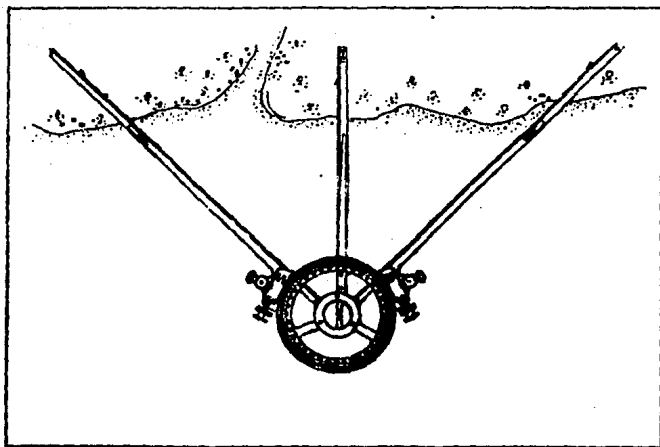


FIGURA 39



COMPAS DE TRES PUNTAS

FIGURA 40

- b) Calculando las coordenadas polares de la posición desconocida directamente de las coordenadas de las balizas - mediante la ecuación:

$$\text{Cot } x = \frac{\overline{AB} \text{ Sen } \beta}{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha \text{ Sen } S} + \text{Cot } S$$

$$S = 360 - (\alpha + \beta + \bar{\delta}) \quad y = s - x$$

Donde:

A, B, C = vértices de triangulación conocidos.

d = punto por situar.

$\beta$  = ángulo conocido.

$\alpha$  y  $\beta$  = ángulos observados.

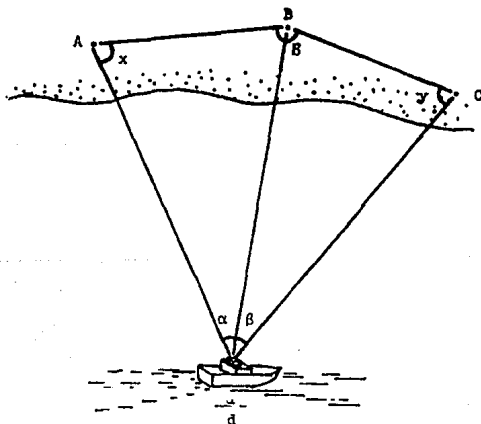


FIGURA 41

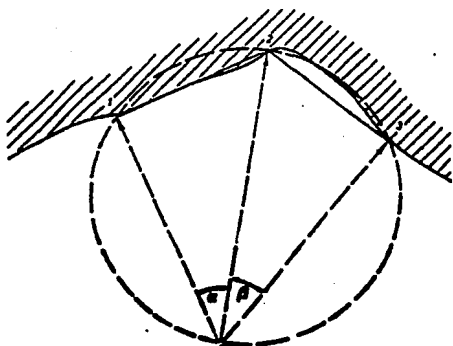


Se debe tener cuidado al hacer las mediciones que los ángulos no sean menores de  $15^\circ$  ni mayores de  $90^\circ$ . En algunos casos en que las intersecciones son todavía razonables, se puede permitir que rebasen estos límites.

El método descrito es conocido como el Método de Resección de Snellius. Este método es común para el posicionamiento de un bote en movimiento durante los sondeos. Cuando se emplea este método se debe tener mucho cuidado de conocer la posición de las balizas que serán empleadas.

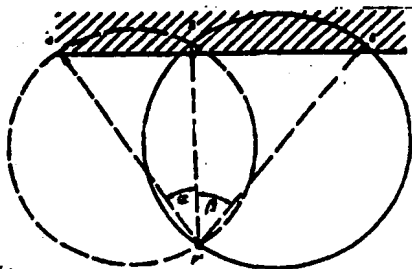
En el caso de que la baliza central de tres balizas consecutivas está en una posición entrante (Fig. No. 42A) las intersecciones no son óptimas y aún habrá un área donde no existan intersecciones, el cual está situado alrededor del círculo que circunscribe a las tres balizas.

Las mejores intersecciones y por lo tanto las de mayor precisión en el posicionamiento se consigue cuando la baliza central está en una posición reentrante, en este caso nunca habrá una zona (en el mar) de círculo de circunscripción (Fig. No. 42C).



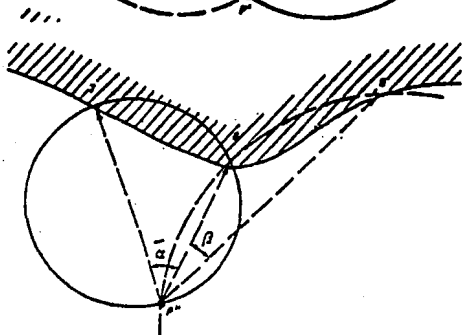
BALIZA central en una posición entrante en el que el punto P está en el círculo circunscrito y no existe un punto de intersección, por lo que P podría estar en cualquier punto en el círculo con cualquier ángulo  $\alpha$  y  $\beta$

(A)



Balizas aproximadamente en una línea conveniente (rectangular) intersección en el punto P'.

(B)

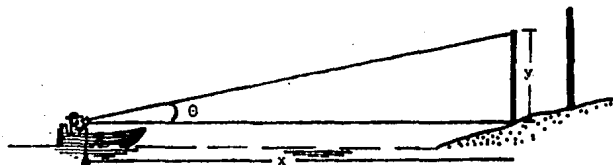


Baliza central en posición re-entrante: casi siempre da puntos de intersección perfectos, intersección de arcos en P''.

(C)

### B. Un Sextante y una alineación.

El observador se alinea con dos señales (balizas) y mide el ángulo vertical que hay entre dos marcas, una en la parte superior y otra en la parte inferior en la baliza de alineamiento más cercano a la orilla. El ángulo observado se transforma en distancia por medio de un cálculo sencillo, también se puede medir el ángulo horizontal a otras dos balizas y obtener un punto de intersección con la línea de alineamiento.



Y = distancia conocida.

$\theta$  = ángulo vertical medido.

x = distancia horizontal de la baliza a la lancha

y  $\cos \theta = x$

FIGURA 43

### C. Dos Teodolitos.

En este método la posición de la embarcación se observa desde estaciones en el litoral. Dos operadores, cada uno con un teodolito, en comunicación permanente (ambos) con la embarcación,

miden simultáneamente cada cierto lapso de tiempo el ángulo a la embarcación.

Generalmente la posición de los dos teodolitos deben situarse en puntos que tengan coordenadas, con el objeto de poder calcular o graficar la posición de la embarcación.

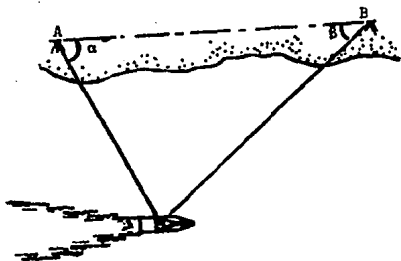


FIGURA 44

#### D. Un Telémetro y alineación.

El observador ubicado en la embarcación se alinea con las dos balizas de alineación y mide la distancia hacia una de las balizas.

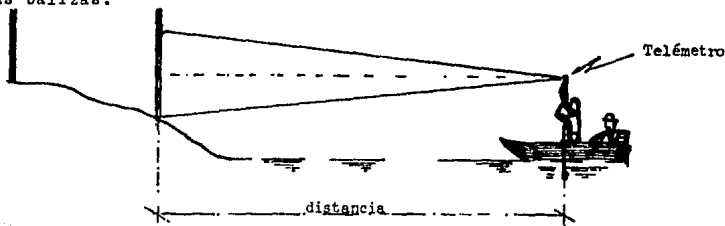


FIGURA 45

## VI.2 METODOS ANGULARES. (UN ANGULO Y UNA ALINEACION).

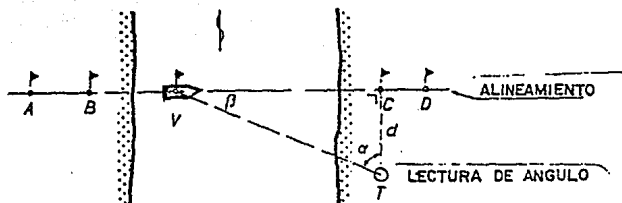


FIGURA 46  
 $Vc = ct \operatorname{tg} \alpha$

Se procede de la forma mostrada en la figura superior en el cual el teodolito se instala en el punto T desde el cual se miden los ángulos ( $\alpha$ ) a la embarcación, también es posible medir los ángulos ( $\beta$ ) con un sextante desde la misma embarcación. Este último método se emplea frecuentemente para ubicar los puntos en la línea de recorrido de la embarcación al hacer sondeos batimétricos.

## VI.3 METODOS LINEALES.

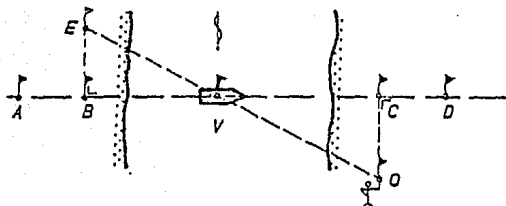


FIGURA 47

Se instalan banderas (A, B, C y D) en la disposición mostrada en la figura anterior, se instala una bandera (E) a una distancia determinada perpendicular a la línea A en B. El observador (o) se traslada sobre la línea  $\overline{OC}$  perpendicular a la línea  $\overline{AD}$  en C, hasta conseguir situarse en un lugar tal que se encuentre en una línea con las banderas E y V (V en la embarcación). Hecho esto se mide la distancia CO con el cual se puede calcular la distancia VC.

$$VC = \frac{BC \times CO}{CO + BE}$$

Generalmente cuando el río es demasiado ancho la bandera en la ribera opuesta no es fácilmente visible, entonces la posición de la embarcación se puede obtener con el método que se da en la Figura 48, donde la bandera E está situada en la misma ribera como el observador.

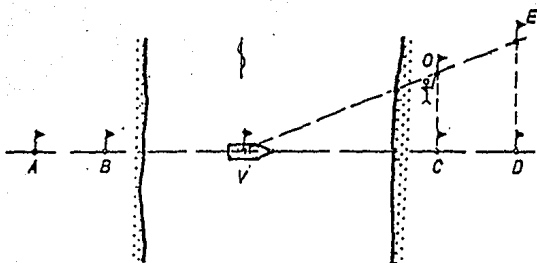


FIGURA 48

$$VD = \frac{DE \times CD}{DE - CO}$$





## VI.5 DIBUJO DEL PLANO TOPOHIDROGRAFICO.

Después de haber efectuado el levantamiento se procede a elaborar el plano topohidrográfico para lo cual es necesario reducir las profundidades al nivel de referencia, como se explicó en el subcapítulo V.4. Dando a las profundidades la posición horizontal, dependiendo del método de levantamiento utilizado. Procedemos después a dibujar las curvas batimétricas como se ilustra en la Fig.

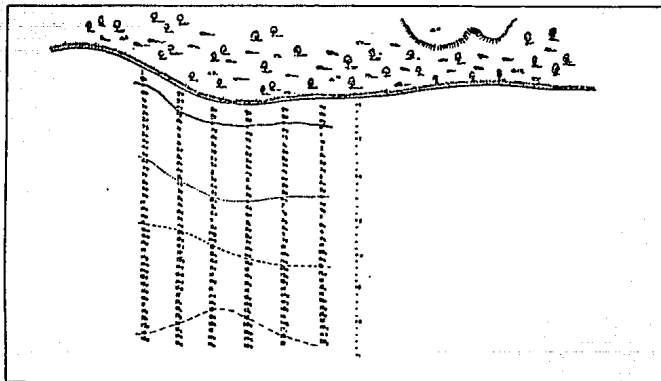


FIGURA 50

## C A P I T U L O   V I

### C O N C L U S I O N E S

Como se puede observar un levantamiento hidrográfico requiere de estudios preliminares, por lo que se hace notar que su precisión dependa de estos estudios como lo es el apoyo horizontal y el vertical, para lo cual se requiere que éstos tengan a su vez una buena precisión para lo cual se debe contar con el equipo y personal adecuado, así como de emplear los métodos más apropiados según la fisiología de la zona de estudio. También es necesario conocer la finalidad del plano, para establecer la escala y fijar algunas normas en las actividades que se efectúan en todo el proceso del levantamiento hidrográfico incluyendo los estudios preliminares. Estas normas serán procesadas por el criterio del Ing. Topógrafo y Geodesta basándose en su experiencia profe-

sional para obtener los resultados deseables sin sobrecargar el trabajo de campo ni de gabinete y en un tiempo mínimo reduciendo los gastos físicos y económicos.

Los equipos electrónicos posicionadores mencionados en esta tesis solo se describieron sus principios, algunas ventajas, desventajas y aplicación, ya que actualmente en México se cuenta con una gran variedad de instrumentos utilizados por compañías nacionales, lo que hace posible que el Ing. Topógrafo y Geodesta desempeñe sus labores profesionales con el empleo del mismo, para lo cual se le recomienda que antes de ser utilizado, algunos de éstos equipos, sean leídos los manuales de instalación, uso y mantenimiento, ya que un descuido por ignorancia o por olvido puede ocasionarle daños cuya reparación sea muy costosa o simplemente por falta de información no se utilice al 100% de su capacidad.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- TOPOGRAPHIC INSTRUCTIONS OF THE UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY  
U.S. Department of the Interior.  
U.S.A.
- 2.- HYDROGRAPHIC SURVEYING  
Lieut-Comdr. A. D. Margrett  
Kelvin + Hughes (Marine) Ltd.  
U.S.A.
- 3.- COASTAL SURVEYS  
R. R. Minikin.  
The Dock + Harbour Authority.
- 4.- COMPENDIO DE HIDROGRAFIA  
Primera y Segunda Parte  
Secretaría de Marina.
- 5.- TOPOGRAFIA GENERAL  
Ing. Sabro Higashida Miyabara.
- 6.- TABLA DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MEXICO  
MAR CARIBE y OCEANO PACIFICO  
Instituto de Geofísica,  
U.N.A.M.
- 7.- ASTRONOMIA DE POSICION  
Manuel Medina Peralta.  
Editorial Limusa.