

INICIO

MEDICIÓN DEL NIVEL DEL MAR

Un análisis confiable del nivel del mar tiene que basarse en una larga serie de mediciones que no tengan otros errores más que los propios del método de medición.

Cualquier medición instantánea del nivel del mar, excluidos los errores y las diferencias de los métodos de medición empleados, puede suponerse compuesta en la mayoría de los casos, como la suma de tres términos. Ellos son el nivel medio del mar, la marea y la onda de tormenta.

Desde hace muchos años se realizan mediciones continuas del nivel del mar a nivel mundial. Las principales razones de estas mediciones son:

- ✓ Calcular el nivel medio del mar para determinar su evolución (indicador del efecto invernadero), realizar estudios del geoides y determinar el cero altimétrico del país.
- ✓ Realizar estudios de ondas de tormenta para prevenir sus efectos devastadores sobre las zonas costeras pobladas.
- ✓ Realizar pronósticos de tsunamis (no ocurren en nuestras costas).
- ✓ Realizar estudios de seiches, necesarios para proyectar obras costeras.
- ✓ Estudiar los valores extremos de marea para determinar zonas inundables, línea de ribera y realizar proyectos de obras costeras.
- ✓ Calcular del cero de la carta náutica y reducir sondajes.
- ✓ Predecir alturas de marea (navegación, actividades pesqueras, planificación de trabajos en zonas costeras).
- ✓ Estudiar la dinámica de marea (cartas cotidales e isoamplitudes y modelos numéricos).

La elección de la zona más apropiada para medir marea tiene una gran importancia pues los registros que se obtengan pueden reflejar una distorsión del fenómeno que se pretende estudiar.

Teniendo en cuenta lo anterior el sitio elegido para la instalación de una estación mareográfica deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- ✓ Estar en comunicación directa con el mar.
- ✓ Playa profunda con escasa sedimentación.
- ✓ En terreno firme o sobre cabecera de muelle.
- ✓ Fuera de la línea de rompiente.
- ✓ Alejado de accidentes geográficos naturales y artificiales perturbadores de la libre manifestación de la marea.
- ✓ Fácil acceso.

Además en el caso de realizar la medición con equipos fondeables se deberán tener en cuenta los siguientes items:

- ✓ No exceder la profundidad máxima que tolera el sensor de presión.
- ✓ Es aconsejable que el fondo sea consistente y uniforme, evitándose los fondos blandos o lugares con excesivo transporte de sedimentos. De igual forma deben evitarse los lugares rocosos.

❖ Mareómetros

Un mareómetro está compuesto por reglas graduadas que se disponen sobre la playa, permitiendo registrar en forma visual la altura del mar en intervalos de tiempo previamente fijados (Figura 3).

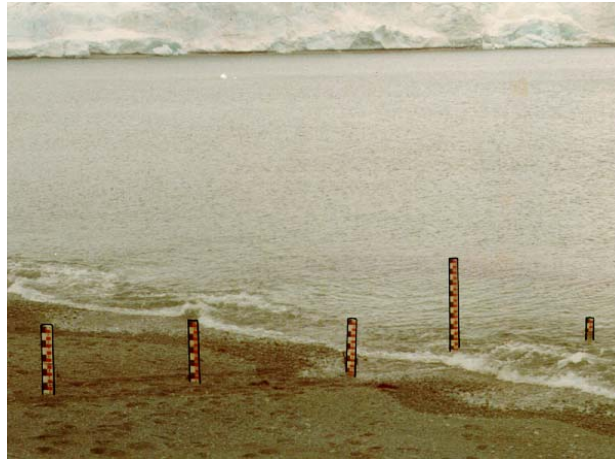


Figura 3

a) Instalación del mareómetro:

Si se lo desea instalar en un muelle, la o las reglas se fijan a los pilotes. Si el lugar escogido para la instalación del mareómetro es una playa se tendrá en cuenta lo siguiente:

- ✓ La extensión de playa que queda en descubierto cuando se produce la bajamar.
- ✓ La pendiente de la playa.
- ✓ La estimación de la amplitud de la marea.

De lo expuesto anteriormente se puede deducir la orientación, número y largo de las reglas. Por ejemplo para playas de poca superficie en descubierto, mucha pendiente y gran amplitud de marea se requieren reglas mayores que 1 metro. Para playas con gran superficie en descubierto, poca pendiente y pequeña amplitud de marea se utilizan reglas de 1 metro.

b) Instalación de reglas:

Las reglas de marea se clavan en tierra a biseles de madera de forma piramidal con base triangular (Figura 4).

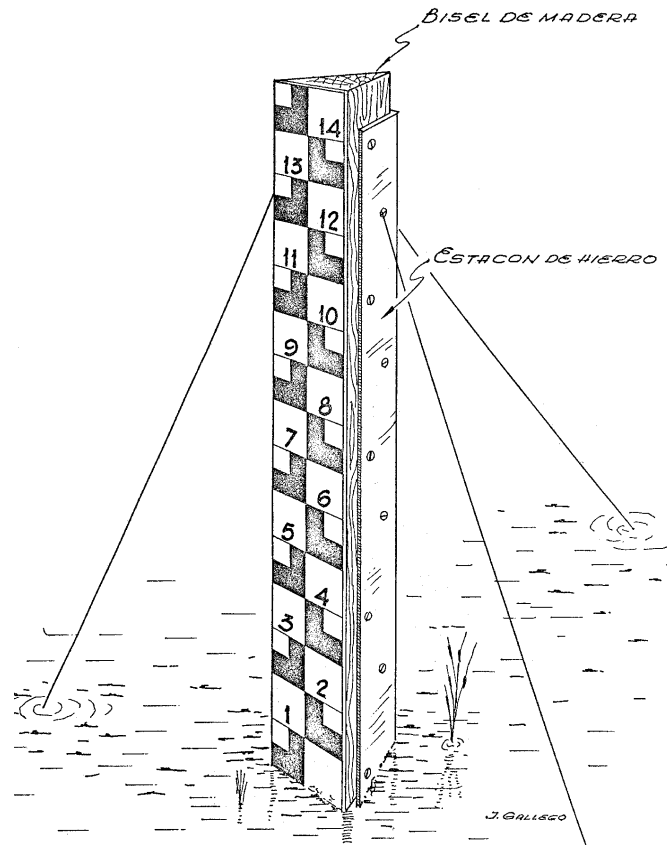


Figura 4

En el momento que se produce la bajamar el operador se introduce en el mar hasta un metro de profundidad y clava un estacón de hierro ángulo. Luego se fija al mismo el conjunto regla bisel sujetándolo con alambre (o mediante tornillos mariposa, si fueran previstos). Previamente deberán efectuarse muescas en las partes del conjunto regla - bisel por donde pasará el alambre, para lograr una mejor fijación del mismo al hierro ángulo. La regla debe quedar apoyada en el fondo marino. Si el fondo es duro y los estacones no quedan firmemente clavados, será necesario colocar vientos en la parte superior del estacón, sujetos a estacas que se clavan en el fondo o a pequeños muertos.

Generalmente se colocan tres vientos distribuidos cada 120° en forma tal que el frente de la regla queda libre. Los vientos se ponen en tensión retorciendo al alambre en torniquete, observando que la regla quede verticalizada. Las reglas deben instalarse provocando, entre dos sucesivas, una superposición de aproximadamente el 70% (ej.: si las reglas son de 1 metro, el desnivel existente entre ellas deberá ser de 30cm., si son de 2m. será de 60cm., etc.).

Se debe evitar que la totalidad de las reglas queden en seco o totalmente sumergidas. De acuerdo a lo anterior es conveniente tener un par de reglas alistadas para su instalación.

En zonas donde existen cachiyuyos o algas en suspensión se suprimirán los vientos.

c) Nivelación del mareómetro:

Todo mareómetro deberá referirse por lo menos a un pilar de marea. Si este pilar se encontrara alejado del mareómetro, se colocará un estacón auxiliar próximo al mismo, en suelo firme y fuera

del alcance del agua. Luego se efectúa una nivelación geométrica entre el pilar o un estacón auxiliar y las reglas de marea. Para ello se numerarán las reglas en forma creciente, comenzando por la más próxima al pilar de marea (se pintan números sobre las reglas). Como control de la nivelación se realiza una de ida y otra de vuelta.

Si al nivelar las reglas de marea, se colocan las miras sobre ellas, a las lecturas efectuadas sobre éstas últimas se les debe sumar la longitud de las reglas. Cada vez que una o varias reglas se muevan, se deberá repetir la nivelación, estacón auxiliar - reglas de marea.

La tolerancia, en centímetros, adoptada en el cierre de la nivelación será de $\pm 4 \text{ cm} \cdot \sqrt{L(\text{Km})}$ para condiciones desfavorables y de $\pm 2 \text{ cm} \cdot \sqrt{L(\text{Km})}$ para condiciones normales, siendo L la distancia total a nivelar expresada en kilómetros.

La Figura 4a muestra un croquis de un mareómetro, los desniveles obtenidos al realizar el promedio de los resultados de las nivelaciones geométricas de ida y vuelta y el error de cierre tolerado.

d) Lectura de las reglas:

Para determinar los intervalos de lectura se utilizará un cronómetro. Cinco minutos antes de la observación el operador deberá estar en su puesto. Unos segundos antes y unos segundos después de la hora fijada para la observación, se efectuarán varias lecturas sucesivas para promediarlas. Estas deben hacerse en el mayor número de reglas posible, y en los momentos de estabilidad del nivel del mar, que se producen entre trenes de olas.

La lectura en varias reglas se utiliza como control, pues las diferencias de lecturas entre las reglas sucesivas debe coincidir con sus respectivas diferencias de nivel. Si esto no ocurre significa que se leyó mal o que las reglas se movieron. En éste último caso se deberá nivelar nuevamente.

Las lecturas se asentarán en una planilla (Figura 4b). Cualquier novedad que se produzca, por ejemplo caída de alguna regla, cambio de guardia, etc., se anotará en la columna de observaciones.

El cálculo consiste en referir todas las alturas a una única regla (la más alejada del pilar), siendo ésta el cero del mareómetro. Dicha reducción se realiza sumando a las lecturas de las distintas reglas, los correspondientes desniveles respecto del cero del mareómetro. El valor referido a la última regla es el resultado de promediar las lecturas reducidas de las distintas reglas que se leyeron simultáneamente.

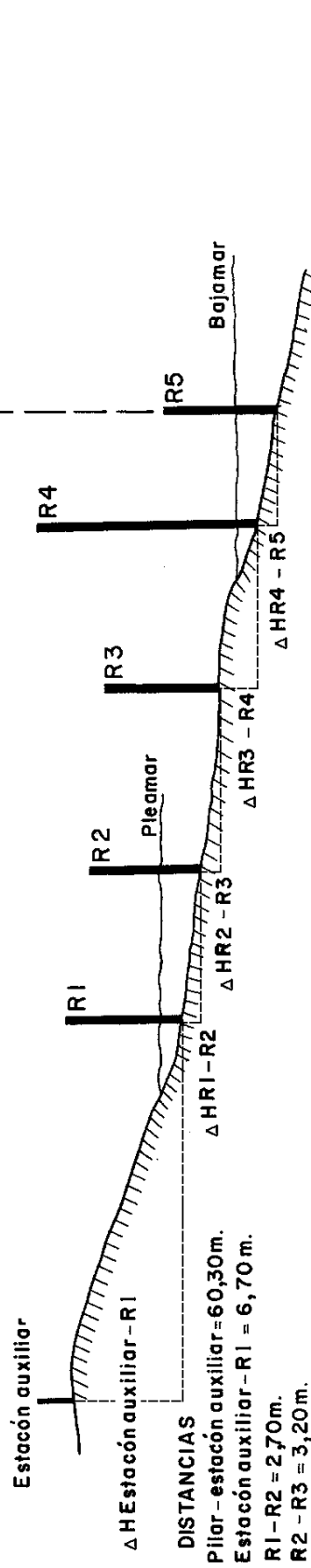
Generalmente se hacen observaciones cada hora o cada media hora. Es conveniente, en las cercanías de las pleamares o bajamares, intensificar el número de observaciones, siendo aconsejable hacerlas cada 15 ó 10 minutos.

MAREOMETRO "BAHIA SCOTTIA"

FEBRERO 1980

Long. de las reglas R1, R2, R3, R5 son de 1m.
R4 es de 2 m.

reglaúnica



Valor que se debe sumar a las lecturas para llevarlas a la regla única.

- LR1 = 1,65 m.
- LR2 = 1,13 m.
- LR3 = 0,68 m.
- LR4 = 0,20 m.
- LR5 = 0,00 m (reglaúnica)

Estación auxiliar
 ΔH Estación auxiliar - R1
 DISTANCIAS
 Pilar - estación auxiliar = 60,30 m.
 Estación auxiliar - R1 = 6,70 m.
 R1 - R2 = 2,70 m.
 R2 - R3 = 3,20 m.
 R3 - R4 = 3,00 m.
 R4 - R5 = 2,00 m.
 Dist. Pilar - R5 = 77,90 m. (L = 0,0779 km.)

Tolerancia nivelación = ± 2 cm. $\sqrt{2 \cdot 0,0779} \approx \pm 0,8$ cm.
 Error de cierre nivelación = ΔHida - ΔHvuelta = 433,4 cm. - 433,5 cm. = - 0,1 cm.

DESNIVELES (14/2/80) (Se hallan por dif. de cotas medias)

- R2 - R1 = 0,52 m.
- R3 - R2 = 0,45 m.
- R4 - R3 = 0,48 m.
- R5 - R4 = 0,20 m.

Figura 4a

ESTACION DE MAREAS: Mareómetro Bahía Scottia							FECHA: 15/02/80			
HORA Huso: +3	REGLAS DE MAREA (m)					LECTURA REDUCIDA	VIENTO DIRECCION	PRESION ATM.	TEMP. ATM.	OBSERVACIONES
	R1	R2	R3	R4	R5					
14:00				0.44	0.64	0.64				cero del mareómetro
14:30				0.58	0.78	0.78				coincidente con
15:00			0.32	0.80	1.00	1.00				el cero de la regla 5
15:30			0.52	1.00		1.20				
16:00		0.27	0.72	1.20		1.40				Toma guardia José
16:30		0.43	0.88	1.36		1.56				López a 16 horas
17:00		0.59		1.52		1.72				
17:30	0.19	0.71		1.64		1.84				
17:45	0.25	0.77		1.70		1.90				
18:00	0.25	0.77		1.70		1.90				
18:15	0.25	0.77		1.70		1.90				
18:30	0.25	0.77		1.70		1.90				
18:45	0.25	0.77		1.70		1.90				
19:00	0.23	0.77		1.70		1.90				
19:15	0.23	0.73		1.68		1.88				
19:30	0.20	0.72		1.65		1.85				
20:00	0.10	0.62		1.55		1.75				
20:30		0.52	0.97	1.45		1.65				
21:00		0.37	0.82	1.30		1.50				
21:30		0.19	0.64	1.12		1.32				
22:00			0.44	0.92		1.12				
22:30			0.22	0.70	0.90	0.90				
23:00			0.07	0.55	0.75	0.75				

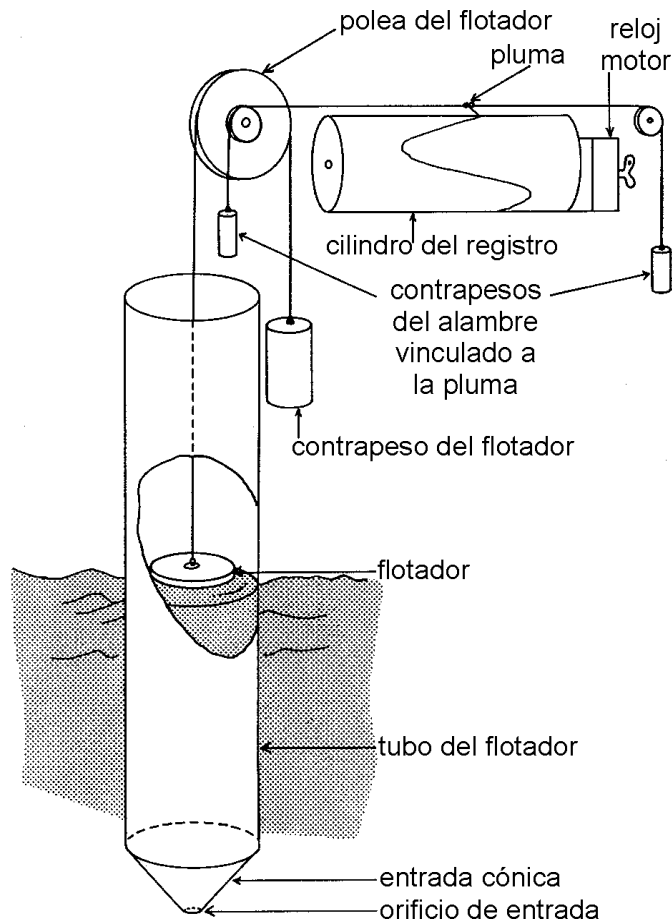
Figura 4b

❖ Mareógrafos analógicos a flotador

Con la aparición de los primeros mareógrafos analógicos a flotador se pudo disponer de mediciones continuas y prolongadas en el tiempo, donde la precisión alcanzada es de ± 1 cm en altura y ± 1 minuto en tiempo. De acuerdo con esto último la precisión en la determinación del nivel medio del mar, aplicando la propagación de los errores accidentales en la media aritmética y suponiendo que la distribución es normal, será menor que ± 1 milímetro,

La idea básica de este equipo fue realizada por Moray en 1666 quien propuso montar un flotador dentro de un tubo dispuesto verticalmente, donde las distintas posiciones del flotador representan alturas de marea referidas a un cero preestablecido. Uno de los primeros mareógrafos

automáticos fue diseñado por Palmer y comenzó a operar en el estuario del río Thames (Palmer 1831).



Esquema básico de un mareógrafo a flotador (UNESCO, 1985)

❖ **Registrador analógico Ballauff tipo Standard** (D'Onofrio et al., 1982)

En este punto se describirá el mareógrafo automático Standard, que si bien es muy poco utilizado en la actualidad, el 70% de los registros disponibles de nuestras costas corresponden a este equipo.

Consiste esencialmente en un cilindro (cilindro principal) que gira con velocidad constante, arrastrando una faja de papel, accionado por un mecanismo de relojería alimentado a cuerda (reloj motor). Dicha faja se enrolla en un rodillo receptor, que es mantenido tenso por un contrapeso (figuras 5 y 6).

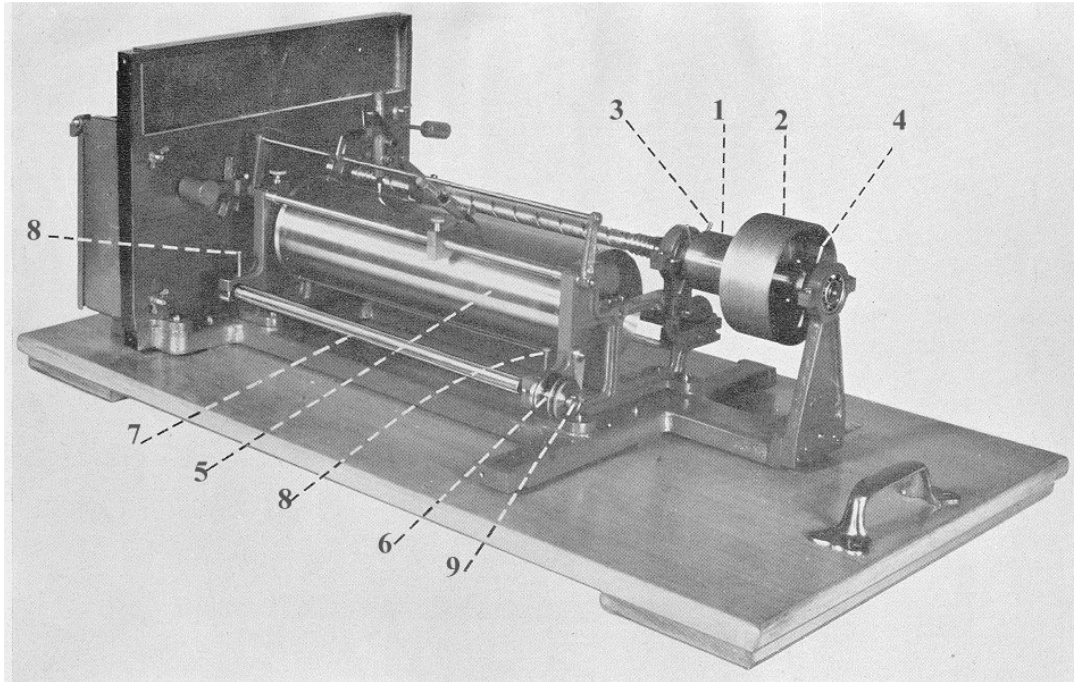


Figura 5

1. tambor o polea del contrapeso
2. tambor o polea del flotador
3. tuerca de fijación del tambor del contrapeso
4. tuerca de fijación del tambor del flotador
5. cilindro principal
6. tambor o polea del peso de tensión
7. rodillo receptor
8. tornillos para soltar el rodillo receptor
9. tuerca de seguridad

El cilindro principal cumple una revolución completa aproximadamente cada 12 horas, con lo cual la alimentación del papel es a razón de 1 pulgada por hora. Para evitar que el papel resbale, en los extremos del cilindro principal, hay púas de acero distantes entre sí una pulgada.

Sobre la faja de papel, siguiendo una generatriz del cilindro principal, se desplaza el portabirome. Este desplazamiento se realiza sobre un tornillo sin-fin accionado por dos tambores solidarios. En uno de ellos se enrolla y desenrolla un cable, el cual tiene un extremo fijo al tambor, y el otro a un flotador que sigue los movimientos de ascenso y descenso del agua en el interior del tubo (tubo del flotador). Sobre el otro tambor se enrolla un alambre que posee un extremo fijo a un contrapeso y el otro a dicho tambor. El objetivo del contrapeso es compensar la laxitud del cable del flotador cuando sube la marea.

La combinación de los movimientos del portabirome y del cilindro principal originan el mareograma.

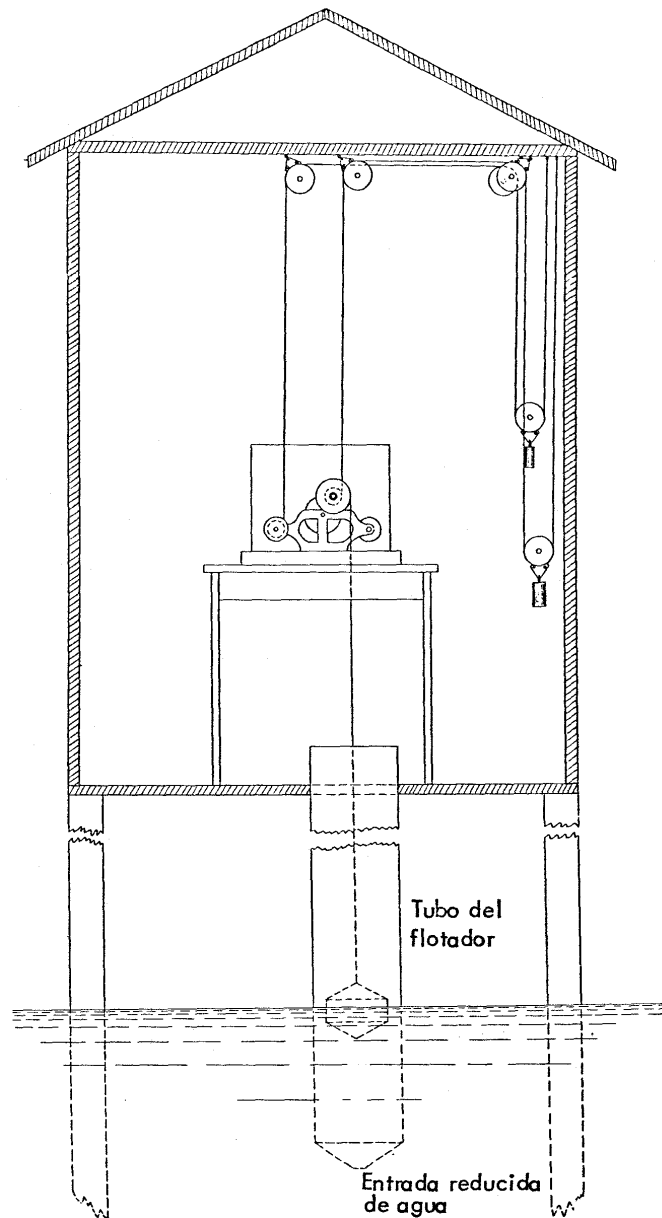


Figura 6

El tubo del flotador posee una entrada de agua reducida con el fin de filtrar los efectos del oleaje.

La relación existente entre el paso del tornillo sin-fin del portabirame y la circunferencia del tambor del flotador determina la escala del aparato.

La escala a adoptar dependerá de la amplitud de marea existente en la zona. En la siguiente tabla se muestran diferentes combinaciones de la escala:

Circunferencia del tambor del flotador (pulgadas)	Paso del tornillo sin-fin (pulgadas)	Escala del mareograma	Límite de amplitud (m)
6	1	1:6	1,831
9	1	1:9	2,74
12	1	1:12	3,66
16	1	1:16	4,88
24	1	1:24	7,32
16	1/2	1:32	9,75
24	1/2	1:48	14,63

En esta tabla el límite de amplitud indica la amplitud máxima de marea aceptada por cada escala.

Si se pasa de ese límite, el carro portabirame se desconecta del tornillo sin-fin, provocando un cambio de cero en el registro.

Antes de colocar el rollo de papel en el mareógrafo se debe anotar al principio del mismo el nombre de la estación, la fecha, la escala del mareógrafo, la constante de la estación (si la hubiera) y el huso horario.

Se procede a desmontar del mareógrafo el rodillo alimentador (Figura 7) insertando en el mismo el rollo de papel.

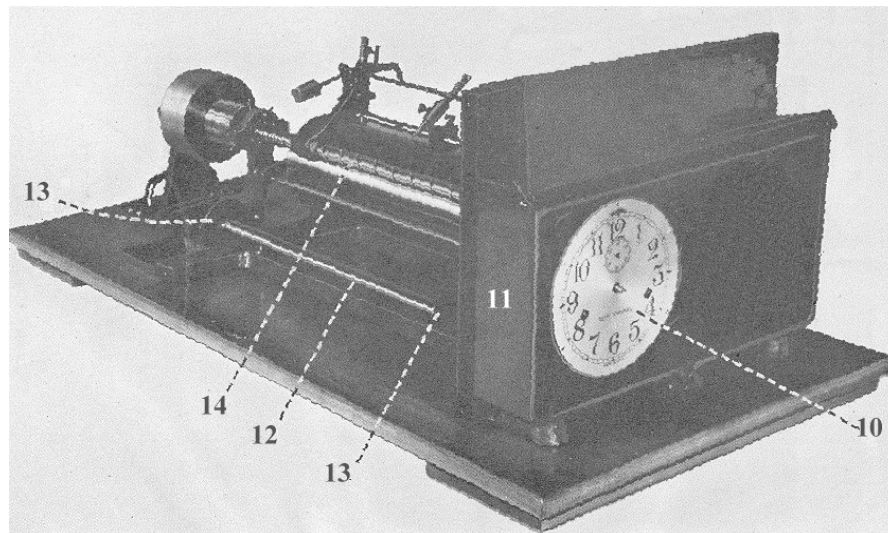


Figura 7

- 10. reloj motor
- 11. caja del reloj
- 12. rodillo alimentador
- 13. guías de presión
- 14. tornillo sin-fin

Una vez colocado el rollo de papel, para evitar que sufra desplazamientos laterales y/o se desenrolle rápidamente, se desplazan hacia abajo las guías de presión laterales (Figura 6), que sostienen al rollo en su posición y mantienen el papel tenso sobre el cilindro principal. La presión de estos muelles puede regularse doblándolos ligeramente con la mano.

Cuando se coloca el rodillo en sus soportes el extremo libre del papel deberá salir por debajo, para luego montarlo al cilindro principal (Figura 8).

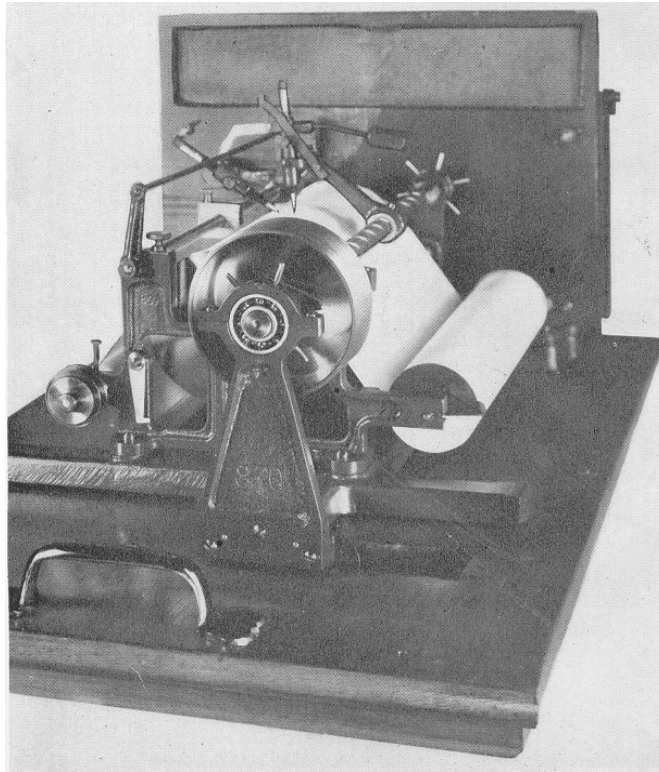


Figura 8

El cilindro principal se desconecta del reloj motor desembragando el brazo transmisor (Figura 9). Se pasa el papel sobre el cilindro principal y se inserta su extremo libre en la ranura del rodillo receptor (Figura 5). El papel se fija a este último dando media vuelta al vástago central de la camisa del rodillo. Antes de engancharse en el rodillo receptor, se debe cortar en diagonal los extremos del papel. luego se lo enrolla haciendo girar el rodillo receptor en dirección tal que pase primero por la parte superior del mismo.

El cilindro principal se conecta nuevamente al reloj motor, embragando el brazo transmisor al engranaje transportador. Finalmente se enrolla la cuerda de la pesa de tensión del papel, quedando listo para comenzar a registrar.

Los rollos que se utilizan tienen una longitud suficiente para registrar durante un mes. Es recomendable ubicar el eje de referencia (eje de tiempos) de modo tal que muy pocas bajamares puedan sobrepasarlo. Para situar el portabirome, que grafica el mareograma, se deberá leer la altura de la marea en una regla adosada al tubo del flotador, cuyo cero coincide con el del mareógrafo.

Luego se procede a dividir dicho valor por el denominador de la escala. El resultado obtenido se llevará a partir del eje de referencia elegido ubicando en ese punto el portabirome.

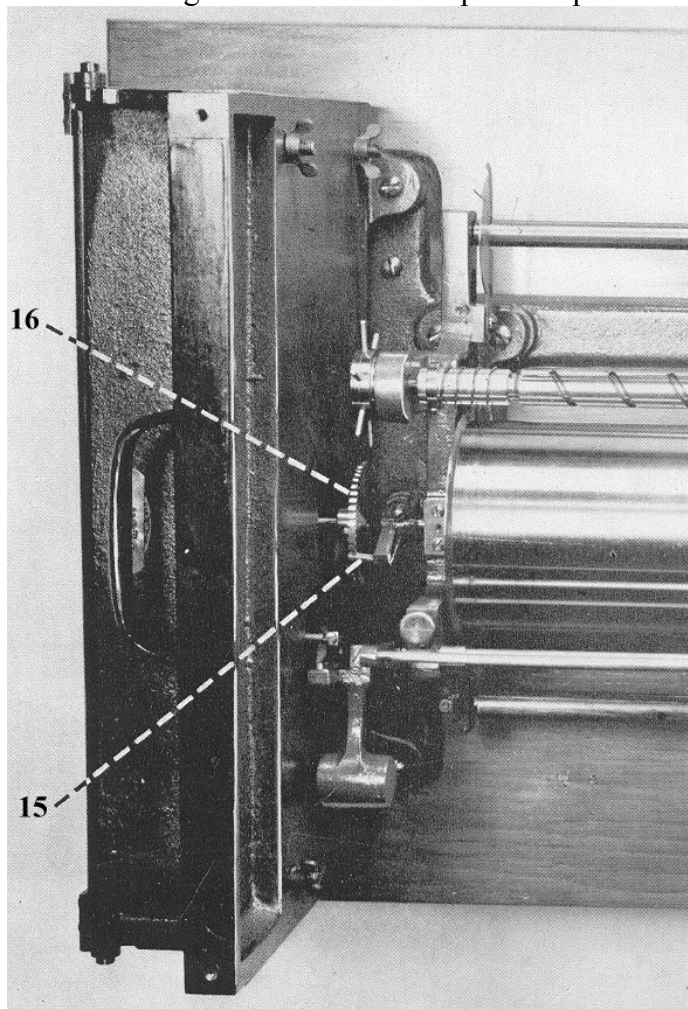


Figura 9

- 15. brazo transmisor abisagrado
- 16. rueda transmisora

Para desplazar el carro portabirome se debe independizar del tornillo sin-fin a los tambores del flotador y contrapeso. Para ello se sujetan los tambores con una mano mientras con la otra se aflojan las tuercas de fijación del tambor del flotador y del contrapeso hasta hacer tope (Figura 5). Luego manteniéndolos sujetos se separan ambos tambores entre sí lográndose así la independencia de movimientos del tornillo sin-fin, De esta manera se consigue desplazar el carro portabirome sin necesidad de mover el flotador y/o el contrapeso. Una vez ubicada la birome se realiza la operación inversa.

En el caso de no existir una regla para tomar la altura real se determina la misma tomando la altura existente entre el brocal del tubo del flotador y el pelo de agua dentro del mismo (altura o lectura de vacío), y se realiza la diferencia entre la constante de la estación y la altura medida. La constante de la estación es la distancia existente entre el brocal del tubo del flotador y el cero de la estación mareográfica, luego la diferencia mencionada equivale a la altura de marea real leída en una regla.

Tanto en el caso de utilizar una regla para determinar el nivel del agua como en el caso de realizar lectura de vacío, se deben efectuar varias observaciones para evitar cometer errores groseros.

Todos los días el operador deberá levantar el contrapeso del rodillo receptor para evitar que toque el piso de la casilla o el fondo del tubo estanco, si lo hubiera. Además deberá dar cuerda al reloj motor dos veces por semana, a la misma hora y la misma cantidad de vueltas. La autonomía del reloj es de 8 días.

También deberá observar dos veces por día la altura de marea real y la hora correspondiente a la misma. Estos datos se consignan en el mareograma marcando con una línea vertical su ocurrencia y en planillas especiales. Se tratará que entre estas anotaciones transcurran aproximadamente 12 horas, y se efectúen en horas enteras. Los motivos de estas anotaciones es poder determinar en gabinete si existe alguna diferencia de cota entre la curva mareográfica y las alturas reales consignadas en el mareograma y poder dividir en horas el registro, distribuyendo la marcha del reloj en intervalos iguales de 12 horas.

Al retirar el rollo se deberán anotar nuevamente los datos iniciales y la, hora y altura de la marea.

Antes de desmontar el rollo viejo, se pone la pesa del rodillo receptor sobre alguna base para eliminar la tirantez que ejerce. Luego se desconecta el cilindro principal del mecanismo del reloj desembragando el brazo transmisor (Figura 9). Los pocos metros de papel que quedan en el rodillo alimentador se enrollan en el rodillo receptor, y se corta el papel. Luego se saca el rodillo receptor oprimiendo las dos guías de presión laterales (Figura 7). El papel se saca del rodillo haciendo girar la camisa que va adentro de éste.

Internacionalmente se convino en medir marea con una precisión de ± 1 cm En los registradores analógicos la precisión de la medición de marea depende fundamentalmente de la escala del equipo y de la lectura de la faja; por ejemplo, si se utiliza un equipo con escala 1:20 y se aprecia en la lectura de la faja 0,5mm, el error de lectura será de ± 1 cm.

Esencialmente un mareógrafo a flotador (Figura 6) consta de un tubo de aproximadamente 30 a 50 cm de diámetro por donde entra el agua a través de un pequeño orificio (1 a 2 cm de diámetro) ubicado en su parte inferior, con el propósito de filtrar en forma mecánica a la ola.

❖ **Registrador analógico Leupold Stevens A 71** (D'Onofrio et al., 1982)

El principio de funcionamiento de este equipo consiste esencialmente en un flotador y un contrapeso, que accionan una polea, que a su vez hace mover a una pluma perpendicularmente al movimiento de una faja de papel accionada por un mecanismo de relojería.

Este registrador se apoya sobre tres patas provistas de tornillos calantes que permiten nivelar el aparato. La polea (37) que acciona la pluma capilar (22) va sujeta por una arandela metálica (13) con una tuerca central. Para colocar a esta polea perpendicular al eje (38) se accionan los tornillos

(26) que giran uno en sentido contrario del otro. La polea (37) en su acanaladura posee orificios equidistantes entre sí en los cuales se enganchan las municiones de acero que posee el alambre del flotador, para evitar el desplazamiento del alambre sobre ella. Para ubicar la pluma sobre la faja de papel o modificar su posición se aflojan los tornillos (26), quedando de esta forma la polea independiente del movimiento de la pluma. Una vez ubicada la pluma se realiza el procedimiento inverso. Este instrumento fue modificado en los Talleres del Servicio de Hidrografía Naval variando la velocidad de arrastre del papel para lograr una mayor precisión en la lectura de la faja. Además se instaló un reloj a cristal de cuarzo (40) que acciona un marcador (41) que realiza una marca en la faja cada 12 horas, a efectos de estimar la marcha que tiene el reloj (6) que arrastra a la faja.

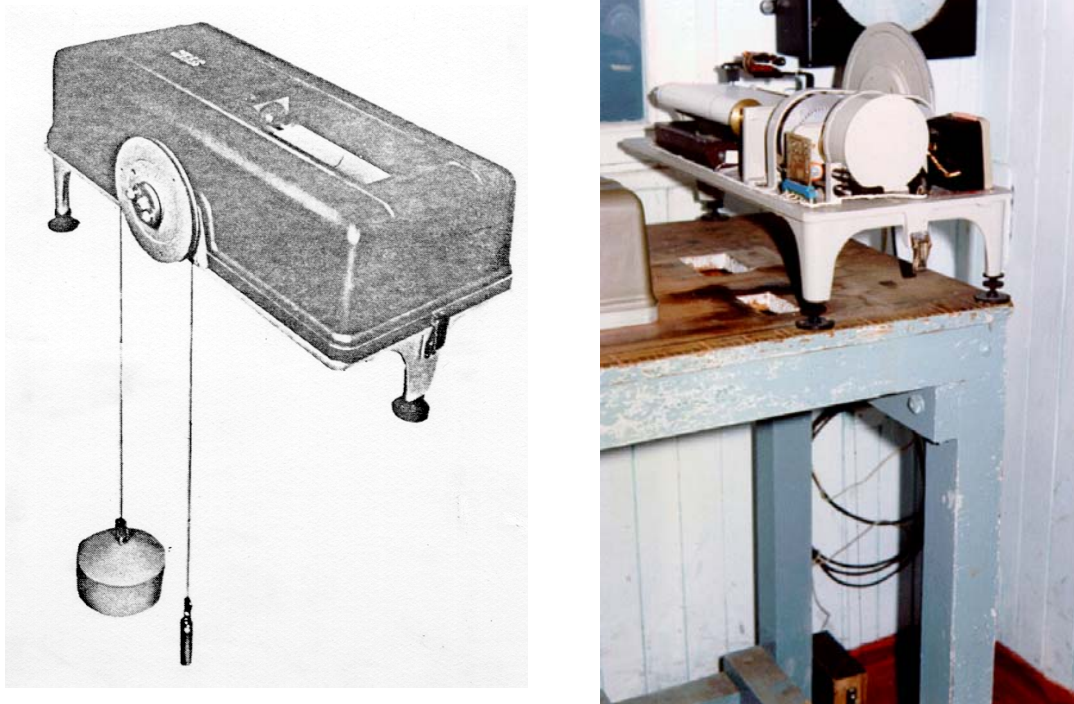


Figura 10

El reloj a cristal de cuarzo (40) y el mecanismo del marcador (41) se alimentan mediante 6 pilas de 1,5 volt tamaño "D" otorgándole una autonomía de 30 días. El reloj motor (6) es propulsado por una cuerda (20), que si bien suministra una autonomía de un mes es conveniente alimentarla semanalmente. Para ello se emplea la llave manivela provista con el equipo; esta llave se acopla al extremo del eje enroscándola en sentido horario. Una vez colocada la manivela se presiona en la dirección del eje y se continúa girándola en el mismo sentido. Al presionar a la manivela se está embragando a la misma con la cuerda (20) quedando a su vez desacoplada esta última del reloj (6). Al llegar al tope de la cuerda aparece sobre el fleje un cartel indicador de fin de cuerda. Una vez que se ha cargado el reloj se tira de la manivela en dirección del eje y luego se la gira en sentido antihorario. De esta manera queda nuevamente vinculada la cuerda (20) al mecanismo reloj (6). Para colocar el rollo de papel en el cilindro alimentador (33) se retira la plancha de escritura (36) y se saca la tuerca del cilindro alimentador (19). Una vez colocado el rollo de papel en este último, se hace pasar a este entre los rodillos de fricción (15) y el cilindro principal (42), pasando luego el papel por sobre la plancha de escritura (36) para llegar finalmente al cilindro recuperador (34).

El papel se fija a este último utilizando el fleje del cilindro recuperador (4). El reloj motor (6) acciona con velocidad constante al cilindro (42) que está vinculado a su vez al rodillo recuperador

(34). Este último posee una crapodina (7) que regula la tensión de recuperación del papel. La pluma capilar (22) está montada sobre un carro porta-tintero (32) solidario a una cadena (31) que es accionada por el piñón (43) solidario al eje de la polea del flotador (38). El carro porta-tintero (32) se vincula a la cadena (31) a través de un diente de la misma que engancha al rebatidor (44). En el caso de producirse una marea extrema que supere el ancho de la faja el sistema diente-rebatidor provoca el abatimiento de la porción de la curva mareográfica que supere el ancho del papel. Esta condición permite registrar mareas extraordinarias no contempladas en la escala elegida. Este modelo de mareógrafo acepta ser utilizado, sin hacer ningún cambio de engranajes, en dos únicas escalas que se logran variando el tamaño de la polea (37) (750mm ó 375 mm de circunferencia)

En todos los casos la faja utilizada tiene 25 cm de ancho,

El cuadro siguiente muestra las distintas alternativas de escalas ofrecidas por el fabricante:

Escala	Circunferencia de la polea del flotador (mm)	Amplitud de marea máxima sin rebatir (m)
1:1	375	0,25
1:2	750	0,50
1:5	375	1,25
1:10	750	2,50
1:10	375	2,50
1:20	750	5,00
1:25	375	6,25
1:50	750	12,50

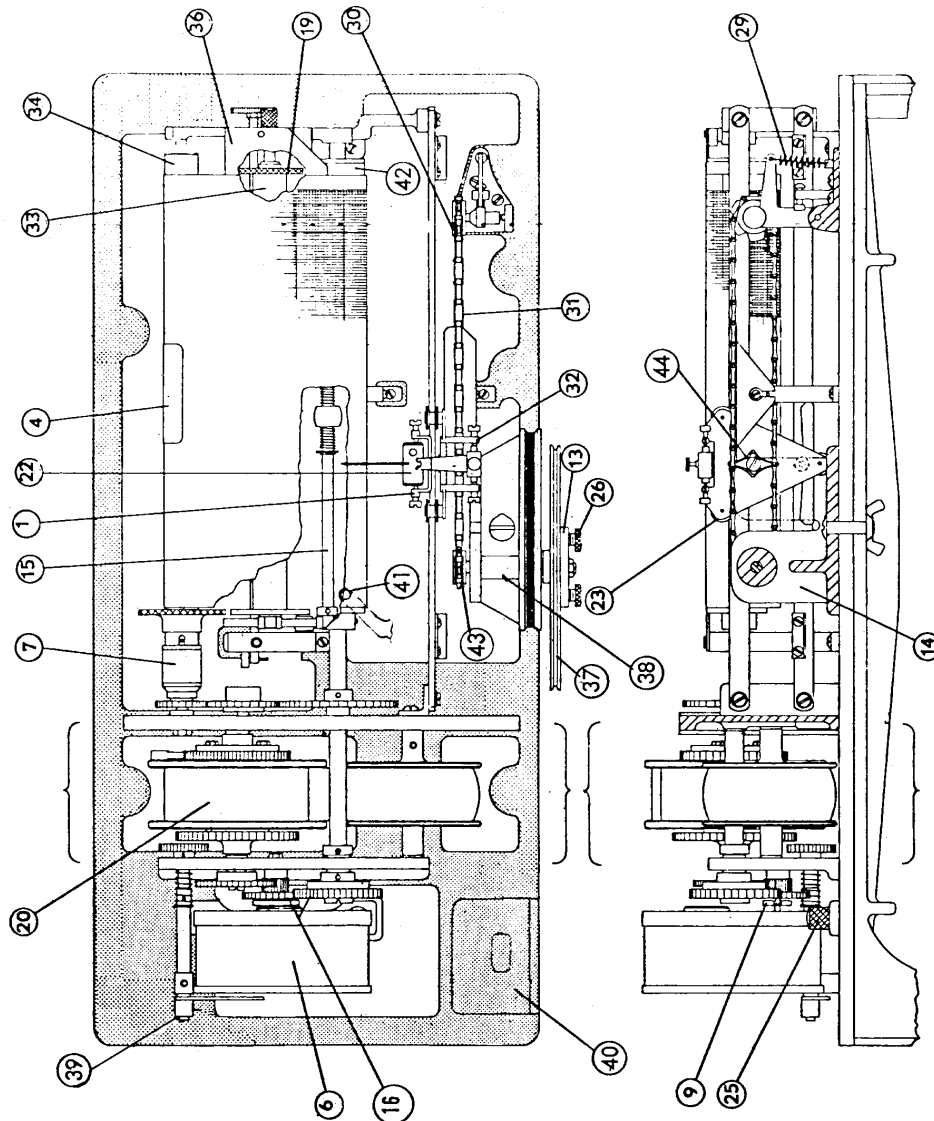


Figura 11

Leupold Stevens A-71 - Lista de Partes

1.- Brazo soporte de la pluma con tintero	29.- Resorte de tensión de la cadena 31
4.- Fleje del cilindro recuperador	30.- Piñón
6.- Reloj motor propulsado a cuerda	31.- Cadena de arrastre del carro porta-tintero
7.- Crapodina reguladora de la tensión del papel	32.- Carro porta-tintero
9.- Barra de mecanismo del reloj.	33.- Cilindro alimentador
13.- Arandela de la polea del flotador	34.- Cilindro recuperador
14.- Soporte de la polea del flotador	36.- Plancha de escritura
15.- Rodillos de fricción.	37.- Polea del flotador
16.- Engranajes de escala de tiempo	38.- Eje de la polea del flotador
19.- Tuerca del cilindro alimentador	39.- Eje de la cuerda
20.- Cuerda	40.- Reloj a cristal de cuarzo
22.- Pluma capilar con recipiente de tinta	41.- Punzón
23.- Soporte de la pluma	42.- Cilindro principal
25.- Tornillo de montaje del reloj	43.- Piñón
26.- Tornillos niveladores de la polea del flotador.	44.- Rebatidor

❖ **Cálculo de la cota del eje de referencia en registradores analógicos de marea** (D'Onofrio, 1984)

El primer paso al recibir el mareograma consiste en la determinación de la diferencia de altura existente entre el eje de referencia del mismo (dibujado arbitrariamente por el que procesa el mareograma) y el cero de la estación. A este valor se lo conoce como "cota del eje de referencia".

Para efectuar su cálculo se realizan dos observaciones diarias de la altura del agua respecto del mencionado cero, consignándose en el mareograma los valores obtenidos, y los tiempos correspondientes. Estas mediciones se efectúan utilizando una regla de mareas, generalmente adosada al tubo del flotador, cuyo cero coincide con el de la estación. Otra forma de hacerlas es realizando lo que se conoce como "lectura de vacío", donde se mide la distancia entre el brocal del tubo del flotador y el pelo de agua. Luego como se conoce la distancia entre este brocal y el cero de la estación ("constante de la estación"), la diferencia entre este último valor y la lectura de vacío es la altura del agua respecto del mencionado cero. Finalmente la cota del eje de referencia resulta de calcular el valor medio de las diferencias entre las alturas del agua referidas al cero de la estación (calculadas por lecturas de regla o vacío) y las correspondientes lecturas de faja mareográfica, afectadas por la escala del registrador.

Deberá tenerse en cuenta que un mareograma puede tener más de una cota. Esto puede ocurrir en ciertos equipos, como consecuencia de una pleamar o bajamar extraordinaria, donde el carro porta-birome se desconecta del tornillo sin fin sobre el que se mueve, provocando un cambio de cero en el registro (ver Registrador analógico Ballauff tipo Standard). También puede deberse a malas maniobras del operador.

Para calcular varias cotas se procede de idéntica forma que para un único valor, debiendo quedar en el mareograma perfectamente delimitadas las zonas correspondientes a cada una de ellas.

Antes de determinar la o las cotas del eje de referencia se deben eliminar aquellos valores que a juicio del calculista correspondan a errores groseros (equivocaciones) cometidos en las lecturas de regla o de vacío.

De acuerdo con esto último la cota puede variar según quien sea el calculista, es decir que en el resultado final está presente la ecuación personal del encargado de realizar esta tarea. Las Figuras 11.1 y 11.2 muestran como se desarrollaban estos cálculos en el caso de efectuar lecturas de regla o de vacío respectivamente.

Para eliminar esta ecuación personal se propone utilizar conceptos de probabilidad y estadística.

La aplicación de la teoría de probabilidad de los errores desarrollada por Federico Gauss (1777-1855) permite detectar la presencia de errores groseros (equivocaciones) en las mediciones.

Si la cantidad de mediciones es suficientemente grande (más de 100), se puede eliminar directamente a aquellas cuyo valor absoluto es mayor que el correspondiente a la suma del valor medio más el triplo del desvío standard.

Si la serie de mediciones es corta (menos de 100), y aparece un error grosero, por más evidente que sea no puede eliminarse de la manera expuesta. La razón es que a medida que el número de

observaciones decrece cualquier error grosero afecta significativamente a la media aritmética y al desvío standard de la serie dada.

Para salvar este inconveniente se propone utilizar el criterio de Chauvenet, que propone un desvío máximo aceptable que varía con el número de mediciones (Cernuschi F. et al., 1968).

ARMADA ARGENTINA
SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL

CALCULO DE LA COTA DEL EJE DE REFERENCIA

Estación RIO SALLEGOS Escala 1:48
Fecha ENERO 1942 Huso Horario 3 W

DIA	HORA	(1)	(2)	(3)	(4)
		LECTURA DE LA REGLA [cm]	LECTURA DE LA FAJA [cm]	(2) X ESCALA [cm]	(1) - (3)
1	0745	355	76	365	-10
1	2000	326	69	331	-5
2	0800	422	88	422	0
2	2000	432	89	427	+5
3	0800	518	109	523	-5
3	2000	561	112	562	-1
4	0800	667	140	672	-5
4	2000	720	152	720	-6
5	0800	806	170	816	-10
5	2000	892	181	898	-6
6	2000	1084	276	1085	-1
7	0800	1128	235	1128	0
7	2000	1113	234	1123	-10
8	0800	1089	228	1094	-5
8	2000	960	201	965	-5
9	0800	921	193	926	-5
9	2000	705	148	710	-5
10	0800	691	146	701	-10
10	2000	412	88	422	-10
11	0800	422	90	432	-10
11	2000	177	38	182	-5
12	0800	235	50	240	-5
12	2005	96	20	96	0
13	0800	177	38	182	-5
14	2000	283	60	288	-5
					$\Sigma =$ -174
					MEDIA = -5

Calculado por Encargado sección hidrográfica
Controlado por [Signature]

Figura 11.1

ARMADA ARGENTINA
SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL

CALCULO DE LA COTA DEL EJE DE REFERENCIA

Estación Marigrafica Mar del Plata (P) Constante de la Estación (1) 553 cm
Fecha Agosto de 1982 Escala 1:16 Huso Horario +3

DIA	HORA	(2) cm	(3) cm	(4) mm	(5) m	(6) cm	
		Lectura del Vado	(1) - (2)	Lectura de la Faja	(4) x Escala	(3) - (5)	
1	1000	418	135	85	136	-1	
2	0800	426	127	78	125	+2	
2	1700	400	153	95	152	+1	
3	0800	509	44	29	46	-2	
3	1700	428	125	79	126	-1	
4	0800	465	88	56	90	-2	
4	1700	416	127	86	134	+3	
5	0800	448	105	66	106	-1	
5	1700	438	115	73	117	-2	
6	0800	416	137	85	136	+1	
6	1700	421	132	82	131	+1	
7	1000	414	139	88	141	-2	
8	1000	464	109	68	109	0	
9	0800	433	120	74	118	+2	
9	1700	463	110	68	109	+1	
10	0800	449	104	67	107	-3	
10	1700	477	76	47	75	+1	
11	0800	528	25	16	26	-1	
11	1700	520	33	21	34	-1	
12	0800	514	39	24	38	+1	
12	1700	486	67	41	66	+1	
13	0800	504	49	31	50	-1	
13	1700	437	116	73	117	-1	
14	1000	411	142	85	141	+1	
15	1000	454	99	61	98	+1	
Calculado por <u>Enrique D'Onofrio</u>						$\Sigma =$	-2
Controlado por <u>[Signature]</u>						Media =	0

Figura 11.2

❖ **Referencias Bibliográficas**

CERNUSCHI F., GRECO F. I., 1968, Teoría de errores de mediciones. EUDEBA. 322pp.

D'ONOFRIO E.E., BALAY C.E., BALESTRINI C.F., 1982, Manual de medición de marea. Informe Técnico N°11/82, Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval. 120pp.

D'ONOFRIO E.E, 1984, Desarrollo de un nuevo sistema de procesamiento de información de marea. Informe Técnico N°25/84, Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval. 167pp.

PALMER H. R., 1831. Description of graphical register of tides and winds. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 121, 209 - 13.

UNESCO 1985. IOC Manual and Guides Nro. 14, 83pp.