

MANUAL
DE MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN
DEL NIVEL DEL MAR

PREFACIO

La Asamblea de la COI aprobó en su 13a. reunión mediante la Resolución XIII-7 la propuesta de una Red Mundial de Estaciones del Nivel del Mar elaborada con asistencia del Dr. D. Pugh (Reino Unido) y del Profesor K. Wyrki, como base para expandir con el patrocinio de la COI la red existente del nivel del mar. Esta resolución figura en el anexo del Informe Resumido de la 13a. reunión de la Asamblea de la COI. En ella, se insta a los Estados Miembros a participar en la instauración del Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar que le hace falta para la investigación a la comunidad oceanográfica, en particular en apoyo de los experimentos y programas oceanográficos del Programa Mundial de Investigación sobre el Clima y también para las aplicaciones nacionales prácticas.

Como otros programas internacionales, este proyecto exige acciones nacionales e internacionales. La elaboración del Manual de Medición e Interpretación del Nivel del Mar se considera un paso importante hacia la unificación de los procedimientos de medición y análisis del nivel del mar y para asistir a los Estados Miembros que deseen instalar o reactivar sus estaciones de nivel del mar.

Este manual fue elaborado por personal del Instituto de Ciencias Oceanográficas del Reino Unido que participó en los cursos de verano de observación del nivel del mar y de reducción de datos efectuados con los auspicios de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Aunque el manual se basa en la experiencia del Reino Unido, se extiende a los análisis y registros de muchas otras formas de mareómetros y localizaciones costeras de todo el mundo. No obstante, en otros países, pueden ser más apropiados procedimientos ligeramente diferentes. Se espera que el material presentado aquí ayude a los países que están planeando redes nacionales de nivel del mar de conformidad con las exigencias prácticas y científicas comprobadas, según lo expresado en la Resolución XIII-7 de la Asamblea de la COI de marzo de 1985 en que se exhortaba a los Estados Miembros a desarrollar dichas redes.

INDICE

	PAGINA
1. INTRODUCCION	1
2. LA CIENCIA DE LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR Y SUS APLICACIONES	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Mareas	3
2.3 Efectos meteorológicos	5
2.4 Niveles máximos para el diseño de sistemas de defensa costera	6
2.5 Tsunami	6
2.6 Niveles medios del mar	7
2.7 Tendencias a largo plazo	8
2.8 Prueba geológica	9
3. MAREOGRAFOS	11
3.1 Selección del emplazamiento del mareógrafo	11
3.2 El mareógrafo de flotador	13
3.2.1 Instalación	16
3.2.2 Nivelación y control del nivel cero	21
3.2.3 Mantenimiento	29
3.3 Otras clases de mareógrafos	35
3.4 Control remoto	39
4. REDUCCION DE LOS DATOS	41
4.1 Naturaleza de los registros de mareógrafos	41
4.2 Interpretación de los registros	45
4.2.1 Etiquetas de los gráficos y niveles cero	46
4.2.2 Errores mecánicos	47
4.2.3 Influencias metereológicas	50
4.3 Obtención de los niveles	54
4.4 Estadística	57
5. PROCEDIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE DATOS	61
5.1 Introducción	61
5.2 Bancos de datos nacionales	61
5.3 Aspectos internacionales	61
5.4 El Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar	62
5.5 Presentación de datos al PSMSL	62

APENDICES

Apéndice 1. Resumen de los controles esenciales que deben realizar los operadores de mareógrafos	65
Apéndice 2. Proveedores de equipos de mareógrafos (conocidos por los autores del manual) . . .	66
Apéndice 3. Utilización del filtro XO para calcular el nivel medio del mar	67
Apéndice 4. Subconjunto normalizado GF-3 para el nivel medio del mar (PSMSL)	68

1. INTRODUCCION

La medición del nivel del mar tiene una larga historia. Los pueblos antiguos de muchos lugares del mundo pudieron encontrar relación entre los movimientos regulares del mar y los movimientos de la luna y el sol. Muchos consideraban también que las mareas se debían a los poderes de los dioses.

Los estudios del siglo XIX se referían a los movimientos verticales de la tierra, dada la creencia en que el nivel medio del mar era constante en el transcurso de largos periodos de tiempo, y los cambios del nivel medio del mar se relacionaban con el movimiento del suelo. Hoy en día se aprecia en general que ni el nivel del suelo ni el del mar son permanentes, sino que se producen movimientos verticales del suelo relacionados con los cambios glaciales y otros procesos tectónicos. Los cambios del nivel medio del mar están relacionados con variaciones del volumen de agua de los océanos y con variaciones de las corrientes oceánicas.

Los estudios modernos del nivel del mar versan sobre problemas de transporte marino, erosión costera y diseño de defensas costeras contra las inundaciones. Científicamente, las mareas y los cambios del nivel del mar ejercen una influencia controladora en muchos de los procesos biológicos y geológicos marinos. Los cambios del nivel del mar a lo largo de extensos periodos tienen una importante incidencia en la habitación de las costas y en los cambios climáticos.

Propuestas recientes de estudios coordinados del cambio climático han identificado el nivel medio del mar como un importante indicador, aunque sea indirecto, de cambio del clima y de los procesos relacionados con el cambio. Entre estos procesos se hallan el derretimiento glacial, la expansión del agua marina debida al calor y los cambios de los gradientes de la superficie marina relacionados con los cambios de las corrientes a través del balance geostrófico. Los cambios de estas corrientes conducen a su vez a cambios de la transferencia de calor de los trópicos a los polos. El programa PICG-200 sobre los cambios del nivel del mar en el transcurso de los tiempos geológicos recientes es otro ejemplo de las diferentes aplicaciones de los estudios de los cambios del nivel medio del mar.

Para los estudios mundiales se necesita una red mundial bien distribuida, con la correspondiente colaboración internacional en la definición de las normas de observación y la recolección y publicación de los datos. La Comisión Oceanográfica Intergubernamental ha patrocinado una serie de cursos en el Laboratorio Bidston del Instituto de Ciencias Oceanográficas del Reino Unido con los auspicios del Servicio Permanente para el Nivel Medio del Mar.

En el presente Manual se resume la información dada en estos cursos. Se da énfasis a las técnicas y a los aspectos prácticos de la selección y el mantenimiento de los sitios y a la reducción de los datos críticos. Material adicional pone estas consideraciones prácticas en un contexto científico y de ingeniería. Los cursos y este Manual fueron elaborados por un equipo compuesto de las personas siguientes:

Bill Ainscow	Profesor, instrumentos
David Blackman	Coordinador de curso
John Kerridge	Administración
David Pugh	Presidente, Director del Servicio
Sheila Shaw	Profesor, reducción de datos

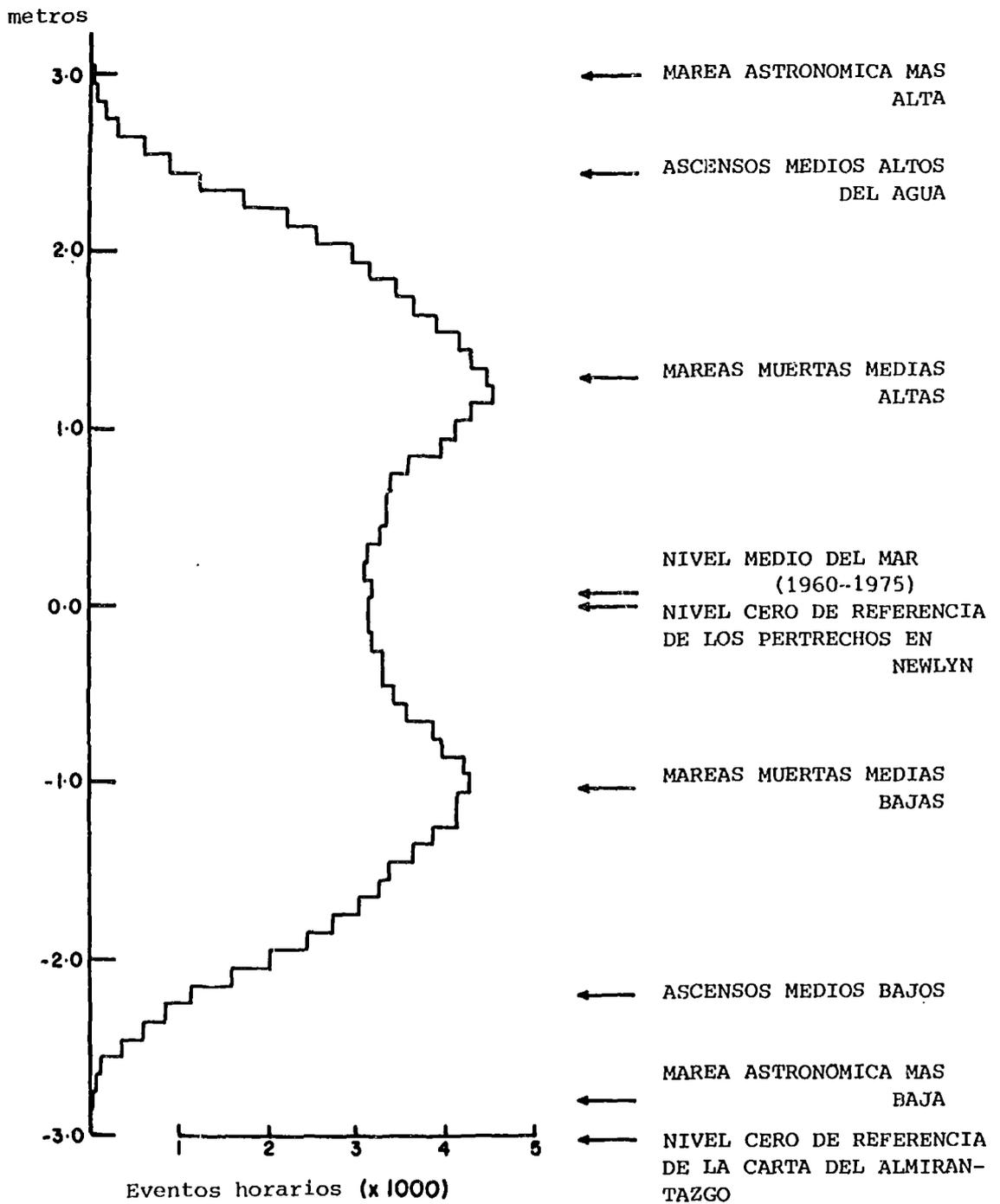


Figura 2.1 Distribución de las frecuencias de los niveles horarios de las mareas en Newlyn (1951-1969), lo que indica que la mayor probabilidad es la de los niveles de la marea muerta alta y la marea muerta baja. La influencia del tiempo dispersa la distribución observada a niveles más altos y más bajos.

2. LA CIENCIA DE LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR Y SUS APLICACIONES

2.1 Generalidades

Cualquier análisis científico del nivel del mar tiene que basarse en una larga serie de mediciones cuidadosas. Cualquier medición instantánea del nivel del mar de una serie se puede considerar como la suma de tres partes componentes:

Nivel observado = nivel medio del mar + marea + residuos meteorológicos.

Cada una de estas partes componentes está condicionada por procesos físicos separados, y las variaciones de cada una de ellas son esencialmente independientes de las demás partes componentes.

Hay muchas formas de definir estos componentes. Una definición aceptable sería la siguiente:

Mareas son los movimientos periódicos de los mares que tienen amplitud coherente y una relación cíclica con alguna fuerza geofísica periódica. El factor predominante es la variación del campo gravitacional sobre la superficie terrestre debida a los movimientos planetarios regulares en las relaciones tierra-luna y tierra-sol, que generan las mareas gravitacionales. También hay mareas débiles originadas por variaciones periódicas de la presión atmosférica y de vientos que van en dirección mar-tierra o viceversa, las cuales se denominan mareas meteorológicas.

Residuos meteorológicos son los elementos componentes ajenos a las mareas que quedan después de eliminar las mareas por análisis. Los residuos meteorológicos son irregulares, como lo son las variaciones del tiempo. A veces se usa el término oleada residual, aunque por lo general se emplee el término oleada para describir un evento particular en que se genera un elemento componente grande ajeno a la marea.

Nivel medio del mar es el nivel medio del mar basado generalmente en valores horarios tomados durante un periodo de por lo menos un año. A efectos geodésicos, el nivel medio puede tomarse durante varios años. La frecuencia con que se producen durante un largo periodo de observación diferentes niveles horarios tiene un patrón definido. Cuando predominan las mareas semidiurnas, los niveles más frecuentes son próximos a los niveles de la marea muerta alta media y de la marea muerta baja media (ver Figura 2.1).

Técnicas analíticas más elaboradas permiten descomponer las variaciones del nivel de la energía marina en una serie de componentes de frecuencia o espectrales. La mayor concentración de energía se sitúa en las bandas de marea semidiurna y diurna, pero hay una franja continua de energía meteorológica que aumenta durante periodos más largos o en frecuencias más bajas.

2.2 Mareas

La teoría de la atracción gravitacional de Newton prevé dos crecidas simétricas de la marea directamente bajo el sol o la luna y en el lado opuesto de la tierra, con niveles máximos de crecida de 0,5 metros aproximadamente alrededor del Ecuador. La teoría dice que la crecida individual de la masa de agua va alrededor de la tierra de este a oeste en progresión constante y simultánea con la rotación de la tierra por debajo de la luna o el sol. Estas no son ciertamente las características de las mareas observadas.

Las mareas observadas en los principales océanos son del rango de 1,0 metros aproximadamente aunque se producen diversas variaciones, como puede verse en la Figura 2.2. En algunas áreas locales de las plataformas continentales, los rangos superan los 10 metros. Un ejemplo extremo se da en la Bahía de Fundi, en que

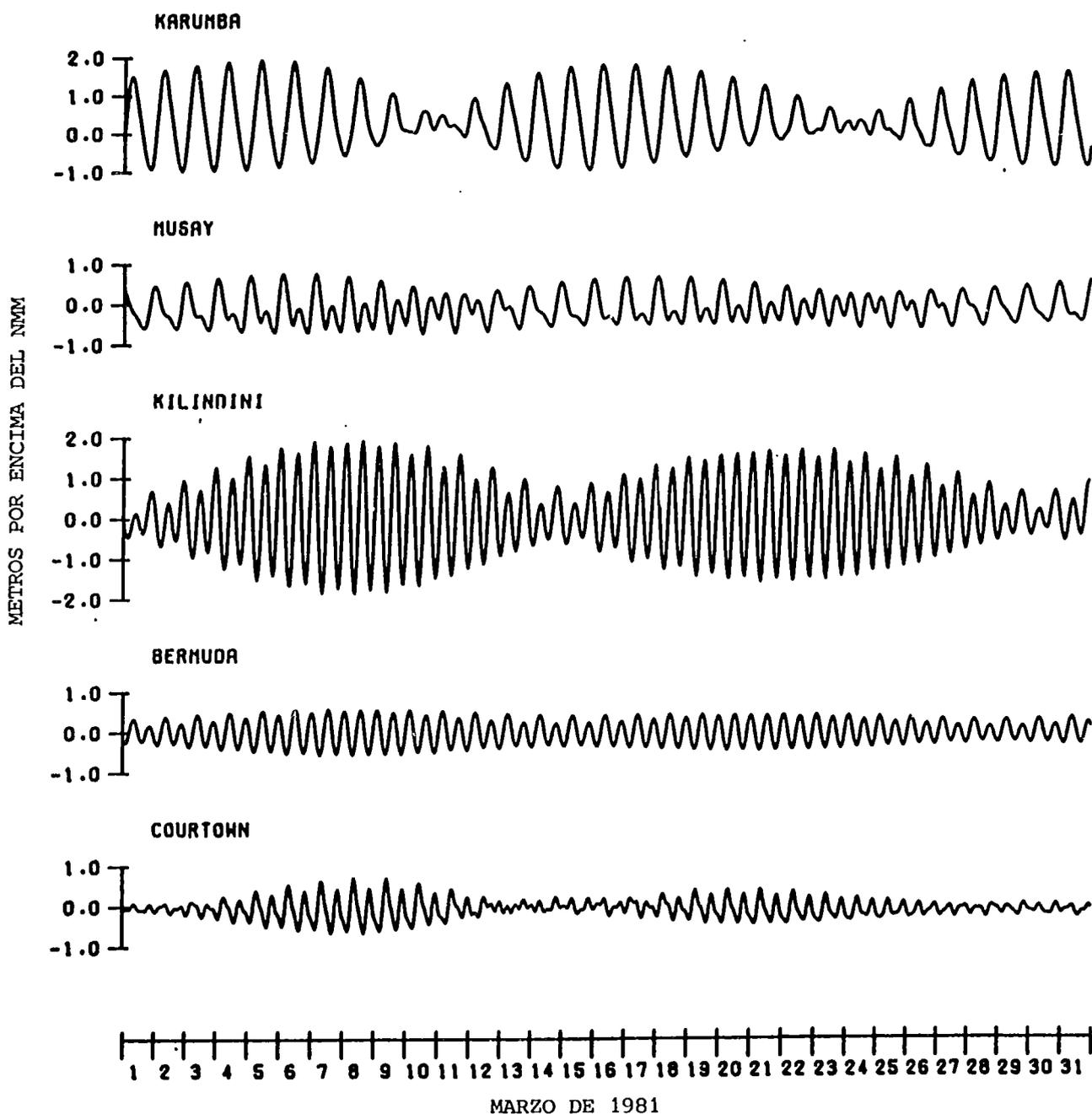


Figura 2.2 Características de las mareas en cinco estaciones con diferentes regímenes: diurno, mixto, semidiurno con fuerte modulación de creciente y de marea baja en el Océano Indico, semidiurno con modulación causada por el tiempo en el Océano Atlántico Norte, y grandes distorsiones en aguas poco profundas.

a veces pueden producirse rangos de 15 metros. En la mayoría de sitios predominan los patrones semidiurnos de marea, aunque haya lugares en que predominen las mareas diurnas, mientras que en algunos sitios hay regímenes mixtos de mareas con características que varían entre el patrón semidiurno y el diurno. En situaciones muy locales, en que el agua es poco profunda, se registran tremendas distorsiones de los perfiles de las mareas.

Las mareas se propagan como largas corrientes sobre la tierra que está en rotación y su comportamiento se puede representar en mapas de comparación de amplitud y marea. La reflexión de las corrientes progresivas genera corrientes estables que sobre la tierra en rotación constituyen sistemas anfidrómicos. Sistemas anfidrómicos son los sitios en que la amplitud de la marea es cero y alrededor de las cuales las olas de la marea avanzan en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur y en el sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio norte. Cuando las dimensiones naturales de una cuenca se acercan a la cuarta parte de longitud de la onda de la marea progresiva, se produce resonancia y las amplitudes resultantes en la cabecera de la cuenca pueden agrandarse muchísimo.

Las mareas se dispersan de los océanos a las partes más superficiales de las plataformas continentales en que disminuye su velocidad de propagación. Hay pérdida de energía en sobreponer la resistencia de fricción del fondo a las fuertes corrientes de la marea. La última distorsión de la corriente armónica de la marea se produce en los estuarios y en los ríos en que la profundidad es tan escasa que la corriente apenas puede propagarse. Como resultado, se producen oleajes de la marea frecuentemente espectaculares y que pueden causar grandes daños.

2.3 Efectos meteorológicos

Hasta las previsiones de las mareas más cuidadosamente preparadas son diferentes de los niveles del mar observados en la realidad debido a los efectos del clima. La amplitud relativa de los movimientos de marea y los movimientos que no son de marea depende de la época del año, de la latitud y de la proximidad de extensas áreas de escasa profundidad de agua. Las desviaciones típicas normales de los niveles observados respecto de los niveles de marea previstos varían entre 0,03 metros en las islas tropicales oceánicas y 0,25 metros o más en altas latitudes tormentosas en que las plataformas continentales son poco profundas.

Los patrones de desarrollo geológico litoral y de depósito sedimentario suelen producir tierras fértiles bajas adyacentes a mares extensos y poco profundos. La parte norte de la Bahía de Bengala es un ejemplo destacado al respecto. La población tiende a establecerse en esta tierra baja. Cuando se producen oleadas por temporales combinadas con mareas altas, las graves inundaciones resultantes acarrearán como efecto más inmediato el peligro de que la población se ahogue. Sin embargo, pueden presentarse otros peligros por daños subsiguientes de servicios normales tales como el suministro de agua y el alcantarillado. Por otra parte, al ser inundadas por el mar, las tierras que son fértiles pueden quedar inadecuadas para cultivos durante varios años debido al depósito salino que permanece después de que hayan bajado las aguas de la inundación.

Físicamente la atmósfera ejerce influencia en el mar de dos maneras bien diferentes. Los cambios de presión atmosférica originan cambios de las presiones que actúan verticalmente sobre la superficie del mar. Un incremento de un milibar de presión atmosférica tiene como resultado que el nivel del mar disminuya en un centímetro. Esto se llama "efecto del barómetro invertido". El arrastre del viento sobre la superficie marina aumenta en un primer cálculo aproximativo al cuadrado de la velocidad del viento. Este arrastre pone al agua en movimiento: en agua poco profunda la corriente va en dirección del viento, pero en agua más profunda el transporte se hace con ángulos de 90° (hacia la derecha en el hemisferio norte). Cuando el transporte del agua se ve impedido por fronteras de tierra, se produce un incremento de los niveles del mar: el oleaje de borrasca.

Para el análisis científico y para los sistemas diseñados para la predicción de oleajes inminentes, se distingue generalmente entre oleajes tropicales y oleajes extratropicales.

Oleajes tropicales

Estos oleajes tropicales tienen su origen en borrascas tropicales pequeñas y muy intensas que vienen del mar, de donde se desplazan en forma irregular hasta llegar a la costa. En la costa producen inundaciones excepcionalmente amplias dentro de una región de unos 10 a 50 kms. Es difícil controlar desde tierra las borrascas tropicales, y sus efectos sobre una parte dada del litoral no se pueden estimar según las estadísticas de las inundaciones observadas, debido a que son tan escasas. Una combinación de modelos numéricos y modelos estadísticos simples puede servir para calcular los niveles máximos de inundación, aunque la localización exacta dependerá del trayecto de cada borrasca particular.

Oleajes extratropicales

Estos oleajes se generan en borrascas que se extienden a lo largo de varias centenas de kilómetros a velocidad generalmente lenta. Afectan vastas zonas de la costa durante lapsos de tiempo que pueden durar varios días. En el centro de ellas hay una región de baja presión atmosférica. Hay que tener en cuenta los efectos de la rotación de la tierra al hacer las previsiones numéricas del comportamiento de la borrasca y de su potencial de inundación.

2.4 Niveles máximos para el diseño de sistemas de defensa costera

Los niveles máximos de aguas altas debidas a la combinación de mareas muy altas y oleajes muy fuertes que se puede prever en un periodo definido de 50 a 100 años es un insumo necesario para el diseño de los sistemas de defensa costera. El tratamiento más sencillo es el cómputo de la razón entre algún parámetro de marea normal y el nivel que tenga un periodo de retorno de N años. El factor se puede determinar para un puerto normal de la región y utilizarse para elaborar la escala de parámetros ajenos a la marea en otros puntos para los cuales no se disponga de una serie larga de datos para análisis independiente. Otro método utiliza los niveles máximos observados en cada punto en una cantidad de años ordenándolos estadísticamente para estimar por extrapolación los niveles máximos que se pueden producir. Generalmente se necesitan por lo menos 25 años de niveles anuales máximos para esta clase de análisis. El tratamiento más directo para la estimación de la probabilidad de los niveles extremos se sirve de las probabilidades separadas de mareas y oleajes y las combina estadísticamente para calcular las probabilidades de los niveles totales. En los lugares en que las inundaciones son resultado de oleajes extratropicales, se pueden utilizar estas técnicas de análisis de datos, pero en los sitios en que la mayoría de inundaciones graves se debe probablemente a oleajes tropicales, los datos serán insuficientes para que se pueda hacer un tratamiento estadístico de los eventos extremos en cualquier localidad dada. En este caso, lo usual es confiar en modelos numéricos o modelos empíricos sencillos que relacionen los niveles máximos con las cambiantes velocidades y direcciones de desplazamiento de la borrasca, y con la amplitud de la plataforma.

2.5 Tsunami

El tsunami es una ola generada por actividad sísmica y como tal no se clasifica dentro de las dos clases de fuerzas que acarrear los cambios normales del nivel del mar: las mareas y el tiempo. No todos los terremotos submarinos producen tsunamis. El elemento importante es el movimiento vertical de la corteza que hace desplazar el lecho marino. La ola tsunami dependerá de la amplitud del desplazamiento y de las dimensiones del lecho marino involucrado. Los desplazamientos horizontales del lecho marino tendrán relativamente poco efecto. Las olas se desplazan a una velocidad dada por la fórmula: $(\text{profundidad del agua} \times \text{aceleración gravitacional})^{\frac{1}{2}}$.

Las amplitudes en aguas profundas son pequeñas, probablemente no superiores a un metro. El Océano Pacífico y sus costas son los más vulnerables al tsunami debido a la sismicidad que hay alrededor de las placas. A medida que la ola se acerca a las aguas costeras poco profundas aumenta su amplitud y se forman múltiples reflexiones y refracciones que se combinan para producir vastísimas amplitudes locales. Una red de mareógrafos emisores presente en el Océano permite dar la alerta de la llegada del tsunami con unas horas de anticipación.

2.6 Niveles medios del mar

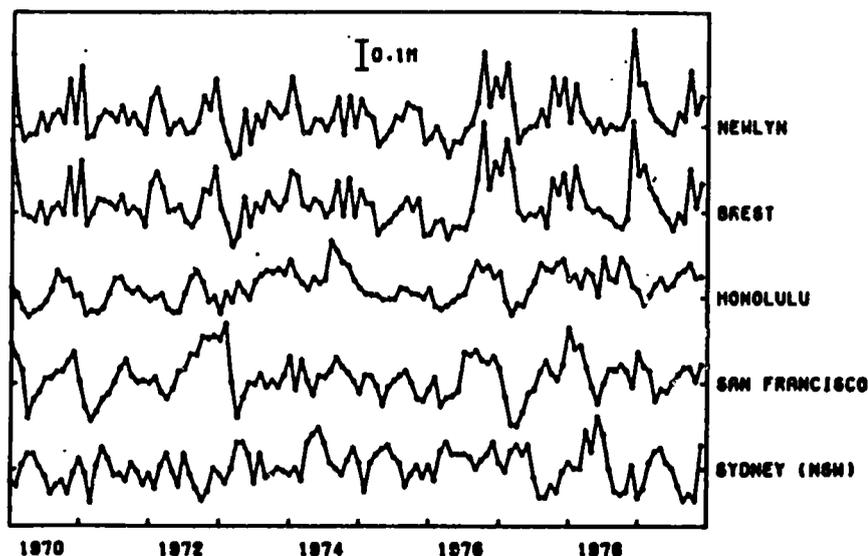
El nivel medio del mar se calcula con arreglo a series largas de observaciones horarias (o a veces de cada tres horas). El método más sencillo consiste en sacar el promedio aritmético, pero hay métodos más elaborados tales como la aplicación de filtros numéricos de paso bajo para eliminar las mareas y oleajes antes de sacar el promedio. El promedio de todos los niveles altos y bajos de agua se denominan nivel medio de marea, cuyo valor se aproxima al del nivel medio del mar sin que ambos sean idénticos.

El Servicio Permanente para el Nivel Medio del Mar recolecta y publica series mensuales y anuales del nivel medio del mar para una red mundial de estaciones, junto con los detalles de la localización de los mareógrafos y con definiciones de los datos a los que se refieren las observaciones. Se tienen datos de más de mil estaciones: ciento doce de estas estaciones tienen datos registrados desde antes de 1900. El registro más antiguo que se posee es el de Brest, Francia, que comienza en 1806. La localización física de los mareómetros en la red no es óptima: la gran mayoría de los mareómetros operan en el hemisferio norte y hay que tener cuidado en el análisis para no falsear la interpretación. Continuamente se necesitan más datos del hemisferio sur y de las islas oceánicas.

La variación del nivel medio del mar con respecto a un punto fijo de la tierra es una medida de la diferencia existente entre los movimientos verticales de la superficie del mar y de la tierra misma. Los cambios a largo plazo del nivel del mar registrados se llaman cambios seculares. Los cambios mundiales del nivel medio del mar se llaman cambios eustáticos. Los movimientos verticales de la tierra que cubren una región extensa se llaman movimientos epeirogenésicos.

La figura 2.3 muestra las variaciones del nivel mensual del mar a lo largo de un periodo de diez años en cinco estaciones bien establecidas.

DIEZ AÑOS DE NIVELES MENSUALES MEDIOS DEL MAR



Las variaciones observadas en Newlyn y Brest -que distan entre sí apenas 200 kilómetros- son muy similares. Para Honolulu y San Francisco, que están separados por la mitad de la anchura del Océano Pacífico, hay muchas semejanzas y también muchas diferencias. La estrecha similitud entre las variaciones observadas en Newlyn y en Brest, y que se miden en forma independiente utilizando diferentes clases de instrumentos, muestra que la variabilidad oceanográfica que tratamos de describir y comprender es mucho mayor que los datos de los errores en las mediciones.

Hay marcadas variaciones anuales y semianuales del nivel medio del mar debidas a los cambios estacionales de presión atmosférica, de densidad del agua y de circulación del océano. En los meses de verano pueden predominar las variaciones de la densidad del agua mientras que en el invierno pueden predominar las variaciones meteorológicas.

2.7 Tendencias a largo plazo

En la Figura 2.4 pueden verse las tendencias a largo plazo del nivel del mar en diversas estaciones, mientras que las tendencias se resumen en el Cuadro 2.1. En el periodo de mediciones detalladas se registra un incremento general de los niveles medios del mar de cerca de 0,10 a 0,15 m por siglo, aunque las variaciones de esta cifra promedio son considerables.

Durante los periodos de glaciación los niveles del mar descienden debido a que el agua queda retenida en los casquetes polares. A medida que los glaciares se van derritiendo, va aumentando el nivel mundial del mar, pero este aumento general de nivel puede no ser manifiesto a lo largo de las costas que sólo recientemente han quedado liberadas de su peso de hielo. A lo largo de estas costas se produce un levantamiento isostático de la tierra que se mide como una disminución del nivel local del mar (por ejemplo Sitka, en Alaska, en la Figura 2.4). A las tendencias a largo plazo vienen a añadirse las variaciones de algunos centímetros de amplitud que son coherentes a través del océano pero no de las distancias del globo, y a lo largo de periodos de varios años. Estas variaciones interanuales no se comprenden bien, pero están relacionadas con los cambios de acumulación, circulación y transporte del calor. Los estudios de la estabilidad climática y del cambio climático avanzarían al comprenderse mejor estos cambios del nivel del mar.

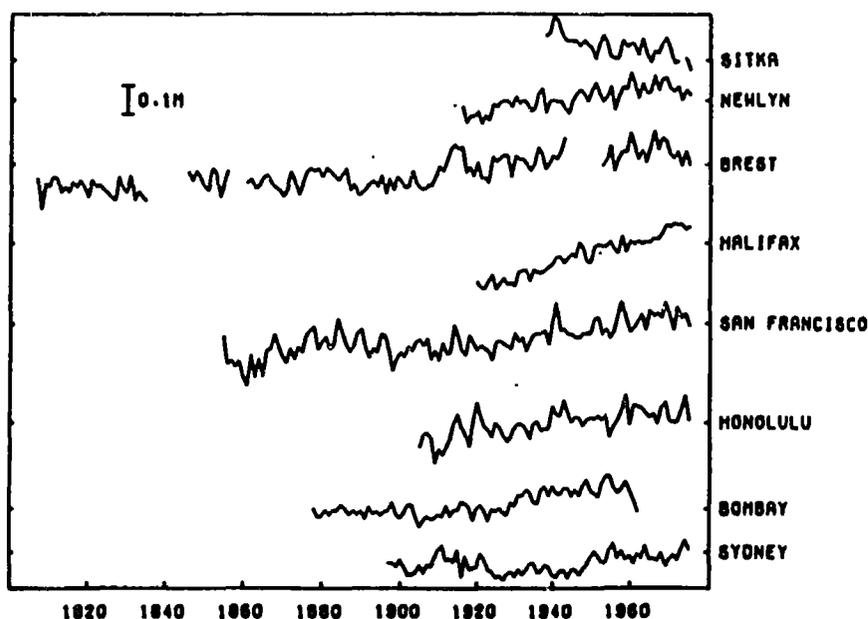


Figura 2.4 Cambios de nivel del mar de bajo nivel de frecuencia en ocho estaciones, con indicación de tendencia ascendente excepto en Sitka, y variaciones interanuales significativas.

	Serie Completa			De 1940 en adelante
	Latitud	Total Años	Periodo	
SITKA (Alaska)	57° 03'N	42	1939-1979 -2,5(0,4)	-2,6(0,3)
NEWIA	50° 06'N	65	1916-1980 1,7(0,2)	1,5(0,4)
BREST	48° 23'N	141	1807-1981 0,9(0,1)	0,0(0,5)
HALIFAX (Nueva Escocia)	44° 40'N	62	1897-1980 3,7(0,1)	3,2(0,3)
SAN FRANCISCO	37° 48'N	127	1854-1979 3,8(1,5)	1,5(0,4)
HONOLULU	21° 19'N	76	1905-1980 1,6(0,2)	0,8(0,4)
BOMBAY	18° 55'N	101	1878-1978 1,0(0,1)	-1,0(0,4)
SYDNEY (Nueva Gales del Sur)	33° 51'S	85	1897-1981 0,7(0,1)	2,0(0,3)

Cuadro 2.1 Relaciones entre las tendencias lineales y series largas de niveles medios anuales del mar. Las tasas estimadas de la subida del nivel del mar se dan en mm. por año con el error estándar de las estimaciones entre paréntesis.

Si no hubiera variaciones de densidad y circulación de los océanos, la superficie marina adoptaría una forma denominada geoide. Sin embargo, hay variaciones de densidad y corrientes que hacen que el nivel real medio del mar varíe hasta un metro respecto del geoide. Los gradientes de la superficie del nivel medio del mar a través de las corrientes oceánicas son necesarios para equilibrar las fuerzas de Coriolis en la rotación del planeta. Los cambios de fuerza de las corrientes producirán cambios de gradiente y, por lo tanto, de la superficie del nivel medio del mar. La diferencia del nivel medio del mar entre dos mareógrafos insulares puede por tanto indicar la fuerza de la corriente que pasa entre los dos.

2.8 Prueba geológica

A través de los periodos geológicos se han producido considerables movimientos verticales de la tierra con respecto al mar en extensiones superiores a varios miles de metros. La prueba de que hubiera más bajos niveles del mar que en la actualidad son las líneas de playa y deltas sumergidos y la extensión de los sistemas de hoyas fluviales bien distantes de la plataforma continental, algunas veces hasta cañones submarinos en una hendidura de la plataforma. Se pueden determinar las edades de los bosques, lechos de turba y plataformas sumergidos que contienen materia orgánica para investigar estos cambios. La prueba de movimiento de relativo ascenso de la tierra se ve en las playas realzadas, los bajos de marea y las marismas, al igual que las terrazas talladas por las olas y los sistemas elevados de cuevas marinas de los farallones. En los sitios en que las mareas son pequeñas, como en el mar Mediterráneo, los cambios relativos del nivel del mar se pueden controlar mediante reconocimiento arqueológico de puertos antiguos.

En algunos casos los cambios de nivel del mar son muy súbitos debido a terremotos locales. En otros casos, tal como el de la recuperación isostática de la carga glacial, los cambios son graduales.

La combinación de los cambios del nivel del mar medidos con diferentes técnicas muestra un ascenso relativamente rápido del nivel del mar desde hace 20 mil años, que gradualmente fue perdiendo velocidad hace ocho mil años cuando los niveles eran unos 15 metros inferiores a los actuales. El incremento se fue produciendo más paulatinamente hasta alcanzar los niveles actuales hace unos cuatro mil años. Desde esa época los cambios han consistido en oscilaciones de poca amplitud.

La última edad glacial fue solamente la última de una sucesión de avances y retrocesos que se han repetido a lo largo de los últimos dos millones de años. A lo largo de este periodo cuaternario, se ha identificado un ciclo glacial-interglacial reproducido 17 veces. Sin embargo, en el historial geológico total estos periodos de amplias oscilaciones glaciales son inusitados y solamente se pueden apreciar en otras cuatro oportunidades en los últimos novecientos millones de años.

Referencias

- BARNETT, T.P. 1983: Recent changes in sea level and their possible causes. *Comatic change*, 5, 15-38.
- DOODSON, A.T. & WARBURG, H. 1941: Admiralty manual of tides. London: HMSO. 270 pp.
- GORNITZ, V., LEBEDEFF, S. & HANSEN, J. 1982: Global sea level trend in the past century. *Science*, 215, 1611-1614.
- KASAHARA, K. 1981: Earthquake mechanics. Cambridge University Press. 284 pp.
- LISITZIN, E. 1974: Sea level changes. Amsterdam: Elsevier. 286 pp.
- MURTY, T.S. 1977: Seismic sea waves - Tsunamis. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, No 198, 337 pp.
- MURTY, T.S. 1984: Storm surges - meteorological ocean tides. *Canadian Bulletin of Fisheries & Aquatic Sciences*, No 212, 897 pp.
- PATTULLO, J.G., MUNK, W.H. REVELLE, R. & STRONG, E. 1955: The seasonal oscillation in sea level. *Journal of Marine Research*, 1, 88-155.
- PUGH, D.T., & FAULL, H.E. 1983: Tides, surges and mean sea level trends. pp 59-69 in *Shoreline protection* (proceedings of a conference organised by the Institution of Civil Engineers, Southampton, 1982). London: Thomas Telford. 248 pp.
- ROSSITER, J.R. 1967: An analysis of annual sea level variations in European waters. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 12, 259-299.
- THOMPSON, K.R. 1980: An analysis of British monthly mean sea level. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 63, 57-73.
- WUNSCH, C. 1967: The long-period tides. *Reviews of Geophysics*, 5, 447-475.
- WYRTKI, K. 1979: Sea level variations: monitoring the breath of the Pacific. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*, 60, 25-27.

3. MAREOGRAFOS

3.1 Selección del emplazamiento del mareógrafo

Antes de determinar el sitio de instalación de un mareógrafo hay que tener en cuenta la información siguiente:

1) La clase de mareógrafo que se va a instalar. Para los mareógrafos de flotador, las dimensiones del cilindro de amortiguación y de la estructura de sostenimiento que se necesitan.

2) El área para la cual se desea la información de marea y la utilización que se le va a dar a dicha información.

El sitio se escoge entonces dentro de los límites de la costa determinados por los requisitos mencionados. En algunos casos, la elección del sitio es bastante clara puesto que de lo que se trata es de llevar un control de los niveles de marea en un punto específico tal como un punto de desagüe de alcantarillado o una puerta de esclusa. Sin embargo, en la mayoría de los casos, escoger el sitio no será tan fácil y sólo se podrá hacer juzgando cuáles de las restricciones siguientes son más significativas y cuáles se pueden dejar más o menos de lado:

a) Cuando la instalación esté terminada tiene que ser capaz de aguantar las peores condiciones de tormenta que se presenten. Por consiguiente, debieran evitarse en la medida de lo posible las ubicaciones que se sabe que están expuestas a daños de vendaval en razón de su exposición, pero si ello no es posible hay que tener en mente esta circunstancia al diseñar la instalación. En los sitios en que se pueden producir grandes olas o tsunamis, puede ser necesario elevar el nivel de la construcción para evitar su encharcamiento o destrucción.

b) El suelo en que se construya la instalación tiene que ser estable, no susceptible de hundimiento por causa de trabajos subterráneos o por ser de formación reciente, tal como en el caso de tierra recuperada por terraplenado. También tiene que ser terreno que no se preste a deslizamientos en el caso de fuertes tormentas prolongadas, es decir, con el drenaje adecuado, sin sufrir erosión fluvial o marina. Lo ideal sería construir directamente en roca sólida.

c) La profundidad del agua tiene que extenderse por lo menos dos metros por debajo de la marea astronómica más baja a fin de que la operación del cilindro de amortiguación dé buenos resultados. El desagüe del cilindro debiera hallarse separado del lecho marino y estar colocado suficientemente profundo como para que el flotador funcione a un metro por debajo de la marea astronómica más baja.

d) En la medida de lo posible debieran evitarse los estuarios de los ríos. El agua que fluye río abajo se mezcla con el agua marina, con el resultado de cambiar la densidad del agua en el área, y el agua del cilindro de amortiguación puede ser de diferente densidad que la del entorno, debido a la formación de distintas capas del agua que entra al cilindro. Las corrientes debidas al flujo fluvial pueden ocasionar desagües al cilindro de amortiguación, y después de fuertes tormentas lluviosas puede haber escombros que flotan río abajo y que se pueden enredar en el cilindro atorándolo o inclusive abollándolo.

e) Debieran evitarse zonas en que se puedan formar, en los niveles demasiado bajos, rebalses que las aislen del mar. De igual manera, las franjas arenosas levemente por debajo de la superficie entre el sitio y el mar abierto pueden dar lugar a medidas de niveles no característicos. Por las mismas razones debiera evitarse registrar las observaciones a lo largo de bajíos de playa.

f) Debieran evitarse los promontorios y estrechos porque en estos lugares se producen altas corrientes.

MAREOGRAFO BASICO

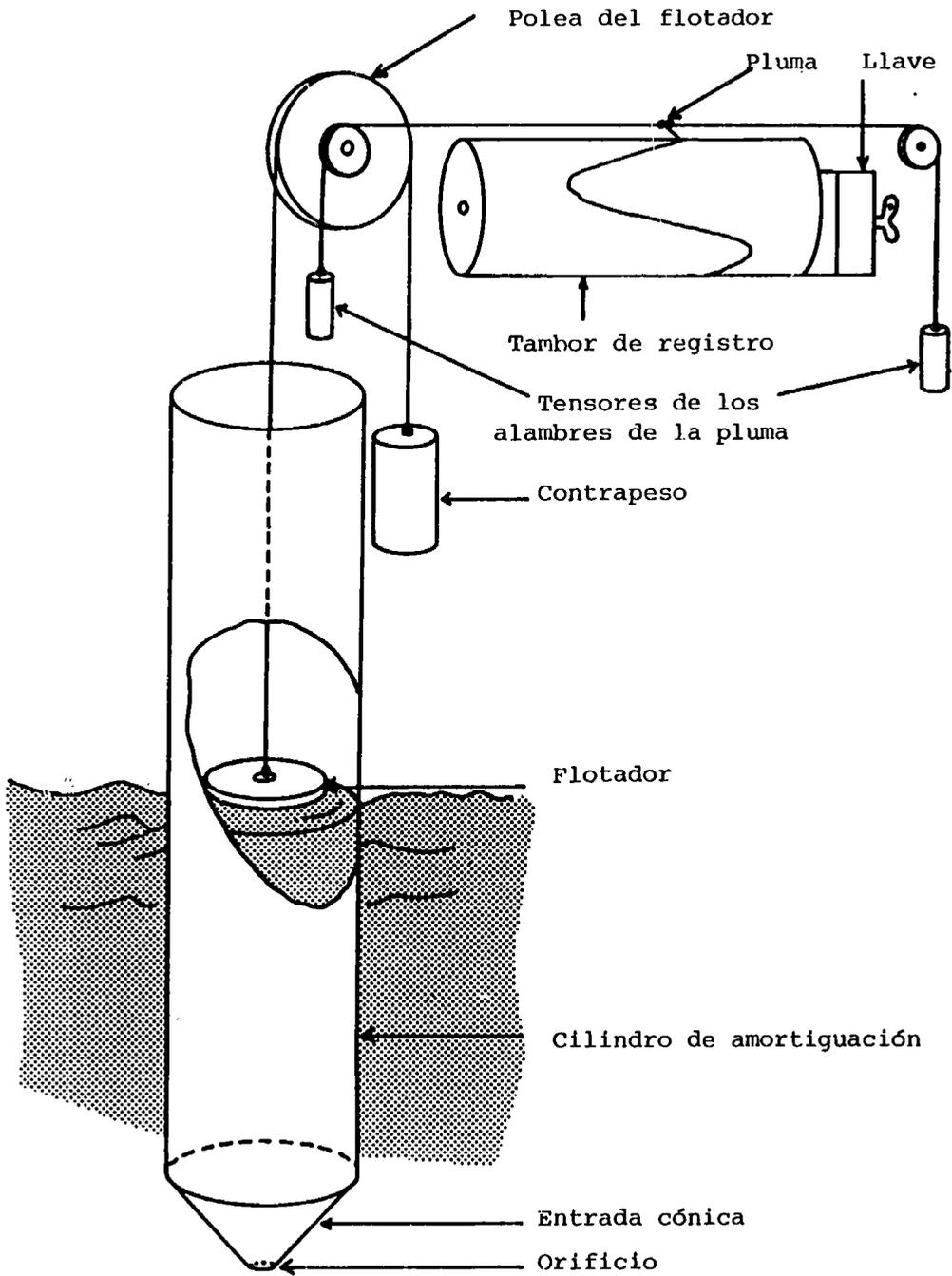


Figura 3.1

g) La vecindad de desembocaduras puede acarrear turbulencia, corrientes, dilución y depósitos, por lo que debieran evitarse.

h) Debería procederse al estudio del paso o amarraje de embarcaciones cerca del sitio propuesto porque podría haber peligro de colisión y de que la turbulencia de las hélices produzca movimiento de fango.

i) Debieran llevarse a cabo investigaciones para determinar si hay la posibilidad de que en el futuro se prevean trabajos de construcción en la zona que puedan afectar el régimen de mareas del sitio, tal como la construcción de nuevos muelles, malecones, esclusas o grandes fábricas que tengan compuertas de vertidos.

j) En los casos en que se necesite gran cantidad de electricidad será necesario instalar suministro eléctrico troncal para el sitio. Si no es posible, se puede obtener suministro con baterías y con un generador. Si la electricidad se necesita solamente para registrar o para telemetría, puede bastar con las baterías.

k) El sitio debe ser de fácil acceso; ante todo para transportar los materiales al sitio durante la construcción, y seguidamente para las visitas de observación y mantenimiento.

3.2 El mareógrafo de flotador

i) El mareógrafo básico de flotador

La forma más sencilla de instalar un mareógrafo de flotador puede ser la que se indica en la Figura 3.1. El flotador que descansa sobre la superficie del agua se conecta mediante un cable que pasa por una polea a un peso de forma que la posición del peso esté determinada por la del flotador. A medida que el flotador asciende con el agua que sube el peso baja en la misma proporción y el cable que pasa por la polea hace que la polea gire, con un ángulo de rotación directamente proporcional al cambio del nivel del agua. Otra polea colocada en el mismo eje gira con igual ángulo que la primera polea, pero como es de diámetro inferior, la pluma inscriptora colocada en la cuerda que pasa por la polea se irá moviendo a una distancia más corta que el flotador, aunque de idéntica forma. Se puede disponer que la pluma escriba en un diagrama y describa el movimiento del flotador, o sea, la superficie del agua aunque en escala reducida. La relación entre el movimiento de la pluma y el movimiento real del agua determinada en este ejemplo por los diámetros efectivos de ambas poleas da la medida del mareógrafo.

Si se dispone que la pluma del mareógrafo pase sobre la hoja de registro a una velocidad fija, se trazará una curva que dará un registro continuo de la altura del agua con relación al tiempo.

Se dispone que el flotador funcione dentro de un cilindro de amortiguación que es necesario para el buen funcionamiento. El cilindro forma un encierro que evita que el flotador se desplace a los impulsos del viento. Impidiendo que entre el agua al pozo o que salga de él se obtiene una amortiguación del movimiento del agua que elimina las oscilaciones debidas a las olas de corto periodo.

ii) El mareógrafo práctico

Todos los mareógrafos de flotador similares se basan en el principio del instrumento sencillo que acabamos de describir. Los diseños de los mareógrafos prácticos difieren del modelo básico sólo en que tienen dispositivos incorporados para mejorar la precisión y la fiabilidad.

iii) Sistema de flotador

Normalmente no se usa un cable que pase por la polea entre el flotador y el contrapeso porque el cable tiende a resbalar en la polea y, en el mejor de los casos, puede transmitir poca fuerza de rotación aunque no patine. Generalmente el alambre del flotador se enrolla a un tambor que tiene muescas en espiral para que el alambre las vaya siguiendo a medida que se enrolla y para evitar que dé más de una vuelta a la vez. De la misma forma, el contrapeso se suspende de un tambor similar. No conviene por lo general hacer que el contrapeso opere la misma distancia que el flotador porque al pasar tiempo en el agua pueden sobrevenir problemas de corrosión y su efecto puede verse menguado debido al vaivén de la flotación. Generalmente el peso se suspende de un tambor de diámetro mucho más pequeño y, por consiguiente, se desplaza a lo largo de una distancia mucho más corta que el flotador. El desplazamiento se puede todavía reducir más pasando el alambre por una polea o serie de poleas. Como el campo del contrapeso es inferior al del flotador, hay que aumentar la masa del contrapeso en la misma proporción para mantener el dispositivo en equilibrio. En varios mareógrafos el flotador de contrapeso va asegurado directamente; en estos casos, se usará una cinta perforada para registrar con una polea dentada o bien una polea especial alrededor de la cual se envuelve el alambre dando cierto número de vueltas. Los flotadores modernos están hechos con materiales tales como el nylon o el PVC, por su resistencia a la acción corrosiva del agua del mar. Para ser fiable, el flotador no debe dejar filtrar el agua, por lo que no debiera estar hecho con materiales que puedan corroerse o rajarse. También se usan materiales naturales antiadherentes tales como el cobre. La propiedad de antiadherencia es importante porque muchas formas de vida marina parecen tener gran afinidad por los objetos que flotan en la superficie marina y, como resultado, el flotador crece a medida que se van acumulando materias orgánicas y se cierra gradualmente la abertura entre el flotador y las paredes del cilindro, con lo que los movimientos del flotador se van entorpeciendo. El flotador mismo no debe entrar en contacto con la pared del cilindro puesto que esto puede hacer que el flotador se pegue, sobre todo en los empalmes del cilindro, y que al final se vaya desgastando y acabe por colarse el agua.

Los alambres del flotador y del contrapeso deben seleccionarse entre materiales anticorrosivos no elásticos. Los más comunes son los alambres de acero inoxidable y de bronce fosfórico. Es importante usar el calibre apropiado del alambre en cualquier mareógrafo, puesto que el cambio de diámetro del alambre afectará la medición observada de la marea. Los contrapesos pueden estar hechos con cualquier material pesado tal como hierro colado, acero, bronce o plomo. La masa del contrapeso es importante dado que tiene que ser suficiente para superar cualquier fricción del mecanismo del mareómetro, aunque sin ser tan excesiva que reduzca el efecto de flotación de tal forma que no alcance a superar la fricción en la dirección contraria.

iv) Pifionería

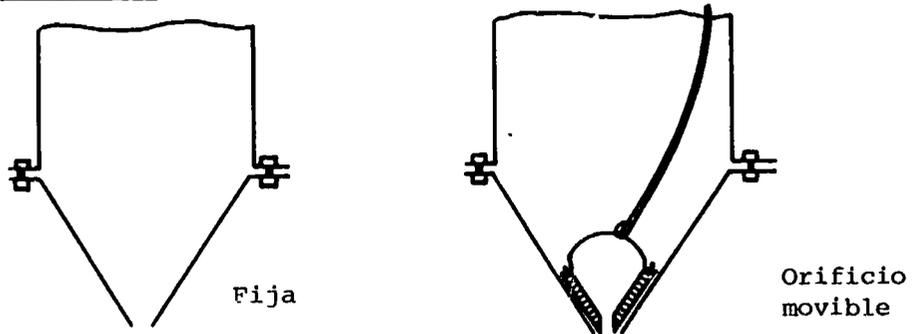
El arrastre desde el eje de la polea del flotador al mecanismo de la pluma puede revestir muchas formas, diseñadas todas ellas con el fin principal de minimizar el juego de retroceso. En algunos mareómetros esto se consigue poniendo peso al tren de piñones en una dirección; en otros casos mediante trinquetes, y en otros con la fabricación a alta precisión de todas las piezas.

v) Plumas y lápices trazadores

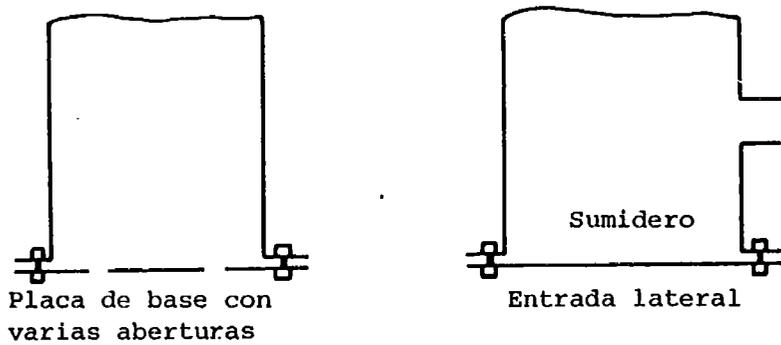
Se ha utilizado gran variedad de plumas y lápices trazadores en los mareógrafos para ir marcando la hoja de diagrama, algunos de los cuales sin mucho resultado. Se necesita que la pluma escriba muy lentamente sobre la hoja, para lo cual es necesario que la pluma ni se seque ni se inunde. La mayoría de mareógrafos utilizan hoy en día marcadores de punta de fibra o plumas fuentes con cartuchos de tinta desechables. Cada clase dura un promedio de dos meses antes de que sea necesario el reemplazo. La ventaja del marcador de punta de fibra es que se puede desechar completamente y no necesita ningún mantenimiento, mientras que las plumas fuentes hay que limpiarlas frecuentemente humedeciéndolas en alcohol metílico.

ENTRADAS DE CILINDROS DE AMORTIGUACION

Entrada cónica



De base plana



Cilindro construido en muelle sólido

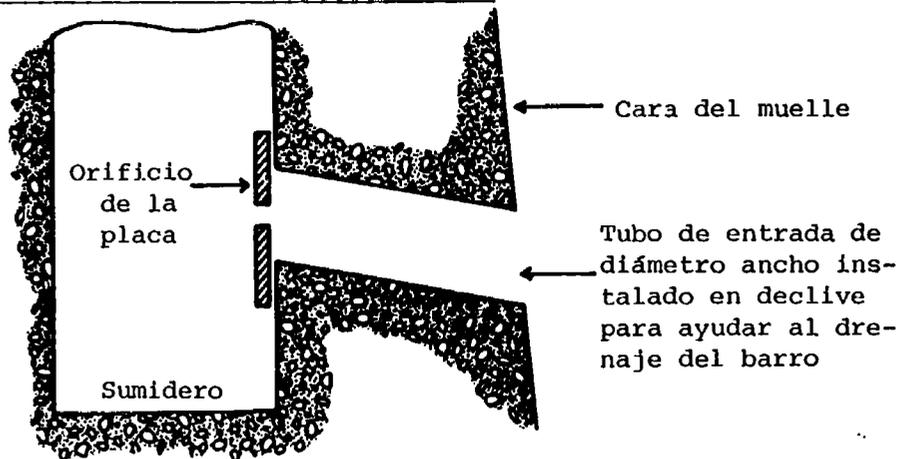


Figura 3.2

vi) Gráficos de registro

El gráfico del registro puede ser una hoja de diagrama montada en un tambor giratorio o un rollo o cinta continuo de diagrama. La hoja montada en un tambor es rectangular cuando está desenrollada, y lleva una cuadrícula que indica la altura en una dirección y el tiempo en la otra. Generalmente se dispone que los tambores giren a razón de una revolución cada 24 horas, por lo que la hoja marca desde 0 hasta 24 horas. Cuando se ajuste la hoja de diagrama al tambor, es importante alinear correctamente la cuadrícula de forma que la línea que marca la hora 0 y la que marca la hora 24 coincidan y la lectura de la altura no se salte en la unión.

Una cinta de diagrama tiene la forma de un rollo continuo de papel que se enrolla de una carreta a otra a velocidad constante. El papel lleva las alturas marcadas a lo ancho y el tiempo a lo largo. Los tambores de registro y la cinta de diagrama son accionados a velocidad constante por un mecanismo de relojería. Los más comunes son los relojes mecánicos de cuerda manual cada ocho días, aunque algunos mareógrafos usan relojes de mecanismo eléctrico y relojes síncronos de corriente.

vii) Registros de cinta perforada

Algunos mareógrafos de flotador no registran en una cinta análoga sino que van registrando alturas instantáneas a intervalos fijos de tiempo en un rollo de papel de registro en forma de serie de huecos perforados. Para traducir los datos de esta forma de registro se necesita el correspondiente lector de cinta.

3.2.1 Instalación

i) Cilindros de amortiguación

El cilindro de amortiguación es un tubo colocado verticalmente en el agua y suficientemente largo para cubrir adecuadamente cualquier posible rango de mareas en un sitio dado. El fondo del cilindro es cerrado con la excepción de un pequeño agujero para que el agua entre y salga, quedando abierta la parte de arriba. Hay dos sistemas básicos de cilindro de amortiguación: uno con un pequeño orificio en el fondo y otro con un conducto tubular de entrada conectado a la parte inferior del cilindro. Ambos sistemas cumplen básicamente la misma función, consistente en paliar las perturbaciones de frecuencia más alta, tales como las olas y las estelas de los barcos, pero sin afectar las variaciones de periodo más largo tales como las mareas y las oscilaciones del agua. La principal diferencia consiste en que el cilindro de entrada tubular lo hace mejor y se puede graduar según las necesidades del diseñador.

ii) Entrada del orificio

Hay distintos diseños de orificios de los cilindros de amortiguación, algunos de los cuales se exponen en la Figura 3.2. La entrada cónica es la más común, ya que presenta la ventaja de drenar sola el barro y por lo tanto necesita limpieza menos frecuente. Una variante de este diseño es la entrada cónica con dispositivo móvil de orificio que permite limpiar fácilmente la entrada para quitarle el barro y la acumulación de materia marina y la experimentación con el tamaño del orificio.

La Figura 3.3 presenta la característica de amortiguación del cilindro de amortiguación a lo largo de un rango de frecuencias que va desde algunos segundos hasta 24 horas. El grado de amortiguación que se obtiene con una entrada de orificio depende de la amplitud de la perturbación, de forma que las perturbaciones más amplias se reducen en mayor grado. La frecuencia a la que se hace insignificante la atenuación depende del tamaño del orificio, cuyo diámetro recomendado debiera

REACCION DEL CILINDRO DE AMORTIGUACION

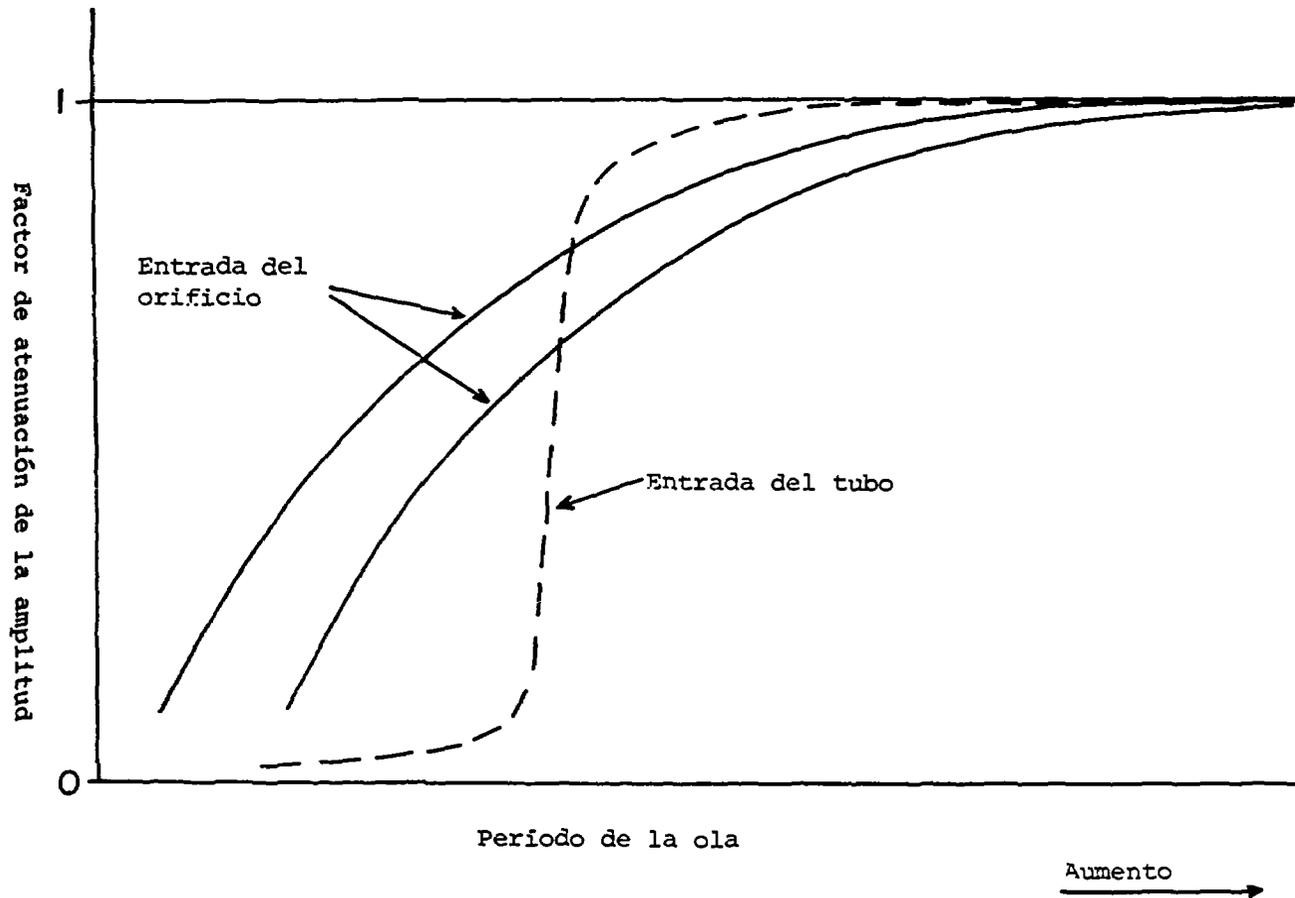


Figura 3.3

ser la décima parte del cilindro de amortiguación. Sin embargo, en algunos sitios puede ser conveniente un orificio más pequeño para reducir perturbaciones indeseadas. El diámetro óptimo se puede obtener experimentando la obtención de la máxima reducción de las oscilaciones indeseadas de las olas sin afectar significativamente la reacción del cilindro a las frecuencias de la marea.

iii) Entrada tubular

En la Figura 3.3 puede verse también la atenuación producida en un cilindro de amortiguación dotado de entrada tubular. Se observará que hay una frecuencia crítica por encima de la cual se eliminan virtualmente las perturbaciones externas y por debajo de la cual hay poca o ninguna atenuación. Usando una combinación de longitudes y diámetros de tubo se puede graduar la frecuencia crítica donde se quiera. Sin embargo, la teoría de la que se deriva esta relación supone condiciones laminares de flujo, y dichas condiciones sólo se pueden obtener usando tubos de diámetro relativamente ancho y forzosamente de bastante longitud. Los sistemas de entrada tubular se usan rara vez, a menos que sean necesarios para obtener suficiente profundidad de agua, puesto que son caros de construir, tienden a acumular fango y son difíciles de limpiar.

iv) Construcción

Los cilindros de amortiguación se pueden construir con muchos materiales, cuya selección dependerá de lo que se pueda obtener localmente y de las condiciones más severas que se puedan presentar en el sitio propuesto. Generalmente se usan plásticos reforzados con vidrio, PVC o acero con un revestimiento bituminoso. La estructura a la que se va a fijar el cilindro será decisiva para el diseño del montaje. En el caso de muelles abiertos sostenidos por pilares es posible montar el cilindro de amortiguación dentro de la estructura sujetándolo a la estructura con simples grapas. En la mayoría de los casos es necesario construir sobre el lado del muelle, haciendo que el cilindro de amortiguación descansa en varios puntos de apoyo salidizos que tiene la pared del muelle. Es aconsejable usar tuercas y tornillos de acero inoxidable o de bronce fosfórico para sujetar la parte baja del cilindro, de forma que sea fácil retirarlo cuando llegue el momento del mantenimiento o la limpieza.

v) Errores a evitar en la instalación de los cilindros

Muchos factores pueden tener como consecuencia errores en las medidas de los cilindros de amortiguación. Ya se mencionaron el fango y la acumulación de materia marina en la zona del orificio, que pueden achicar realmente el orificio y a la postre taparlo por completo. El orificio también se puede tapar por acumulación de barro o arena por fuera del cilindro, como resultado de las corrientes o tormentas naturales o de las causadas por las hélices de los barcos. Por lo tanto es importante que se escoja un sitio en el que el agua sea suficientemente profunda por debajo del nivel de la entrada para evitar que esto se produzca. Este problema puede ser difícil de resolver en el caso de las entradas tubulares.

Pueden producirse errores debido a que la densidad del agua del cilindro no es igual a la de fuera del cilindro. Cuando se produce la estratificación, lo que es sumamente grave alrededor de los estuarios fluviales, las capas superiores de agua tienen menor densidad que las capas inferiores. Como la entrada del cilindro se halla bien profunda dentro del agua, la marea ascendente sólo hará entrar las partes más densas, y como el agua que está dentro del cilindro es más densa, su nivel superficial será más bajo. Inversamente, si entra en el cilindro de amortiguación agua de densidad más baja a bajos niveles de agua, esta agua quedará retenida dentro del cilindro con lo que puede producirse el efecto opuesto de que el agua del cilindro de amortiguación sea de menor densidad que la de afuera.

En presencia de corrientes, el agua que pasa por un orificio de entrada producirá una disminución local de la presión alrededor de la región del orificio y reducirá el nivel del agua dentro del cilindro de amortiguación. Este efecto se puede notar cuando la corriente es superior a un nudo y cuarto aproximadamente.

vi) Ajuste

Aquí hacemos referencia al hecho de acomodar la instalación del mareógrafo. Se recomienda siempre que el mareógrafo se acomode a una construcción o refugio que protejan el equipo de las extremas condiciones de intemperie y le provean de un medio ambiente de poca humedad en que se minimicen los efectos de la humedad, la salinidad y las temperaturas extremas. En el Reino Unido, como el clima generalmente es frío y húmedo, los edificios se mantienen con calefacción a temperatura constante y con suficiente ventilación para que la humedad se pueda dispersar en la atmósfera. Cuando no se pueda obtener suficiente protección para la humedad, la caja del mareógrafo deberá estar acondicionada con material que absorba la humedad tal como el gel de sílice, para mantener secos el mecanismo y la hoja de diagrama.

Es importante que la construcción pueda resistir las peores condiciones de tempestad que se pueden producir, puesto que durante dichas tempestades es cuando son más importantes los registros de las mareas. De no ser posible, será por haber escogido mal el sitio y convendrá trasladarlo a un punto en que haya mayor protección de drásticas tempestades.

La construcción debiera tener luz adecuada para todas las tareas que hay que desarrollar allí. Por lo menos es aconsejable que haya una ventana que deje entrar la luz natural de forma que haya seguridad de movimiento en caso de que falle el sistema de alumbrado normal.

El mareógrafo de flotador debiera colocarse directamente por encima del cilindro de amortiguación de forma que el sistema de flotación pueda operar directamente y sin rozar. De no ser posible, hará falta un sistema de poleas de goma para dirigir el alambre del flotador hacia el mareógrafo. En todos los casos, el mareógrafo debiera estar montado en un banco robusto y firmemente anclado al suelo, suficientemente rígido como para que no se ladee al hacerle fuerza. Habrá que cubrir la parte superior del cilindro de amortiguación, y ello por las siguientes razones:

- 1) Seguridad, para impedir que las personas se caigan por la abertura, puesto que es prácticamente imposible rescatar a una persona que se caiga en un cilindro de amortiguación.
- 2) Para impedir que objetos sueltos tales como libros, lapiceros, prendas, etc. se caigan en el pozo.
- 3) Para impedir que ascienda aire húmedo al edificio.

Cuando se ha fijado un banco sobre el cilindro, el método más conveniente consistirá en colocar un tablero en la parte delantera del banco para cerrar el área. Debiera quedar suficiente espacio en el banco para manejar las cartas del mareógrafo durante el mantenimiento de rutina.

vii) Regla visual de mareas

Es importante que en todo emplazamiento de mareógrafo haya una regla visual de marea (obarra de marea), puesto que éste es el único medio de obtener una lectura directa del nivel del agua mediante observación. Esto permite una verificación pronta del nivel indicado por el mareógrafo. La barra consiste normalmente en una regla graduada vertical colocada en una fijación rígida y con un rango de graduación por lo menos igual al rango de la mayor marea que se prevea.

El diseño utilizado en la red por excelencia del Reino Unido aparece en la Figura 3.4. Los colores que se usan en la barra son el blanco y el negro para dar buen contraste que facilite la lectura.

El material usado para la barra debe ser material que no se combe ni se corroa y que además sea fácil de limpiar. El diseño que se muestra en la figura 3.4 cumple con estos requisitos por ser construido de plástico reforzado con vidrio y por tener las señales marcadas en la resina sin partes en relieve. La barra debiera colocarse tan cerca del mareógrafo como sea posible y estar en una posición fácil de leer, siendo deseable que pueda verse desde el alojamiento del mareógrafo. La barra no debiera situarse donde pueda ser golpeada o rayada por barcos o botes que pasen, ni tapada por buques que se hallen amarrados en el puerto. Es importante que la barra esté en posición vertical y, de no ser posible, por ejemplo, cuando se halla fijada a un muro oblicuo de muelle en que no se puede construir una estructura vertical, entonces hay que ajustar las graduaciones para que den la escala correcta de acuerdo con el ángulo de la pendiente.

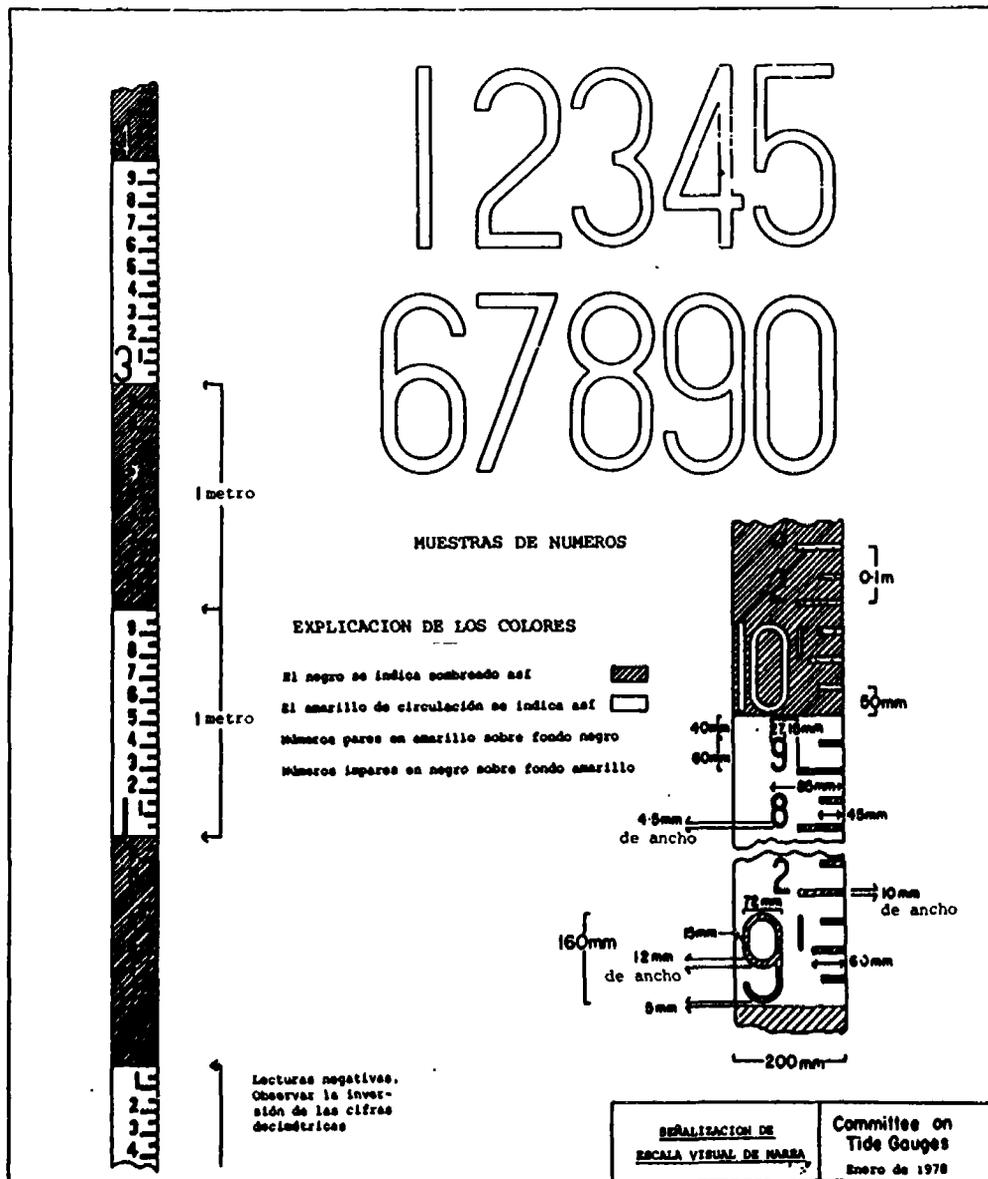


Figura 3.4

Puede ser difícil a veces leer una regla visual de marea en algunas circunstancias y, por lo tanto, las lecturas anotadas deben ir acompañadas del posible margen de error en el momento de la lectura. Cuando hay olas, la tendencia es tomar la media de la lectura más alta y de la más baja, con lo que pueden producirse errores, puesto que no todas las olas son simétricas. La tendencia es dar una lectura más alta que la media verdadera. Como la barra es un objeto sólido que causará obstrucción en el agua que fluye, se obtendrá como resultado cierta perturbación en el nivel de la superficie, que tenderá a aumentar aguas arriba y a disminuir aguas abajo. Al mirarlo desde un ángulo agudo, es fácil hacer una lectura errada del nivel indicado en la barra, sobre todo con sol brillante y cuando el agua está clara. Lo ideal será contar con una línea de mira de unos veinte grados sobre la superficie del agua.

3.2.2 Nivelación y control del nivel cero

i) Cota

Nosotros utilizamos subconscientemente los niveles cero en cuestiones diarias tal como sucede, por ejemplo, cuando decimos que un árbol tiene 30 pies de altura, suponiendo naturalmente que la superficie de la tierra es el nivel cero que nos sirve de referencia para medir esta altura. Sin embargo, cuando vamos a considerar la altura de un edificio alto en terreno pendiente nos hace falta más información para determinar la altura, porque nuestro nivel cero ya no puede ser el suelo debido a que no es plano. En este caso necesitamos un punto claramente definido como nivel cero de referencia. De la misma forma, las observaciones de la marea tienen que referirse a algún nivel cero fijo que podamos utilizar completamente.

Para las observaciones de la marea se utiliza una cota como punto primordial de referencia. Una cota es un punto claramente marcado y localizado en una superficie estable tal como una roca expuesta, el muro de un malecón o una construcción grande. Cuando la cota se halla en una superficie horizontal, normalmente se trata de un tornillo de cabeza redonda, con el punto más alto del arco de la cabeza sirviendo como nivel de referencia. Cuando se halla en una superficie vertical, puede ser una muesca horizontal en la superficie o en un marco de metal fijado a la superficie, con una muesca horizontal de referencia a la que se puede fijar un soporte de barra de medición.

No es aconsejable depender de la estabilidad de una sola cota, sino tener varias, por lo menos tres, a lo largo de una distancia de una milla y que siempre conserven la misma elevación entre sí. Si no se observan cambios en el transcurso de periodos largos, se puede concluir con seguridad que todas ellas son estables. Sin embargo, es esencial que estas cotas se incluyan dentro de la red nacional de nivelación y que se verifiquen periódicamente. Entonces a las cotas se les asignan nivelaciones relacionadas con el nivel cero de la red nacional. Es importante que las cotas sean estables y estén claramente identificadas en sí mismas y dentro de un mapa de referencia con coordenadas.

ii) Nivel cero del mareógrafo

El nivel cero de un mareógrafo es el nivel del plano del suelo al que el mareógrafo da la lectura cero. El plano del suelo usado dependerá de las necesidades del usuario. En el Reino Unido es normal utilizar el Nivel Cero de la Carta del Almirantazgo como nivel cero para los instrumentos de registro de las mareas, aunque algunas autoridades portuarias usan sus propios niveles cero. El nivel cero generalmente escogido en estos casos es el del plano inferior de un travesaño de esclusa o un punto poco profundo del puerto, de forma que el nivel indicado por el mareógrafo dé la profundidad del agua por encima de estos obstáculos.

iii) Nivel Cero de la Carta del Almirantazgo

El Nivel Cero de la Carta del Almirantazgo es el plano bajo de agua por debajo del cual se miden las profundidades en una carta náutica y por encima del cual se miden los niveles de marea. El nivel cero de la carta es un plano horizontal a lo largo de un área limitada, y la elevación de este plano variará alrededor de la línea costera según los rangos de la marea y los lugares tomados en cuenta.

iv) Nivel Cero del Servicio de Pertrechos

El Nivel Cero del Servicio de Pertrechos es un plano de nivel cero imaginario que se extiende a lo largo de una amplia área (en el caso del Reino Unido abarca toda la Gran Bretaña). La elevación de este plano se deriva de las observaciones del nivel medio del mar en un punto de referencia a lo largo de un periodo largo, de forma que el Nivel Cero del Servicio de Pertrechos suele ser el mismo o casi el mismo que el nivel medio del mar. Una vez definido, este nivel cero se mantiene invariable.

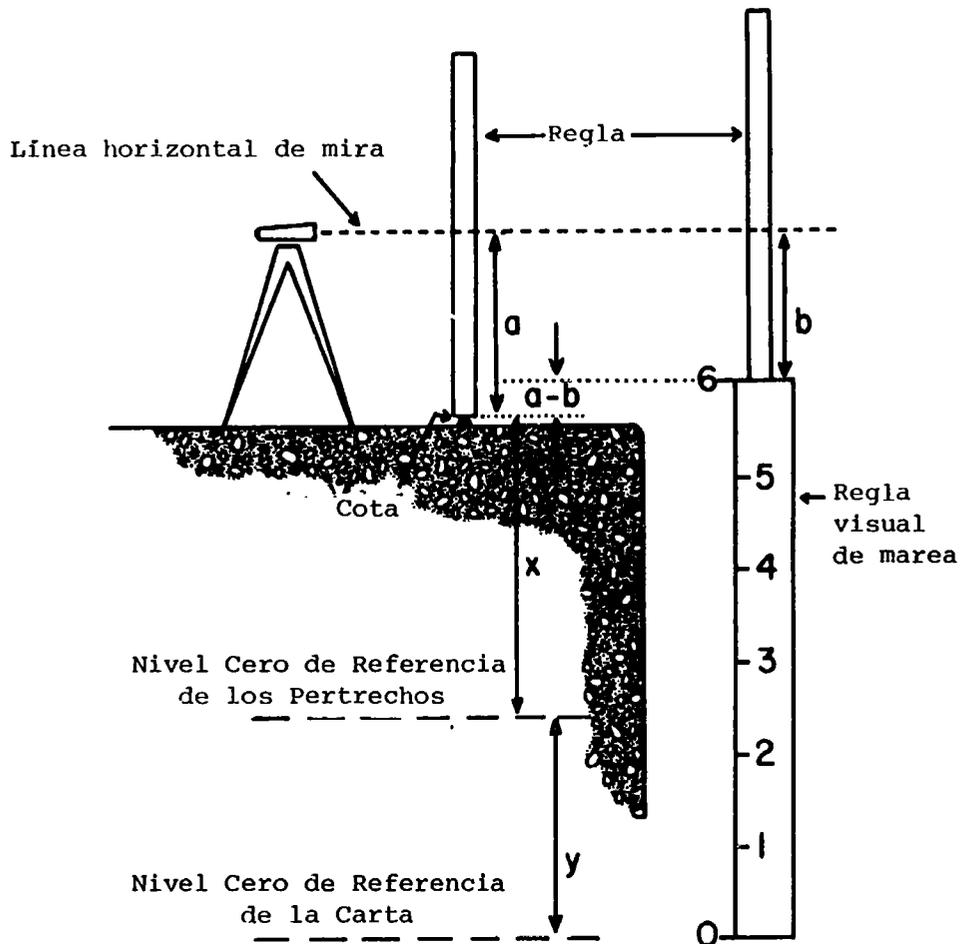
Para cualquier punto de la costa existe una diferencia fija entre el Nivel Cero de la Carta y el Nivel Cero de los Pertrechos. En las tablas de marea se muestran las relaciones entre ambos niveles cero para una cantidad de lugares alrededor de la costa, y estos valores normalmente permanecen constantes y son aproximadamente iguales a la mitad del rango máximo esperado de marea.

v) Fijación del nivel cero del mareógrafo

Vamos a considerar en primer lugar la forma más sencilla de mareógrafo, la regla visual de marea. Cuando la regla está fijada correctamente, su posición es vertical con respecto al plano horizontal en todas las direcciones, y su nivel cero interseca el plano imaginario de nivel cero. A efectos prácticos, lo más sencillo es que consideremos la parte superior de la regla y, en caso de que esté graduada de cero a seis metros, entonces cerciorarnos de que la parte superior de la regla esté fijada seis metros por encima del plano de nivel cero. Esto se obtiene en la práctica trasladando el nivel de una cota local de elevación conocida a la posición de la regla (ver la Figura 3.5). Utilizando este método de nivelación es posible establecer la elevación de cualquier superficie con respecto al nivel cero escogido.

Con los mareógrafos de flotador es necesario determinar con precisión el nivel del agua en el cilindro de amortiguación con referencia al nivel cero y luego fijar el mareógrafo en esta lectura.

Se establece una marca de contacto cerca del extremo superior del cilindro de amortiguación, y se va bajando por el cilindro una sonda manual, ajustada a cero en la marca de contacto, hasta que la punta toque la superficie del agua. Por lo tanto, conociendo la elevación de la marca de contacto y sustrayendo la distancia de esta marca a la superficie del agua según indique la sonda manual, obtenemos el valor que el mareógrafo debiera indicar. Una vez que se ha fijado directamente el mareógrafo, las nuevas lecturas hechas en el mareógrafo simultáneamente con las obtenidas mediante la sonda manual debieran sumar un valor constante, o sea, la elevación de la marca de contacto por encima del nivel cero (ver la Figura 3.6).



Elevación de la Cara Superior de la
Regla Visual de Marea respecto a la Cota = $a - b$

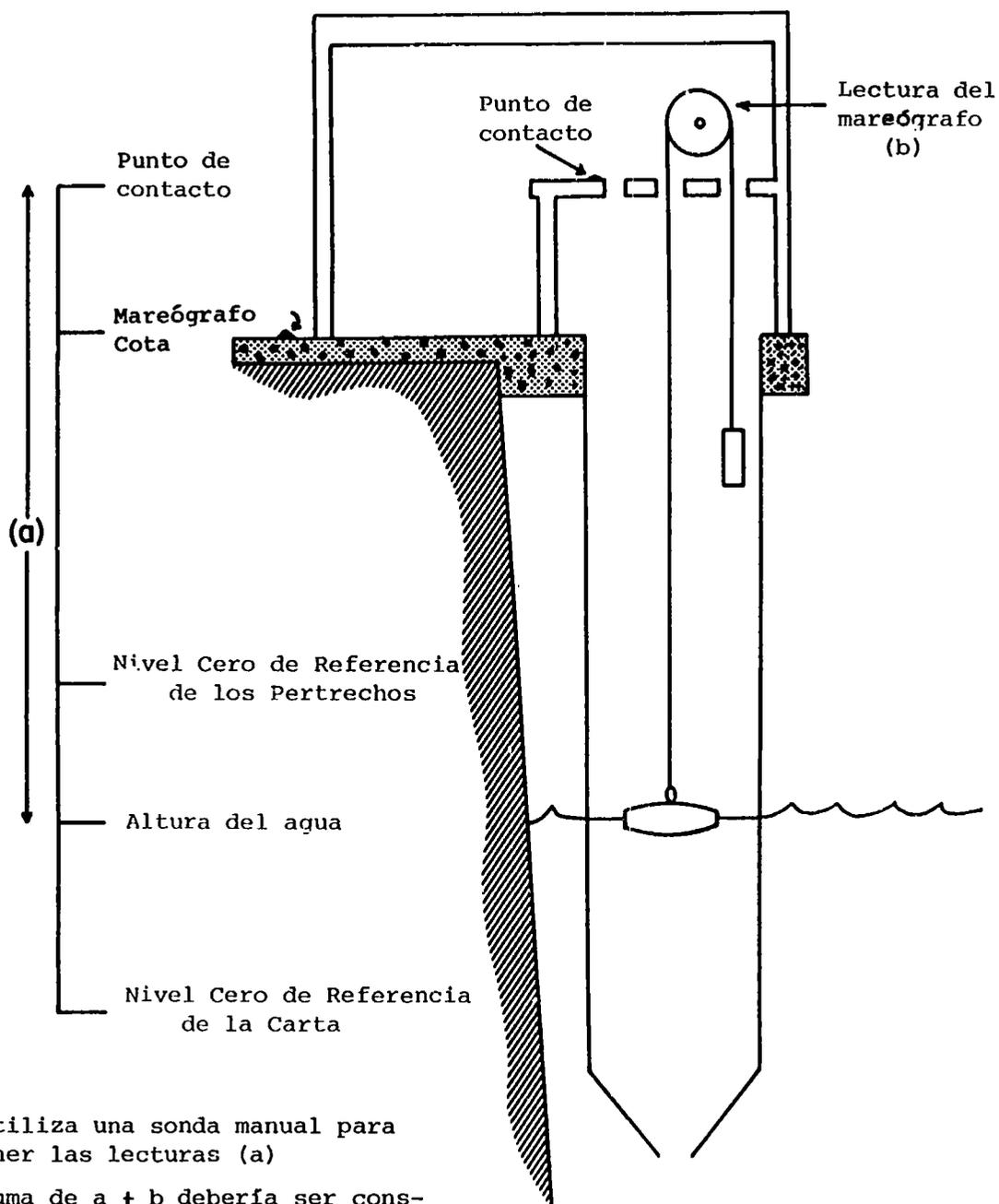
Elevación de la Cota con respecto al Nivel
Cero de Referencia de los Pertrechos = x

Elevación de la Cota con respecto al Nivel
Cero de Referencia de la Carta = $x + y$

∴ Elevación de la Cara Superior de la
Regla Visual de Marea con respecto al
Nivel Cero de Referencia de la Carta = $x + y + (a-b)$

∴ Cero de la Regla Visual de Marea con
respecto al Nivel Cero de Referencia de
la Carta = $x + y + (a-b) - 6$

Figura 3.5



Se utiliza una sonda manual para obtener las lecturas (a)

La suma de $a + b$ debería ser constante e igual a la elevación de la marca de contacto por encima del nivel cero de referencia de la Carta.

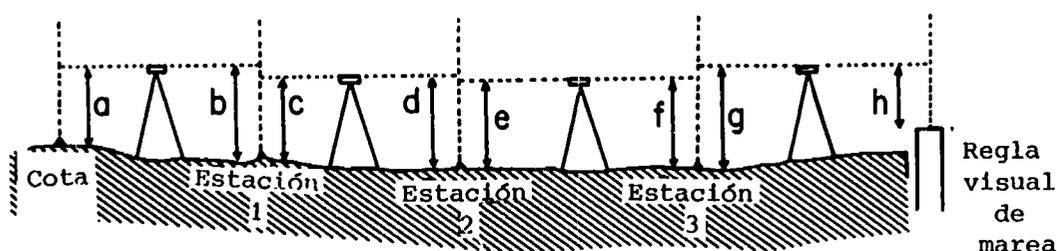
Las discrepancias son errores de medición.

Figura 3.6

vi) Nivelación

Si la cota se halla bastante retirada de la regla visual, entonces habrá que hacer una nivelación entre ambos puntos en varios tramos. Para llevar a cabo este procedimiento es necesario determinar los tramos que se van a utilizar y marcarlos claramente ubicándolos a unos 50 metros de separación en superficie firme. Esto se puede hacer pintando un arito alrededor del punto que indique el tramo o clavando una puntilla en superficies más suaves (ver la Figura 3.7).

El instrumento de nivelación se coloca entonces en posición vertical entre la cota y el primer punto de tramo y se toman las lecturas de la regla en ambas posiciones. Esta operación se repite a lo largo de toda la distancia que hay hasta la regla. Es importante que los pares de lecturas se tomen en orden para evitar que se presente cualquier error de diferencia de altura.



Elevación de la regla visual de marea respecto a la cota:

$$(a-b) + (c-d) + (e-f) + (g-h)$$

Figura 3.7

vii) La prueba de Van de Castele

Esta prueba consiste en la comparación de lecturas de una sonda manual con lecturas de un mareómetro durante un ciclo completo de marea. Como se dijo anteriormente, la suma de ambas lecturas debe ser constante, pero esto es sólo cierto en el caso de un mareógrafo correcto. Por consiguiente, la prueba de Van de Castele está concebida para determinar la precisión del mareógrafo, utilizando gráficamente los resultados obtenidos durante un ciclo completo de marea para elaborar un diagrama cuya forma identificará los defectos del mareógrafo. (En la Figura 3.8 puede verse un ejemplo de la prueba y en la Figura 3.9 ejemplos de los diagramas que indican diversas fallas).

viii) Verificación del cilindro de amortiguación

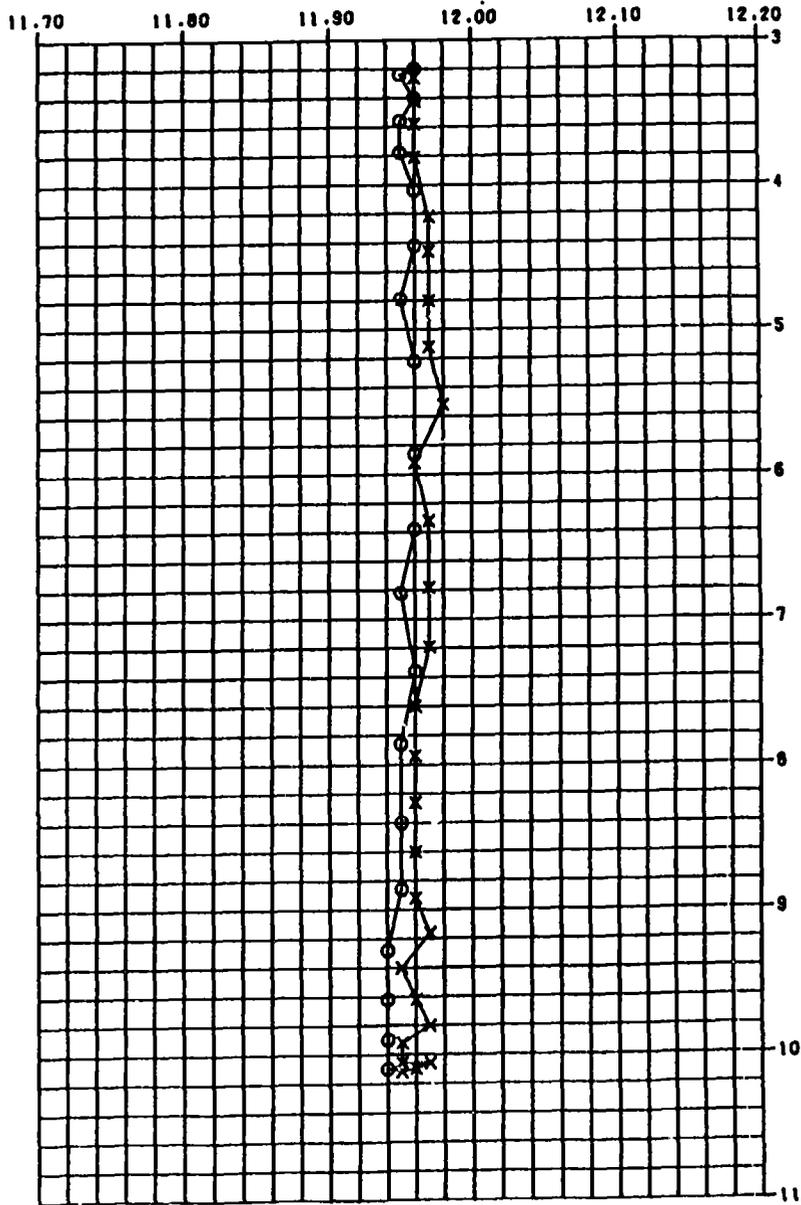
Aunque una prueba de Van de Castele puede mostrar que un mareógrafo de flotador funciona satisfactoriamente, la información registrada por el mareógrafo sólo será precisa cuando el cilindro de amortiguación también esté funcionando cabalmente. Esto sólo se verá patentemente por los datos obtenidos del mareógrafo en casos graves de atascamiento de la entrada del cilindro: trazo muy débil, gran retraso en el ascenso y en el descenso de las mareas, particularmente en el ciclo medio.

GRAFICO DE VAN DE CASTEELE

ESTACION DE MAREA: ISLA DE HILBRE

FECHA: 23 de agosto de 1979

Cero metros por debajo del punto de contacto (A+B)

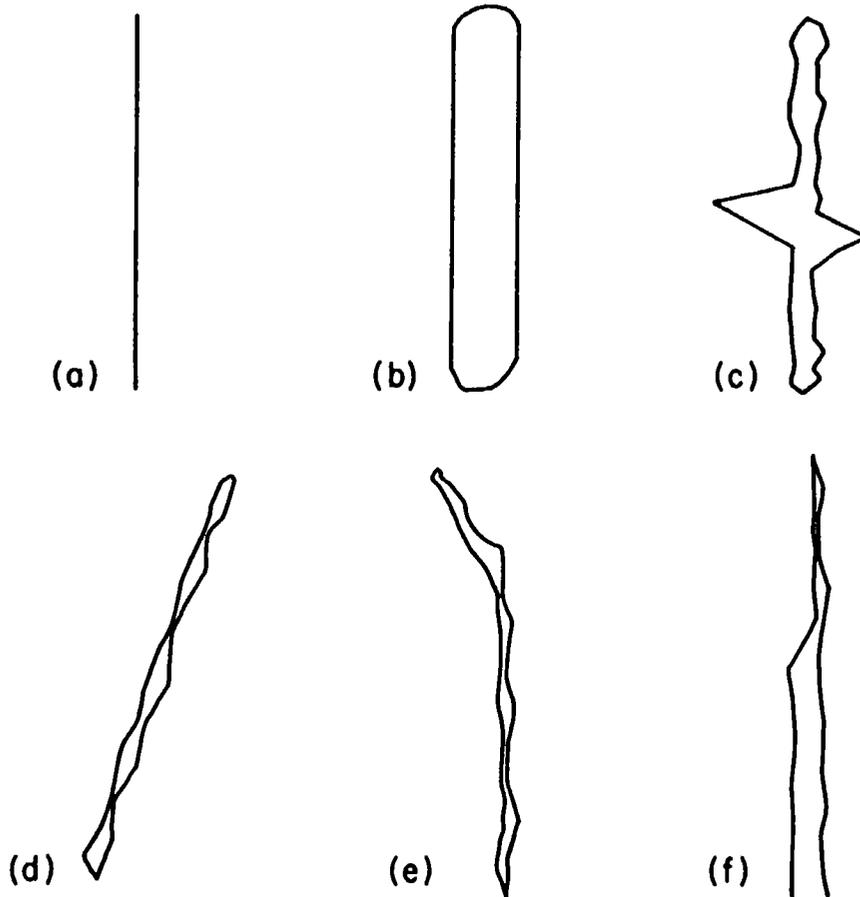


LECTURAS DE LA CINTA DE SONDEO EN METROS POR DEBAJO DEL PUNTO DE CONTACTO (A.)

MEDIA DE LA MAREA CRECIENTE	=	11,95
MEDIA DE LA MAREA DECRECIENTE	=	11,96
MEDIA DE LOS SONDEOS DEL CILINDRO	=	11,96

ESCALA HORIZONTAL:	5 mm	=	0,2 metros
ESCALA VERTICAL:	5 mm	=	0,02 metros
MAREA CRECIENTE:	O		
MAREA DECRECIENTE:	X		

Figura 3.8



INTERPRETACION DE LOS DIAGRAMAS

- (a) Mareógrafo correcto
- (b) Mecanismo de mareógrafo con juego de retroceso
- (c) Atascamiento del mareógrafo (mecanismo del mareógrafo o flotador dentro de cilindro)
- (d) Error en la escala escogida (alambre de diámetro inadecuado, inadecuada relación de los piñones o de la hoja de diagrama)
- (e) Error de escala en campo (sobreposición de las vueltas del tambor del flotador)
- (f) Patinazos de los mecanismos del mareógrafo

Figura 3.9

Para determinar el rendimiento del cilindro de amortiguación es necesario hacer lecturas simultáneas del nivel del agua dentro del cilindro y fuera del cilindro a lo largo de un ciclo de marea. El nivel interior se puede tomar mediante sonda manual y la lectura externa se hará leyendo la regla visual. Cuando el mar está agitado, las lecturas de la regla serán evidentemente menos precisas, de forma que la verificación tiene que hacerse cuando las condiciones sean adecuadas. Esta verificación se puede combinar con la prueba de Van de Castele, haciendo las lecturas de la regla visual cada hora.

ix) Precisión del mareógrafo

El registro ideal de una marea mostrará las verdaderas alturas de agua con respecto al nivel cero durante todo el período de registro. Este no suele ser el caso y la mayoría de registros de marea tienen errores de alguna clase que no siempre se reconocen. Esta situación puede acarrear trabajo extra en la fase de análisis, y si no se corrige adecuadamente entonces se acumularán datos erróneos. La intención es por lo tanto registrar datos que tengan la mayor precisión posible, y cuando esto no sea posible con el equipo utilizado, suministrar bastante información para que se apliquen las correcciones en la fase de análisis.

x) Estabilidad del nivel cero de referencia

La estabilidad del nivel cero de referencia es imposible a menos que se tenga una combinación de mareógrafo y diagrama que dé la escala correcta. Si el mareógrafo tiene un error de escala, entonces hay que eliminarlo o utilizar otro mareógrafo mejor. En un mareógrafo de flotador se puede presentar variación aleatoria del nivel de referencia por una o más de las siguientes causas:

a) Hoja de diagrama mal ajustada

La hoja puede estar mal ajustada en el tambor dejando una luz o sobresaliendo del empalme. También puede haber un salto en el empalme que haga que el trazo de la pluma salte de pronto hacia arriba al pasar. Por lo general hay un reborde en uno de los extremos del tambor de colocación de la hoja de diagrama para ajustarla con la punta tocando el reborde. De no seguirse este procedimiento al ajustar la hoja, se producirá un cambio de nivel de referencia cada vez que se reemplace la hoja.

b) Estiramiento del alambre del flotador

Es posible que se estire un poco el alambre del flotador sobre todo cuando está recién ajustado. Será necesario verificar regularmente el nivel de referencia del mareógrafo hasta que cese el estiramiento. Es importante usar los alambres de flotador especificados por el fabricante puesto que la elección de estos alambres corresponde a que resisten mejor a la elongación.

c) Juego del mecanismo del mareógrafo

El juego debido al mal ajuste se puede eliminar volviendo a ajustar los piñones del mareógrafo. El juego de retroceso resultante del desgaste de los piñones sólo se eliminará reemplazando los piñones que sean defectuosos. El diagrama producido durante una prueba de Van de Castele producirá prueba suficiente de excesivo juego de retroceso indicándolo como separación entre el perfil del diagrama de las mareas ascendentes y de las mareas descendentes. Cuanto mayor sea la separación peor será la situación indicada.

d) Deterioración del flotador

Todos los flotadores se deterioran después de mucha inmersión en agua salada debido al ataque de la corrosión. Un flotador hueco que se haya perforado por la corrosión irá dejando entrar agua gradualmente y, con el aumento de su masa cada vez flotará menos hasta acabar hundiéndose. También se acumulará materia marina en un flotador y la parte que queda pegada por encima del nivel del agua aumentará la masa efectiva del flotador haciéndolo flotar cada vez menos dentro del agua. Esta acumulación de materia también puede reducir el espacio entre el flotador y el cilindro de amortiguación hasta que el movimiento del flotador se vea entorpecido y deje de indicar con precisión el nivel cambiante del agua. Por lo tanto es especialmente importante sacar periódicamente los flotadores para limpiarlos, examinarlos y repararlos, o bien sustituyéndolos cuando sean defectuosos.

e) Movimiento de los soportes del mareógrafo

Hay que cerciorarse de que los soportes en que está montado el mareógrafo de marea sean estables y rígidos. Que cedan la mesa o el banco en que se apoya el mareógrafo puede acarrear un desplazamiento súbito del alambre del flotador y a resultas de esto pueden producirse repeticiones de vuelta del tambor del flotador. Muchos alojamientos de mareógrafos están montados en estructuras salidizas en el borde de los muelles. Estos soportes tienen que ser rígidos y no doblarse, pues de lo contrario se registrará un movimiento de oscilación hacia arriba y hacia abajo del alojamiento. Este movimiento quedará registrado como ruido en el mareógrafo y será particularmente notorio en los periodos de fuertes vientos o en que las personas se desplazan dentro de la construcción.

También es posible que la construcción se vaya asentando gradualmente durante un largo periodo, pero esto se hará patente mediante la nivelación de control de la cota del mareógrafo respecto a un punto de referencia del montaje del aparato de registro. No se debe utilizar la marca de contacto como tal punto de referencia porque esta marca a veces se localiza en el borde superior del cilindro de amortiguación y no se halla necesariamente conectada con la estructura del alojamiento.

Estas fuentes de error se pueden minimizar y en la mayoría de los casos se eliminarán con un mareógrafo de buena calidad debidamente instalado y que reciba un mantenimiento regular.

Es particularmente importante fijar la hoja de diagrama correctamente al tambor de registro. Cualquier necesidad de volver a fijar el nivel de referencia cero no debe ser tratada como cosa rutinaria, sino que hay que buscar la razón que justifique dicha acción. También hay que recordar que una entrada de cilindro de amortiguación parcialmente atascada ocasiona errores de registro que pueden aparecer como cambios del nivel cero de referencia y, por lo tanto, hay que controlar frecuentemente el funcionamiento del cilindro.

3.2.3 Mantenimiento

Según la situación local y la clase de instrumento utilizado, puede ser necesario o no un operador local. En general, con instrumentos que utilizan una hoja de registro fijada a un tambor, será necesario reemplazarla semanalmente, lo que hace necesaria la presencia de un operador. Cuando se utilicen instrumentos que registran en cinta perforada o en cinta magnética o en que no se toman registros locales, por ejemplo, en el caso de una estación de control remoto, entonces sólo es necesaria la rutina de visitas de mantenimiento mensuales o a intervalos mayores. En el caso de una estación remota que necesite un operador local, las funciones de este operador serán de mantenimiento y de observación.

i) Mantenimiento efectuado por el operador

Las funciones del operador se refieren principalmente al mantenimiento del buen funcionamiento de los instrumentos de acuerdo con los calendarios de mantenimiento recomendados por el fabricante. Para que este trabajo sea efectivo, el operador tiene que tener las herramientas, los lubricantes y los repuestos que sean necesarios. A continuación presentamos una lista típica de repuestos para un mareógrafo de flotador:

plumas
alambres del flotador y del contrapeso y enganches de los alambres
flotador
reloj

El mantenimiento es sencillo pero no deja de ser importante. Hay que mantener el mecanismo adecuadamente lubricado sobre todo los rodamientos y cursores. Hay que examinar regularmente los alambres para ver si se ha producido deterioración y reemplazarlos al primer signo de desgaste. Los relojes deben verificarse regularmente cada día y hay que ir anotando los errores. Los relojes mecánicos se pueden ajustar para corregir los errores constantes pero hay que reemplazarlos o repararlos si el error es aleatorio. Hay que limpiar los relojes periódicamente y volver a ajustarlos, operación que debe confiarse a un relojero calificado.

El operador tiene también que cerciorarse de que la construcción esté en buenas condiciones y disponer las reparaciones en caso de vendaval u otro deterioro. Hay que instituir una rutina de limpieza de la entrada del cilindro de amortiguación determinando el intervalo entre las limpiezas de acuerdo con las condiciones locales de acumulación de materia y fango. Es necesario proceder a la inspección periódica de la barra visual para comprobar que está bien fijada y limpiarla.

Es necesaria la nivelación de verificación por lo menos una vez al año entre grupo de cotas y el punto de contacto y la regla visual.

ii) Medición del tiempo

La mayoría de mareógrafos similares utilizan relojes mecánicos que hacen girar el tambor de registro o avanzar la cinta de diagrama. Algunos utilizan relojes eléctricos dotados de motor síncrono y que funcionan con alimentación local de fluido eléctrico. Todas las clases de relojes pueden tener fallas de funcionamiento. En los relojes mecánicos, la velocidad puede variar según sea la tensión del resorte y la temperatura. Los relojes síncronos eléctricos responden a la frecuencia de suministro, y ésta puede variar durante el día sobre todo en los periodos de máxima carga, para ser corregida luego por la noche en la central eléctrica. El resultado es que el reloj puede parecer correcto a la misma hora cada día pero variar con respecto a esa hora a medida que cambia la carga eléctrica. Es muy difícil corregir adecuadamente las variaciones del reloj, pero cuando se observen hay que tomar nota de ellas para poder hacer las correcciones ulteriormente. Un buen reloj mecánico debiera tener una precisión con el margen de error máximo de un minuto por semana, lo que puede considerarse normalmente adecuado.

También se pueden producir errores de medición de tiempo por el mal ajuste de la hoja de diagrama cuando los extremos se sobreponen o dejan una luz. En estas circunstancias, el tiempo sólo es correcto en un momento dado cada 24 horas con un error de acumulación para el resto del periodo.

Nota: Los errores de medición del tiempo que no se corrijan darán como resultado la aceptación de lecturas incorrectas de nivel. Esto es de particular significado cuando los niveles de la marea cambian rápidamente. Las verificaciones de la toma del tiempo sólo se pueden hacer usando un reloj o cronómetro precisos que se hayan ajustado recientemente con una señal de tiempo.

iii) Relojes mecánicos

Un buen relojero debiera limpiar periódicamente y volver a poner los relojes y probarlos antes de instalarlos otra vez. Hay que darle cuerda al reloj a intervalos iguales, por ejemplo, de una semana, y completamente, pero sin sobrepasar la cuerda. Hay que proteger el reloj para que no le entre polvo. También es benéfico que funcione en un ambiente de temperatura constante. Al ajustar el reloj, hay que engranar cuidadosamente los piñones para evitar que queden con juego o que se traben.

iv) Relojes síncronos

No se puede controlar la frecuencia del suministro eléctrico. Si se producen de manera repetida variaciones amplias, entonces hay que buscar otra clase de reloj.

Los relojes electromecánicos pueden ser más precisos que los simplemente mecánicos. Los relojes que funcionan con cristal son inclusive más precisos, pero hay pocos que tengan suficiente fuerza como para arrastrar un tambor o una cinta de registro de diagrama.

Cuando las hojas de diagrama se ajustan correctamente al tambor, entonces o es que el tambor es de diámetro incorrecto o está dañado o que la hoja no tiene la longitud adecuada. Cualquiera de los dos que falle tendrá que ser reemplazado.

Hemos tratado de la reducción de errores hasta donde es posible mediante una preparación y un funcionamiento cuidadosos. Sin embargo, no es posible cerciorarse de que no se presenten pequeños errores de vez en cuando a menos que se hagan verificaciones diarias correctamente y a cabalidad. Cuando se dejan pasar periodos más largos entre las verificaciones, concretamente para los mareógrafos sin operador, los errores pueden pasar sin ser notados. En este caso sería útil tener un sistema automático de verificación de errores del nivel cero y de medición del tiempo que equivalga a las verificaciones diarias.

v) Verificaciones diarias

Antes de comenzar las verificaciones diarias es importante tener un reloj o cronómetro precisos que se hayan sincronizado con una señal de tiempo oficial en las horas anteriores. En el Cuadro 3.1 se expone la hoja de comprobación normalizada de verificaciones diarias utilizada por la Red Nacional Británica de Mareógrafos. Las instrucciones para el uso de esta hoja se dan en el reverso de la hoja (Cuadro 3.2).

En algunos casos puede no ser posible leer la regla visual al mismo tiempo que el registro a menos que haya dos personas presentes. Si sólo está presente una persona entonces el procedimiento que se recomienda es el de verificar primero que el registro esté ajustado a la hora correcta y que luego se lea la regla en un momento preciso y que se tome la altura que se lee en el registro para ese mismo momento utilizando la cuadrícula del tiempo. Con los sistemas de registro que sólo dan una lectura digital se puede adoptar un procedimiento como en el ejemplo que citamos a continuación:

Leer el mareómetro a las 10,15 h	= 6,230 metros
Leer la regla visual a las 10,20 h	= 6,25 metros
Leer el mareógrafo otra vez a las 10,25 h	= 6,272 metros
Anotar la lectura de la regla en la hoja de comprobación	

La lectura del mareógrafo es $\frac{6,230 + 6,272}{2}$	= 6,251 que entonces se apunta en la hoja de verificación
--	---

RESUMEN DE VERIFICACIONES DE MAREOGRAFO AUTOMATICO
 (Ver al dorso instrucciones para llenar este formulario)

Semana del

Lugar

Horario utilizado (GMT, hora local, hora continental)

Fecha y hora de comienzo del registro

Fecha y hora de retirada del registro

Fecha	Hora correcta	Hora del diagrama	Altura de la marea en la escala de mareas	Altura de la marea en el gráfico	Amplitud de la variación de la escala de mareas	VIENTO		Observaciones (comprendidas las horas de los cambios súbitos de la fuerza o dirección del viento)	Iniciales del Verificador
						Dirección	Fuerza		

32

.....
 Oficial encargado del mareógrafo

Cuadro 3.1

INSTRUCCIONES PARA LLENAR ESTE FORMULARIO

1. Las verificaciones debieran hacerse diariamente, preferiblemente a la misma hora del día, a menos que las condiciones del tiempo no sean propicias para efectuar una verificación precisa.
2. Cuando las condiciones no sean favorables, es decir, de ser imposible calcular la altura en la escala de mareas con un margen de error de dos centímetros, habrá que registrar en el formulario el impulso de las olas y la fuerza y dirección del viento, y marcar "condiciones no propicias" en la columna de observaciones.
3. Habrá que obtener la hora precisa en un reloj o cronómetro independientes que hay que verificar diariamente con una señal de tiempo.
4. Habrá que leer la altura en la escala de mareas o en la hoja de diagrama con una precisión de hasta dos centímetros, aunque en los casos en que la escala del diagrama permita mayor precisión se puedan hacer lecturas hasta el centímetro más preciso.
5. Las verificaciones debieran hacerse efectuando las lecturas en el orden siguiente:
 - i) Leer la altura en la escala de mareas y anotarla,
 - ii) Leer la altura de la pluma en el diagrama y anotarla,
 - iii) Apuntar la hora correcta,
 - iv) Leer la hora indicada por la pluma en el diagrama y apuntarla,
 - v) Completar las demás columnas.
6. El impulso de las olas es el movimiento vertical del agua contra la escala, independientemente de la ascensión y del descenso de la marea. El rango total del movimiento debe apuntarse en metros y decímetros (por ejemplo 0,3 m).
7. Debe anotarse el viento en la dirección desde la que está soplando con la mayor precisión de hasta 45 grados (por ejemplo norte, sur, nordeste).
8. Hay que anotar la fuerza del viento en kilómetros por hora cuando se tenga un anemómetro para medir esta velocidad. Si no hay anemómetro, se debe expresar en términos generales, por ejemplo suave, leve, moderado, fuerte, ventarrón, huracán.
9. La columna de las observaciones debiera contener, fuera de las indicaciones sobre el tiempo, cualquier cosa de interés o importancia relacionada con el mareógrafo, tales como causas de averías, horas de nuevo ajuste de la pluma después de la reparación de las averías o de la corrección de errores, etc.
10. La hoja de verificaciones debiera adjuntarse al diagrama del mareógrafo y remitirse mensualmente a la autoridad competente.

Cuando haya bastante impulso de las olas contra la regla visual, la lectura se hará menos precisa y convendrá anotar una observación acerca de la precisión de esta lectura en la hora de verificación (por ejemplo 6,2 metros, 0,1 metros).

La información anotada en las hojas diarias de verificación debiera constituir un verdadero registro de observaciones que de ninguna manera se modifiquen para dar impresión de resultados más satisfactorios, puesto que la información registrada de esta forma puede ser útil para detectar errores de medición de tiempo y de nivel cero de referencia y de funcionamiento del cilindro de amortiguación.

En el caso de instalaciones en que hay dos mareógrafos en el mismo sitio, también puede ser útil verificar de manera comparativa una y otra lectura para detectar cualquier mal funcionamiento del sistema.

vi) Verificaciones semanales

A intervalos semanales se llevan a cabo las siguientes verificaciones adicionales al cambiar las hojas de diagrama:

verificación de la necesidad de la goma al cambiar la hoja,
verificación o inclusive cambio del relleno de la pluma,
darle cuerda al reloj,
alineación de la nueva hoja con la hora correcta verificando algunos minutos después para ver si hay efecto de retraso y corregirlo,
anotar la hora de comienzo y la fecha en la nueva hoja.

Una verificación entre la regla visual y el registro de la carta debiera mostrar el mismo acuerdo que mostraba la hoja anterior. Si no es el caso, hay que averiguar la razón y no basta con volver a ajustar la pluma.

Si se mantiene en el sitio una sonda manual, se puede usar esta sonda cada semana para verificar que se mantiene el nivel cero de referencia del mareómetro.

Cuando se usan otras clases de mareógrafos los procedimientos serán evidentemente diferentes de los enunciados, pero generalmente vendrán indicados en el manual del fabricante.

vii) Identificación de desperfectos

De vez en cuando pueden producirse desperfectos, aunque un buen mantenimiento preventivo hará que sean raros. Cuando se produce un mal funcionamiento, es necesario identificar la causa del desperfecto de forma que se pueda emprender la acción correctiva. Algunos desperfectos que se producen pueden no notarse a menos que se cumplan estrictamente los procedimientos de observación. La prueba de Van de Castele identificará la mayoría de las fallas de un mareógrafo. El registro simultáneo de los niveles del agua dentro y fuera del cilindro de amortiguación identificará las fallas del cilindro. Examinando las hojas diarias de verificación se pueden notar fallas no lineales de horario. En general, entre más precisas son las anotaciones mayor será la posibilidad de identificar prontamente las fallas. En la hoja de control se deben anotar las observaciones reales sin modificar las cifras en un afán de lograr concordancia; por ejemplo, si hay grandes olas, no será posible obtener una lectura precisa de la regla visual, y esto debe anotarse en la hoja de verificación.

Debiera llevarse un diario de la estación del mareógrafo para que cualquier persona encargada de las visitas vaya registrando cada vez la razón de la visita, el trabajo efectuado y otros elementos que valga la pena apuntar.

En el apéndice 1 se presenta el resumen de elementos esenciales de verificación para operadores de mareógrafos.

3.3 Otras clases de mareógrafos

Aunque predominen los mareógrafos de registro similar al de flotador, hay muchas clases comúnmente usadas de las cuales describiremos algunas a continuación. El apéndice 2 contiene nombres de proveedores de equipo para mareógrafos conocidos de los autores.

i) Mareógrafo de flotador con sistemas de registro de cinta perforada

El principio de funcionamiento de estos instrumentos es análogo al descrito para el mareógrafo similar de flotador y la diferencia consiste en la forma en que se registra la información sobre las mareas. Estos instrumentos no suministran un registro continuo del nivel de mareas sino que registran alturas dadas a intervalos predeterminados de tiempo, normalmente cada 15 minutos. Estos instrumentos llevan una unidad de codificación accionada por el mecanismo de flotación. La unidad de codificación está diseñada para transferir la lectura de una altura en cinta de registro para cada periodo de registro. La altura se perfora en código binario tal como se muestra en los ejemplos de la figura 3.10.

Leer estos registros manualmente es sumamente difícil, por lo cual es necesario tener un lector automático que traduzca la información de la cinta en forma más fácil de usar.

ii) Mareógrafos neumáticos

Las descripciones que siguen se refieren solamente a los mareógrafos que funcionan con sistemas de burbuja neumática. En la figura 3.11 se exponen los elementos esenciales de un sistema de burbuja. El aire se hace pasar, a un ritmo medido por contador, a través de una boquilla a un punto de presión fijado bajo el agua bien por debajo del nivel más bajo de marea esperado. El punto de presión consiste por lo general en un corto cilindro vertical con la parte superior cerrada y abierto en la base. A media altura se le practica una pequeña abertura por la que se introduce el aire medido, pasándolo por un empalme que va a la tapa de arriba. A medida que el aire del tubo penetra en el punto de presión, este aire se va comprimiendo y empujando el agua abajo hacia la cámara hasta que se llega al nivel del agujero de purga y el aire sale en burbujas por el agujero otra vez a la superficie. Siempre y cuando la velocidad de circulación del aire sea baja y el tubo de suministro de aire no sea inadecuadamente largo, la presión de aire del sistema es entonces igual a la presión debida a la profundidad del agua por encima del agujero de purga + presión atmosférica. Un instrumento de registro de la presión conectado a este tubo de suministro registrará ahora los cambios de nivel de agua como cambios de presiones de acuerdo con la ley siguiente:

$$P_m = \rho gh + P_A$$

en que

ρ	=	densidad del agua
g	=	constante gravitacional
h	=	profundidad del agua por encima del agujero de purga
P_A	=	presión atmosférica

La mayoría de los instrumentos neumáticos que se sirven del principio de burbuja operan diferencialmente, con sensores contruidos de tal forma que la presión del sistema se contraponga a la presión atmosférica dentro del instrumento. De allí que la presión resultante que registra el censor sea $P_m = \rho gh$, de donde resulta que la altura es directamente proporcional a la presión.

Algunos principios de diseño tienen que ser respetados en la operación de los sistemas de burbuja, de los cuales enunciaremos algunos a continuación:

a) nivel de referencia del sistema

El nivel de referencia de un sistema de burbuja es el agujero de purga del lado del punto de presión. Es esencial que este nivel no cambie de posición y por lo tanto que el punto de presión sea fijado con seguridad y sólidamente al instalarlo.

b) volumen del punto de presión

El punto de presión actúa como amortiguador de tal forma que los cambios de presión producidos por las olas superficiales sólo acarren pequeñas variaciones de elevación en la superficie de contacto de agua y aire dentro del punto de presión. La amplitud de esta oscilación no dependerá tan sólo de la amplitud de las olas sino también de la proporción de los volúmenes del tubo de suministro y del punto de presión.

c) longitud del tubo

La longitud del tubo de suministro es importante porque de ella depende el tamaño del punto de presión necesario, puesto que cuanto más largo sea el tubo mayor tendrá que ser el volumen del punto de presión necesario. Hay pérdidas de rozamiento de aire al pasar por el tubo, que aumentan a medida que son más largos los tubos.

d) caudal de la circulación

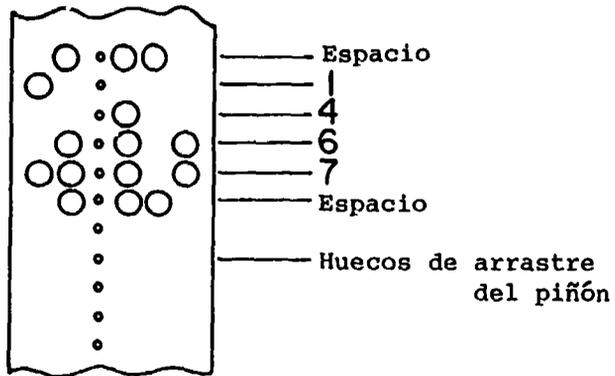
Hay que ajustar el caudal de la circulación de tal forma que salgan burbujas del agujero de purga del punto de presión en cualquier momento a lo largo del ciclo de la marea. En marea menguante no es necesario suministrar aire haciéndolo bajar por el tubo, puesto que seguirán saliendo burbujas del agujero de purga debido a la disminución de la presión del agua. Sin embargo, en pleamar, hay que insuflarle aire al sistema a una velocidad suficiente para mantener la posición de la interfaz agua-aire dentro del punto de presión. El caudal de circulación necesario para cualquier sistema se puede determinar mediante cálculo, conociendo el volumen del sistema y la tasa máxima de ascenso del nivel del agua. Cuando se producen oscilaciones del agua aumentará la velocidad máxima de ascenso del nivel del agua a la de la oscilación positiva del ciclo de marea creciente.

De lo anterior se deduce que, en lo tocante a cualquier instalación que se proponga, habrá que observar algunos límites si se quiere que la presión que hay que controlar sea la misma que se ejerce en el agujero de purga del punto de presión dentro de los límites requeridos.

Los mareógrafos de presión básica asentados en el lecho marino y que registran la presión a intervalos en el transcurso de periodos de un mes o inclusive de un año no se contemplan dentro de este estudio. Los lectores pueden remitirse a Howarth y Pugh (1983) para mayores detalles.

REGISTROS DE CINTA PERFORADA

OTT



La altura perforada es 1,467 metros

FISCHER & PORTER

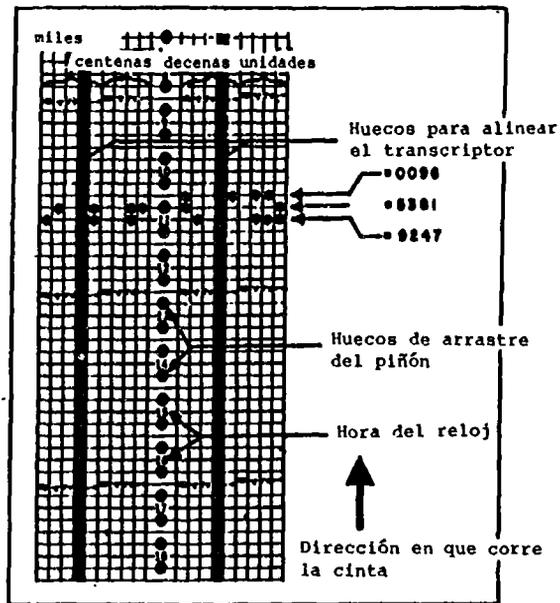


Figura 3.10

SISTEMA BASICO DE BURBUJA DE AIRE

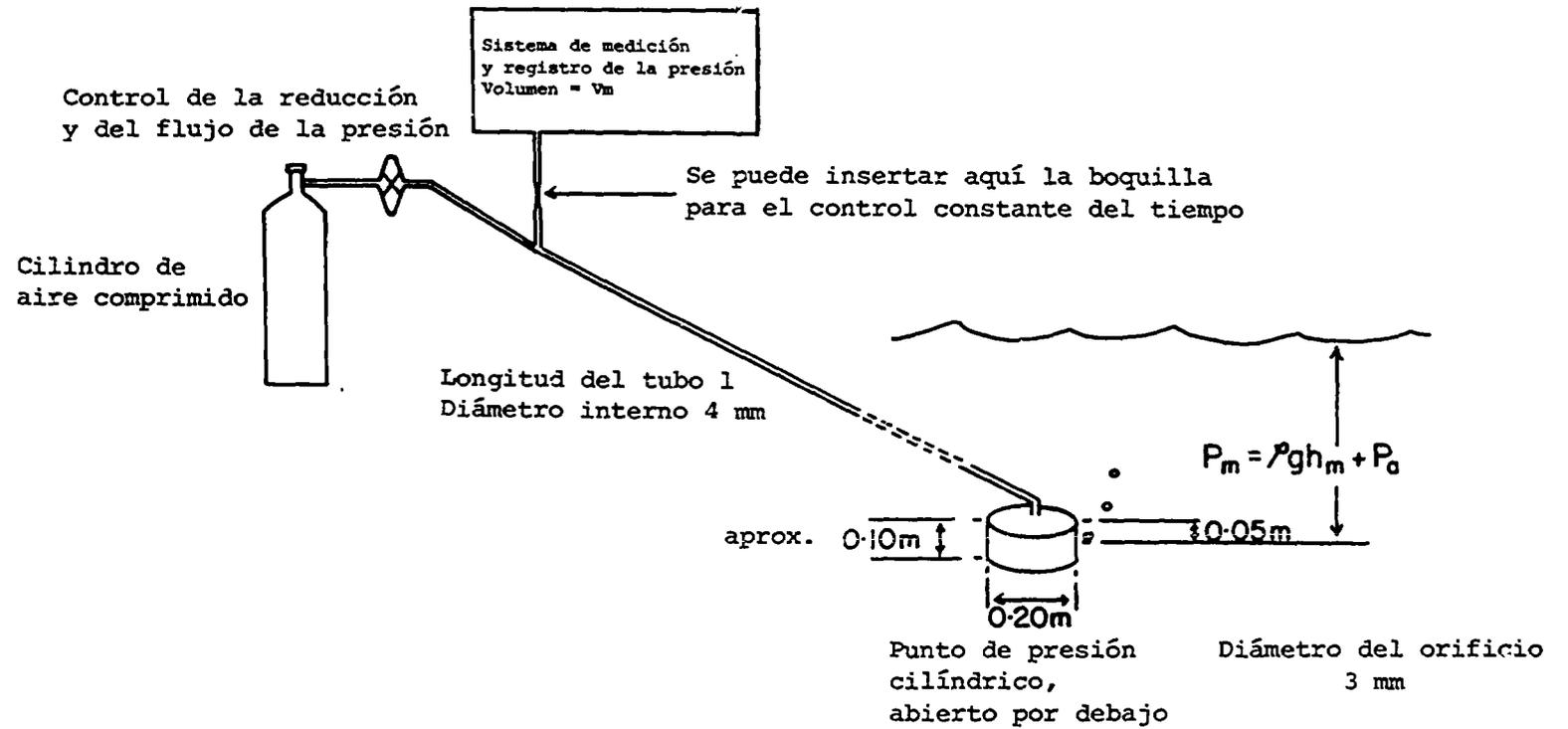


Figura 3.11

3.4 Control remoto

El equipo para dotar una instalación de control remoto utilizará normalmente un registro adecuado producido por el instrumento del mareógrafo. Se dispone en el mercado de una amplia variedad de sistemas pero en general ellos se pueden clasificar dentro de los siguientes grupos:

i) Sistema de control local

Este sistema puede ser un indicador de disco, un registro de diagrama o un tablero digital conectado a un transmisor del mareógrafo mediante un cable eléctrico directo.

ii) Sistema de control remoto

Este es un sistema teóricamente análogo a los descritos ya, pero que utiliza líneas privadas de teléfono alámbrico para transmitir las señales.

iii) Sistema de control remoto con respondedor automático

Estos sistemas están conectados a la red pública de teléfonos en los sitios del mareógrafo y se ponen en funcionamiento mediante llamadas a distancia que pasan lecturas instantáneas del nivel de marea en el momento de la llamada.

iv) Bitácora de datos

Estos sistemas están conectados con las líneas de teléfonos públicas pero concebidas para pasar una sección o todo un bloque de información almacenada mediante la utilización de un terminal compatible en el punto de recepción. Estos sistemas trabajan normalmente combinados con los modems de la red local de teléfonos.

El grado de precisión que se espera de los mareógrafos también se aplica a todo el equipo de control remoto. Cuando el equipo transmisor depende del suministro de la troncal eléctrica para obtener la energía, debe proveerse una batería permanente que automáticamente siga dando el suministro en caso de que falle la electricidad.

Referencias

- GREAT BRITAIN. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1965 Advisory Committee on Oceanographic and Meteorological Research. Tides Gauges: Requirements.
- GREAT BRITAIN. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1979 Committee on Tide Gauges. Operating instructions of tide gauges in the national network.
- HOWARTH, M.J. & PUGH, D.T. 1983: Observations of tide over the continental shelf of North-West Europe. pp 135-188 in, Physical Oceanography of Coastal and Shelf Seas, (ed B. John). Amsterdam: Elsevier. 470 pp. (Elsevier Oceanography Series, 35).
- LENNON, G.W. 1968: The evaluation of tide gauge performance through the Van de Castele test. Cahiers Océanographiques, 20, 867-877.
- LENNON, G.W. 1971: Sea level instrumentation, its limitations and the optimisation of the performance of conventional gauges in Great Britain. International Hydrographic Review, 48(2), 129-147.
- LENNON, G.W. 1976: National network to monitor sea level and the committee on tide gauges. Dock and Harbour Authority, 57, 53-54.
- PUGH, D.T. 1972: The physics of pneumatic tide gauges. International Hydrographic Review, 49(2), 71-97.
- PUGH, D.T. 1976: Methods of measuring sea level. Dock and Harbour Authority, 57, 54-57.
- PUGH, D.T. 1976: The design of coastal tide gauges. pp 51-73 in, Symposium on tide recording (ed. R. Britton). London; Hydrographic Society. 200 pp. (Hydrographic Society Special Publication No 4).
- SEELIG, W.N. 1977: Stilling well design for accurate water level measurement. U.S. Army, Coastal Engineering Research Center, Technical Paper No 77-2.

4. REDUCCION DE LOS DATOS

4.1 Naturaleza de los registros de mareógrafos

Los valores del nivel del mar observados se registran mediante diversos sistemas. El más útil para el uso local y, en consecuencia, el más corriente, consiste en registros gráficos sobre un tambor accionado por un mecanismo de relojería con un estilete conectado a un flotador en un cilindro amortiguador.

Los perfeccionamientos pueden consistir en:

1. Reemplazar el cilindro por un sistema sensible a presión.
2. Registrar en cinta magnética o cinta de papel.
3. Transmitir señales a un mecanismo que registra a distancia.

Todos esos perfeccionamientos requieren servicios adicionales de descifrado y conocimientos especializados que permitan la interpretación. En caso de desglose está demostrado que el registro gráfico continuo es un sistema de soporte fundamental.

Esta sección se referirá fundamentalmente a los registros gráficos y a su interpretación precisa para obtener estadísticas significativas.

i) Registros gráficos

Para su interpretación adecuada, todos los gráficos contendrán la siguiente información:

1. Escala temporal o velocidad del papel claramente indicada.
 2. Escalas de alturas claramente marcadas.
 3. Unidades.
 4. Uso horario, por ejemplo -0100 = Verano británico;
+0400 = Indias Occidentales, Venezuela.
 5. Tiempo añadido y deducido; marcas cronológicas inscritas por unidades de tiempo independientes y precisas.
 6. Verificaciones de altura anotadas en relación con la escala de altura independiente y los datos nacionales, y con la escala visual de mareas o el punto de referencia.
 7. Hojas de control completas para indicar 4-6 por encima de la distribución anual normal y todos los errores observados o rectificadas y los problemas planteados.
- a) Tambor con periodo de rotación de 24 horas, que registra la información hasta 14 días consecutivos.

Dado que la frecuencia de las mareas depende principalmente del tiempo lunar en casi todas las partes del mundo, las pleamares se registran a una hora un poco más tardía con respecto al día solar precedente. (Un día lunar dura aproximadamente 24 horas y 50 minutos, en comparación con el día solar de 24 horas).

Por esta razón el operador del mareógrafo puede dejar en funcionamiento el registro de un mareógrafo de 24 horas durante varios días, de manera que la información registrada se superponga con la misma escala. Para facilitar la interpretación, el plazo límite de seguridad estará en función de las condiciones locales (véanse figuras 4.1 a), b) y c)).

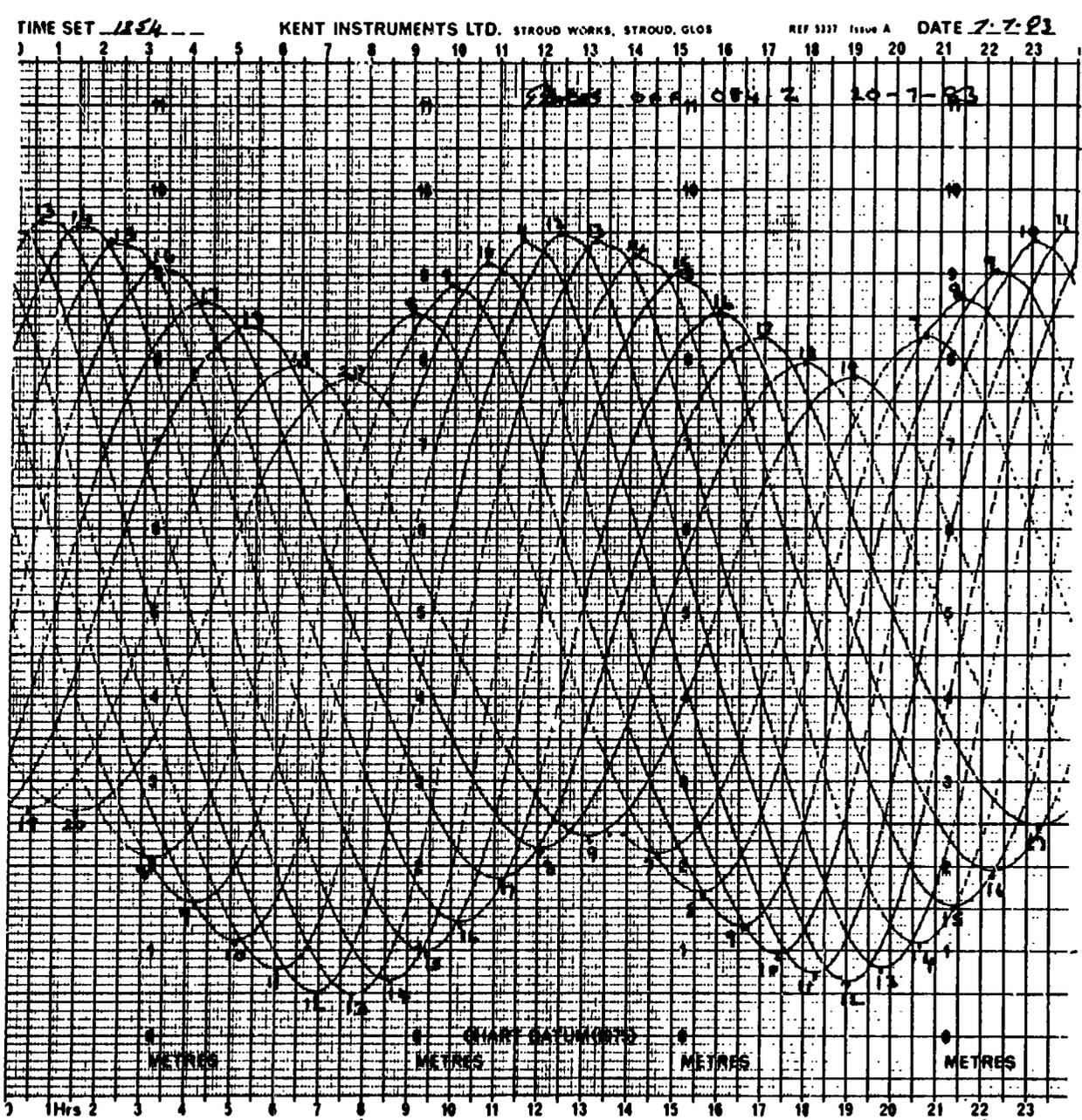


Figura 4.1 a) Informaciones registradas por un mareógrafo de tambor, con periodo de rotación de 24 horas, durante 13 días, en Liverpool (Inglaterra).

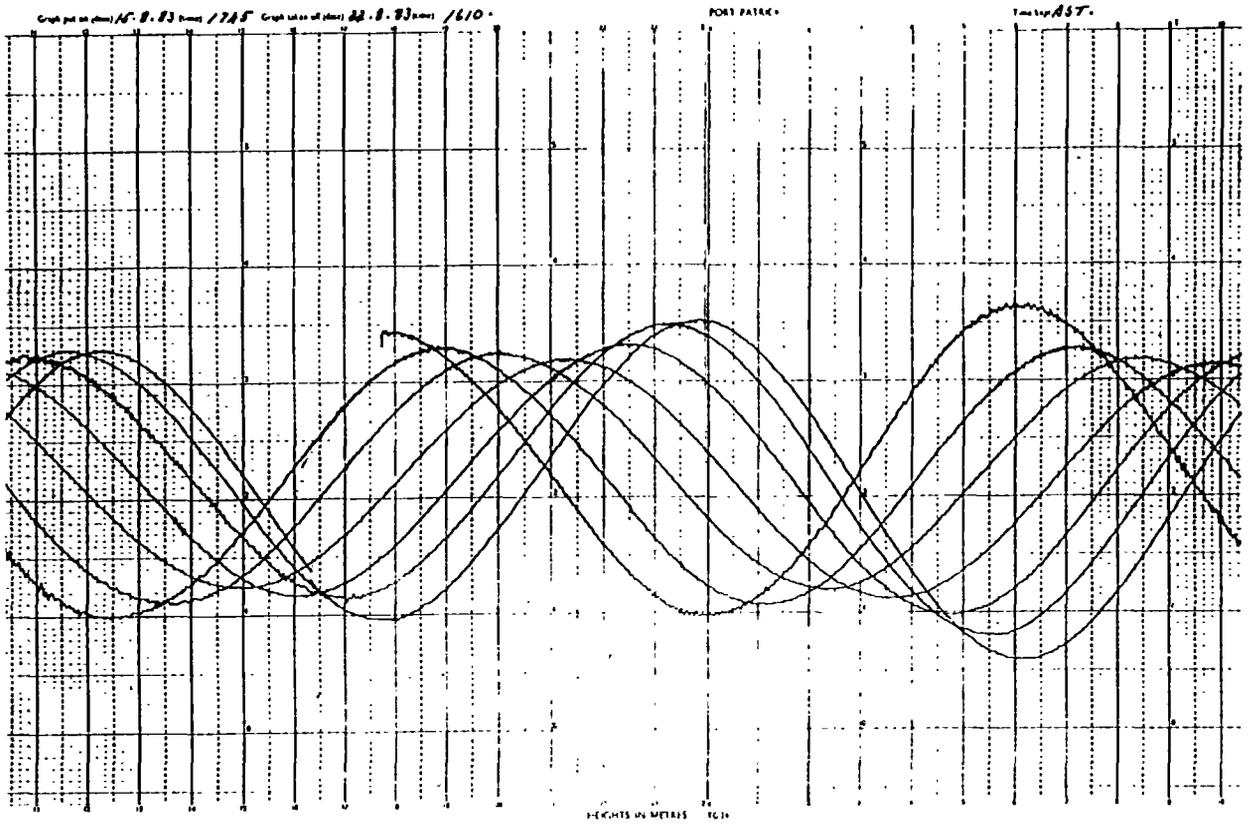


Figura 4.1 b) Informaciones registradas por un mareógrafo de tambor con periodo de rotación de 24 horas, durante 7 días, en Portpatrick (Escocia).

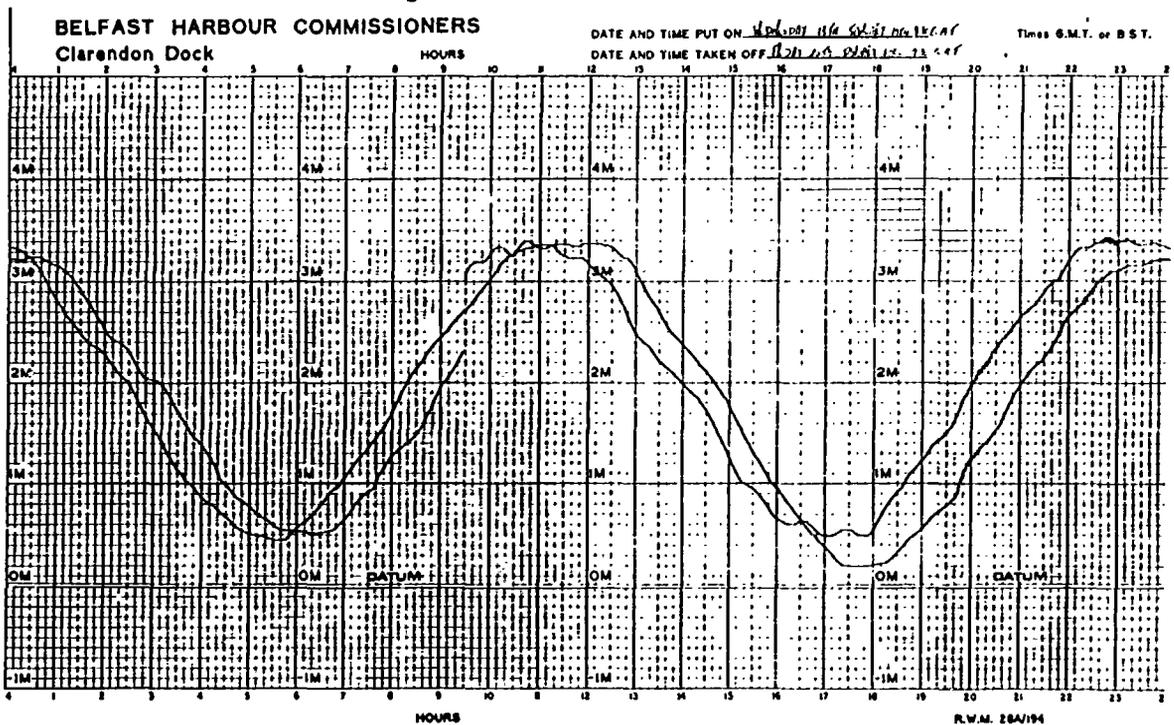


Figura 4.1 c) Informaciones registradas por un mareógrafo de tambor con periodo de rotación de 24 horas, durante 2 días, en Belfast (Irlanda del Norte).

b) Tambor de 7 días - renovado por lo general semanalmente.

A efectos de interpretación, no suele recomendarse el uso de este tipo de mareógrafos; la magnitud de la escala cronológica dependerá de la circunferencia del tambor. En la mayoría de las estaciones mareográficas la escala resultante suele ser demasiado pequeña para distinguir los niveles horarios exactos, sobre todo cuando la amplitud de la marea no supera los 2 metros (véase figura 4.2).

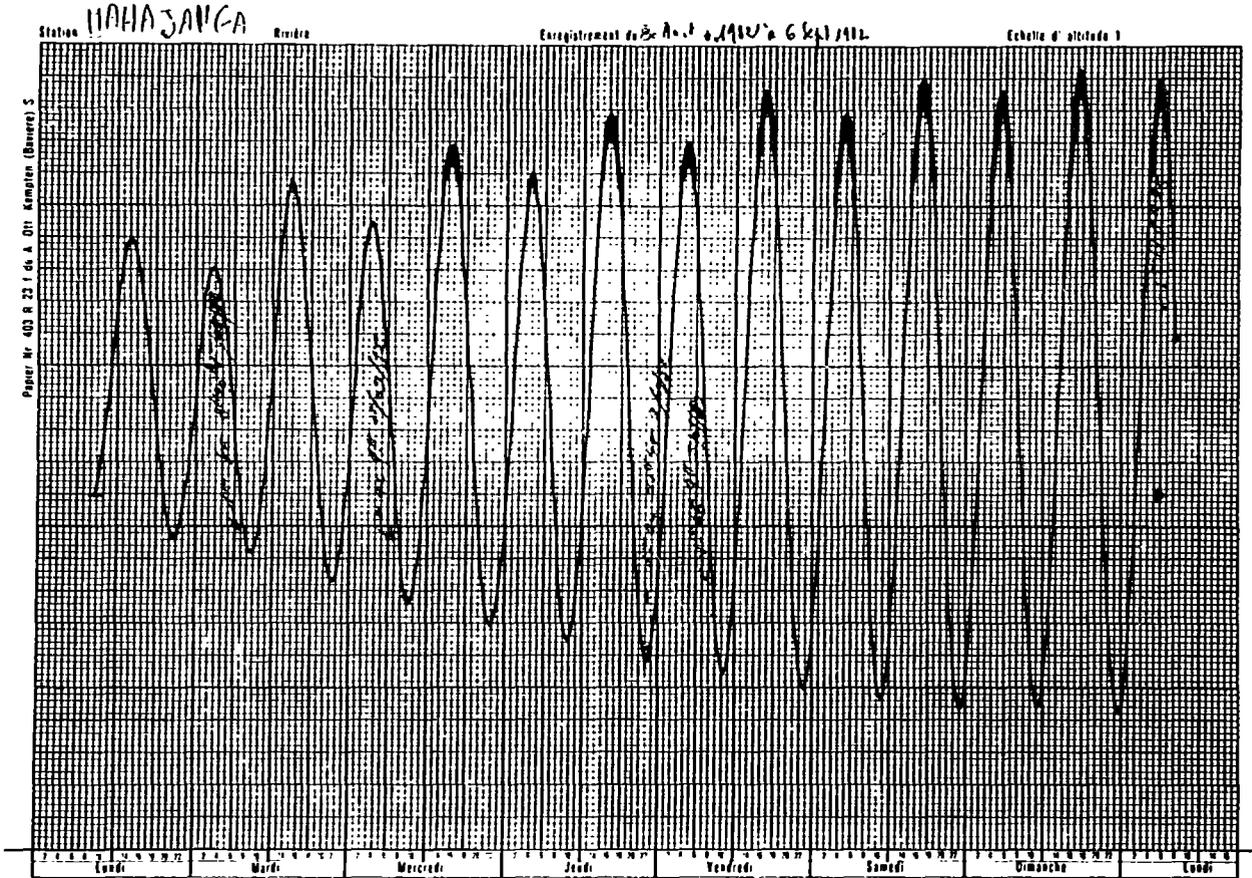


Figura 4.2 Información registrada en un tambor durante 7 días (Madagascar).
 Amplitud de la marea; 4 metros.
 Escala en el original; 2 mm = 1 hora, 5 cm = 1 m.

c) rollo continuo - dura lo que el papel

Estos registros suelen ir acompañados de un estilete independiente que marca el tiempo, cuyo trazo puede utilizarse asimismo para verificar la alineación del papel a medida que se desplaza en el medidor.

Controles frecuentes, que consisten en desplazar el estilete a la línea cero como marca de tiempo y referencia, también facilitan la interpretación (véase figura 4.3).

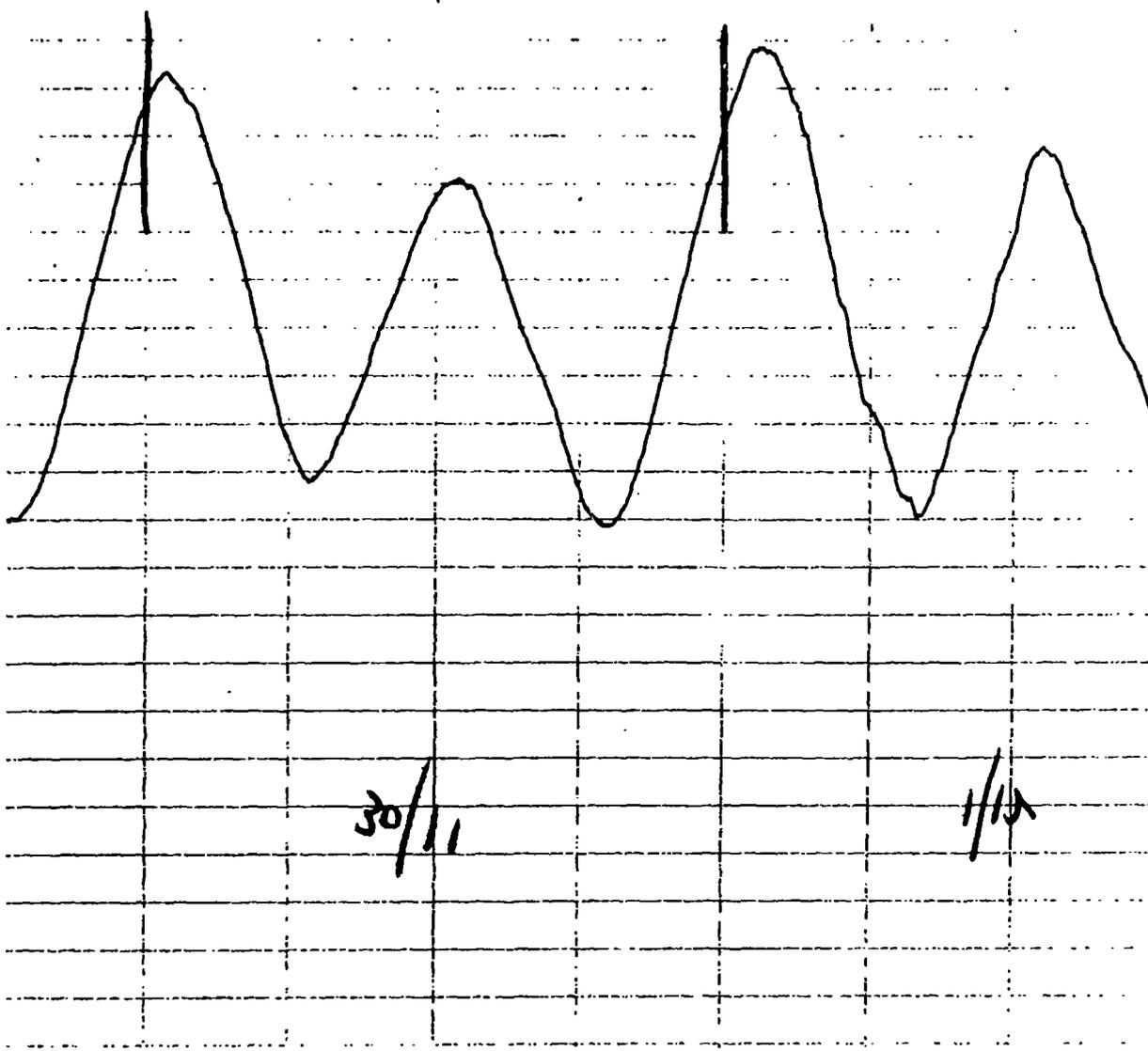


Figura 4.3 Registro en rollo continuo (Australia).

4.2 Interpretación de los registros

Los registros gráficos de las mareas, una vez retirados del tambor, contienen aún mucha información que habrá de cotejarse e interpretarse con precisión, con miras a su óptimo aprovechamiento. El operador inscribirá con claridad las fechas y los plazos y se procederá a su referenciación con respecto a un nivel de base conocido. Los trazos de las mareas son en sí registros únicos de la evolución mareal en el lugar de instalación del mareógrafo, de modo que pueden observarse con claridad, por ejemplo, los efectos de las tormentas o vientos fuertes y pueden detectarse los errores de la mecánica del instrumento mediante el examen de la naturaleza del trazo del estilete. En las tres secciones siguientes se indican algunos fenómenos que dificultan la interpretación.

4.2.1 Etiquetas de los gráficos y niveles cero

i) Huso horario

Cuando no se etiquete en los registros, o se desconozca, será razonable determinarlo representando gráficamente las horas de las mareas altas previstas en el trazo mareal.

ii) Datos de referencia

Los niveles de las mareas registrados tienen poco valor a menos que se aluda a algún punto de referencia. En todos los mareógrafos debiera existir un punto de referencia que pueda compararse a posteriori con los datos nacionales (véase figura 4.4).

DIAGRAMA DE LA RELACION ENTRE LOS NIVELES DE REFERENCIA MAREOGRAFICOS

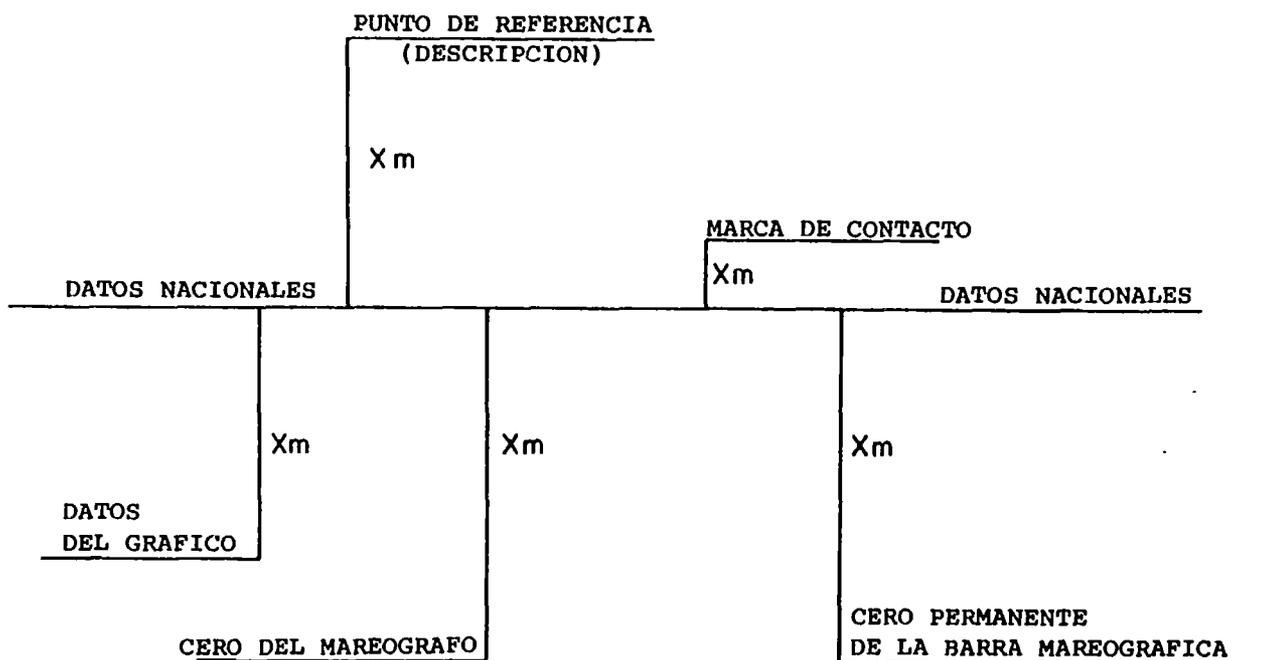


Figure 4.4

iii) Datación de los registros

Verifíquese siempre que el número de curvas de las mareas concuerde con los datos inscritos en el gráfico. El estilete puede haber dejado de marcar con tinta o haberse detenido el reloj o haberse producido un error en las etiquetas.

iv) Notas adicionales

Debería adjuntarse a los registros cotejos con barras visuales de las mareas o controles Van de Castele en el cilindro.

Son asimismo de gran utilidad para la obtención de valores precisos las notas sobre las condiciones meteorológicas sobre cualquier dificultad mecánica, como se observa en el impreso de verificación que representa la tabla 4.1.

RESUMEN DE LAS VERIFICACIONES EN MAREOGRAFOS AUTOMATICOS

H.516

(en el reverso de la página figuran las instrucciones para rellenar el formulario)

Semana que comienza el 22. October. 1984.

Lugar ... LERNICK... SNETAND...

Referencia horaria (GMT o BST o Huso) GMT.....

Fecha y hora del comienzo del registro. 22.10.84... 0930..... Fecha y hora del final del registro. 29.10.84... 0930..

Fecha	Hora exacta	Hora en el gráfico	Altura de la marea en la escala de mareas	Altura de la marea en el gráfico	Amplitud de la variación de la escala de mareas	VIENTO		Observaciones (comprendidas las horas de los cambios súbitos de la fuerza o dirección del viento)	Iniciales del Verificador
						Dirección	Fuerza		
22.10.84	0930	0930	2.24	2.04	0.2	SE	6/7	SILT CLEAR BY 2100. Overcast with rain.	JW
23.10.84	0940	0939	2.20	2.18	0.1	WSW	6/7	Clock not corrected. Heavy shower.	AD
24.10.84	0935	0933	1.80	1.80	NIL	WSW	5	Clock not corrected. Cloudy + showers.	SA
25.10.84	0930	-	1.62	-	NIL	ENE	6/7	Clock not corrected. Windy + rain.	TC
26.10.84	0930	0830	1.3	1.29	0.1	Nly.	3/4	Found started at wrong hour. Contin. rain. Corrected at 1230.	SA
27.10.84	0926	0925	1.00	1.00	NIL	Wly.	2-3	Clock not corrected. Overcast / drizzle.	AS
28.10.84	0928	0926	1.02	1.02	NIL	SE	7-8	Clock not corrected. Showers.	TSB
29.10.84	0930	0925	0.90	0.90	NIL	SLY	4	Fine. For 5 min station removed.	RSY

..... James Macfarlane.....
Oficial encargado del mareógrafo

Tabla 4.1

4.2.2 Errores mecánicos

De todos modos, los comentarios del operador sobre los impresos de verificación o los propios gráficos contribuyen a identificar cualquier problema que pueda plantearse.

Son varios los problemas mecánicos que pueden tener el mismo efecto visual en los gráficos, y la clasificación resulta difícil, a menos de disponer del correspondiente comentario. Cuando haya que prescindir del comentario, se recomienda cotejar el perfil mareal atípico con registros disponibles de algún lugar próximo. Tal procedimiento pondrá en evidencia si la irregularidad es mecánica y, por tanto, un error único, o si es causada por las condiciones climáticas. En el primer caso se podrá interpolar o corregir el error de algún modo, mientras que tratándose de una influencia meteorológica no deberán rectificarse los valores.

Sea cual fuere el error mecánico, desde el punto de vista de la reducción de los datos (y en última instancia) será preciso reducir al mínimo la brecha así ocasionada.

Las carencias habrán de ser completadas con precaución y, cuando proceda, basándose en los datos del perfil mareal local. Será impropio colmar una brecha en las observaciones con valores pronosticados o trazos fantasiosos en caso de probabilidad de tormenta o vientos fuertes (véanse figuras 4.5 a), b) y c)).

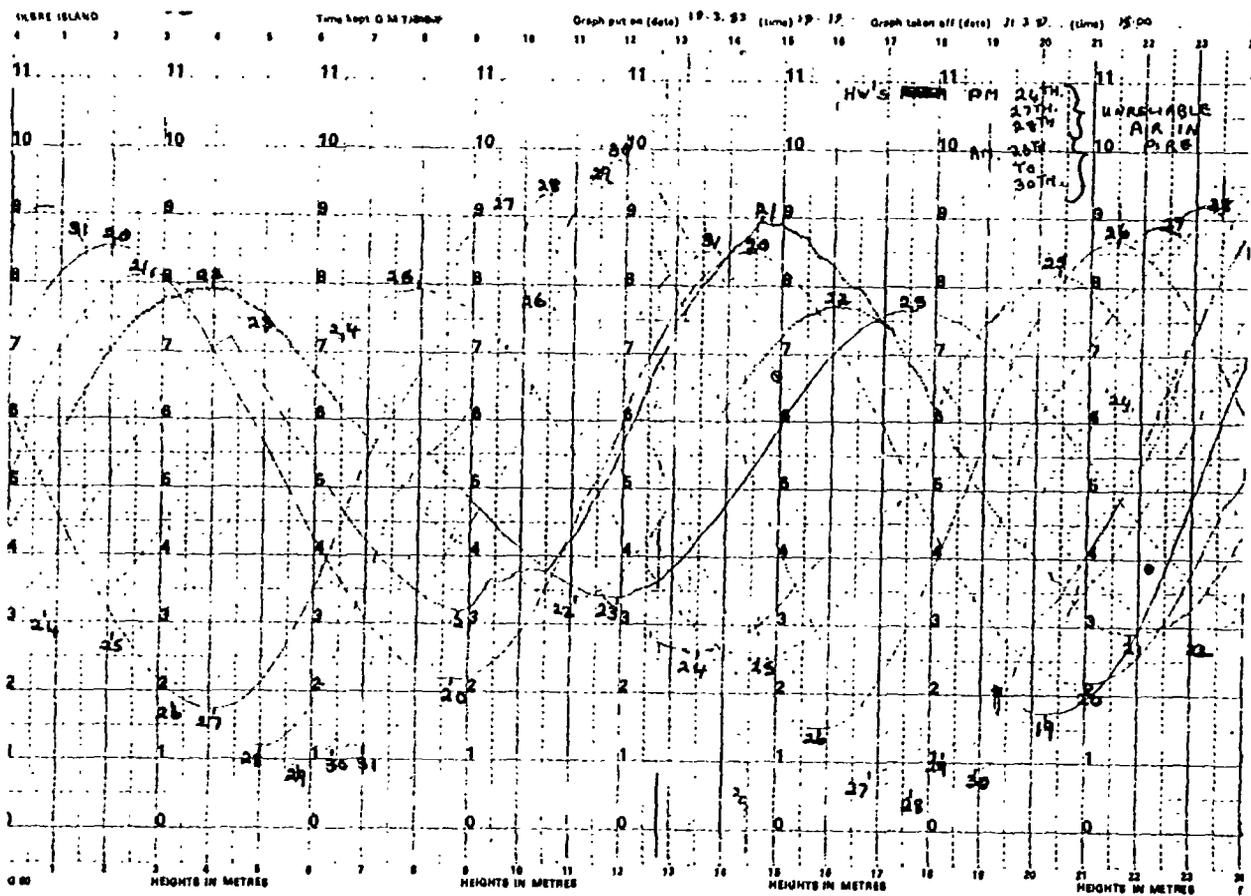


Figura 4.5 a) Grave problema mecánico que retrasa el registro

i) Desperfectos en el mecanismo de relojería

Los errores del tiempo son objeto de la sección 4.3, pero los paros del mecanismo pueden identificarse con bastante facilidad mediante una línea vertical.

Mientras no hayan transcurrido más de una pleamar y una bajamar desde el descubrimiento del desperfecto, será posible rectificar el perfil mareal previsible.

La extensión del trazo del estilete (al estar su mecanismo conectado con el engranaje de transmisión del flotador) indicará las alturas de los niveles superior e inferior del agua -con lo que podrá trazarse el resto del perfil. No obstante, para estimar las horas de esos extremos, se procederá con precaución. En caso de importantes perturbaciones meteorológicas será preferible omitir el registro.

Cuando haya transcurrido más de una marea, el trazo de tinta sólo indicará los extremos de los niveles alcanzados, y se renunciará a una interpolación.

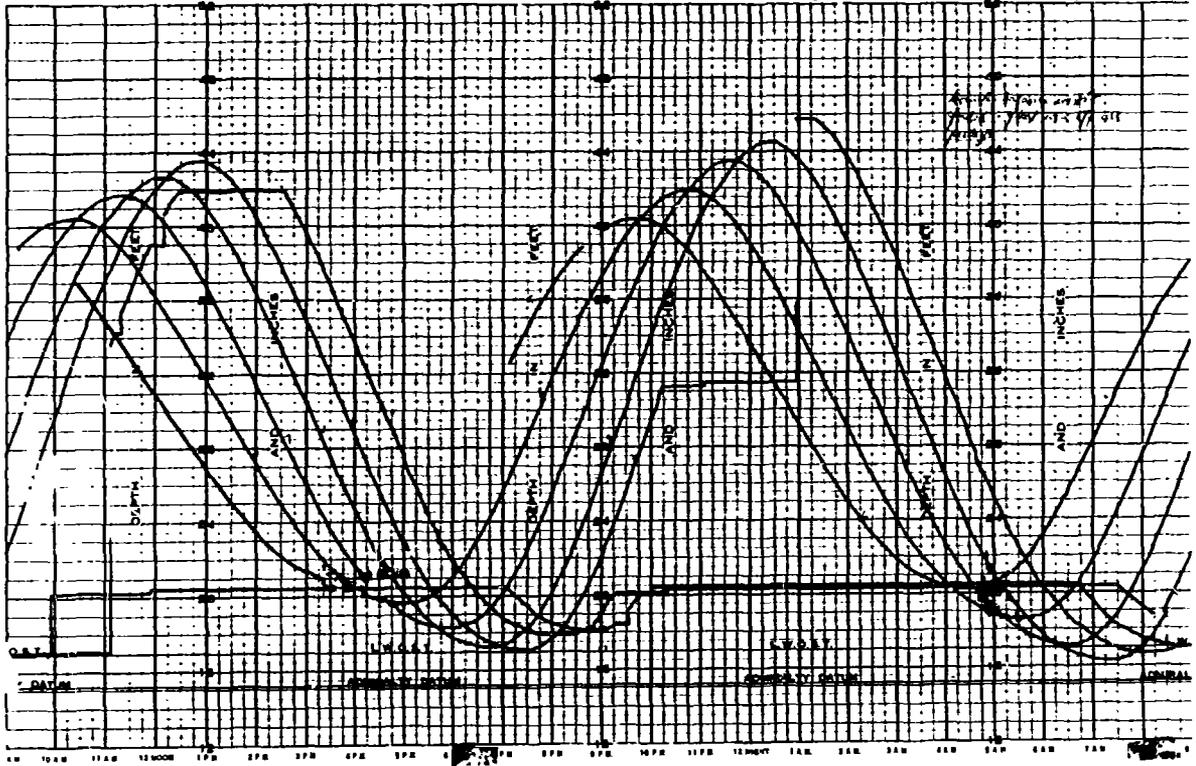


Figura 4.5 b) Problemas de contrapeso y cable con flotador.
Una cierta interpolación es posible.

17/1/53 1710

17/1/53 1546

5/1/53

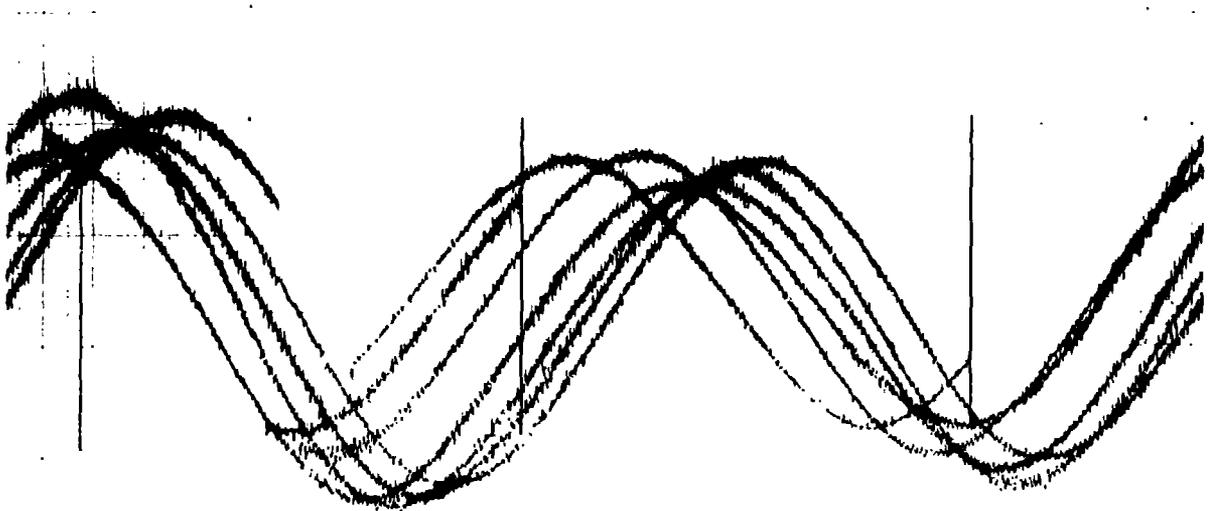


Figura 4.5 c) Paros del mecanismo de relojería. Interpolación imposible
debido a la presencia de tormentas.

ii) Registros en los que se acaba la tinta o se interrumpe el trazo del estilete

Cuando en los registros del perfil haya alguna sección que quede en blanco, se delinearé el trazo que falta; no obstante, es inconveniente completar periodos superiores a seis o siete horas. Con respecto a los paros del mecanismo de relojería antes mencionados, no debe conjeturarse la parte crítica en lo tocante a las fases de pleamar y bajamar.

iii) Interferencia de los flotadores

Este problema se manifiesta con bruscas caídas del trazo en el registro debidas a que el flotador ha sido intercedido y posteriormente liberado. Los lapsos de breve duración (inferiores a una hora) pueden ser interpolados sin dificultad. Sin embargo, cuando la interferencia sea importante, los registros obtenidos mostrarán, también, la influencia de la obstrucción debida al cieno.

iv) Cieno

El cieno depositado en el cilindro provoca el retraso de la circulación del agua mareal. A veces, esta perturbación puede observarse en el registro (sobre todo cuando se conoce bien el registro habitual), aunque la mayor parte de las veces el fenómeno no sea evidente hasta que se realiza un análisis detallado, salvo que el cieno se acumule hasta un nivel tan alto que distorsione totalmente el perfil. A veces, el cieno aparecerá en el registro como trazos "planos" en la pleamar y la bajamar, particularmente durante las mareas de primavera. Cuando puedan verse perturbaciones en los registros de varios días, será aconsejable dejar un espacio hasta que el cilindro quede despejado, dando fe de ello en los impresos de verificación o en los gráficos.

v) Enroscamiento en el cable con flotador

Este problema no se ilustra siempre en los registros mareales, sobre todo si es constante. Las únicas oportunidades de detectar e interpolar esta perturbación surgen cuando el cable, luego de dar algunas vueltas, se libera. Al igual que la perturbación del flotador, se ilustrará en el registro en forma de pequeñas caídas del trazo, que pueden completarse.

4.2.3 Influencias meteorológicas

Las influencias de las fuerzas mareales del sol y de la luna sobre los océanos de nuestro planeta están distorsionadas por la presencia de masas continentales y de variaciones en la profundidad del agua y en las condiciones atmosféricas.

Algunos de estos efectos son claramente visibles en los registros mareales.

i) Seiches

Son oscilaciones breves típicas de cuencas cerradas de poca profundidad, con el Mar del Norte, y de algunos puertos cerrados.

Estas alteraciones deben ser corregidas o eliminadas, en cuanto se obtienen los niveles mareales de los registros (véase figura 4.6).

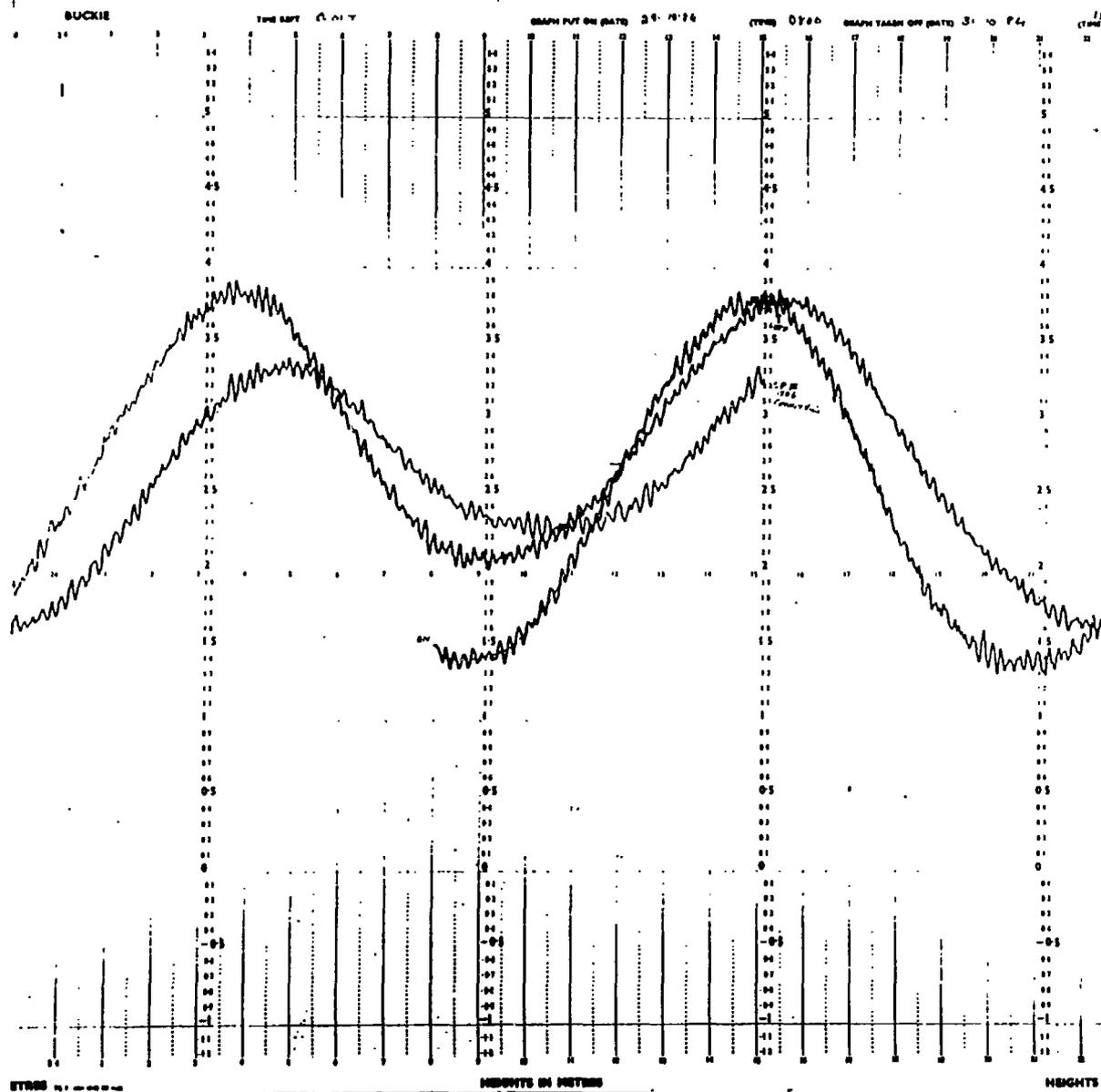


Figura 4.6 Pueden delinear-se trazos, con cuidado, por el centro de los seiches.

ii) Oleajes de tormenta

Los cambios de vientos y de la presión atmosférica pueden hacer que el nivel mareal observado sea muy distinto del valor previsto, sobre todo durante las tormentas. Estas pueden provocar mareas extraordinariamente altas (oleajes positivos) o extremadamente bajas (oleajes negativos). La periodicidad de las mareas también puede verse muy alterada con respecto a la normal, lo que dificulta la clasificación diaria, cuando no se ha realizado la inscripción correspondiente.

Estas alteraciones NO deben ser corregidas o eliminadas al obtener los niveles mareales de los registros (véase figura 4.7).

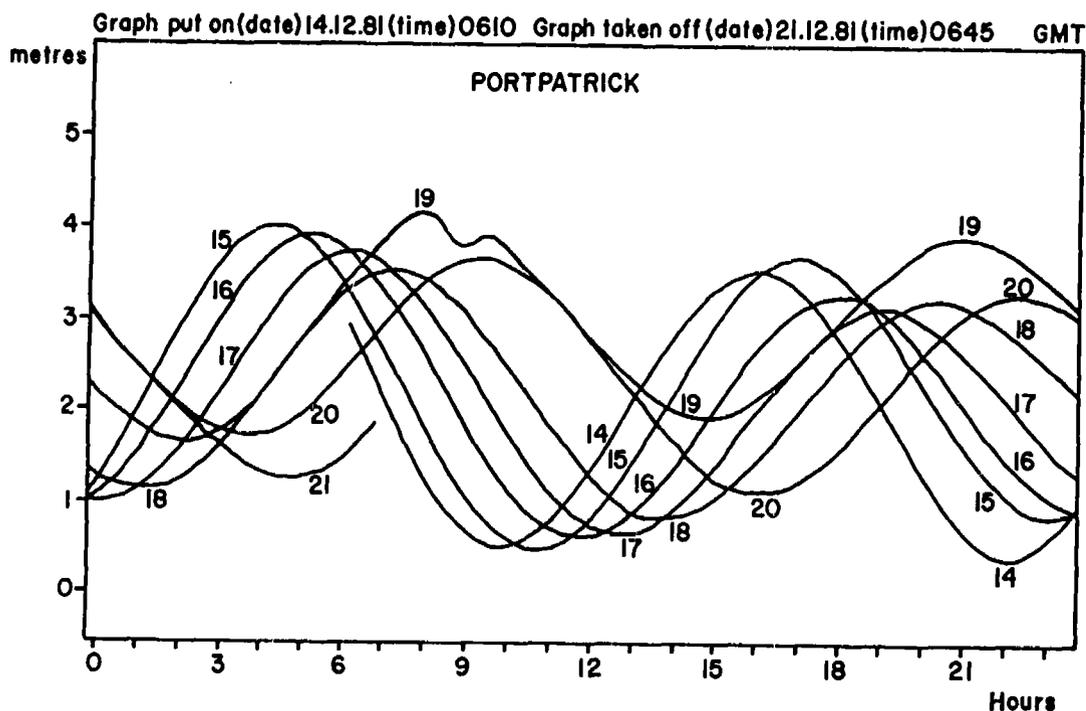
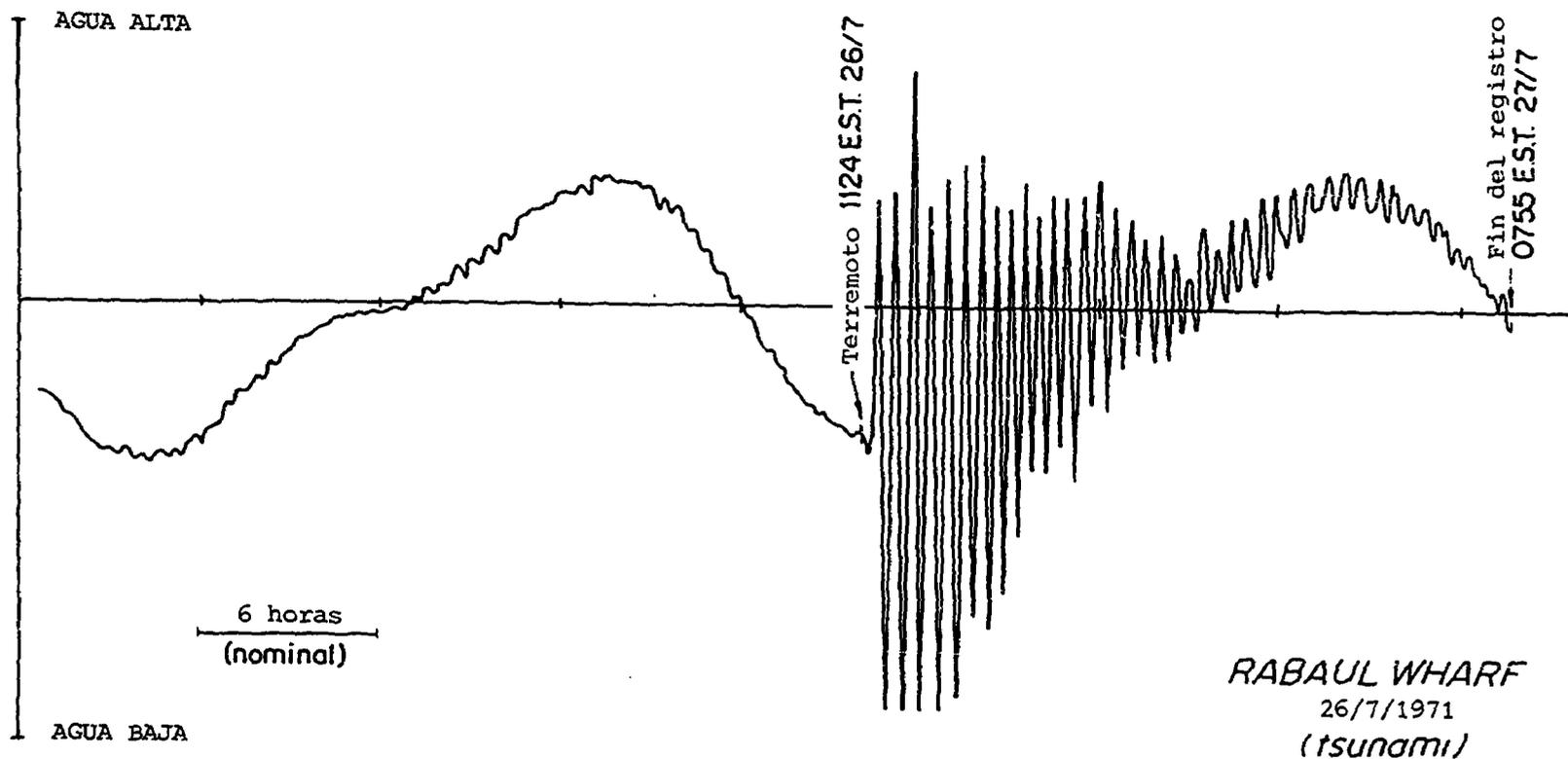


Figura 4.7 Los oleajes de las tormentas en los registros no deben ser corregidos.

iii) Tsunamis

Las olas sísmicas son la consecuencia oceánica destructiva de los terremotos y de las erupciones volcánicas. En las zonas en las que se producen (principalmente en las islas del Pacífico) las consecuencias sobre los mareógrafos son muy perniciosas. Se realizan esfuerzos considerables en estas zonas para que las instalaciones sean a prueba de "fuertes tormentas" (véase figura 4.8).



CONSECUENCIAS DE UN TSUNAMI EN UN REGISTRO DE MAREOGRAFO

Figura 4.8

4.3 Obtención de los niveles

En general, cuanto mayor es el grado de exactitud logrado en la obtención de los niveles, mayor es su utilidad.

La obtención diaria de las alturas de la pleamar y la bajamar y el promedio de las observaciones durante un mes y un año produce NIVELES MEDIOS DE MAREA.

La obtención de

- a) alturas cada 3 horas
 - o b) alturas horarias
- y el promedio de los resultados durante un periodo de un mes y un año produce VALORES MEDIOS DEL NIVEL DEL MAR

La obtención de las alturas horarias totalmente corregidas para el tiempo del mareógrafo y los errores de altura durante un largo periodo puede ser utilizada para:

- a) Análisis completo de las mareas
- b) Estadísticas sobre el nivel medio del mar
- c) Estudios del régimen de mareas.

Por lo tanto, para aprovechar al máximo su uso, es preferible que todas las correcciones sean exactamente realizadas al obtener los niveles. Esto puede implicar una cuidadosa atención a los detalles y responder a las siguientes preguntas:

i) Gráficos

1. ¿Cuál es el huso horario?
2. ¿Cuáles son los datos de referencia?
3. ¿Las fechas proporcionadas concuerdan con los registros?
4. ¿Existen notas adicionales que acompañan a los registros?
5. ¿Hay verificaciones de los tiempos o de los datos evidentes o anotadas?
6. ¿Estaba el gráfico recto?
7. ¿Hay alteraciones evidentes o anotadas de tiempo o de datos?
8. ¿Los controles de continuidad muestran una dirección?
9. ¿Hay tendencias que invaliden cualquier otro tipo de información?
10. ¿Se pone de manifiesto algún defecto mecánico? ¿Puede ser corregido?
11. ¿Se pone de manifiesto algún tipo de influencia meteorológica?
12. ¿Existen registros disponibles de una estación cercana que puedan ser utilizados a modo de comparación?

ii) Mareógrafos digitales

(Se necesitan instalaciones adicionales para interpretar la cinta)

1. ¿Cuál es el huso horario?
2. ¿Cuáles son los datos de referencia?
3. ¿Se dispone de las horas de comienzo y de fin de registro?
4. ¿El número de valores obtenidos concuerda con las horas de comienzo y de fin del registro?
5. Si se trata de un mareógrafo de presión, ¿se dispone de todos los parámetros, es decir, densidad, presión del gas, largo del tubo, etc.?

iii) Errores del mecanismo de relojería

Es habitual que la mayoría de los mecanismos de relojería de los mareógrafos se adelante o se atrase en un cierto periodo de tiempo y/o debido al rozamiento.

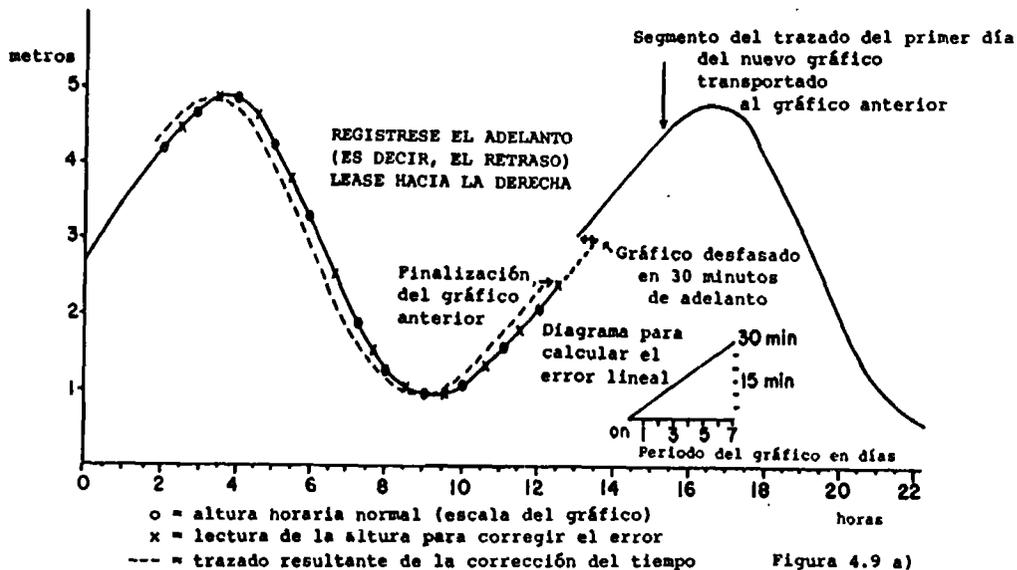
Es posible que se produzca algún retraso, es decir, que, pese a haber ajustado bien el conjunto plumilla/mecanismo de relojería, transcurran unos minutos antes de que se inicie el arrastre del tambor, es decir, el rozamiento necesario para que el mecanismo funcione sincronizadamente.

iv) Verificaciones de la continuidad

Se puede observar la sincronización del mecanismo total comprobando dónde finaliza el trazado de la plumilla en cada una de las series de registros gráficos o, en el caso de los rollos continuos, haciendo varias verificaciones.

Transpórtese un segmento del trazado del gráfico a al gráfico b. El resultado debería ser una línea continua. Cualquier discontinuidad revela un error del mecanismo de relojería del mareógrafo o un error del operador. Consérvase un registro gráfico por gráfico, o de cada verificación, de los errores aparentes. A continuación, aplíquense los resultados a los niveles, por ejemplo:

1. No hay errores aparentes; léanse las alturas en la escala del gráfico.
2. El trazado de la plumilla está retrasado en comparación con el gráfico siguiente; compruébese que el gráfico siguiente no comience ni termine con anticipación (gráfico iniciado a destiempo por el operador); léase luego hacia la derecha para corregir, poco o nada al comienzo del registro (o del último tiempo correcto conocido), aumentando hasta alcanzar la escala de error (véase figura 4.9 a)).



- El trazado de la plumilla está adelantado cuando se retira el gráfico; verifíquese que el gráfico siguiente no comience ni termine con retraso (gráfico iniciado a destiempo por el operador); léase luego hacia la izquierda para corregir; poco o nada al comienzo del registro (o último tiempo correcto conocido), aumentando hasta alcanzar la escala de error (véase figura 4.9 b)).

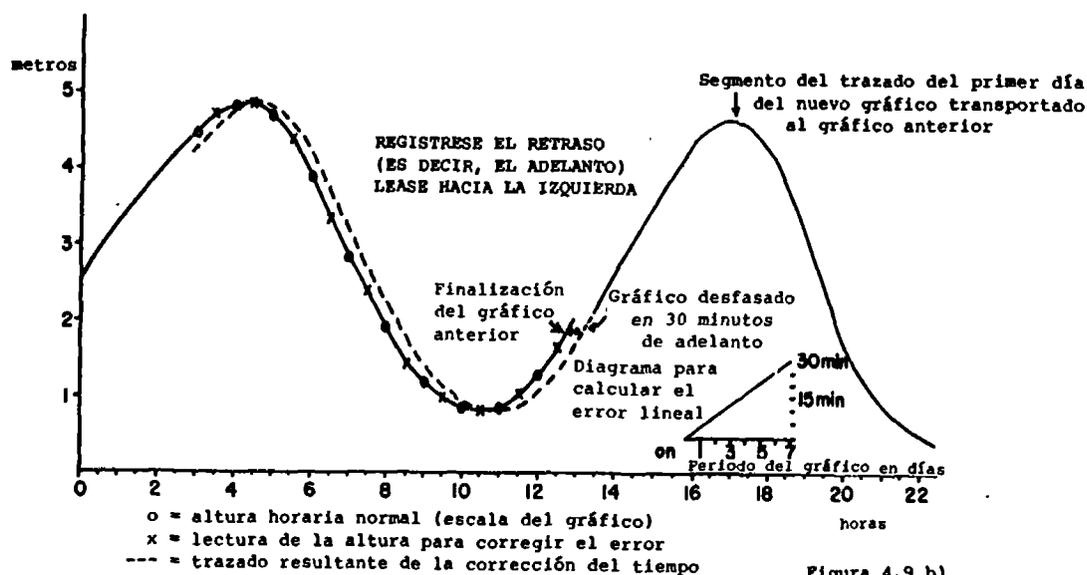


Figura 4.9 b)

- Retraso. Es muy difícil detectarlo sin la cooperación de un buen operador de mareógrafos porque se trata simplemente de que el tambor tardará un poco en iniciar su giro. Tal vez aparezca como indicio un pequeño trazado vertical, producto del movimiento debido a la marea, pero eso ocurrirá únicamente cuando el problema sea bastante acentuado.

Por lo general, un buen operador, que disponga de un cronómetro de precisión aparte y que complete las hojas de verificación o anote con claridad en los registros, no tardará en observar una tendencia en el mecanismo de relojería del mareógrafo que se convertirá en una característica habitual.

Verifíquese el número de horas o de días abarcados. Los errores habrán de reproducirse con cierta coherencia. En caso contrario, dúdese del buen funcionamiento del cronómetro.

v) Otros errores que hay que tomar en cuenta

1. Colocación de la hoja del gráfico en el lado equivocado del tambor. La verificación de la continuidad revelará que el trazado es demasiado alto o demasiado bajo, lo que se puede interpretar erróneamente como el producto de un error cronológico, contradictorio con el trazado de otros gráficos. En el nuevo gráfico se observará entonces que el trazado será alto cuando se trata de una marea descendente y bajo en el caso de una marea ascendente.

Es necesario tener muy en cuenta, en este caso, las oscilaciones del mar.

2. Colocación al bias de la hoja del gráfico. La hoja está incorrectamente alineada sobre los piñones o el tambor. Si se ha cortado la hoja, procédase a una verificación realineando los trazados de tinta, esto es, recreando la posición de la hoja sobre el tambor. Puede resultar muy difícil corregir las alineaciones demasiado incorrectas. Tal vez sea imprescindible volver a diseñar toda la escala de altura/tiempo. Recuérdese que el conjunto plumilla/flotador es independiente del accionar del mecanismo de relojería y del gráfico impreso. Cualquiera sea el tipo de distorsión del tambor del mareógrafo (producto de una caída, por ejemplo), el tambor sigue dando un giro completo cada 24 horas o cada semana. La distorsión puede dar lugar a que la hoja parezca incorrectamente aplicada, teniendo una mayor o menor relación con el error del mecanismo de relojería.
3. Humidificación o alabeo de las hojas debido a las malas condiciones de almacenamiento o a la humedad del almacén. También en este caso habrá que volver a diseñar la escala para superar el problema.
4. Variaciones de la velocidad de paso del papel en los registros de rollo continuo. Por lo general, estos mareógrafos tienen una plumilla aparte, para indicar el tiempo, que hace trazados a intervalos regulares. Verifíquese la velocidad midiendo la distancia entre los mismos. Esos trazados de la plumilla también pueden servir para indicar si la velocidad de paso del papel ha sido uniforme. En el caso contrario, habrá que proceder a corregir la altura.

4.4 Estadística: La producción de informaciones estadísticas

i) Niveles de la marea media

Determinación de las alturas de las mareas altas medias y las mareas bajas medias, en igual número, para establecer valores mensuales y anuales. Véase un ejemplo en el cuadro 4.2.

ii) Niveles medios del mar

1. Determinación de las alturas horarias medias para establecer valores mensuales y anuales.

Véase un ejemplo en el cuadro 4.3.

2. Cálculo con filtro de la media correspondiente a lecturas efectuadas cada tres horas (filtro 20).
3. Cálculo con filtro de la media correspondiente a las lecturas horarias (filtro XO).

Nota: La aplicación eficaz de estos últimos dos métodos para obtener estadísticas relativas al nivel medio del mar suele exigir la utilización de algún tipo de instrumento de cálculo. El filtro que se utiliza con mayor frecuencia para calcular el nivel medio del mar es el Doodson XO (véase el apéndice n° 3).

SOUTHEND, 1981: NIVELES DE LA MAREA MEDIA

Plea- Baja-		Plea- Baja-		Plea- Baja-		Plea- Baja-	
mar	mar	mar	mar	mar	mar	mar	mar
ENERO 1	5.42 2.11	FEB 1	4.82 1.44	MAR 1	4.40 1.11	ABR 1	5.11 1.23
	5.12 2.34		4.92 1.23		4.64 1.56		5.04 1.14
2	4.23 1.24	2	4.77 1.11	2	4.55 1.47	2	5.44 0.92
	4.92 0.61		5.08 0.70		4.95 1.34		5.40 1.08
3	5.10 1.36	3	6.14 0.50	3	5.22 1.38	3	5.70 0.65
	5.63 1.30		5.60 1.15		5.07 1.33		5.54 0.75
4	5.33 1.61	4	X 1.02	4	5.22 0.89	4	X 0.32
	5.83 0.95		5.87 1.37		5.29 0.77		5.78 0.48
5	X 1.10	5	5.72 0.66	5	5.60 0.58	5	5.78 0.18
	5.38 0.77		5.65 0.68		X 0.74		6.03 0.38
6	5.05 0.60	6	5.66 0.20	6	5.64 0.34	6	5.91 0.06
	5.67 0.85		5.67 0.34		5.52 0.31		6.10 0.33
7	5.53 0.62	7	6.31 0.75	7	5.71 0.17	7	6.00 0.20
	5.45 0.44		5.95 0.33		5.81 0.27		5.92 0.25
8	5.20 0.14	8	5.40 0.11	8	5.80 0.50	8	5.93 0.11
	5.50 0.50		6.43 1.12		6.04 0.50		5.83 0.34
9	5.48 0.42	9	5.81 0.35	9	6.36 0.32	9	5.88 0.37
	5.60 0.92		5.66 0.44		6.23 0.72		5.60 0.55
10	5.70 0.84	10	5.70 0.66	10	6.17 0.20	10	5.63 0.72
	5.90 1.20		5.85 1.03		5.50 0.01		5.38 0.86
11	5.38 0.18	11	5.61 0.64	11	5.52 0.25	11	5.42 1.02
	5.15 0.43		5.14 0.65		5.95 0.95		4.96 0.97
12	4.83 0.23	12	5.17 X	12	5.90 0.77	12	5.08 X
	5.78 1.77		5.20 0.77		5.57 0.99		4.96 1.35
13	5.75 1.04	13	5.04 1.12	13	5.63 1.15	13	5.07 1.23
	4.83 0.36		4.85 0.95		5.35 X		4.67 1.59
14	4.83 X	14	4.94 1.03	14	5.48 1.46	14	4.94 1.11
	4.90 0.64		4.99 1.26		5.05 1.42		4.88 1.38
15	5.88 2.10	15	5.10 1.11	15	5.13 1.34	15	5.19 0.95
	5.18 1.66		5.07 1.05		4.89 1.37		5.22 1.24
16	5.45 1.93	16	5.28 0.93	16	5.09 1.13	16	5.25 0.90
	4.68 0.87		5.21 0.94		5.06 1.26		5.23 0.94
17	5.29 0.80	17	5.24 0.57	17	5.22 0.95	17	5.41 0.57
	5.81 0.93		X 0.67		5.15 1.06		X 0.93
18	5.30 1.14	18	5.31 0.48	18	5.09 0.36	18	5.47 0.48
	4.90 0.44		5.65 0.90		5.38 0.92		5.39 0.58
19	5.40 0.00	19	5.64 0.62	19	X 0.46	19	5.42 0.75
	X 1.12		5.71 0.76		5.48 0.71		5.91 1.08
20	5.81 0.84	20	5.64 0.38	20	5.58 0.40	20	5.81 0.63
	5.71 0.49		5.74 0.50		5.75 0.67		5.49 0.54
21	5.47 0.10	21	5.62 0.30	21	5.75 0.44	21	5.46 0.46
	5.49 0.49		5.60 0.60		5.46 0.32		5.61 0.63
22	5.74 0.35	22	5.65 0.60	22	5.73 0.43	22	5.61 0.72
	5.80 0.55		5.55 0.68		5.95 1.70		5.42 0.59
23	5.52 0.22	23	5.40 0.50	23	6.08 0.68	23	5.46 0.21
	5.59 0.51		5.33 0.80		5.41 0.33		5.37 0.71
24	5.52 0.36	24	5.32 0.65	24	5.64 0.73	24	5.28 0.75
	5.64 1.11		5.18 0.80		5.87 0.95		5.12 0.90
25	5.64 0.62	25	5.15 0.67	25	5.71 0.62	25	5.10 1.00
	5.44 0.98		4.92 0.94		5.36 0.75		5.06 1.31
26	5.26 0.60	26	5.00 1.02	26	5.43 0.86	26	5.02 1.12
	5.00 0.72		4.83 1.24		5.53 1.25		4.88 1.17
27	5.03 0.85	27	4.68 1.30	27	5.30 1.12	27	4.79 1.80
	4.99 1.12		4.56 1.51		5.10 1.18		4.65 1.14
28	4.81 0.98	28	4.13 X	28	4.93 1.23	28	4.57 X
	4.68 1.29		3.88 1.11		4.65 1.30		4.40 1.23
29	4.55 X			29	4.94 2.15	29	4.86 1.26
	4.52 1.18				4.90 X		4.74 1.32
30	4.80 1.53			30	4.69 1.75	30	5.12 1.05
	4.27 1.39				4.54 1.72		3.11 1.21
31	4.61 1.42			31	4.78 1.59		
	4.60 1.28				4.78 1.60		

	315.87 54.54		288.36 43.64		322.52 55.03		307.40 47.74

N Marea M=3.087m M Marea M=3.074m N Marea M=3.146m N Marea M=3.061m

Cuadro 4.2

CALCULO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

LOGAR: Puerto de Zanzibar Lat.: 6° 09' S Long.: 39° 11' E Mes: Junio Año: 1984 Huso Horario: GMT - 3 horas Ref. No

Día	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	Sumas
1	0.56	1.17	1.88	2.58	3.21	3.49	3.27	2.69	2.00	1.33	0.76	0.51	0.74	1.43	2.25	3.06	3.70	4.05	3.97	3.44	2.66	1.80	1.01	0.42	52.04
2	0.36	0.78	1.43	2.12	2.83	3.35	3.40	3.01	2.40	1.78	1.14	0.63	0.57	1.06	1.80	2.56	3.26	3.81	4.04	3.76	3.12	2.36	1.60	0.91	52.10
3	0.18	0.55	1.17	1.78	2.38	2.95	3.34	3.29	2.84	2.23	1.62	1.05	0.73	0.84	1.36	2.05	2.75	3.26	3.79	3.84	3.46	2.85	2.15	1.44	52.25
4	0.84	0.61	0.73	1.34	1.94	2.59	3.01	3.23	3.05	2.60	2.07	1.50	1.04	0.88	1.13	1.58	2.14	2.75	3.34	3.65	3.55	3.17	2.65	2.05	51.47
5	1.36	0.87	0.78	1.07	1.55	2.02	2.48	2.93	3.09	2.93	2.51	2.05	1.63	1.27	1.13	1.31	1.77	2.26	2.71	3.15	3.44	3.42	3.05	2.54	51.32
6	1.99	1.49	1.13	1.01	1.22	1.64	2.05	2.45	2.83	3.02	2.92	2.57	2.18	1.81	1.48	1.34	1.44	1.74	2.14	2.56	2.95	3.18	3.22	3.02	51.38
7	2.56	2.04	1.57	1.24	1.13	1.25	1.54	1.93	2.39	2.80	3.02	2.95	2.76	2.46	2.06	1.65	1.43	1.45	1.63	1.92	2.28	2.72	3.05	3.13	50.96
8	2.93	2.59	2.21	1.71	1.27	1.12	1.22	1.49	1.84	2.30	2.84	3.14	3.17	3.04	2.72	2.25	1.73	1.37	1.33	1.44	1.67	2.06	2.54	2.94	51.01
9	3.11	2.99	2.73	2.29	1.73	1.30	1.08	1.11	1.38	1.85	2.40	2.95	3.26	3.51	3.33	2.90	2.38	1.75	1.31	1.08	1.11	1.45	1.91	2.44	51.40
10	2.9	3.15	3.11	2.80	2.31	1.73	1.20	0.91	0.95	1.30	1.85	2.49	3.15	3.63	3.70	3.45	2.98	2.28	1.56	0.99	0.77	0.88	1.26	1.80	51.16
11	2.42	2.97	3.26	3.17	2.80	2.24	1.57	1.00	0.74	0.84	1.31	1.95	2.70	3.45	3.87	3.89	3.55	2.92	2.12	1.29	0.73	0.57	0.76	1.21	51.35
12	1.86	2.55	3.13	3.36	3.19	2.74	2.10	1.36	0.77	0.60	0.85	1.40	2.14	2.97	3.68	4.06	3.97	3.46	2.73	1.89	1.04	0.47	0.37	0.73	51.42
13	1.32	2.00	2.73	3.29	3.45	3.15	2.58	1.86	1.16	0.65	0.84	0.88	1.61	2.42	3.20	3.84	4.12	3.90	3.28	2.45	1.55	0.74	0.34	0.36	51.46
14	0.84	1.50	2.22	2.92	3.37	3.40	3.00	2.34	1.58	0.91	0.89	0.50	1.04	1.85	2.67	3.40	3.92	4.05	3.67	2.96	2.10	1.24	0.56	0.28	50.81
15	0.47	1.01	1.70	2.45	3.11	3.43	3.24	2.72	2.08	1.36	0.72	0.43	0.68	1.35	2.10	2.86	3.55	3.95	3.88	3.36	2.62	1.85	1.05	0.46	50.43
16	0.32	0.70	1.36	2.01	2.64	3.20	3.36	3.05	2.43	1.78	1.17	0.66	0.55	0.94	1.62	2.37	3.05	3.57	3.82	3.63	3.05	2.32	1.57	0.90	50.07
17	0.49	0.96	1.01	1.60	2.24	2.85	3.19	3.15	2.77	2.23	1.61	1.05	0.73	0.81	1.29	1.91	2.55	3.15	3.57	3.63	3.30	2.75	2.09	1.41	49.94
18	0.84	0.65	0.89	1.35	1.88	2.46	2.98	3.16	2.97	2.56	2.09	1.55	1.08	0.93	1.15	1.63	2.17	2.73	3.23	3.48	3.37	2.98	2.48	1.89	50.50
19	1.26	0.87	0.85	1.18	1.63	2.12	2.61	2.95	3.04	2.83	2.44	1.98	1.54	1.22	1.17	1.44	1.86	2.31	2.76	3.12	3.25	3.11	2.72	2.24	50.50
20	1.72	1.28	1.04	1.08	1.41	1.83	2.24	2.49	2.85	2.87	2.45	2.31	1.95	1.59	1.36	1.36	1.59	1.98	2.28	2.63	2.93	2.99	2.79	2.45	49.72
21	2.05	1.65	1.29	1.10	1.24	1.60	1.91	2.18	2.54	2.81	2.79	2.54	2.28	2.04	1.75	1.47	1.43	1.65	1.97	2.24	2.49	2.73	2.80	2.64	49.19
22	2.35	2.00	1.67	1.37	1.26	1.38	1.66	1.95	2.24	2.54	2.82	2.80	2.62	2.40	2.14	1.81	1.58	1.52	1.65	1.86	2.10	2.35	2.57	2.66	49.30
23	2.51	2.24	2.03	1.73	1.41	1.31	1.44	1.68	1.91	2.20	2.58	2.85	2.90	2.75	2.55	2.28	1.89	1.55	1.44	1.53	1.70	1.90	2.25	2.56	49.25
24	2.64	2.51	2.30	2.06	1.76	1.45	1.30	1.38	1.64	1.93	2.27	2.67	3.03	3.10	2.91	2.61	2.26	1.84	1.45	1.25	1.30	1.55	1.85	2.18	49.26
25	2.49	2.46	2.42	2.37	2.05	1.70	1.36	1.19	1.25	1.53	1.92	2.37	2.86	3.23	3.31	3.04	2.68	2.17	1.64	1.19	1.00	1.15	1.45	1.79	48.97
26	2.23	2.63	2.83	2.70	2.39	2.03	1.57	1.17	1.00	1.16	1.56	2.06	2.61	3.16	3.49	3.46	3.11	2.59	1.96	1.33	0.87	0.80	1.01	1.39	49.11
27	1.88	2.13	2.58	2.97	2.75	2.39	1.87	1.33	0.91	0.84	1.15	1.61	2.23	2.85	3.54	3.7	3.51	3.07	2.46	1.72	0.98	0.60	0.65	0.96	49.41
28	1.43	2.05	2.71	3.06	3.03	2.74	2.28	1.68	1.05	0.69	0.78	1.18	1.76	2.48	3.25	3.78	3.85	3.54	2.98	2.23	1.37	0.69	0.40	0.56	49.54
29	1.01	1.60	2.31	2.94	3.23	3.10	2.65	2.06	1.41	0.82	0.51	0.68	1.29	2.06	2.85	3.54	3.96	3.93	3.46	2.71	1.86	1.07	0.45	0.27	49.77
30	0.58	1.20	1.90	2.58	3.15	3.35	3.06	2.45	1.78	1.10	0.55	0.38	0.76	1.49	2.32	3.12	3.73	3.99	3.82	3.26	2.44	1.54	0.74	0.25	49.54

Todas las cifras están asimiladas al nivel 0 de referencia

Divisor para 28 días = 672

30 días = 720

29 .. = 696

31 .. = 744

2	1514.63
Media	2.104

Cuadro 4.3

iii) Marea baja media y marea alta media

El promedio de todas las alturas observadas de la pleamar permite establecer la marea alta media; del mismo modo, con el promedio de todas las alturas de la bajamar se establece la marea baja media.

iv) Niveles extremos de la marea

Los niveles extremos de las mareas altas y bajas se suelen registrar con arreglo a una base mensual.

Los datos relativos a los puntos iii) y iv) se pueden extraer de los registros de las alturas y tiempos de las mareas altas y bajas, registros que pueden, por lo tanto, resultar un complemento utilísimo de los niveles horarios.

Referencias

- GRAFF, J. & KARUNARATNE, D.A., 1980; "Accurate reduction of sea level records". International Hydrographic Review, 57(2), 151-166.
- KARUNARATNE, D.A., 1980; "An improved method for smoothing and interpolating hourly sea level data". International Hydrographic Review, 57(1), 135-148.
- LENNON, G.W., 1968; "The treatment of hourly elevations of the tide using an IBM 1620". International Hydrographic Review, 42(2), 125-148.
- MINAKER, E.J., 1979; "A proposed system for the handling of tide and water level data at MEDS". Canadá, Marine Science Directorate, Manuscript Report Series, N° 52, 154-159.
- NOYE, B.J., 1974; "Tide-well systems. 3. Improved interpretation of tide-well records". Journal of Marine Research, 32, 183-194.

5. PROCEDIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE DATOS

5.1 Introducción

El presente manual está destinado sobre todo a examinar los métodos de análisis y reducción de los datos. Las mediciones efectuadas en un solo lugar tienen valor, pero el valor de la información que se puede extraer mediante la comparación de las mediciones efectuadas en diversos sitios hace que sea conveniente definir unos métodos comunes de medición y análisis, así como acumular sistemáticamente las observaciones en bancos de datos y poder disponer de ellos de forma general. Si se tiene en cuenta la diversidad de los factores regionales, para establecer las tendencias del nivel del mar, resultará indispensable acopiar los parámetros elegidos, a escala mundial, en los bancos de datos. En la presente sección se resumen los dispositivos creados con miras al intercambio internacional y el papel del Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar en la coordinación de los valores medios mensuales y anuales.

5.2 Bancos de datos nacionales

Se acostumbra incorporar a los bancos de datos nacionales sobre el nivel del mar los valores horarios y la media de los diarios, mensuales y anuales. Básicamente se requieren conjuntos de valores tabulados, aunque, a medida que aumenta el volumen de los datos, la tecnología moderna requiere acopiar los datos en cinta magnética utilizando procedimientos de bancos de datos propiamente dichos. Por lo general, los bancos de datos oceanográficos nacionales son los mejor equipados para llevar a cabo esta tarea.

5.3 Aspectos internacionales

Los datos sobre el nivel del mar se intercambian a nivel internacional con fines operativos y para actividades de vigilancia a largo plazo.

El Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos (IGOSS), actividad conjunta de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y de la Organización Meteorológica Mundial, permite el intercambio de los datos sobre las medias mensuales del nivel del mar pocas semanas después de finalizar el mes civil de que se trate. La finalidad consiste más en obtener datos con muy poca demora que en recibir la versión final pulida y ampliamente verificada. En la actualidad se está llevando a cabo un programa experimental de publicación de mapas de las desviaciones de los niveles medios del mar a partir de los niveles medios de mar calculados a lo largo de un amplio periodo en el Océano Pacífico. Se espera extender este programa experimental a otros océanos como parte de un proceso general de apoyo a las investigaciones sobre el clima.

El Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos (IODE), creado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental en 1961, tiene como finalidad principal acopiar, procesar, archivar, recuperar e intercambiar datos e informaciones oceanográficos sobre una base mundial con miras a servir a la comunidad científica, a las explotaciones de alta mar y a los gobiernos. En el marco IODE, se han designado centros nacionales responsables de datos oceanográficos para que contribuyan al desarrollo de programas especiales. Por citar un ejemplo, el Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar desempeñó la función de centro del nivel del mar en el desarrollo del experimento MEDALPEX. El IODE establece también los formularios normalizados para el intercambio de datos internacionales. En el apéndice 4 figuran detalles del formulario normalizado aprobado GF-3 destinado a la transmisión de los datos sobre el nivel medio del mar al PSMSL. El PSMSL suministra los datos a los usuarios en el mismo formato.

5.4 El Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar

El Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar (PSMSL) fue creado en 1933 en tanto que centro internacional de datos para el nivel medio del mar. En la actualidad, el Servicio se ocupa del acopio, la publicación y la distribución de datos y del análisis e interpretación de los mismos. También suministra asesoramiento sobre los aspectos prácticos de la medición del nivel del mar y la reducción de los datos. Por ejemplo, el PSMSL fomenta las normas y procedimientos normalizados, prestando ayuda para la preparación del presente manual, basado a su vez en cursos impartidos en el Instituto de Ciencias Oceanográficas, Bidston Observatory (Reino Unido) donde tiene su sede el PSMSL. La comunidad científica recibe gratuitamente datos y otras informaciones. El PSMSL envía los valores medios mensuales y anuales en forma de listas actualizadas e informatizadas, los datos también están disponibles en cinta magnética en el formato GF-3. A petición, se envía un catálogo de todos los datos acopiados en el PSMSL.

El PSMSL recibe una asistencia financiera de la Unesco por conducto de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y del Natural Environment Research Council del Reino Unido. Formalmente, el PSMSL es miembro de la Federación de Servicios Astronómicos y Geofísicos, creado por el Consejo Internacional de Uniones Científicas. Funciona con el patrocinio de la Asociación Internacional de Ciencia Física del Océano.

5.5 Presentación de datos al PSMSL

El PSMSL agradece a todas las organizaciones el suministro de datos sobre el nivel medio del mar para su publicación y no trata de imponer condiciones innecesarias a los contribuyentes. No obstante, para la presentación de los datos, es conveniente respetar los siguientes requisitos comunes básicos:

1. Unidades (pies, metros, etc.).
2. Declaración de la fecha a que se refieren los valores.
3. Declaración de la profundidad medida de esos datos por debajo del TGBM primario.
4. Una indicación de los datos incompletos o interpolados (véase más adelante).
5. Información sobre las modificaciones de fechas, las marcas de bancos o los procedimientos pertinentes desde que se midió el anterior lote de datos presentados.

Es preferible expresar las alturas medias según el sistema métrico al milímetro más próximo, y la fecha a que se refiere la media coincidiría idealmente con la del mareógrafo 0.

Uno de los detalles más importantes que deben saber los usuarios de publicaciones de datos sobre el nivel medio del mar es la exactitud de las cifras publicadas. El PSMSL recomienda que los registros incompletos se traten con arreglo a los siguientes principios de orientación:

1. Corresponde interporlar los hiatos en los registros de mareas observados, en lo posible antes de computar las medias mensuales y anuales.
2. La interpolación se realizará en una etapa temprana del procesamiento.

3. En los casos en que no se pueda efectuar la interpolación, corresponde compilar la media mensual a partir de los datos incompletos. Cuando falten más de 15 días al mes, no se computará el valor medio.
4. Al enviar al PSMSL los valores medios, los responsables utilizarán los sufijos después de cada media mensual para indicar el número exacto de días de los que faltan datos. El sufijo debe añadirse entre paréntesis, pero si se han interpolado los días que faltan, habrá que especificarlo (xx).

Así, 2.487 (9) significa que faltan nueve valores medios diarios, que no se interpolaron al computar la media de 2.487 milímetros.

913 (xx) significa que se han interpolado los datos que faltan para llegar al promedio de 913 milímetros.

5. No es necesario poner sufijos después de la media anual. Se supone que todos los datos utilizados para el cálculo de las medias mensuales se utilizarán para calcular la media anual, cuando así proceda; el usuario de los datos podrá entonces juzgar la fiabilidad de la media anual.
6. Si se computaran las medias anuales a partir del promedio mensual, lo procedente será calcular ante todo las medias mensuales. La estimación correspondiente a cada mes corresponderá al número de días sobre los que se dispone de lecturas.

Se invita a las autoridades nacionales y otras autoridades interesadas en la medición de datos sobre el nivel del mar a discutir sus problemas con el Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar, dirigiéndose a:

Bidston Observatory,
Birkenhead,
Merseyside L43 7RA,
Reino Unido

Teléfono n° 051-653-8633

Los interesados pueden dirigirse directamente a ese Servicio o hacerlo por conducto de las vías apropiadas de intercambio de datos establecidas por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, con la que el PSMSL tiene estrechas relaciones.

APENDICE 1

RESUMEN DE LOS CONTROLES ESENCIALES QUE DEBEN REALIZAR LOS OPERADORES DE MAREOGRAFOS

Las instrucciones que se presentan a continuación son extractos del folleto "Instrucciones para el funcionamiento de los mareógrafos de la red nacional" distribuido a todos los operadores de mareógrafos de la red nacional de mareógrafos del Reino Unido. Constituyen un resumen de los controles esenciales que debe realizar el operador y que habitualmente se exponen en evidencia en el edificio del mareógrafo.

Controles diarios

Hoja de control

Leer la regla de marea y la hora de lectura	4
Leer la altura en el registro	5
Leer la hora indicada en el registro	3
Anotar la hora de lectura del registro	2
Inscribir la fecha	1
Anotar las observaciones, incluidos los errores, etc.	6, 7, 8, 9
Inscribir las iniciales de la persona que efectúa el control	10
<u>No ajustar el mareógrafo</u>	

Controles semanales

Efectuar controles diarios

Quitar la hoja de diagrama del tambor, recortándola a lo largo del surco trazado y adjuntarla a la hoja de control

Dar cuerda al reloj

Verificar la pluma trazadora. En caso de necesidad, limpiar y volver a cargar, colocar una nueva hoja de diagrama en el tambor.

Cerciorarse de que el borde inferior de la hoja se encuentra junto al tambor, que el reborde y las graduaciones se ajustan bien a lo largo de la juntura.

Escribir la fecha y la hora en la hoja de diagrama y fijar el tambor al instrumento.

Colocar la pluma trazadora en la hora correcta y eliminar el juego de retroceso.

Inscribir las nuevas fecha y hora en la hoja de control y colocar la nueva hoja de diagrama.

Efectuar controles diarios.

APENDICE 2

PROVEEDORES DE EQUIPOS DE MAREOGRAFOS
(conocidos por los autores del manual)

1. A. Ott, GMBH
8960 Kempten
Jagerstrasse 4-12
Postf. 2120
GERMANY
2. Munro Sestrel Ltd
Loxford Road
Barking
Essex IG11 8PE
ENGLAND
3. Kent Instruments
Biscot Road
Luton
Bedfordshire LU3 1AL
ENGLAND
4. Aanderaa Instruments
Fanaveien 13
P.O. Box 160
5051 Bergen
NORWAY
5. Neyrtec
BP 75 Centre de Tri
38041 Grenoble Cedex
FRANCE
6. Leupold & Stevens, Inc
P.O. Box 688
Beaverton
Oregon, 97005
U.S.A.
7. Aga Navigation Aids. also Beacon Works
S-181 8- 77 High Street
Lidingo Brentford TW8 OAB
SWEDEN ENGLAND
8. Instumenten Fabriek Van Essen
Delft
HOLLAND

APENDICE 3

UTILIZACION DEL FILTRO XO PARA CALCULAR EL NIVEL MEDIO DEL MAR

Este filtro de paso bajo tiene por objeto eliminar la energía de la marea en las frecuencias diurna y más elevada de los ascensos del nivel del mar y requiere un tiempo de recolección de datos de 39 horas por cada valor calculado.

El filtro se define de la siguiente manera, para $1 \geq t \geq 19$: -
 $F(t) = (2,1,1,2,0,1,1,0,2,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1)$

El filtro es simétrico, de manera que $F(t) = F(-t)$, y se utiliza cada día, dando una media calculada como sigue:

$$X_T = \frac{1}{30} \sum_{d = -19}^{d = 19} F(d) H(T+d), d \neq 0$$

en que $H(t)$ designa los ascensos del nivel del mar, y $T = 12.00$ horas.

Ejemplo de realización manual

Tomando como hora central las 12.00 horas, del 2 de enero, se incluyen los datos relativos a 3 días: -

1° DE ENERO

Hora	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Altura	3.819	5.286	6.004	6.051	5.735	5.077	4.159	3.217	2.422	1.872	1.699	2.037
						*1		*1			*1	
						-----		-----			-----	
						5.077	+	3.217	+		1.699	

2 DE ENERO

Hora	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100
Altura	3.070	4.611	5.825	6.167	5.895	5.267	4.395	3.496	2.663	1.979	1.648	1.774
	*1	*1		*2		*1	*1		*2	*1	*1	*2
	-----	-----		-----		-----	-----		-----	-----	-----	-----
	+	3.070+4.611	+	12.334	+	5.267+4.395	+	5.326+1.979+1.648+3.548				

Hora	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Altura	2.513	3.855	5.088	5.670	5.668	5.347	4.730	3.888	2.998	2.249	1.804	1.760
		*2	*1	*1	*2		*1	*1		*2		*1
		-----	-----	-----	-----		-----	-----		-----		-----
		+	7.710+5.088+5.670+11.336	+		4.730	3.888	+	4.498	+	1.760	

3 DE ENERO

Hora	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100
Altura	2.256	3.418	4.805	5.676	5.851	5.579	4.987	4.187	3.351	2.578	1.975	1.703
	*1		*1			*1		*1				
	-----		-----			-----		-----				
	+	2.256	+	4.805	+	5.579	+	4.487				

SUMA = 113.978 m /30 = 3.799 metros (Nivel medio del mar del 2 de enero).

COMISION
OCEANOGRAFICA
INTERGUBERNAMENTAL

Aprobado por el Comité de Trabajo
sobre el Grupo de Expertos
en la Preparación de Formularios
del IODE - Junio de 1983

SUBCONJUNTO NORMALIZADO GF-3
PARA
EL NIVEL MEDIO DEL MAR (PSMSL)

1. SUBCONJUNTO NORMALIZADO

- 1.1 Este subconjunto representa el formato de producción en el que el Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar está dispuesto a proporcionar copias de su banco mundial de datos relativos al nivel medio de mar, denominado Referencia Local Revisada (RLR).
- 1.2 Los datos se organizan en un fichero único de datos multiseriados como se ilustra en la sección 3.
- 1.3 Cada serie contiene datos relativos al nivel medio del mar en secuencias cronológicas para una ubicación fija única. Se presentan dos tipos de datos para cada serie, medias mensuales y medias anuales.
- 1.4 Las medias anuales se incluyen en ciclos de datos colocados en el área de formato determinado por el usuario del registro de encabezamiento de serie, como se determina en el registro de definición proporcionado en la sección 4.1. Cada ciclo de datos contiene valores relativos a los parámetros año y nivel medio del mar anual y un señalizador de calidad. El señalizador de calidad (FFFF7AAN) utiliza sólo uno de los asientos en la Tabla de códigos 6 GF-3 (indicador de validación) a saber:

Q - Valor discutible que se toma para indicar que la media anual está afectada por datos que faltan o que están interpolados

o bien se deja en blanco. Si no se calcula ninguna media anual, se fija el nivel medio del mar en su valor nulo (o sea los 9).

- 1.5 El registro de encabezamiento de serie único puede contener hasta 114 medias anuales. Con el fin de atender a los escasos emplazamientos en que se dispone de datos relativos a más de 114 años, el área de formato determinado por el usuario del registro de encabezamiento de serie incluye el parámetro de encabezamiento CCCC que se establece de la siguiente manera:

0 : medias anuales completas dentro de este registro de encabezamiento de serie

1 : medias anuales que continúan en el siguiente registro de encabezamiento de serie

De este modo, si se dispone de más de 114 medias anuales, se continúan en un segundo registro de encabezamiento de serie (inmediatamente a continuación del primero) con bytes del 1 al 400 idénticos a los del primer registro de encabezamiento de serie (excepto, naturalmente, con respecto a los bytes 2 y 377-386).

- 1.6 Las medias anuales se presentan en registros de ciclos de datos de un formato conforme al registro de definición proporcionado en la sección 4.2. Cada ciclo de datos contiene valores para los parámetros año, mes, nivel medio del mar mensual y un señalizador de calidad de dos dígitos (FFFF6XXN), cuyo contenido especifica el número de días con respecto a los cuales faltan datos en los datos brutos a partir de los cuales se calcula la media mensual. Cada registro de ciclo de datos permite incluir hasta 138 medias mensuales y los ciclos de datos ulteriores pueden proseguirse en registros de ciclos de datos sucesivos.
- 1.7 Los valores nulos no se especifican para los parámetros CCCC y Año en el registro de encabezamiento de serie ni para Año y Mes en el registro de ciclo de datos. En este subconjunto estas esferas son obligatorias.
- 1.8 Para tener en cuenta las necesidades de este subconjunto, se han añadido los siguientes parámetros a la Tabla normalizada de código de parámetros GF-3:

PPPP K MM S

MES 7 -- N MES CIVIL (MM) DENTRO DEL AÑO

-- Códigos de métodos como para el parámetro "AÑO"

-- N INDICADOR DE EXCESO EN EL CICLO DE DATOS

CCCC 7 Este señalizador se utiliza como parámetro de encabezamiento para indicar si los ciclos de datos rebasan o no el área de formato determinado por el usuario. Generalmente se utiliza solamente en registros de encabezamiento de series, aunque también se pueda emplear en los registros de ciclos de datos, compuestos a su vez por otros ciclos de datos; por ejemplo, una serie cronológica de espectros en que los propios espectros se componen de una serie de ciclos de datos de frecuencia. Cuando la condición de exceso se presenta, los ciclos de datos se prosiguen en otro registro del mismo tipo, y normalmente se reiterará la información de encabezamiento en el registro.

AA Señalizador codificado de la siguiente manera:

0 : ciclos de datos completos dentro de ese registro

1 : ciclos de datos continuados en el registro siguiente

Los parámetros restantes que se utilizan en este subconjunto figuran en la Tabla normalizada de código de parámetros GF-3 (Primera Edición).

2. OPCIONES DE LOS USUARIOS

Ninguna, puesto que este subconjunto se utiliza como formato fijo de producción para el PSMSL (el Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar).

Nota: Para una descripción completa del formato GF-3, véase el n° 9 de los Manuales y Guías de la COI, anexo I, partes 1-3.

3. ESTRUCTURA DE LA CINTA

Fichero de control

Registros de control

EOF

Fichero de encabezamiento de la cinta

Registro de encabezamiento de cinta
 Registro(s) en lenguaje ordinario
 Registro de definición del encabezamiento de la serie
 Registro de definición del ciclo de datos

EOF

Fichero de datos

Registro de encabezamiento del fichero
 Registro(s) en lenguaje ordinario
 Registro(s) del encabezamiento de la serie
 Registro(s) en lenguaje ordinario
 Registros de ciclos de datos
 .
 .
 .
 Registro(s) de encabezamiento de la serie
 Registro(s) en lenguaje ordinario
 Registros de ciclos de datos, etc.
 .
 .
 .
 etc.

Emplazamiento 1

Emplazamiento 2

EOF

Fichero de terminación de la cinta

Registro de encabezamiento del fichero (asientos ficticios)
 Final del registro de la cinta

EOF

EOF

4. REGISTROS DE DEFINICION

4.1 Registro de definición del encabezamiento de la serie

	1	2	3	4	5	6	7	8
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
34	1	3P	(I1,1X,6(I4,I5,A1,3X),18(2X,6(I4,I5,A1,3X)))					001
3								002
3								003
3	CCCC7XXN	SERIES HEADER OVERFLOW INDCI	1		1		0	004
3	YEAR7ZTN	YEAR	I	4		1	0	005
3	SLEV7XXD	SEA LEVEL (ANNUAL MEAN) (M)I	5	95	0.001		0	006
3	FFFF7XXN	QUALITY FLAG FOR SEA LEVEL A	1					007
3								008
3								009
3								010
3								011
3								012
3								013
3								014
3								015
3								016
3								017
3								018
3								019
3								020
3								021
3								022
3								023
3								024

4.2 Registro de definición del ciclo de datos

	1	2	3	4	5	6	7	8
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
45	0	4I	(60X, 23(2X,6(I4,I2,I5,I2)))					001
4								002
4								003
4	YEAR7ZTN	YEAR	I	4		1	0	004
4	MNTH7ZTN	MONTH	I	2		1	0	005
4	SLEV7XXD	SEA LEVEL (MONTHLY MEAN) (M)I	5	95	0.001		0	006
4	FFFF6XXN	FLAG FOR MISSING DAYS	I	2	92	1	0	007
4								008
4								009
4								010
4								011
4								012
4								013
4								014
4								015
4								016
4								017
4								018
4								019
4								020
4								021
4								022
4								023
4								024

SUBCONJUNTO NORMALIZADO GF 3

NIVEL MEDIO DEL MAR (PSMSL)

5.2 Listado anotado de un ejemplo de registro de ciclo de datos de formato conforme a la definición proporcionada en la sección 4.2

<u>Parte de formato fijo del registro</u>		<u>Tercer ciclo de datos del registro</u>				<u>Quinto ciclo de datos del registro</u>					
Identificadores del tipo de registro		Año (1956)				Año (1956)					
N° de ciclos de datos en el registro		Mes (marzo)				Mes (mayo)					
Cifras indicadoras de las secuencias del registro y ciclo de datos		Nivel medio del mar (ningún valor)				Nivel medio del mar (6.980m)					
77 138 0		Señalizador (faltan datos relativos a 31 días)				Señalizador (faltan datos relativos a 31 días)					
1956 1 9999931	1956 2 9999929	1956 3 9999931	1956 4 9999930	1956 5 6980	1956 6 6840	1956 7 6890	1956 8 6830	1956 9 6830	1956 10 6980	1956 11 7040	1956 12 7140
1957 1 7150	1957 2 7050	1957 3 7010	1957 4 6940	1957 5 6980	1957 6 6940	1957 7 6950	1957 8 6880	1957 9 6890	1957 10 7100	1957 11 7000	1957 12 7060
1958 1 7020	1958 2 6840	1958 3 6840	1958 4 6860	1958 5 6790	1958 6 6860	1958 7 6900	1958 8 6980	1958 9 7030	1958 10 7060	1958 11 7110	1958 12 7080
1959 1 6910	1959 2 7030	1959 3 7090	1959 4 6940	1959 5 6890	1959 6 6970	1959 7 7030	1959 8 6950	1959 9 7010	1959 10 7140	1959 11 7100	1959 12 7180
1960 1 7000	1960 2 6920	1960 3 6750	1960 4 6930	1960 5 6920	1960 6 7000	1960 7 7010	1960 8 6930	1960 9 7060	1960 10 7020	1960 11 7190	1960 12 7150
1961 1 7060	1961 2 7110	1961 3 7050	1961 4 6980	1961 5 6940	1961 6 7070	1961 7 6950	1961 8 7020	1961 9 7140	1961 10 6930	1961 11 6890	1961 12 7010
1962 1 7140	1962 2 6970	1962 3 6800	1962 4 6820	1962 5 6850	1962 6 6950	1962 7 6930	1962 8 7030	1962 9 7050	1962 10 7080	1962 11 7020	1962 12 6970
1963 1 6800	1963 2 6950	1963 3 7110	1963 4 6930	1963 5 6760	1963 6 6610	1963 7 6990	1963 8 7000	1963 9 7050	1963 10 7160	1963 11 7130	1963 12 7060
1964 1 7130	1964 2 7070	1964 3 7080	1964 4 6990	1964 5 7060	1964 6 7070	1964 7 7110	1964 8 7010	1964 9 7130	1964 10 7130	1964 11 7150	1964 12 7090
1965 1 7100	1965 2 6830	1965 3 6940	1965 4 7000	1965 5 7000	1965 6 7160	1965 7 7020	1965 8 7080	1965 9 7110	1965 10 7160	1965 11 7040	1965 12 7160
1966 1 7030	1966 2 7050	1966 3 6910	1966 4 6920	1966 5 6930	1966 6 7000	1966 7 6930	1966 8 6760	1966 9 7140	1966 10 7050	1966 11 7030	1966 12 7080
1967 1 6990	1967 2 7110	1967 3 7010	1967 4 6900	1967 5 6930	1967 6 7010						

1 2 3 4 5 6 7 8
1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

SUBCONJUNTO NORMALIZADO GF 3

NIVEL MEDIO DEL MAR (PSMSL)

GLOSARIO

Altura máxima de las aguas altas (H.H.W.)

El nivel más elevado de las aguas altas de un día específico.

Altura máxima de las aguas bajas (H.L.W.)

El nivel más elevado de las aguas bajas de un día específico.

Altura mínima de las aguas altas (L.H.W.)

El nivel más bajo de las aguas altas de un día específico.

Altura mínima de las aguas bajas (L.L.W.)

El nivel más bajo de las aguas bajas de un día específico.

Alturas máximas y mínimas del agua

El ascenso más alto o más bajo alcanzado por el mar durante un periodo determinado.

Análisis

A los efectos del análisis, los niveles del mar observados se dividen en tres componentes:

1. Nivel medio del mar
2. Niveles de las mareas
3. Niveles de los oleajes

Análisis armonioso

El análisis de un registro del nivel del mar observado en el marco de un conjunto de constantes armoniosas que pueden utilizarse para predecir las mareas.

Cilindro de amortiguación

El cilindro en el que el flotador se desplaza hacia arriba y hacia abajo según el movimiento de las mareas.

Constantes armoniosas

Las mareas son oscilaciones periódicas generadas por los movimientos y las fuerzas de atracción de la Luna, el Sol y la Tierra, y vinculadas a ellos. La marea puede representarse mediante la suma de una serie de ondas sinusoidales de frecuencia determinada, "los componentes armoniosos". Los parámetros de cada onda sinusoidal se denominan "constantes armoniosas", y son la amplitud (la mitad de la altura) de la ola y el periodo o frecuencia con que se produce la altura máxima.

Cota de referencia del mareógrafo

Una cota de referencia próxima del mareógrafo utilizada para controlar la nivelación.

Las nivelaciones reiteradas a partir de la marca de referencia del mareógrafo con otras marcas de referencia a proximidad permiten comprobar la estabilidad de la instalación del mareógrafo.

Datum de los diagramas

El nivel cero de referencia de los diagramas es el plano de aguas bajas, por debajo del cual pueden medirse las profundidades en una carta de navegación y por encima del cual se miden los niveles de las mareas.

Datum del mareógrafo

El plano horizontal a partir del cual se miden las alturas de las mareas en un mareógrafo. Coincide generalmente con el nivel cero de referencia de las cartas de navegación o de las autoridades portuarias.

Datum nacional

Una referencia fija adoptada como nivel de referencia geodésico normalizado por las elevaciones determinadas por la nivelación.

Datum portuario

El nivel cero de referencia portuario es un plano horizontal, definido por la autoridad portuaria local, y a partir del cual dicha autoridad mide los niveles y las alturas de las mareas.

Entrada

El o los orificios situados en el extremo inferior del cilindro de amortiguación o cerca del mismo a través de los cuales entra y sale el agua de las mareas. La superficie y la forma de la entrada se determinan en función de la superficie de la sección transversal del cilindro, a fin de amortiguar al máximo las oscilaciones no deseadas sin causar una desviación inaceptable respecto de la altura de la marea que ha de registrarse.

Escala permanente de mareas

Una escala fija, sumergida, sobre la cual puede leerse directamente el nivel de la marea. Una escala permanente que se utilizaría con mareógrafos debería establecerse en las aguas de marea abierta a proximidad de la instalación del mareógrafo

1. con su marca cero en el plano del nivel de referencia del mareógrafo,
2. de manera que la escala pueda leerse con exactitud desde el emplazamiento del registro.

Una escala permanente de marea puede consistir en una regla, un tablero o graduaciones inscritas en una pared.

Gráfico del registro

La curva de altura en relación con el tiempo trazada en el registro.

Marca de contacto

Una marca de altura permanente de referencia conocida en un mareógrafo, a partir de la cual puede medirse directamente el nivel del agua dentro del cilindro del flotador. Esta marca se emplea para controlar la exactitud de las alturas que figuran en el registro, colocándose ya sea en el marco del registro, ya sea en algún objeto estable próximo al cilindro fijo.

Marea alta viva (M.H.W.)

El promedio de todas las alturas de aguas altas observadas durante un periodo determinado.

Marea astronómica más alta y más baja (H.A.T. y L.A.T.)

Los niveles más elevado y más bajo, respectivamente, que pueden predecirse en condiciones meteorológicas medias. No se trata de los niveles extremos que pueden alcanzarse, dado que los oleajes de tormenta pueden producir niveles considerablemente más altos o más bajos.

Marea baja mínima media (M.L.L.W.)

El promedio de las alturas más bajas de la marea baja durante un periodo.

Marea baja media (M.L.W.)

El promedio de las alturas de la marea baja que se producen en la época de las mareas muertas.

Mareas diurnas

Mareas que tienen periodos de un día aproximadamente.

Marea mixta

Tipo de marea con una amplia desigualdad en las alturas de las mareas alta y baja.

Marea muerta

Las mareas de amplitud reducida que se producen dos veces al mes como resultado de la posición de la luna en el primero o tercer cuarto.

Marea viva baja media (M.L.W.N.)

El promedio de las alturas de la marea baja que se producen en la época de las mareas vivas.

Marea viva india (I.S.L.W.)

Nivel de referencia creado por Darwin al investigar las mareas de la India. Es una elevación inferior al nivel medio del mar en una cantidad igual a la suma de las amplitudes de los componentes armónicos M2, S2, K1 y O1.

Mareas de periodo prolongado

Mareas cuyos periodos abarcan un año, seis meses, un mes y una quincena.

Mareas muertas altas medias (M.H.W.N.)

El promedio de las alturas de la marea alta que se producen en el momento de las mareas muertas.

Mareas no lineales

Las mareas que se producen en aguas poco profundas o debido a efectos de fricción, y cuyos periodos equivalen a 4, 6, 8 ciclos o más por día.

Mareas semidiurnas

Mareas cuyos periodos son de doce horas aproximadamente.

Mareas vivas

Mareas de mayor amplitud que se producen dos veces por mes como resultado de luna nueva o llena.

Mareas vivas altas medias (M.H.W.S.)

El promedio de las alturas de la marea alta que se producen en la época de las mareas vivas.

Mareas vinculadas a las radiaciones

Se trata de variaciones de mareas causadas por la radiación solar. Al igual que las mareas gravitacionales, pero a diferencia de los efectos meteorológicos, tienen coherencia en el tiempo.

Mareógrafo

Dispositivo para determinar el nivel de la marea.

Este término abarca el conjunto del equipo utilizado en cualquier lugar para medir la altura de la marea. Incluye el flotador, el cilindro de flotación, la transmisión al registro y el registro. El término abarca asimismo escalas permanentes de mareas.

Media más elevada de las aguas altas (M.H.H.W.)

El promedio de todos los niveles máximos de las aguas altas durante un periodo determinado.

Modulaciones según las estaciones

Se trata de variaciones del nivel del mar con escalas temporales de un año y seis meses. Una parte de la modulación estacional es coherente con las mareas de periodo prolongado y en consecuencia se incluye en las predicciones de las mareas.

Nivel de la marea

El elemento del nivel del mar observado que corresponde a las fuerzas generadoras de la marea y en consecuencia puede predecirse a partir de un conjunto de constantes armónicas.

Nivel del mar

El nivel de la superficie del mar respecto de un nivel de referencia predefinido, observado en todo momento.

Nivel del oleaje

El componente inducido meteorológicamente, a veces denominado "residuo ajeno a las mareas". No puede predecirse en una serie cronológica, aunque sus estadísticas muestren cierta regularidad.

Nivel medio de la marea (M.T.L.)

Media aritmética de la pleamar media y de la bajamar media.

Nivel medio del mar (M.S.L.)

El valor medio del nivel del mar tomado de una serie suficientemente larga de datos.

Registro

Elemento del mareógrafo automático que registra la altura y la hora de la marea.

El registro obtenido puede plasmarse en un gráfico en papel impreso especialmente al efecto o en papel perforado o cinta magnética. El registro puede encontrarse a proximidad o lejos del punto de vigilancia.

Seiche

Una seiche es una breve oscilación periódica del nivel del agua que se produce en un puerto, una bahía o un golfo, análoga a las oscilaciones del agua en un plato, y no guarda relación con las mareas reales.

Sonda

Electrodo destinado a detectar el nivel del agua por contacto. En ciertas instalaciones se coloca una sonda en una altura predeterminada para producir una marca en el gráfico del registro a medida que el nivel del agua la alcanza. También se utilizan sondas portátiles para controlar el nivel del agua en el cilindro.

Tendencia secular

La tendencia no periódica del nivel del mar a ascender, descender y/o permanecer estacionario en el tiempo.

Tsunami

Una onda progresiva de poca amplitud, potencialmente catastrófica, causada por un terremoto o volcán submarinos.