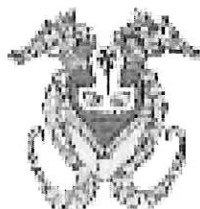




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS
OCEANOLOGÍA

UNIDAD AUDIOVISUAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE OCEANÓLOGO

TÍTULO:

VIDEO Y MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DEL INSTRUMENTO
DE MEDICIONES DE OLAS, MAREAS Y CORRIENTES SEAPAC 2100 WOODS
HOLE INSTRUMENT SYSTEMS

PRESENTADO POR:
ANDREA DEVIS- MORALES

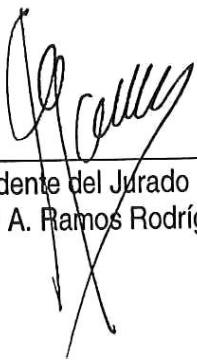
NOVIEMBRE DEL 2001
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

VIDEO Y MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DEL INSTRUMENTO DE
MEDICIONES DE OLAS, MAREAS Y CORRIENTES SEAPAC 2100 WOODS HOLE
INSTRUMENT SYSTEMS

UNIDAD AUDIOVISUAL QUE PRESENTA:

ANDREA DEVIS-MORALES

Aprobado por:



Presidente del Jurado
Oc. Sergio A. Ramos Rodríguez



Sinodal Propietario
M. C. Oscar Delgado González



Sinodal Propietario
Dr. Asdrúbal Martínez Díaz de León

INDICE DE TEMAS:

- 1. Introducción y generalidades del instrumento**
 - 1.1 Pasado, presente y futuro de las mediciones de olas, mareas y corrientes
 - 1.2 Objetivo general
 - 1.2.1 Objetivos Particulares
 - 1.3 Justificación
 - 1.4 Revisión general del sistema
 - 1.4.1 Modos de operación
 - 1.5 Ventajas y desventajas del sistema
 - 1.6 Técnicas de medición
 - 1.7 *Software* de adquisición de datos (DAS)
- 2. Preparación y mantenimiento**
 - 2.1 Preparación
 - 2.2 Mantenimiento rutinario del contenedor
 - 2.3 Revisión rutinaria de empaques (O-rings)
 - 2.4 Abertura y revisión interna
 - 2.5 Reemplazo de baterías
 - 2.6 Mantenimiento del Sensor de Presión Paroscientific
 - 2.6.1 Limpieza y relleno de aceite
 - 2.7 Mantenimiento al Corrientímetro Marsh Mc Birney C1000
- 3. Preparación previa a instalación**
 - 3.1 Preparación
 - 3.1.1 Verificación de conexiones
 - 3.1.2 Verificación de envase contenedor
 - 3.1.3 Verificación de empaques (O-rings)
 - 3.1.4 Cerrado
 - 3.2 Conexión y comunicación
 - 3.3 *Software* de comunicación SEA-PAC Data Control
 - 3.4 Pruebas de operación (Autodiagnósis)
 - 3.5 Preparación del cilindro para transporte e instalación
- 4. Estructuras y herramientas de trabajo**
 - 4.1 Muertos
 - 4.2 Estructuras de fijación
 - 4.3 Anclajes
 - 4.4 Boyas
 - 4.5 Cadenas
- 5. Instalación del instrumento**
- 6. Recuperación y preparación previa a laboratorio**
 - 6.1 Recuperación del instrumento
 - 6.2 Manejo del instrumento y mantenimiento
 - 6.3 Ajuste de temperatura
- 7. Recuperación y conversión de datos**
 - 7.1 Recuperación de datos
 - 7.2 Almacenamiento del instrumento
 - 7.3 Conversión de formato
 - 7.4 Procesamiento y análisis con el *software* Wavepro.
- 8. Conclusiones**
- 9. Agradecimientos**
- 10. Referencias**
- 11. Lista de imágenes**

VIDEO Y MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIONES DE OLAS, MAREAS Y CORRIENTES SEAPAC 2100 WOODS HOLE INSTRUMENT SYSTEMS

1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES DEL INSTRUMENTO

El instrumento oceanográfico, SeaPac 2100, que realiza las mediciones simultáneas de olas, corrientes y mareas, es uno de los más precisos y confiables con que se cuenta en la actualidad. (Woods Hole Group, 1995). Ha sido diseñado para grabar de manera continua datos *in situ*, a profundidades de hasta 100 metros, con muy buena resolución y precisión, utilizando un sensor de presión que mide la altura de la columna de agua por encima de él; un corrientímetro, que mide la dirección y velocidad de la corriente que pasa por el campo electromagnético que éste genera; un sensor de temperatura, un compás KVH para referir todos los datos al Norte magnético y una memoria de estado sólido con capacidad de hasta 85 Mbytes, con la comodidad de un rápido procesamiento posterior, utilizando el software WavePro del mismo fabricante.

Las ventajas de contar con un instrumento con estas características, tienen como costo entender y familiarizarse con el uso y mantenimiento que se le debe dar para prolongar su vida y asegurar su buen funcionamiento. El instrumento cuenta con un manual, que requiere que el usuario posea cierto entrenamiento técnico sobre el tema, y resulta complicado si no se cuenta con la experiencia necesaria, lo cual es preocupante, si se tiene en cuenta el riesgo de dañar el equipo que es relativamente costoso. Por estos motivos, se considera que un audiovisual complementario al manual, permitirá mayor claridad y facilidad para entender sus operaciones, ya que pone en vivo figuras, diagramas y procedimientos, que de otra manera, podrían confundir al lector.

El propósito del presente audiovisual, es el de proporcionar una herramienta de trabajo a los usuarios del SeaPac 2100, en los procesos de programación, instalación, mantenimiento y adquisición de los datos. Además, de presentar los métodos que se han utilizado para la medición de parámetros oceanográficos, como las mareas, corrientes y olas.

El trabajo está organizado de la siguiente manera para ir llevando al lector por todos los pasos de la utilización del instrumento oceanográfico SeaPac 2100. Primero, se da una breve reseña de los cambios que han sufrido las técnicas de medición de corrientes, mareas y olas, para ver más claramente porqué un instrumento como éste es tan utilizado actualmente. Después se hace una revisión de todo el sistema de SeaPac 2100, para entender cómo funciona y aprovechar al máximo sus utilidades. Y por último se da un recorrido por las operaciones técnicas que involucran el mantenimiento, programación, instalación, recuperación y adquisición de los datos.

La oceanografía, como ciencia sistemática, se inicia al principio del siglo XIX, al mismo tiempo que la meteorología, debido a que existía la urgente necesidad de mediciones submarinas para realizar obras de instalación de cables eléctricos a través de los océanos. Además, se buscaba conocimiento acerca de vientos, olas, tormentas, corrientes, neblinas, distribución del hielo y demás eventos oceanográficos y meteorológicos importantes para navegar más eficientemente y sin tantos peligros (Neumann y Pierson, 1966). En 1950 se inició una nueva tendencia en los métodos de investigación oceanográfica, con el uso de barcos con operaciones de medición múltiples y con instrumentos más modernos.

Las corrientes pueden ser descritas teniendo en cuenta dos puntos de vista: el método Euleriano, en el que la velocidad del flujo es declarada en cada punto del fluido, y el método Lagrangiano, en el que el curso seguido por cada partícula del fluido está en función del tiempo. La manera más sencilla de medir las corrientes por el método Lagrangiano es con un objeto que derive en la superficie y que tenga una pequeña porción expuesta al viento (Pickard y Emery, 1990). En 1961, se realizaron los primeros estudios con sensores que trabajaban de manera más independiente y se crearon las primeras boyas de deriva lo cual dio como resultado mejor información de las variaciones de corrientes **en aguas superficiales** (Neumann y Pierson, 1966). La posición de las boyas y su desplazamiento era determinada, inicialmente, por observaciones directas desde una embarcación o en zonas cercanas a la costa. Luego, se realizaron versiones más sofisticadas con transmisiones de radio y, desde finales de los años setenta, se han seguido con satélites espaciales. Estas boyas son relativamente pequeñas, por lo que, para asegurarse que se muevan con el agua y evitar que sean movidas por el viento, se les agregan unos arrastres subsuperficiales, los cuales han sido modificados con el tiempo para asegurar que los resultados sean confiables (Pickard y Emery, 1990). De manera similar, para medir **corrientes subsuperficiales**, John Swallow (1955) creó una boya de flotabilidad neutra, usando el hecho de que la densidad en el mar aumenta con la profundidad. La boya es ajustada antes de ser lanzada y se hunde a la profundidad seleccionada (en términos de densidad), se mantiene derivando y enviando pulsos de sonido, que son escuchados por medio de hidrófonos desde una embarcación. Estas boyas fueron los primeros instrumentos oceanográficos en dar información confiable de velocidad y dirección de corrientes profundas (Young, 1999).

El método Euleriano, que observa las características del fluido en un punto determinado, a medida que las partículas pasan, es usado en instrumentos que se encuentran anclados en el fondo o fijos a una embarcación. El sistema acústico más utilizado es el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), el cual puede reflejar la señal acústica de la corriente a distintas profundidades, a partir de una embarcación. Este sistema puede perfilar la corriente hasta 300 metros de profundidad y es capaz de resolver la velocidad y la dirección de los movimientos del agua relativos al sensor.

El método electromagnético utiliza un principio fundamentalmente distinto, sugerido por Faraday en 1832, en el que un campo electromagnético es inducido en un conductor de electricidad (el agua), que se mueve a través de él, provocando una distorsión proporcional al flujo de agua. Faraday no logró buenos resultados por problemas con sus electrodos de cobre. Pero, la idea fue evolucionando hasta llegar a los corrientímetros electromagnéticos actuales (Pickard y Emery, 1990). Actualmente se usan los sensores remotos que trabajan junto con información *in situ* (obtenida con estos corrientímetros) para reportar cambios espacio-temporales de las corrientes (Ingmanson y Wallace, 1995).

Las mediciones del **nivel del mar** se iniciaron de la manera más simple con reglas marcadas y observaciones directas, lo cual no era muy preciso debido a la presencia del oleaje. Al principio del siglo XX, se empezaron a usar grabadoras mecánicas, con rollos de papel en donde se iban dibujando los cambios de nivel. La aplicación más importante de la nueva tecnología oceánica en la ciencia de las mareas fue en 1964, cuando se hizo posible grabar la presión en el fondo marino, obteniéndose los primeros registros *bona fide* (confiables) con el uso de un instrumento AFEGRO (Asociación Francesa para la Explotación de Grandes Profundidades del Océano), al servicio de la Marina francesa. Trabajaba con conexión eléctrica directa por cable desde un barco y grababa la presión relativa al volumen de nitrógeno comprimido que era liberado por un cilindro hasta llegar al fondo, y luego era sellado después de un ajuste isotermal. La innovación principal en la medición de la presión diferencial entre el gas comprimido y el agua de mar era un cable tensado que vibraba en un campo magnético montado en un cilindro sellado. La frecuencia natural de vibración dependía de la presión en el cilindro; las vibraciones eran contadas electromagnéticamente y registradas cada 6 minutos con un contador mecánico con grabaciones fotográficas. La temperatura del nitrógeno era medida por otro sistema de cables que vibraban y era monitoreada en el mismo marco fotográfico (Eyriés, 1964). En 1967, la Universidad de Columbia, USA, realizó grabaciones de presión y corrientes intensivas, a 3900 metros de profundidad, en el Océano Pacífico. El sensor de presión era un cable que vibraba (Vibrotron), y la señal eléctrica estaba conectada a una estación en tierra por medio de un cable de 160 Km de largo (Nowroozi *et al.*, 1968). Pero el instrumento más sofisticado fue desarrollado en Estados Unidos por Frank Snodgrass, el cual era una cápsula que medía la presión, la temperatura y las corrientes (Snodgrass, 1968). Usaba un cable Vibrotron para medir la presión con una resolución de 10^{-7} , un cristal de cuarzo para la temperatura a 10^{-6}°C y unas sondas que medían la velocidad de la corriente a 1 mm/seg., con algo de resolución direccional. Todas las señales eran procesadas por una computadora interna y almacenadas en cintas magnéticas, y usaba paquetes de baterías para trabajar independientemente. En versiones posteriores, el Vibrotron, fue reemplazado por un cristal oscilador de cuarzo libre de sensibilidad termal; la cinta, por un almacén digital en estado sólido y la batería fue más ligera y ajustada para que estuviera dentro del cilindro metálico. Finalmente el problema de mediciones globales fue resuelto en los años noventa cuando se empezaron a utilizar conjuntamente sensores electromagnéticos y telemetría por satélites espaciales (Emery y Aubrey, 1991).

En el caso específico del **oleaje**, las mediciones se realizaban con observaciones directas. Las velocidades orbitales debidas al oleaje, sólo era posible medirlas bajo condiciones controladas en laboratorio. El aumento de conocimientos de la física de los fenómenos ondulatorios y los avances tecnológicos, permitieron desarrollar equipos con posibilidades de almacenar importantes volúmenes de información precisa y de calidad sobre el comportamiento dinámico de dichos fenómenos. Se utilizaron sensores de presión en aguas poco profundas, los cuales producen una señal proporcional a la variación de presión de la columna de agua. Estos dispositivos pueden colocarse en el fondo del mar y conectarse a un sistema de registro en un buque anclado o en una estación en tierra. Las cintas analógicas registran las variaciones de presión en el fondo provocadas por los movimientos de olas en la superficie y relacionadas a los períodos y alturas de olas. Actualmente se utiliza este mismo principio, pero los sensores trabajan de manera autónoma sin necesidad de conexiones externas de suministro de energía y la información se graba de manera digital en la memoria de estado sólido del aparato (Manual de instrucciones para la obtención de datos oceanográficos, 1972).

A pesar de que los equipos actuales son costosos, son muy utilizados en diferentes institutos de investigación, cuyo personal se dedica al estudio del oleaje, la marea y las corrientes. Su buen funcionamiento y la información que registran permite la validación de modelos numéricos para el pronóstico del oleaje, la realización de análisis para la predicción de mareas, y la predicción de dispersiones de derrames de petróleo y descargas termales, además de monitorear en tiempo real para producir guías de navegación seguras y producir información útil para estudiar diversos aspectos de oceanografía costera, como transporte de sedimentos y transferencia de energía y (Woods Hole Group, 1995). La información de las características de las olas y los vientos es necesaria para la planeación y realización de estructuras de protección costera (Wiegel, 1964). Y la información de la generación de tormentas y su desplazamiento es importante para la prevención de desastres costeros, por huracanes o tsunamis.

1.2 **Objetivo general:**

Realizar un vídeo didáctico y elaborar un guión en español basado en el manual existente, que complementen de forma visual las operaciones de programación, instalación y mantenimiento del sensor direccional de presión SeaPac Modelo 2100 de Woods Hole Instrument Systems, que mide oleaje, corrientes y mareas.

1.2.1 **Objetivos particulares:**

Elaborar un guión que sirva de manual de operaciones y de guía para la elaboración de las escenas a filmar.

Realizar las filmaciones necesarias para aclarar el manual escrito.

Realizar la grabación del texto y la edición del sonido.

Realizar la edición del vídeo

1.3 **Justificación**

La instrumentación es necesaria para realizar observaciones oceanográficas. Anteriormente, estas mediciones se realizaban con observaciones directas, y aunque eran poco precisas, sirvieron de base para comprender los fenómenos que ocurrían en la interfase océano-atmósfera. Con los adelantos en la tecnología se ha mejorado la calidad y frecuencia de adquisición de la información que se obtiene, y se han ido aclarando incógnitas que no habían sido resueltas. Por lo tanto, se busca aportar a la universidad un material nuevo y didáctico sobre un área que requiere de más desarrollo, como lo es la instrumentación oceanográfica, y que además sirva como guía a los estudiantes y personas interesadas con un material apropiado para explicar procedimientos técnicos relacionados con los aparatos de medición.

En la actualidad hay pocas oportunidades y facilidades para que los estudiantes realicen actividades que los familiaricen con la instrumentación, como lo es la instalación, mantenimiento y recuperación de sensores; ya sea por la falta de equipo y de entrenamiento técnico con que se cuenta en las universidades, o por el alto costo de los equipos, cuyo manejo requiere de cierta experiencia. Por lo tanto, **un guión y un vídeo de instrucciones en el manejo del sensor direccional SeaPac 2100, pueden complementar el conocimiento técnico de los estudiantes, sin la necesidad de comprar equipos ni de conseguir entrenamiento especializado.**

El desarrollo acelerado de la tecnología, hace indispensable información inmediata sobre procesos de manejo e instalación de estos instrumentos de medición. El sensor direccional SeaPac 2100, es un instrumento multimodal, que registra indistintamente datos de olas, mareas y/o corrientes, apropiado para agua dulce o salada, compacto y ligero y que puede operar de manera autónoma hasta por 6 meses a profundidades de hasta 100 metros sin necesidad de servicio de mantenimiento. Presenta las ventajas de: versatilidad de programación, confiabilidad de los datos por la calidad de sus sensores y un *software* de procedimientos amigable (Woods Hole Group, 1995). De los instrumentos de medición que existen para registrar el oleaje, las corrientes y las mareas, el sensor direccional SeaPac 2100, es el más utilizado por institutos de investigación, como el Instituto de Investigaciones Oceanológicas IIO, de la Universidad Autónoma de Baja California, el CICESE y el Departamento de Oceanografía de la Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Este manual audiovisual es una herramienta de trabajo con la cual estas instituciones pueden contar para apoyar sus actividades de entrenamiento técnico y mediciones oceanográficas.

La ayuda visual ha demostrado ser altamente didáctica, clara y funciona como complemento del manual, al poner en vivo las figuras y diagramas. Algunas ilustraciones del manual del sensor SeaPac 2100 pueden ser confusas, pudiendo afectar los resultados obtenidos por los sensores o ocasionar daños o pérdidas en los equipos. Los procedimientos de preparación y programación de instrumentos oceanográficos son muy técnicos, por lo que un trabajo audiovisual es mucho más claro y explícito que un escrito. Además el manual existente no explica los procesos de la instalación y la recuperación del instrumento, ni habla de las estructuras necesarias para que este instrumento obtenga información valiosa.

1.4 Revisión general del sistema

El SeaPac 2100 es un instrumento programable, que funciona midiendo de manera simultánea mareas, oleaje y corrientes, indistintamente para agua dulce o salada. Su contenedor de aluminio anodizado de 4" de diámetro, que es a prueba de agua y cierra a presión, resiste presiones de hasta 200 metros. El chasis del SP2100 está diseñado de tal manera que las baterías pueden ser removidas fácilmente, usando pilas estándar "D" envueltas en un empaque de plástico. Las baterías de 50 Ahrs @ 10.5 Volt que utiliza, permiten la operación del instrumento hasta por 6 meses sin necesidad de reemplazo, dependiendo del método y la densidad de muestreo (*ver modos de operación*). Dentro del chasis de aluminio se encuentra la electrónica, la memoria, las baterías y los sensores.

El SeaPac 2100, está constituido por un sensor de flujos electromagnéticos Marsh-McBirney, que mide la corriente o flujo de agua. La dirección del flujo de agua relativa al norte magnético de la tierra, es determinada usando un compás digital. Posee además un sensor de presión Paroscientific, con oscilador de cuarzo, que mide la variación de presión, la cual es usada para determinar el perfil de la superficie del mar y obtener datos de olas y mareas. También cuenta con un termómetro que se encuentra dentro del dispositivo de presión y que sirve además para realizar correcciones y obtener datos de alta precisión.

El **sensor de presión** es un oscilador de cuarzo de alta precisión cuya frecuencia de oscilación depende de la presión a la que está sujeto. Esta relación ha sido formulada con mucha precisión por el fabricante y se especifica en la hoja de calibración del manual de cada instrumento. Tiene una precisión de 1.0 cm. Las oscilaciones del cristal de cuarzo, son mantenidas y detectadas por osciladores electrónicos similares a los que se emplean en relojes y contadores precisos.

Así es como se realizan las mediciones de altura instantánea de la ola y la marea, siendo el sensor de presión más preciso y estable con que se cuenta actualmente (Paroscientific Inc.).

La señal de presión, en el suelo marino, debido a las olas, está siendo atenuada por la profundidad, por lo que la presión que se mide, no está directamente relacionada a la altura de la ola. Se debe entonces, aplicar una corrección, que depende de la frecuencia. Esto también significa, que el SP2100 no se puede instalar en aguas muy profundas, porque la señal de presión debida al oleaje, se haría muy pequeña y las olas de altas frecuencias (períodos cortos) no podrían ser medidas.

Termómetro: el sensor de presión cuenta con un termómetro digital cuya precisión es de 0.01°C . Cuando se combinan las salidas de los dos sensores en una ecuación, se obtienen valores de presión, compensados termalmente, y de alta precisión.

El otro sensor es el **corrientímetro Marsh Mc-Birney**, que trabaja sobre la base de los principios de Faraday de inducción electromagnética, la cual dice que un conductor, el agua, que se mueve a través de un campo electromagnético, generado por un sensor de flujo, produce un voltaje proporcional a la velocidad del agua, el cual es medido con la ayuda de unos electrodos de carbón que sobresalen del sensor esférico. De esta manera, mide el voltaje que resulta del movimiento de agua que pasa por el campo magnético y que produce una distorsión.

El sensor tiene una excelente respuesta a la pendiente de coseno y un tiempo de respuesta de 0.2 segundos. La deriva del cero, a largo plazo es menor a 2cm/seg. Presenta dos convertidores V/F que balancean las cargas y un regulador de voltaje de bajo poder. Todas las funciones han sido reempacadas en una tableta más pequeña para que quepa dentro del contenedor de 4" de diámetro. El sensor no se ve afectado por cambios de temperatura y se puede usar en cualquier tipo de agua.

El SP2100 es denominado como un dispositivo P-U-V, que mide la presión y las componentes horizontales y verticales de la rapidez de la corriente. La dirección de la corriente es utilizada para determinar la dirección de propagación de las olas.

Como con el sensor de presión, las corrientes asociadas con el movimiento de las olas, se atenúan con la profundidad, por lo que el instrumento no puede ser colocado en un lugar muy profundo.

El SeaPac 2100, cuenta también con un **compás KVH**, que usa un magnetómetro con un núcleo que flota libremente en el centro, el cual está hecho de una bobina antioxidante y cinta magnética. Se le agrega al núcleo un campo direccionado; el campo externo que interactúa con él produce un cambio asimétrico de flujo en el núcleo. Incluye un microprocesador integral que suaviza los datos, corrige las desviaciones y produce la conversión del formato de los datos para la transmisión serial. El sensor promedia datos hasta por 225 segundos entre mediciones. Registra la orientación del ológrafo con respecto al norte magnético; esta

orientación se utiliza para calcular las componentes Norte-Sur y Este-Oeste del vector velocidad.

El SP2100 realiza la conversión de los ejes x y y del sensor y genera las componentes Este y Norte para cada muestra. Luego, son promediadas vectorialmente para obtener una medición de la corriente promedio.

El SP2100 no hace ningún procesamiento interno de olas, sino que almacena la información P-U-V, del compás y la temperatura. Todos los cálculos de dirección de olas son realizados en un procesamiento posterior.

La función de adquisición de datos está implementada por convertidores digitales, integrados individualmente en cada canal del sensor. Para la grabación de los datos, se emplea un **módulo de memoria en estado sólido (SSR)**, el cual es un dispositivo removible, y que cuenta con sistemas de operación y comunicación propios. Cuando el módulo de control del SeaPac 2100 (CPU) tiene un registro de datos listos para ser grabados, manda una petición de grabado al SSR y la información es capturada en un microprocesador (CMOS) de RAM estática. Las pruebas de errores en escritura y lectura (CRC), confirman la integridad del proceso de grabado.

Las especificaciones de los sensores con que cuenta el SP2100 son:

Medición	Velocidad del agua	Dirección	Temperatura	Presión
Sensor	MMI	KVH	Paroscientific	Paroscientific
	Esfera EM	Entrada de flujo	Oscilador de cuarzo	oscilador de cuarzo
Rango	+/- 300 cm/seg.	360°	-54 – 107°	0-100 psi
Resolución	0.2 cm/seg.	0.1°	0.01°C	0.1 cm
Precisión	2.0 cm/seg.	0.5°	0.10°C	1.0 cm

1.4.1 Modos de operación

El SeaPac 2100 utiliza la técnica del **muestreo por registro de datos**, la cual es una técnica donde un número de conversiones integradas son producidas continuamente por un período de tiempo determinado, según el fenómeno a muestrear (i.e. un registro típico de olas de 17 minutos en 1 hora, muestreados cada 0.5 segundo; el nivel del mar y las corrientes se registran una vez cada 15 minutos), y entre estos lapsos el aparato se encuentra en el modo de descanso, con bajo consumo de energía, despertando cada minuto para verificar el reloj interno con los datos de programación, y para llevar a cabo las mediciones de acuerdo a su programación.

Cada paquete está constituido por un total de N datos obtenidos cada uno integrando la señal del sensor correspondiente durante un período de tiempo previamente seleccionado (período de integración, PI). El intervalo de tiempo entre dato y dato es PI. La duración de cada paquete es igual a PI x N. El intervalo de tiempo entre cada registro o paquete (IM), se selecciona también antes de iniciar el muestreo

Los intervalos de muestreo están disponibles para mediciones de olas (p,u,v), mareas (p,t) y/o corrientes (u,v). Esta flexibilidad permite al usuario optimizar la programación de las mediciones, la duración de la medición y la banda de frecuencia medida por el instrumento. El SeaPac 2100 puede grabar de manera separada para simplificar el procesamiento de los datos.

Los parámetros de operación del SeaPac 2100 se programan por medio de un software de comunicación. Un cable es conectado en la parte inferior del instrumento para entablar comunicación con la computadora, y así, realizar la programación y las pruebas.

Los registros son capturados en un dispositivo de memoria sellado en estado sólido (SSR), el cual puede ser sacado del instrumento y conectado a la computadora para un análisis de datos más rápido. La capacidad de la memoria es de 12 Mbytes y puede actualizarse hasta una de 85 Mbytes.

La manera de operar del SeaPac 2100 permite un ahorro de energía, debido a que los circuitos con que cuenta requieren poca energía, y a que el muestreo de registros por intervalos en vez de registros continuos, reducen el consumo de energía, el almacenamiento de los datos y los requerimientos en el análisis de datos.

El módulo de control del SeaPac 2100 (CPU) emplea un microprocesador, y controla todas las operaciones de adquisición de datos preparándose para grabar o transmitir la información que va a entrar. Las mediciones están programadas por un reloj/oscilador estable, con menos de 30 segundos de error al año, funcionando en un rango de temperaturas de entre -5° a +35°C. Los parámetros y coeficientes son almacenados internamente y se pueden modificar por medio del *software de programación*.

1.5

Ventajas y desventajas del sistema

VENTAJAS:

El SeaPac 2100 puede ser utilizado como un sensor direccional de olas, mareas y/o corrientes. Graba, de manera separada, la información, para facilitar el procesamiento de los datos.

El modo de operación por intervalos de muestreo y los períodos de muestreo de cada convertidor son independientes y sincronizados, controlados por un microprocesador que apoya las mediciones precisas, simultáneas de los canales asociados. Esto permite captar de manera simultánea información que es usada para el oleaje, las mareas y las corrientes. Este esquema de muestreo por paquetes ha mostrado ser tan útil como llevar a cabo un muestreo continuo.

El SeaPac 2100, obtiene información *in situ*, que luego es procesada y que es útil para: validar modelos numéricos; como la predicción del oleaje y la dispersión de derrames de petróleo, verificar modelos numéricos sobre circulación costera, realizar estudios de erosión de la línea de costa y transporte de sedimento, elaborar guías de navegación seguras, estimar la fuerza de dragado en estructuras marinas y de agua dulce, entre otros.

DESVENTAJAS:

Los sensores colocados en el fondo pueden ser usados para medir la elevación de la superficie del agua, pero sólo en aguas relativamente poco profundas, ya que tienen una respuesta relativamente pobre a las altas frecuencias (Young, 1999). Hay que recordar, que la señal de la presión en el suelo marino debido a las olas, está siendo atenuada por la profundidad, y los cambios de presión ocasionados por olas de períodos cortos, no pueden ser medidos.

El sistema de fijación en el fondo marino, puede tener el problema de ser arrastrado por una embarcación pesquera o muy grande, o puede ser robado, ocasionando graves pérdidas económicas y de la información.

1.6 Técnicas de medición

Los muestreos se planean en función del fenómeno a registrar. Si se requiere una alta resolución, se debe grabar por más tiempo. Un evento como el del oleaje, con un período de 1 segundo, no puede ser medido a un intervalo de tiempo (Δt) de 2 segundos. Por lo tanto, la máxima frecuencia que puede ser representada dentro de la frecuencia, llamada Frecuencia de Nyquist es $f_N = 1/(2 \cdot \Delta t)$. Así, si se tiene que el oleaje tiene una frecuencia máxima f_N de 1 segundo (como un ejemplo típico), el intervalo de muestreo (Δt) debe ser de medio segundo como mínimo.

1.7 Software de adquisición de datos (DAS)

Este módulo de adquisición de datos apoya las técnicas de medición con bajo consumo de energía. En general, todas las salidas del sensor son convertidas en un tren de pulsos por un convertidor A/D delta-sigma (o una frecuencia con un convertidor V/F). En cualquiera de los casos, el número de ciclos/períodos está en función del parámetro medido. El módulo tiene 8 convertidores, con contadores-24 bit los cuales pueden ser iniciados, detenidos y leídos simultáneamente. Los contadores de 24 bit permiten períodos de conversión A/D desde 0.25 segundos hasta 10 minutos.

En general, módulo de adquisición está diseñado con tarjetas electrónicas para recibir la señal de los distintos sensores y ordenarlos de manera independiente, para luego convertirlos a datos crudos después de realizar las conversiones de las constantes de calibración.

2. PREPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL INSTRUMENTO

2.1 Preparación:

Antes de realizar cualquier operación, asegúrese que el conector de energía SW1 esté apagado y que todo esté perfectamente seco y limpio.

2.2 Mantenimiento rutinario del contenedor:

El cilindro metálico debe estar siempre limpio, seco y en un lugar seguro, para evitar que se golpee. Se debe lavar con agua dulce y eliminar todo lo que tenga adherido con cepillos. Se debe dejar secar a temperatura ambiente en su caja protectora.

2.3 Revisión rutinaria de O-rings:

Los empaques (O-rings) son plásticos que se colocan en todas las entradas del instrumento y que evitan que entre agua al sistema interno, por lo que deben estar siempre limpios, no deben presentar marcas, ni rotos, se deben estirar un poco para revisar que no estén rasgados. Se les debe agregar silicona para lubricarlos y asegurar su correcto funcionamiento, y hay que evitar excesos de silicona limpiándolos con un paño seco. Si algún empaque presenta signos de desgaste, debe ser cambiado inmediatamente para evitar que se dañe por dentro el aparato.

2.4 Abertura y revisión interna:

Antes de abrir el aparato, se hace una inspección visual para ver que no tenga picaduras, perforaciones o algún daño que pueda causar la entrada de agua al instrumento. Ver que esté limpio y libre de agua y que la muesca del cero del compás del instrumento coincida con la del soporte metálico. Se debe abrir la parte inferior del instrumento con una llave de 1/2 pulgada aflojando las tuercas de manera encontrada (los tornillos tienen tuercas de seguridad que traen un tope de plástico para que no se aflojen de ninguna forma). Se quita la rejilla protectora inferior, donde está el ánodo de sacrificio, el cual tiene un punto particular (muesca) en el soporte metálico donde va fija esta pieza y que coincide con el cero del compás. Se debe tener cuidado de no dañar el asiento del instrumento. Al abrir el instrumento y remover la tapa inferior, hay que revisar la presencia de arena o suciedad en los O-rings, y el estado de los cables conectados del sensor de flujo electromagnético. De la parte inferior se saca primero la bolsa de sílice para la humedad y luego sacar el sistema de la electrónica y las baterías. Observar signos de corrosión en el interior y exterior del cilindro. Mantenerlo limpio y seco siempre para evitar daños a los circuitos y sistemas. Se debe verificar que cierre perfectamente y que los tornillos estén intactos. Hay que observar el puerto externo del sensor de presión y revisar el doble sello de O-rings de la tapa donde se cierra el aparato; no debe presentarse ningún tipo de daño que afecte la hermeticidad del sistema interno.

Es muy importante, a la hora de abrir y cerrar el instrumento, tener cuidado con los conectores del corrientímetro que van al interior, estirándolos para que no se dañen.

Verificar que la batería y el paquete de memoria se encuentren debidamente conectados y que el *switch* de encendido se encuentre en la posición on/off según sea el caso, para identificar algún daño ocasionado durante el manejo.

2.5 Reemplazo de baterías:

Ya sea directamente con un voltímetro o mediante el software de comunicación, determinar si la batería indica un voltaje menor de 8.0 volts. Si es así, se debe proceder a cambiar el paquete, de la siguiente manera:

- ◆ Apagar el instrumento
- ◆ Desconectar el cable RS232 de 9 pins, de la batería del paquete de electrónica
- ◆ Notar la orientación del sensor y de los cables
- ◆ Quitar los 3 tornillos que unen la batería al chasis de metal del sistema
- ◆ Sujetar bien la batería para evitar que se dañe alguna parte: la posición correcta para desmontar debe ser aparato abajo y batería arriba.
- ◆ Insertar los tornillos en la batería nueva y atornillar al chasis de metal. No apretar demasiado la montura de la batería.
- ◆ Conectar el cable de la batería a la electrónica, revisando que el cable no obstruya la inserción de la electrónica dentro del cilindro contenedor. Al encender el instrumento una serie de LED's (luces eléctricas) parpadean en el extremo superior del módulo de memoria, después presionar el *switch* de *reset* que reinicia el instrumento y proceder con su mantenimiento.

2.6 Mantenimiento del Sensor de Presión Paroscientific:

El sensor de presión está conectado al exterior por un puerto el cual está cerrado por un tapón. Se destornilla y se observa con luz directa la presencia de residuos, o materiales extraños y se buscan burbujas de aire en su interior, y se eliminan con una aguja. La válvula presenta O-rings que deben quedar perfectamente limpios, sin ningún tipo de daño físico, lubricados con silicona y bien instalados.

2.6.1 Limpieza y relleno de aceite:

- ◆ Remover el puerto externo del sensor de presión con una llave 9/16".
- ◆ Limpiar e inspeccionar la tapa y donde estaba enroscada para verificar rasguños o corrosión y que no haya entrado agua al puerto.
- ◆ Introducir un alambre de 1/32" de diámetro x 6" de largo, o un *clip*, en el hueco para romper burbujas o para sacar cualquier material extraño como arena o suciedad. Se revisa con linterna el interior de sensor para buscar las burbujas o partículas y poderlas eliminar.
- ◆ Se limpia el tubo del puerto externo (*snorquel*) del sensor de presión introduciendo un alambre o *clip* para eliminar material particulado.
- ◆ Se agrega aceite *Dow-Corning 200* en el hueco con una jeringa hipodérmica, hasta que rebose y no queden burbujas. Hay que asegurarse con luz de lámpara que no existan burbujas en el interior del sensor.
- ◆ Se revisa el O-ring del puerto externo y asientos, verificando que estén perfectamente limpios y lubricados, y que queden bien puestos.
- ◆ Se coloca el puerto externo ajustando hasta que rebose de aceite y se limpia el exceso. Apretar hasta que tope, sin excederse.

2.7 Mantenimiento al Corrientímetro Marsh Mc Birney C1000

El corrientímetro debe ser calibrado periódicamente para asegurar la mejor precisión durante los muestreos. Se deben monitorear dos cosas: 1) lo que mide el instrumento a un flujo con velocidad cero y 2) cuánto tiempo dura respondiendo el sensor a cierta velocidad de flujo.

Aunque estas calibraciones toman tiempo, es necesario hacerlas con alguna frecuencia para asegurar el buen funcionamiento del aparato. Es indispensable revisar el estado general del sistema de cables y conexiones del sensor, y su correcta posición a la hora de cerrar el aparato, para evitar que se dañen. Es importante después de cada campaña de medición, limpiar muy bien los electrodos de carbón y limarlos ligeramente, si es necesario, para que no se produzcan errores en las mediciones.

3. PREPARACIÓN PREVIA A INSTALACIÓN

3.1 Preparación:

Antes de cualquier operación, se debe revisar lo siguiente:

- ◆ que esté bien puesto y ajustado el puerto externo del sensor de presión
- ◆ que la batería esté en la posición correcta y que esté bien conectada
- ◆ que el módulo de memoria y sus conexiones estén bien conectados
- ◆ que los tornillos de la batería estén bien fijos y sentados, y que las guías de la base de la batería coincidan con la guía de la base de las tarjetas y el instrumento, que es por donde pasan los cables del sensor de corrientes.

Ahora sí, se prende el instrumento y se verifica el *burst* (luz roja), y se da un *reset* manual o por medio del software conectado a la computadora.

Hay que asegurarse de que el aparato esté apagado antes de conectarlo. Cuando se le ha instalado energía al tablero de control CPU, se enciende el sistema (conector SW1), el cual le provee energía a todos los elementos del sistema, y debe estar prendido para poder comunicarse con el *software* de control.

Antes de instalar el instrumento se debe revisar lo siguiente:

- ◆ El voltaje de la batería principal, si es menor de 8.0 volts, necesita ser reemplazada.
- ◆ El puerto externo del sensor de presión y, si es necesario, agregar aceite .
- ◆ Empaques (O-rings).
- ◆ El contenedor de presión.
- ◆ Las instrucciones de instalación.

3.1.1 Verificación de conexiones:

El sensor de corrientes cuenta con unos cables internos que pasan desde la parte superior del instrumento por encima de la electrónica y/o baterías, hasta la tapa del instrumento. Se debe evitar machucar estos cables al cerrar el aparato y se debe revisar que cada cable esté en su posición correspondiente, fijándose en la marca numérica de cada uno.

La batería y el módulo de memoria deben estar bien conectados.

3.1.2 Verificación del envase contenedor:

El cilindro de presión WHISL debe estar limpio, seco, sin signos de corrosión ni desgaste físico; además debe cerrar perfectamente. Después de ser usado, se debe revisar de daños estructurales y debe verificarse que esté limpio en las partes interna y externa, y en donde se cierra.

- ◆ Tapa inferior: revisar los 2 O-rings con cuidado de no rallar los asientos; inspeccionar detalladamente que esté limpio y que no tenga excesos de silicona (puede acumular

arena que se prensa en el O-ring y permite que se filtre agua), también revisar el área donde se encuentra el ánodo de sacrificio; si está sucio, limpiar con un cepillo.

- ◆ Inspeccionar el cilindro y su asiento, y observar si se presenta corrosión y/o rasguños.
- ◆ El ánodo de sacrificio debe servir para varias campañas de instalación. Antes de una instalación, se debe limpiar con un cepillo de alambre para exponer el material que protege el cilindro de corrosión. Se reemplazan cuando han perdido más de la mitad de tamaño original (2" x 1" x 0.75"). Después de instalar el ánodo, hay que usar un voltímetro para medir la resistencia entre el ánodo y otro conector de metal cualquiera, o penetrando el cilindro. La resistencia debe ser cercana a 0.0 Ohms.

Es muy importante proteger los circuitos de humedad. A temperaturas frías, el agua del aire del laboratorio, atrapada dentro del contenedor de presión cerrado, se condensa en las superficies y componentes electrónicos. Esta humedad puede afectar los circuitos y dañar el aparato. A temperaturas tropicales y húmedas, es más común problemas de humedad dentro del aparato, por lo que se deben colocar paquetes secantes de sílica gel, por lo menos una hora antes de la instalación, para asegurar la eliminación de la humedad por absorción.

En lugares donde la humedad relativa es mayor de 80%, es necesario utilizar un gas inerte. En este caso se usa Freón, que tiene una densidad mayor que la del aire. El instrumento se coloca en posición vertical, y por una ranura antes de cerrarse, se inyecta Freón al interior del contenedor, el cual va desplazando el aire dentro del cilindro, hasta ocupar todo el espacio.

3.1.3 Verificación de empaques (O-rings):

Todos los empaques deben estar intactos, sin marcas, ni rasgaduras. Deben estar limpios de polvo y arena, bien secos y lubricados con silicona. Se les debe estirar un poco para ver si están elásticos, y si presentan cortaduras o si se rompen con facilidad. No usar siliconas que tiene base de petróleo porque degradan los materiales de los empaques. Agregar la silicona *Dow Corning #4* lubricando los empaques con los dedos, revisando que queden suaves, sin excesos y sin suciedad. El exceso de silicona se debe eliminar con un paño seco.

3.1.4 Cerrado:

Debe tenerse cuidado de no molestar el *switch* de encendido cuando se cierra el aparato.

Después de revisar los empaques y sus asientos, se coloca la sílica por encima del aparato, quedando en la parte inferior la electrónica. Hay que estirar los cables del sensor de flujo electromagnético y mantenerlos en tensión mientras se coloca el sistema dentro del cilindro, fijándose que pasen por encima del módulo de memoria. Se deben hacer coincidir las muescas que indican el cero del instrumento con la muesca de la tapa con la electrónica, haciéndola girar hasta que coincidan.

Se debe proceder a conectar los cables del sensor de corrientes.

Ahora se cierra, haciendo coincidir las muescas perfectamente, y se colocan los tornillos enroscando las tuercas de manera encontrada y firme, sin excederse en apretarlo. Se pone el chasis metálico con el ánodo de sacrificio, fijándose que el ánodo va en el tornillo #1 que coincide con la muesca del norte magnético. Se atornilla de manera encontrada hasta que asienten. Se revisan los ánodos de carbón del corrientímetro electromagnético externo, limpiándolos con una lija para evitar errores en la medición.

Una vez terminado este procedimiento, el instrumento está listo para conectarlo a la computadora y programarlo con el software de comunicación.

3.2

Conexión y comunicación:

Para conectar el aparato a la computadora, primero se debe quitar el tapón del conector externo y revisar que esté limpio. Este tapón cuenta con un O-ring externo que debe ser revisado, y uno interno que es el más importante de todos por ser el que protege directamente al conector del aparato.

- ◆ Cuando el aparato esté listo y encendido, conectar la parte de abajo al cable de la PC y al puerto serial COM 1 de la computadora que debe estar encendida, teniendo en cuenta que coincidan las muescas del cable conector y el puerto externo del aparato. Llamar al programa WHISL.EXE escribiendo "type initel.bat". Esto configura al puerto de comunicación #1 e invoca al programa SP2100, estableciendo comunicación con el menú principal.
- ◆ Cuando aparece el menú de control del SP2100, se selecciona "SYSTEM RESET" y esperar a que cambie la pantalla. Hay que verificar que no indique errores en las conexiones.
- ◆ Se escoge "DATA ACQUISITION MENU" y "VIEW/CHANGE PARAMETERS", y se verifica que los parámetros de programación coincidan con los escogidos para el experimento. Si es necesario cambiarlos, hay que regresar a "VIEW/CHANGE PARAMETERS" y escoger "CHANGE PARAMETERS", anotando en una bitácora los cambios realizados.
- ◆ Los cambios se guardan en "SAVE to EEPROM" y deben revisarse en "VIEW/CHANGE PARAMETERS", para reconfirmar.
- ◆ Desde el menú de "VIEW/CHANGE PARAMETERS", escoger "SET CURRENT TIME" y se confirma que el reloj coincida con una hora estándar local o GMT.
- ◆ Desde el menú de "VIEW/CHANGE PARAMETERS", se escoge "SET START TIME" y se confirma la hora en que se quiere empezar a grabar. Deben seguirse las instrucciones de la ventana de AYUDA. Hay que tener en cuenta que la hora de inicio es la hora que se despierta el aparato y verifica el programa, pero no toma mediciones, por lo que debe ser programado para que empiece una hora antes de la hora que se desea que empiece a grabar.
- ◆ Luego, hay que regresar a "DATA ACQUISITION MENU", escoger "SELF-TEST MODE", y seguir todas las pruebas confirmando que los resultados estén dentro de los rangos dados en la ventana de ayuda (voltaje de la batería de 8-11 Voltios, voltaje del regulador 5.0 Voltios, voltaje de la batería de respaldo 3.0 Voltios) y que todas las pruebas de memoria pasen (PASS). Si alguna prueba falla, se debe corregir antes de instalar el instrumento. Debe revisarse la precisión del reloj entrando a "CLOCK TEST" y ajustar el oscilador del reloj: debe oscilar cada segundo o avisar que no está sincronizado correctamente.
- ◆ Después, hay que regresar al "DATA ACQUISITION MENU" y escoger "NOTEPAD" para confirmar que el número de serie y otra información pertinente al aparato, ha sido correctamente inscrita. Si es la primera vez que se instala el aparato, se debe colocar en esta bitácora interna todos los parámetros escogidos para el experimento, la hora de inicio, el lugar y las especificaciones de instalación, el voltaje de la batería y la capacidad de la tarjeta de memoria. Se oprime F2 para guardar la información y regresar a "DATA ACQUISITION MENU".

- ◆ Regresar a "SeaPac CONTROL MENU" y escoger "CONNECT COMPASS"; luego escoger "TERMINAL MODE". Colocar el instrumento en su posición vertical normal de instalación y presionar el comando "S". Se gira el instrumento sobre su eje a posiciones conocidas (Norte, Sur, este y Oeste) y confirmar que las lecturas del compás sean correctas. Presionar el comando "H", y escoger EXIT y regresar a "SeaPac CONTROL."
- ◆ Ahora, se selecciona "CONNECT RECORDER" y esperar respuesta del SSR. Funciona como una grabadora por lo que se escribe REWIND para colocarse en el inicio de los datos. Escoger el comando "SHOW" y revisar el estado de la grabadora. Hay que confirmar la capacidad necesaria para el experimento, la posición donde me encuentro dentro de la memoria y la capacidad disponible de la memoria.
Si se desea guardar la información en un archivo de la computadora, hay que regresar a "SeaPac CONTROL" presionando "EXIT", escoger "TRANSFER DATA", y seguir las instrucciones de la ventana de AYUDA.
Si se desea borrar todos los datos de la memoria, presionar "INIT" y se esperar a que la memoria sea inicializada. Esto debe realizarse solamente después de haber grabado y procesado los datos, y verificado que sean válidos para el experimento.
Regresar a "SeaPac CONTROL."
- ◆ El instrumento está listo para grabar información. Si se desea probar los nuevos parámetros y simultáneamente ver los datos colectados, hay que entrar a "OPERATE with view" y escoger CONNECT y esperar hasta que se dé la nueva operación de toma de datos.
- ◆ Si está todo listo para la instalación, se apaga el instrumento y se quitan los cables de comunicación. Preparar los O-rings y colocar desecantes nuevos y en caso necesario cambiar las baterías. Se activa el *switch* de encendido. Se instala el chasis en el contenedor cilíndrico y se conectan los cables de sensores de flujo.
- ◆ Para instalar el chasis de electrónica, hay que tener cuenta los siguientes puntos:
 1. El *switch* debe estar encendido (ON).
 2. Hay que alinear la muesca de la tapa con la muesca del cilindro.
 3. Conectar los cables del sensor de flujo asegurándose de su correcta posición y que no queden de manera que se dañen al cerrar el cilindro.
- ◆ Se coloca el cable, se conectar al puerto serie de la PC y se repiten las pruebas. Se pueden realizar pruebas con el instrumento sumergido en agua dulce. Cuando todas las pruebas se han realizado, cerrar bien el aparato y colocarle el ánodo de sacrificio, fijándose en la muesca. El aparato se encuentra en modo de dormir hasta que la hora y fecha de inicio coincidan con las previamente programadas.
- ◆ Debe asegurarse de colocar y ajustar el tapón a prueba de agua de la tapa del puerto de comunicación antes de la instalación.

3.3 Software de comunicación SEAPAC Data Control:

Es un paquete amigable que permite la comunicación con el aparato por medio de una computadora, y con la ayuda de un cable de conexión a través del puerto serie. Con este programa se puede comunicar con el instrumento para transferir la información de la memoria de estado sólido a un archivo de la computadora, se realizan las pruebas de auto-diagnóstico para revisar el buen funcionamiento del instrumento y así asegurar registros confiables.

3.4 Pruebas de control de calidad de los datos (Autodiagnósis):

Después de procesada la información que se recuperó del instrumento, se produce un archivo binario que contiene información sobre su funcionamiento, como: el decaimiento del voltaje de las baterías durante el período de mediciones, el voltaje de la batería de respaldo de la memoria, el voltaje durante el modo de no muestreo (sleep), el voltaje durante el tiempo de operaciones, una etiqueta de tiempo y caracteres de paridad, que notifican si existieron problemas al escribir los datos en la memoria o si los sensores fallaron durante el período de mediciones, y la orientación del compás, y de los sensores de inclinación del compás.

3.5 Preparación de cilindro para transporte e instalación:

Una vez terminadas todas las operaciones de programación, se procede a almacenar el aparato en su caja de madera y se cierra bien. Antes de la instalación en el agua, se recomienda cubrir con una capa de silicona delgada, todo el cilindro metálico, para facilitar la limpieza posterior, ya que se eliminan más fácilmente los organismos que se le adhieran.

4. ESTRUCTURAS Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Tipos de estructuras necesarias para instalar el sensor SeaPac 2100

4.1 Muertos: Los pesos muertos son estructuras pesadas que mantienen fijas las estructuras que sostienen al aparato. Según la forma de la estructura de fijación, los muertos pueden ser neumáticos rellenos de cemento, o bloques de cemento o de un metal que no cause distorsiones en el flujo electromagnético. Se recomienda el uso de 5 muertos de 50 Kg cada uno, para su manejo fácil en embarcaciones pequeñas.

4.2 Estructuras de fijación: Son las que mantienen al aparato fijo en la posición deseada, evitando que se mueva a causa de las corrientes o las olas. Debe ser de un material que no se corroa con facilidad, y que no afecte el campo electromagnético. El sensor SP2100 debe ser instalado en posición vertical y orientado al Norte. Esta estructura cuenta con empaques de plástico que mantienen bien fijo al aparato, y tornillos para apretarlo bien. También se recomienda el uso de discos de aluminio que se colocan en la base de la estructura; cuando entran en contacto con el suelo, por efecto de la cohesión, es más difícil que se desprendan de la arena, a causa de la erosión o del transporte de sedimento. Toda la estructura está asegurada con los pesos modulares (muertos) de 50 Kg

4.3 Anclajes: Cuando se llega a la zona de instalación, se debe anclar la embarcación amarrándola a la estructura de marcación que se encuentre en la superficie (boya superficial o estación meteorológica), para evitar derivas y daños a los equipos durante las operaciones. Además, toda operación de buceo en el mar requiere de una línea de descenso fija para realizar operaciones.

El sistema de anclajes se compone de una boya superficial, unida por cadenas (en el caso de contar con una estación meteorológica del tipo Aanderaa) y un cabo con una boya subsuperficial, la cual está en ángulo de deriva y de la cual se tiene un cabo que desciende hasta el fondo donde se une a la estructura de fijación.

4.4 Boyas: Son sistemas de flotación que tienen distintas funciones según la profundidad a la que se instalan. Las boyas superficiales indican la ubicación del aparato. Las boyas subsuperficiales se utilizan para mantener una línea vertical que une la boya con la estructura de fijación del instrumento.

4.5 Cadenas: Son necesarias para unir la estación meteorológica superficial Aanderaa a la boya subsuperficial. Se les debe dar mantenimiento frecuente, eliminando con un cepillo metálico los materiales que se adhieran y deben ser cambiadas cuando el espesor de los eslabones llegue al 50%, para evitar su ruptura en la época de eventos de oleaje extremo. Una cadena de 7 metros de largo (peso aproximado 50 Kg) se enrolla en la base de la estructura de fijación uniendo los pesos modulares entre sí, para evitar que se mueva la estructura a causa de las olas o de las corrientes muy fuertes.

5. INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO

Si es la primera vez que se va a colocar el instrumento en el agua, se debe primero realizar un análisis de la zona de estudio, realizando una prospección del lugar, para determinar el tipo de fondo, y luego se decide el tipo de anclaje a utilizar. Si es un fondo rocoso y hay presencia de oleaje y corrientes fuertes, se debe colocar más pesos, bien fijos a la estructura. Si es un fondo arenoso, se recomienda colocarle unos discos a la parte inferior de la estructura para que se adhieran a la arena por cohesión y se debe enterrar un poco la estructura. Cuando se ha escogido el lugar se localiza con un GPS (geoposicionador por satélite) y se anota en una bitácora, junto con sus características.

En una campaña posterior, se llega a la zona determinada, con la estructura armada y lista para su utilización (con los empaques de plástico en su posición y con ánodos de zinc para evitar que se corroa, las cadenas con sus grilletes y el sistema de anclaje y los pesos muertos).

Se amarra todo a un cabo y se suelta al agua para que caiga a la zona escogida, luego desciende un grupo de buzos por la línea amarrada a las estructuras y en el fondo se organiza la estructura, con sus pesos muertos, las cadenas, se entierra un poco, etc., hasta que quede lista para recibir el aparato, sin que sea movida por las olas o las corrientes.

Se desciende nuevamente con el instrumento, que debe estar amarrado a un cabo independiente en superficie y con la cual se controla la rapidez de descenso a 60 pies/min. Se coloca en la estructura de fijación haciendo coincidir la muesca del instrumento con el Norte Magnético marcado por un compás, se aprietan los tornillos hasta que el aparato quede bien ajustado.

Finalmente se mide la distancia que hay entre la parte inferior del instrumento, donde se encuentra el sensor de presión externo y el suelo y se anota en la bitácora, ya que esta información va a ser pedida por el software Wavepro.

Cada vez que se instale el instrumento, se debe tener en cuenta la orientación al Norte Magnético y el estado de los ánodos de zinc de la estructura, reemplazándolos si es necesario, además de medir la distancia entre el sensor de presión y el fondo.

6. RECUPERACIÓN Y PREPARACIÓN PREVIA A LABORATORIO

6.1 Recuperación del Instrumento:

La embarcación se atraca con la boya superficial de marcación del sistema de anclaje (que va a funcionar como línea de descenso). Los buzos deben llevar consigo la herramienta necesaria.

Se desciende por la línea y cuando se llega a la estructura se amarra una cuerda al aparato y se procede a destornillar los empaques de plástico que mantienen fijo el aparato en su posición vertical. Se saca de la estructura teniendo cuidado de no golpearlo y cuando se tiene bien asegurado, se da la señal de ascenso a la embarcación, la cual procede a recuperar la cuerda. Con la ayuda de un buzo, se sube el aparato hasta la superficie, donde es recibido y sacado del agua con cuidado, y luego es colocado en un lugar seguro, evitando en todo momento que se golpee.

6.2 Manejo del instrumento y mantenimiento:

El instrumento debe ser manejado con cuidado evitando golpes. Debe tenerse la precaución de llevar la caja para ponerlo dentro y transportarlo a tierra.

Una vez en tierra, el aparato es sacado de la caja y se procede a lavarlo con agua dulce, eliminando todo lo que se le haya pegado como algas u otros organismos con esponjas y cepillos. Luego hay que secarlo bien, y para evitar que se golpee, guardarlo en la caja que debe estar perfectamente limpia y seca.

6.3 Ajuste de temperatura:

Después de ser lavado y secado el instrumento, se debe dejar a temperatura ambiente antes de ser abierto. Si el aparato no abre fácilmente, es probable que no haya alcanzado el equilibrio de temperatura, y se debe esperar un poco más (aproximadamente 2 horas).

7 RECUPERACIÓN Y CONVERSIÓN DE DATOS

7.1 Recuperación de datos

Antes de conectar el SP2100 se debe tener una computadora encendida en el modo de MS-DOS.

- ◆ Se conecta la PC con el programa de Control SeaPac corriendo y se ejecuta el sistema de auto-diagnóstico, anotando los resultados en la bitácora del experimento. Se debe anotar el estado de la batería de la memoria.
- ◆ Se pasa a la siguiente sección de las opciones de recuperación de datos, y se decide si los datos deben ser removidos antes de ser abierto el aparato.
- ◆ Se seca bien el área alrededor de la tapa inferior, y se abre el aparato sin ejercer fuerza.
- ◆ Al abrir la tapa, debe revisarse el estado del sello de O-rings y sus asientos, y anotarlo en la bitácora.
- ◆ Se debe anotar la condición de ánodo de sacrificio, del sensor de flujo electromagnético y del sensor de presión.

- ♦ Se desconectan los cables del sensor de flujo electromagnético cuando se está abriendo el aparato, teniendo cuidado de no dañarlos.

Existen dos métodos para recuperar los datos del sensor direccional SP2100:

- ♦ Sin abrir el contenedor de presión, transferir los datos desde el conector externo, esto, cuando no es necesario cambiar baterías inmediatamente (recomendado para las memorias de SSR de hasta 12 Mbytes).
- ♦ Abriendo el contenedor, remover la grabadora de estado sólido (SSR) y conectar la computadora directamente al paquete de SSR (Recomendable con el nuevo paquete de memoria de 85 Mbytes, FLASHPAC SSR).

Ambos métodos requieren una computadora que tenga corriendo el programa de usuarios del SeaPac y un cable de comunicación RS-232.

Antes de transferir los datos del SSR a la PC es recomendable usar el comando SHOW y verificar el número de registros grabados, confirmando que éste era el número anticipado dados los parámetros y el tiempo de iniciada la grabación. También anotar cuantos bytes de memoria se han usado, para asegurarse que quepa toda la información en la computadora (la información es transferida como caracteres ASCII hex, por lo que al ser transferidos a la PC ocuparán el doble de espacio, es decir, que si se van a transferir 10 Kbytes, el archivo de la PC va a ser de 20 Kbytes de tamaño).

Todo debe ser anotado en la bitácora

Recuperación de datos con el instrumento cerrado:

- ♦ Con el programa de usuarios del SP2100 "SeaPac Control Menu" corriendo en la computadora, conectar el cable (WHISL parte No. 18M0161) de la PC a la parte inferior del instrumento donde se encuentra el tapón.
- ♦ Del menú principal, escoger la opción "SYSTEM RESET" y esperar a que cambie la pantalla.
- ♦ Moverse al menú "VIEW/CHANGE" y verificar la hora actual del instrumento.
- ♦ Regresar al menú principal y escoger "TRANSFER DATA TO FILE"
- ♦ Esperar al menú de transferencia de datos y escoger "CONNECT IN CHAR MODE" y verificar que la comunicación con el aparato este bien, oprimiendo ENTER.
- ♦ Presionar el comando "SHOW" y registrar el tamaño del bloque de datos almacenados.
- ♦ Presionar el comando "REWIND", si se va a transferir todo el bloque de datos a la computadora.
- ♦ La transferencia de datos toma mucho tiempo, por lo que se puede dar un END para regresar al menú de transferencia de datos y escoger "FAST DATA TRANSFER"
- ♦ Escribir el nombre del archivo al que se van a transferir los datos.
- ♦ Escoger el comando READ XXX, en el cual XXX es el número de registros de datos transferidos al archivo de la PC (máximo 32767).
- ♦ Observar la ventana del *estatus* ubicada en la esquina derecha de la pantalla. Allí se muestra el conteo de registros a medida que los datos van siendo transferidos, y se reporta cualquier inconveniente que tenga la computadora con la transferencia. Si ocurre una sobrecarga en el flujo de información, se debe

repetir todo con un bloque más pequeño. Cuando el contador se detiene, la transferencia se ha completado. La transferencia de datos toma cerca de 26 minutos por Mbytes a 9600 baudios (aproximadamente 5 horas, para memorias de 12 Mbytes).

7.2 Almacenamiento del instrumento:

Si el aparato va a ser almacenado es necesario: desconectar las baterías de la memoria SSR y la del aparato, colocar desecantes extras, proteger el sensor de flujo MMI y el contenedor con materiales que absorban los golpes, cerrar bien el instrumento y guardarlo en un lugar seco, fresco y seguro.

7.3 Conversión de formato:

Es la transformación de datos crudos obtenidos en formato hexadecimal a archivos numerados secuencialmente en formato binario, para ser utilizados y procesados por lenguaje de Matlab.

7.4 Procesamiento y análisis con el software Wavepro.

Los datos crudos provenientes directamente del instrumento, son leídos en formato hexadecimal y, considerando las constantes de calibración de los diferentes sensores del SP2100, se escriben posteriormente en archivos de datos en formato binario. Dependiendo del número de muestras por paquete con las que se ha programado el instrumento, cada archivo generado por WavePro puede contener hasta 4096 muestras. A partir del archivo original se crea un número secuencial de archivos en formato binario con hasta 4096 muestras. Después de acumulados estos datos, se cierra el archivo y se abre otro, etiquetándolo con el número secuencial siguiente.

En el preprocesado se genera un archivo binario que contiene información general tal como intervalo de muestreo (IM), número de datos por paquete (N), PI, nombre de archivos de entrada y número de serie del instrumento.

El resultado del procesamiento, son series de tiempo de datos ya procesados, del tipo de marea, amplitud, altura mínima y máxima del nivel del mar, nivel medio del mar, temperatura del agua y su respuesta asociada a las variaciones de la marea, rapidez máxima de la corriente en el fondo, rapidez media, dirección de la corriente asociada a cambios del nivel del mar, alturas máximas y mínimas del oleaje, alturas significativas del oleaje, etc.

8. CONCLUSIONES

Este documento es una guía complementaria a la unidad audiovisual, en la cual se describieron todos los procedimientos técnicos necesarios para utilizar el instrumento oceanográfico SeaPac 2100 del fabricante Woods Hole Instrument Systems, el cual registra información que es utilizada para la medición del oleaje, las corrientes y la marea, en aguas hasta 100 metros de profundidad.

La secuencia de trabajo fue relatada según el orden lógico de los procedimientos; primero se debe hacer una revisión externa del instrumento, luego debe abrir y realizar una inspección interna y se le debe dar el mantenimiento necesario a los sensores, a la batería, a las conexiones y al cilindro

contenedor con sus empaques. Luego se debe encender y cerrar, para conectarlo al programa de comunicación, en el cual se realizan pruebas de su funcionamiento y se programa según las necesidades del proyecto. Después es instalado y posteriormente recuperado. Se le da el mantenimiento necesario para prolongar su vida y su buen funcionamiento y finalmente, se procede a extraer de los datos, los cuales van a ser transferidos a una computadora, para luego realizar las conversiones y el procesamiento de los datos.

En el presente trabajo no se busca explicar el procesamiento y análisis de los datos con el software WavePro. Es una herramienta a los procedimientos técnicos de instalación, mantenimiento y programación del instrumento SeaPac 2100 de Woods Hole Instrument Systems.

9. AGRADECIMIENTOS

Al mar, que me permite descubrir nuevos horizontes y otros mundos que nunca imaginé.

Gracias a Dios, que me permite realizar mis sueños y me acompaña en mi camino.

A mi familia, que me ha dado siempre lo mejor y me ha apoyado en todas mis locuras.

A la Universidad Autónoma de Baja California, por haberme apoyado desde el principio y hasta el final. Y al CICESE por permitirme desarrollar el proyecto en sus instalaciones.

A mi director de tesis y amigo Oc. Sergio Ramos Rodríguez, por seguirme en esta idea y ayudarme en todo. A Marcela Garza, al Barbas, Norman y a todos los que me ayudaron en el proceso del vídeo. También al Dr. Bruce Magnell del Grupo de Woods Hole Instruments, por sus comentarios con respecto a los sensores.

A mis sinodales, M.C. Oscar Delgado González y Dr. Asdrúbal Martínez Díaz de León, por sus buenas ideas y valiosas aportaciones al trabajo. Gracias por darle forma y vida.

A todos mis amigos, que son incontables, porque desde que llegué a Ensenada, descubrí el misterio de la amistad y me llevo un tesoro en el corazón.

A la "banda", que ha sido mi familia; los quiero mucho y les deseo siempre lo mejor.

A México, que me recibió con las manos abiertas y me abrazó para que no me sintiera lejos de casa.

10. REFERENCIAS

- Berteaux, H.O. (1976) Buoy Engineering. John Wiley & Sons, Inc. Canadá. 314 pp,
- Bowditch, N. (1958) American Practical Navigator. H.O. Publ. No. 9. U.S. Govt. Printing Office. Washington, D.C.
- Eyriés, M. (1964) Marégraphes de grandes profondeurs. *Cahiers Oceanog.* 20, 355-368, Service Hydrogr. De la Marine, Paris, 1968. 9a. Eyriés, M., M. Dars and L. Erdelyi. Ibid., 16(9),781-798.
- Emery, K.O. y D. Aubrey (1991) Sea Levels, Land Levels and Tide Gauges. Stringer-Verlag. New York. 237 pp.
- Horikawa, K. (1978) Coastal Engineering. John Wiley & Sons, Inc. Japón. 402 pp.
- Ingmanson, D.E. y W. J. Wallace (1995) Oceanography: An Introduction. Wadsworth Publishing Company. USA. 495 pp.
- Neumann, G. y W. J. Pierson (1966) Principles of Physical Oceanography. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 545 pp.
- Nowroozi, A., J.T. Kuo and M. Ewing. (1969). Solid earth and oceanic tides recorded on the ocean floor off the coast of North California. *J. Geophys. Res.*, 74, 605-614.
- Open University Course Team.(1989) Waves, Tides and Shallow-water processes. Pergamon Press. Inglaterra. 187 pp.
- Pacer Systems, Inc., (1991) Model 10635/DWG Directional Wave, Current and Tide Gauge User Handbook. MA, USA.
- Pickard, G.L. y W.J. Emery (1996) Descriptive Physical Oceanography. Butterworth Heinemann, Inc. Inglaterra.320pp.
- Ramos Rodríguez, S.A., C. Nava Button y F.J. Ocampo Torres. (1997) Observaciones de oleaje, nivel del mar, corrientes y temperatura en Punta Morro, Ensenada, B.C. del 17 al 30 de Noviembre de 1995. Experimento Punta Morro 1995. Parte I. Comunicaciones Académicas. Serie Oceanografía Física, CICESE, Ensenada, B.C. México. 21pp.
- Snodgrass, F.E. (1968) Deep Sea Instrument Capsule. *Science*, 162, 78-87 pp.
- Tenorio Sánchez, M.A. (1995) Diseño y construcción de un corrientímetro. Tesis para obtener el título de Oceanólogo. FCM. UABC. Ensenada, B.C. México. 38 pp.
- U.S. Naval Oceanographic Office. (1972) Manual de instrucciones para la obtención de datos oceanográficos. Traducido por la Armada Argentina, Servicio de Hidrografía Naval. Buenos Aires.
- Woods Hole Group. (1995) SeaPac Model 2100 Directional Wave, Tide and Current Gauge, User's Manual. USA.**

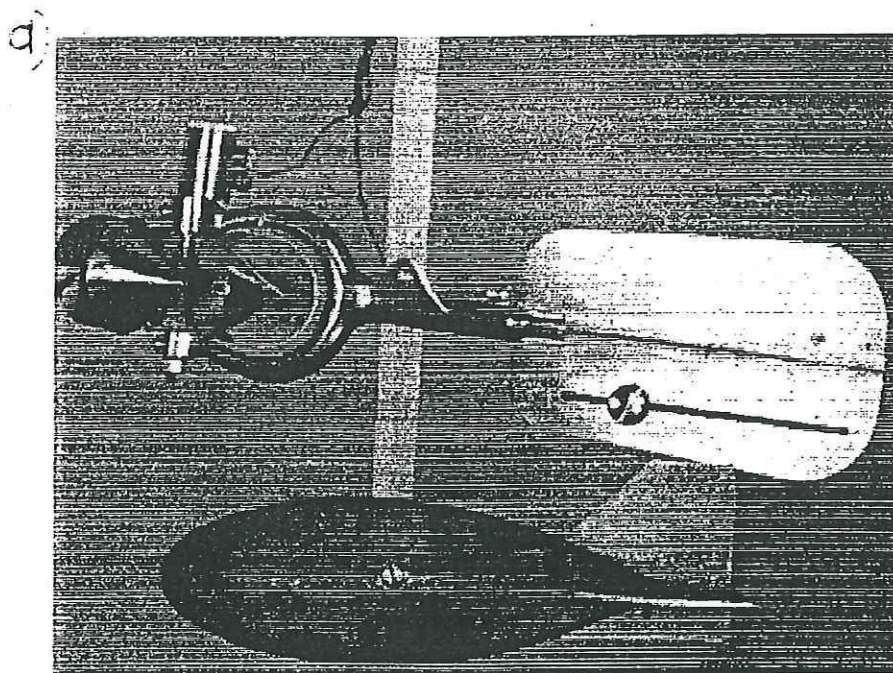
Young, I.R. (1999) Wind Generated Ocean Waves. Elsevier Ocean Engineering Book Series. Vol. 2. The Netherlands. 288 pp.

LISTA DE DIRECCIONES DE INTERNET

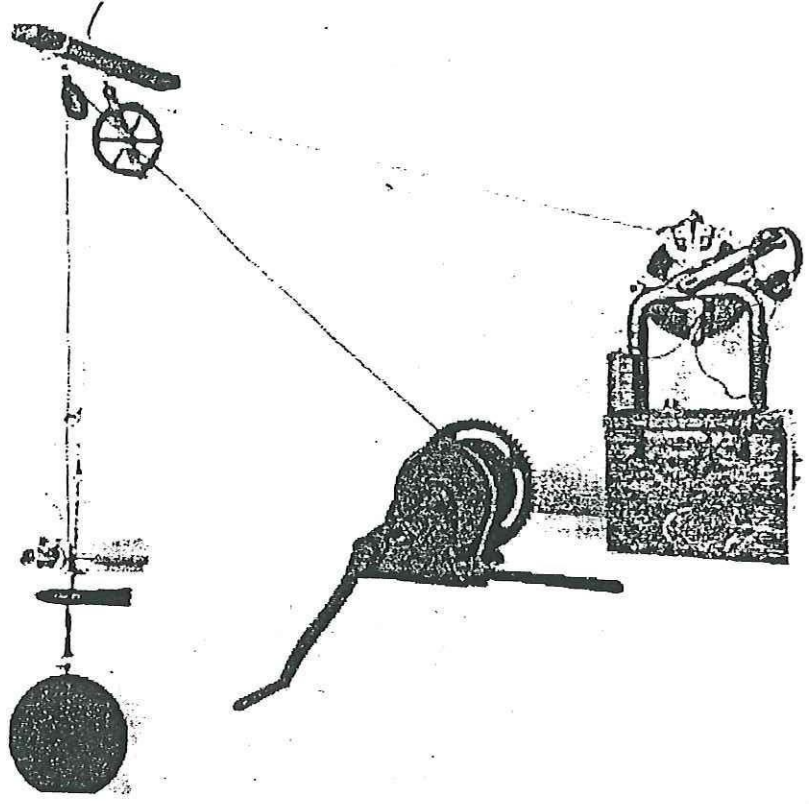
www.facs.scripps.edu/surf/gbpac.html (Animación del pronóstico del oleaje)
www.Paroscientific.com
www.whgrp.com
www.Ocean.tech.net/images/oilspill (animación de dispersión de derrame de petróleo)
www.Sontek.com (animación del ADCP)
www.Aei-saumur.com
www.Mooring.systems.Inc.com
www.Usbr.gov/wrrl/fmt/wmm/chap14
www.Multimania.com/vinaro/maree/mareefin.html
www1.pactide.noaa.gov/howmeasure.htm
www1.pactide.noaa.gov/whymeasure.htm
www1.pactide.noaa.gov/oldcurrents.htm
www1.pactide.noaa.gov/tidehistory.htm
www1.pactide.noaa.gov/tide-explanation.htm
www.iserver.saddleback.cc.ca.us/faculty/thuntley/ms20/o-inst/currentmeter-page.html
www.idromar.it/currentmeter.htm
www.po.gso.uri.edu
www.sciencejoywagon.com (animación del generador de corriente electromagnética)
www.whoi.edu/seagrant/education/bulletins/tides.html
www.es.flinders.edu.au/
www.alphalog.com
www.buphy.bu.edu
www.cadmus.fr
www.calfed.ca.gov
www.cem.ufpr.br
www.csc.noaa.gov
www.cyberclassroom.net
www.edocorp.com
www.frf.usace.arm.mil
www.mariner.connectfree.co.uk
www.usc.edu (animación del tsunami)

11. LISTA DE IMAGENES QUE APARECEN EN EL VIDEO

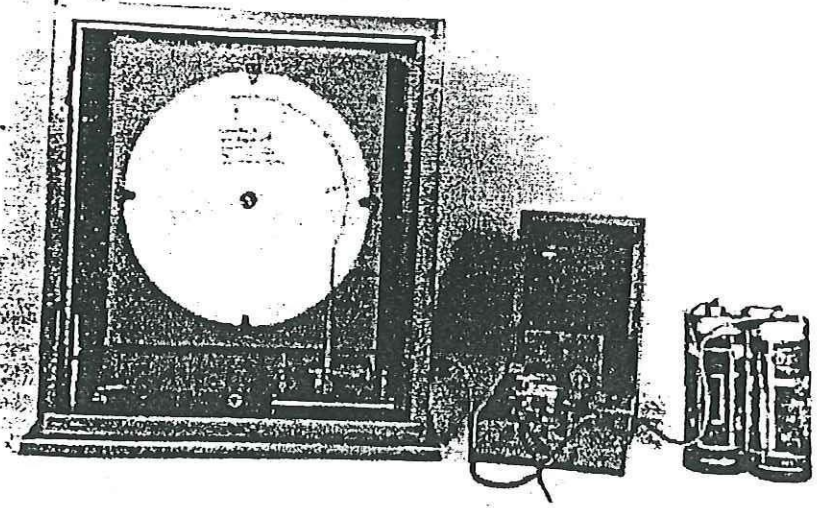
1.
 - a) **Corrientímetro Price:** fue diseñado por W.G. Price, de la Armada de Estados Unidos. Está diseñado para medir la rapidez de la corriente, pero no su dirección. El instrumento cuenta con una rueda hecha con copas cónicas, que rota libremente con la corriente e indican la velocidad por la rapidez de las rotaciones. Un observador cuenta las revoluciones por minuto por medio de un cable eléctrico conectado a un audífono.
 - b) el instrumento es fijado a una embarcación por medio de poleas para medir a varias profundidades en la misma estación. Se le agrega un peso de 200 libras, para evitar que se desvíe de su descenso vertical.
 - c) Se puede utilizar una grabadora automática, que reemplaza a los audífonos.



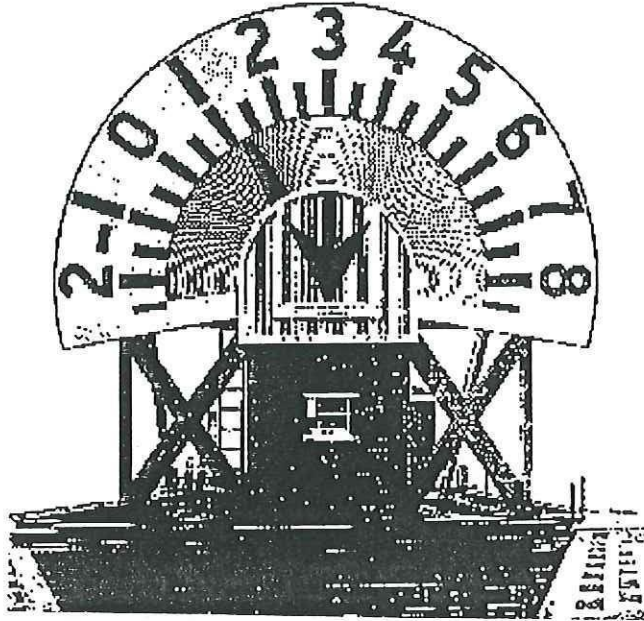
b)



c)



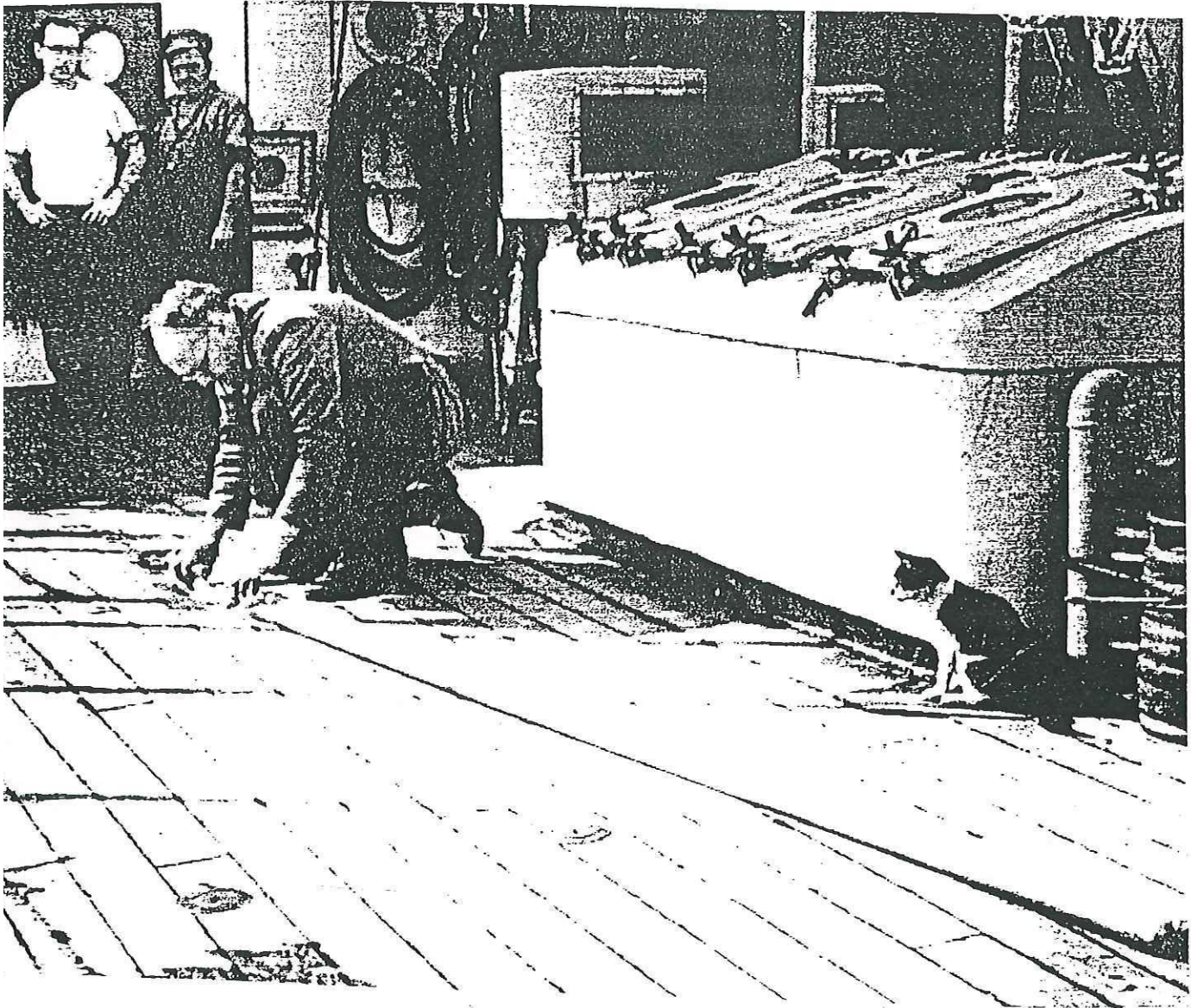
2) **Dispositivo de medición de mareas en "tiempo real"**. En 1897, se utilizó este tipo de estaciones de madera, que eran colocados en la entrada de los puertos, y los marinos observaban a través de binoculares el apuntador, que indicaba el nivel del mar y la flecha para saber si estaba subiendo o bajando la marea.



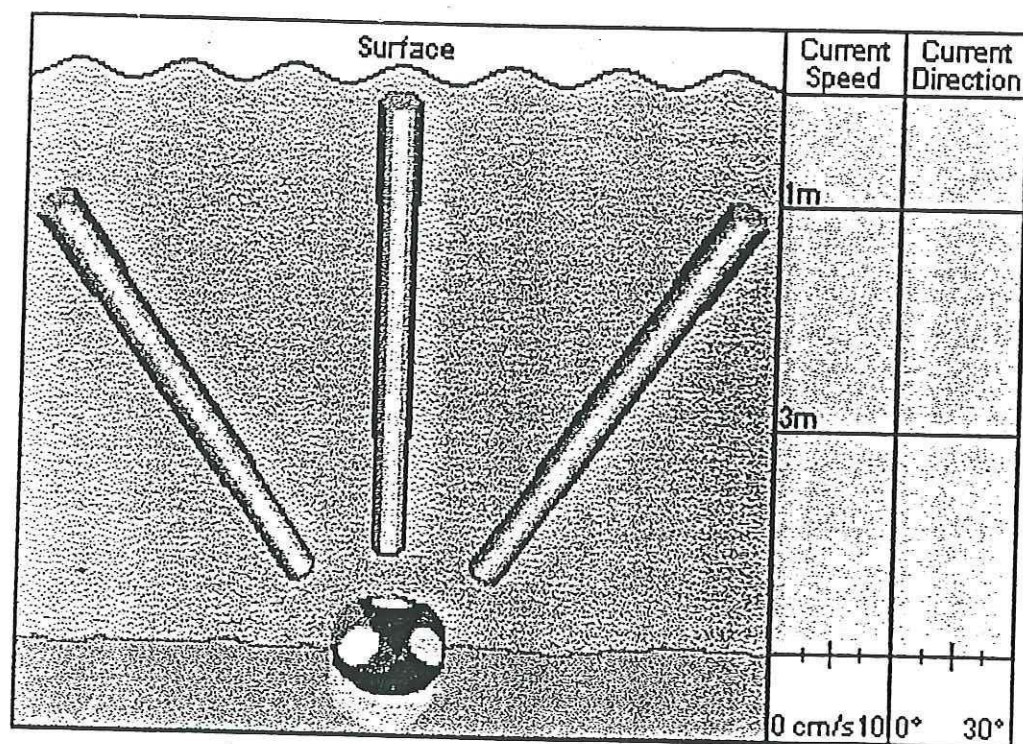
3) **WTR-9 de Aanderaa**: dispositivo actual, utilizado para medir las olas, la temperatura y las mareas, en el fondo del mar. Se recomienda para aguas someras (5 a 15 metros). Las olas y mareas son medidas por un sensor de presión de cuarzo y la temperatura es medida con un termistor Fenwall.



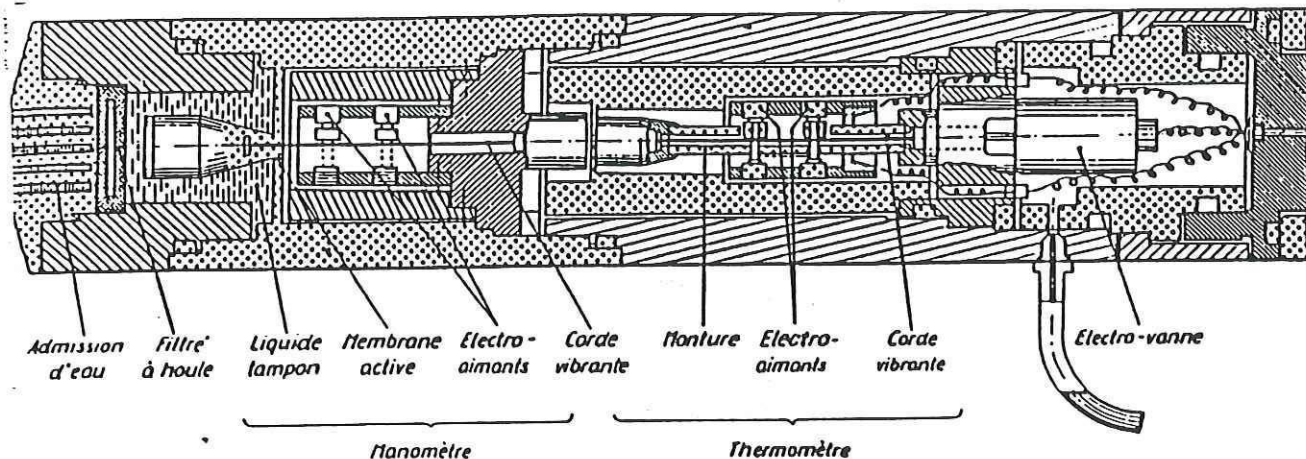
- 4) **Boya Swallow:** la primera innovación importante en la medición y grabación de las corrientes subsuperficiales en mar abierto fue esta boya de flotabilidad neutra, inventada por John Swallow en 1955. Era de metal grueso de 2-3 metros de largo y cuyo peso y compresibilidad era ajustado al neutro a una profundidad determinada.



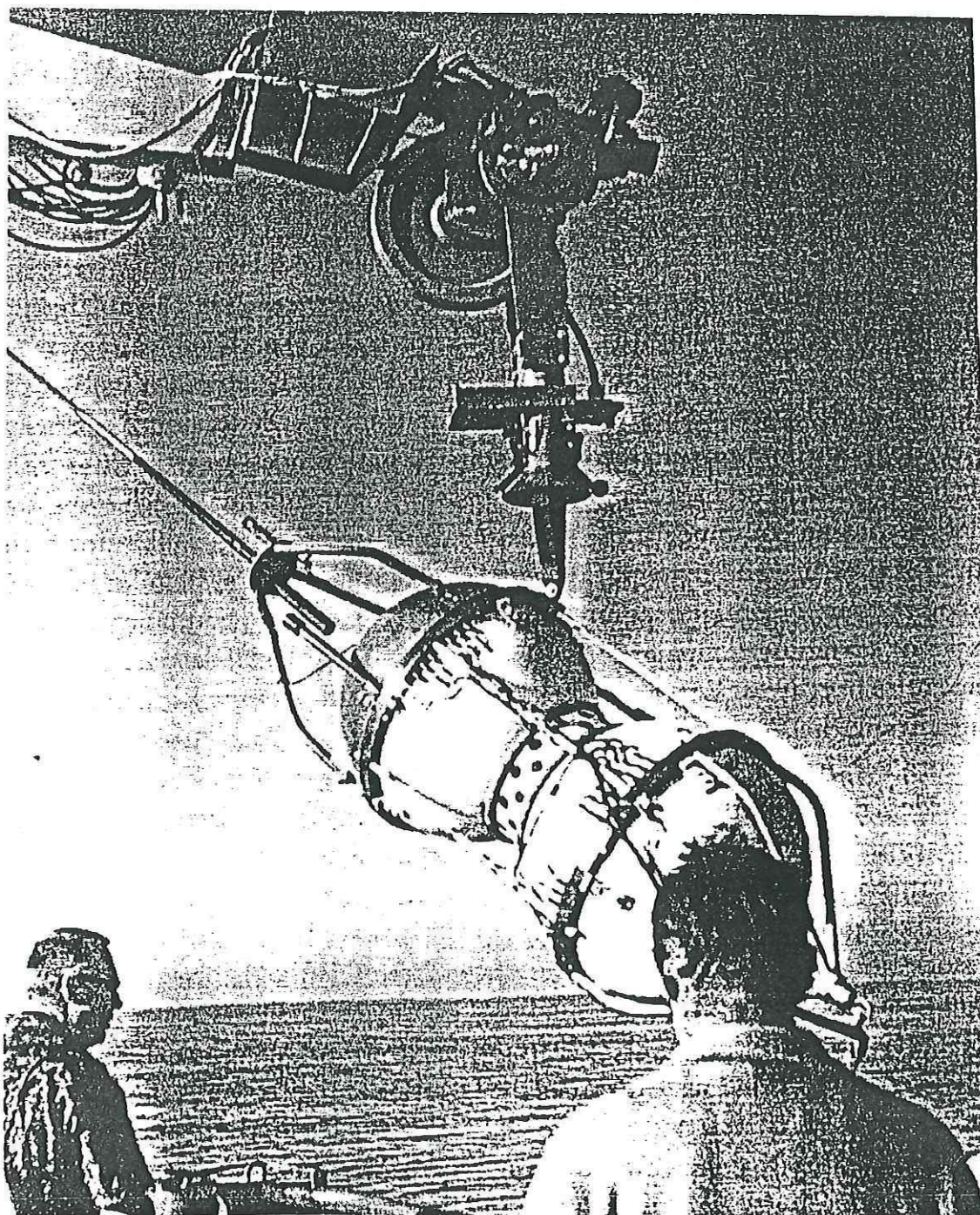
- 5) **ADCP:** (Acoustic Doppler Current Profiler) son dispositivos capaces de perfilar las corrientes a una distancia de 300 metros del instrumento. Utiliza una cabeza con 4 sensores, y es capaz de resolver la rapidez y dirección del movimiento de agua relativo al sensor. El ADCP genera pulsos de sonido a cierta frecuencia conocida. A medida que le sonido viaja por el agua, es reflejada en todas las direcciones por materia particulada como sedimento, burbujas, etc., y una porción de la energía reflejada viaja de regreso al emisor, el cual procesa con electrónica el cambio en la frecuencia recibida. La medición está en función de tiempo que toma la señal en regresar al aparato.



- 6) **AFEGRO:** Asociación Francesa para la explotación de Grandes Profundidades del Océano. Fue el primer instrumento que produjo registros confiables de mareas en mar abierto, en 1964. Trabajaba con conexión eléctrica directa desde un barco por medio de un cable, logrando registros de 38-73 horas de excelente calidad, a profundidades de 150 hasta 470 metros. La presión grabada no era la total, sino la relativa al volumen de nitrógeno comprimido, liberado por un cilindro al llegar al fondo, luego era sellado por ajuste isothermal. La principal innovación en la medición de la presión diferencial entre el gas comprimido y el agua de mar fue un cable que vibraba en un campo magnético. Las vibraciones eran contadas electromagnéticamente y registradas cada 6 minutos

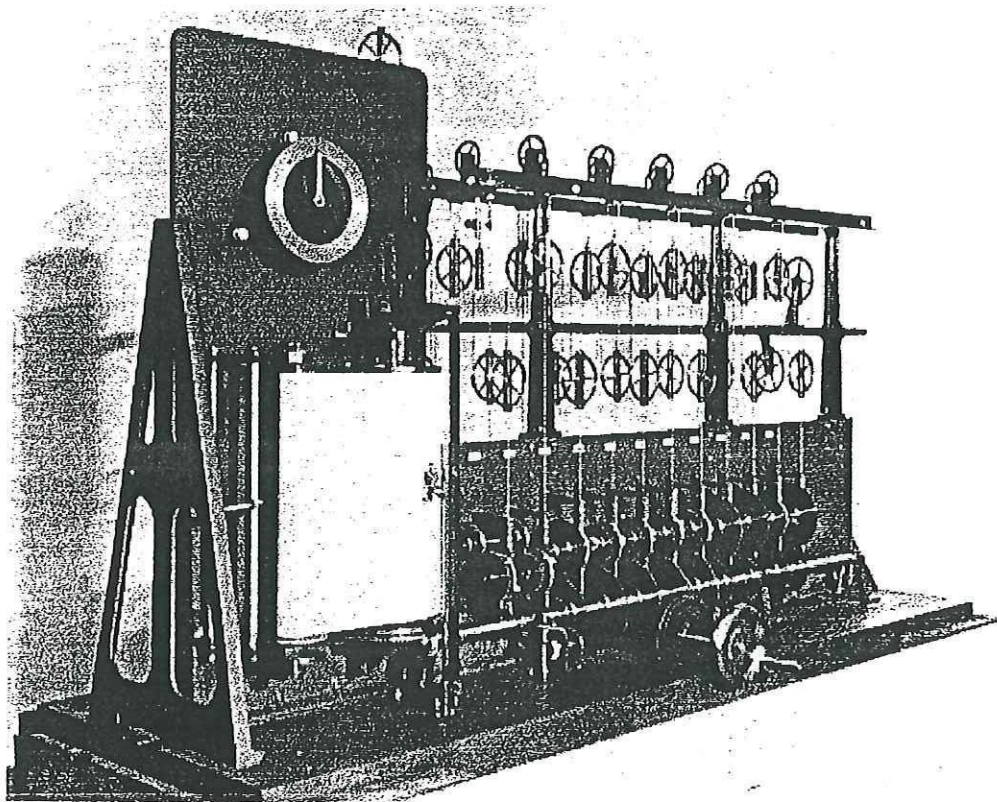


- 7) **Cápsula de Snodgrass:** en 1967, Frank E. Snodgrass del Instituto Water Munk, creó un instrumento muy sofisticado, que medía la presión, temperatura y las corrientes. Utilizaba un cable que vibraba "Vibrotron" para medir la presión, un cristal de cuarzo para medir la temperatura y sensores calentados para medir las corrientes. Todas las señales eran procesadas internamente por una computadora y almacenadas digitalmente en cinta magnética. Utilizaba un paquete de baterías muy pesado.

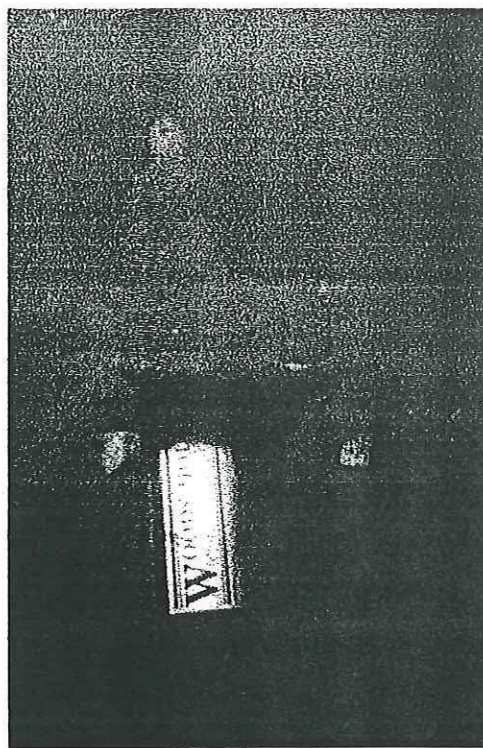


8) Máquina para predicción de mareas ☹(corrección al video):

En el vídeo me refiero a este instrumento como el primer aparato para predecir el oleaje, pero es en realidad una máquina que cuenta con cierto número de componentes para predecir la marea. (NOAA, National Ocean Service, Oceanographic Products and Services Division)



- 9a) SeaPac.2100 de Woods Hole Instrument Systems
9b) SeaPac 2100 WHIS, instalado bajo el agua, realizando mediciones de mareas, corrientes y olas.



10) **El Pacer modelo 10635**: es el precursor del SeaPac 2100, en donde se almacenaba en memoria de estado sólido de manera digital con capacidad máxima de 6 Mbytes (este modelo reemplazó al SeaData, que observamos en el video, que cuenta con sistema de grabado en cintas magnéticas/cassettes). Las tarjetas de la electrónica eran muchas y más grandes. Tenía un sensor de presión Paroscientific y un corrientímetro electromagnético Marsh-McBirney. Medía la dirección de las olas, su altura, la temperatura del agua, la marea y un promedio de la rapidez de la corriente. (Fotografías cortesía de Sergio Ramos Rodríguez)

