

# Informe Técnico CICESE. Serie Embarcaciones Oceanográficas.

## Informe de mantenimiento de *ADCP* montado al casco del *B/O Francisco de Ulloa* durante estancia en dique seco del mes de julio del año 2012.

Ing. José Ramón López Chico.  
([lchico@cicese.mx](mailto:lchico@cicese.mx))

Ing. Juan Carlos Leñero Vazquez.  
([lenero@cicese.mx](mailto:lenero@cicese.mx))



Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de  
Ensenada, Baja California, División de Oceanología, Departamento  
de Embarcaciones Oceanográficas.

Derechos reservados © CICESE 2013

---

López-Chico, J. R., y Leñero-Vazquez, J. C. 2013. *Informe de mantenimiento de ADCP montado al casco del B/O Francisco de Ulloa durante estancia en dique seco del mes de julio del año 2012.* Informe técnico CICESE No. **105758**, Serie Embarcaciones Oceanográficas, **15 p.**

## Tabla de contenido

Sección	Página
Tabla de contenido	02
Lista de figuras	02
1.- Introducción	03
1.1 - Objetivos	06
2.- Procedimiento	06
2.1 - Especificaciones técnicas del instrumento	06
2.2 - Detalle del procedimiento empleado	08
3.- Resultados y comentarios finales	13
4.- Agradecimientos	14
5.- Bibliografía	15

## Lista de figuras

Número de figura	Descripción	Número de página
1	ADCP RDI Instruments BB-VM-150.	06
2	Esquema del nicho del ADCP del <i>B/O Francisco de Ulloa</i> .	07
3	Tapa adaptadora, empaque de hule y ADCP fuera del nicho.	09
4	Perfilador fuera del nicho, sin la tapa adaptadora.	10
5	Ventana acústica del nicho del ADCP antes del mantenimiento.	11
6	Empleando la esmeriladora angular en la parte inferior del nicho.	11
7	Vista inferior del nicho recién pintado.	12
8	Ventana acústica colocada nuevamente luego del mantenimiento.	12

## 1.- Introducción

Como parte de la instrumentación para muestreos oceanográficos de la cual se encuentra dotado el *B/O Francisco de Ulloa*, se encuentra instalado a bordo de la embarcación un perfilador de corrientes basado en el efecto acústico *Doppler* (ADCP, por las siglas en inglés de *Acoustic Doppler Current Profiler*), el cual se encuentra montado en un nicho especialmente diseñado para el instrumento en cuestión. Este tipo de perfiladores brindan a los usuarios un registro de la velocidad y dirección de la corriente de agua oceánica a diferentes profundidades. Este parámetro es de especial importancia para el área de oceanografía física, pues la observación de las corrientes (magnitud y dirección) a diferentes profundidades y su interacción con otros parámetros es uno de los factores más importantes en el estudio de la dinámica de los océanos.

Los perfiladores de corriente basados en el efecto acústico *Doppler* han sido usados ya por varios años en el área de la oceanografía para la medición de corrientes a diferentes profundidades. El primero de ellos, documentado por *Rowe & Young (1979)*, data de la década de 1970, y en la actualidad se pueden encontrar instalados en una diversidad de plataformas en todo el mundo. Este tipo de instrumentos no está limitado a su uso a bordo de un buque, y puede emplearse en otras diversas maneras en campo: En anclajes subsuperficiales y boyas superficiales ancladas para la medición de corrientes en un lugar fijo o en puntos de medición fijos en ríos para obtener parámetros de las descargas de agua de los mismos hacia los mares.

Este tipo de perfiladores funcionan en base a la transmisión de pulsaciones de sonido (mejor conocidos en la literatura referente a estos instrumentos como *pings*) de una frecuencia sonora constante producidas por los transductores del instrumento. Dichos *pings* viajan a través del agua y, al llegar a reflectores naturales que se encuentran en el medio acuático (como lo son partículas suspendidas, plancton, etcétera, que se mueven en promedio a la misma velocidad y dirección que la corriente, y debido a ello se pueden asumir como representativos de dichos parámetros), los *pings* son reflejados en todas direcciones. Parte de ese sonido reflejado llega nuevamente a los transductores del instrumento, como un eco, donde es detectado nuevamente. El tiempo de regreso de estos ecos al perfilador ayuda a determinar la profundidad (distancia) de la medición, mientras que la diferencia de frecuencia sonora (producida por el efecto *Doppler*) de estos ecos en comparación con los *pings* emitidos originalmente por el perfilador permite determinar la dirección. El instrumento realiza una serie de *pings*, promediando los resultados de cada medición, el resultado de lo cual se denomina ensamble y dando como resultado un valor estimado de velocidad y dirección de la corriente de agua a profundidades determinadas en la columna de agua (*Gordon, 1996*, página 6).

En el caso específico de los ADCP montados en buques y otras plataformas móviles, es de extrema importancia alimentar al instrumento de

datos de navegación que representen las características de desplazamiento en tiempo real de la plataforma. Estos datos, que usualmente se obtienen del giroscopio (dirección navegada, cabeceo y balance) y del GPS (velocidad de navegación), son empleados a fin de que los datos crudos obtenidos por el ADCP sean compensados con los datos de navegación del buque o plataforma, para así obtener los valores reales del comportamiento de la corriente.

La obtención de los perfiles de velocidad y dirección de las corrientes de agua a diferentes profundidades es un factor de suma importancia para la oceanografía física, donde una de las grandes áreas interés es el estudio de las corrientes oceánicas, el cual tiene influencia en muchas áreas prácticas:

- En la navegación de embarcaciones, especialmente en tramos transoceánicos, el conocimiento de las corrientes y su comportamiento en superficie permite a las embarcaciones "navegar con la corriente", obteniendo una mayor velocidad y/o economizando combustible, lo que a su vez puede representar una menor emisión de gases contaminantes al ambiente.
- En las pesquerías, el desplazamiento de las corrientes puede implicar el movimiento de los juveniles de peces entre el lugar de desove y el lugar de crecimiento del juvenil y, finalmente, de captura. Aparte, las corrientes pueden mover el plancton, creando zonas ricas en él, lo que podría atraer bancos de peces. El conocimiento del comportamiento de las corrientes puede ayudar, junto con otras áreas de la oceanografía, a realizar modelos de comportamiento de la captura de pesquerías en diferentes áreas.
- En la meteorología, el océano, como un captor natural de energía proveniente de la radiación solar, se puede apreciar como un gran radiador, que ayudado por las corrientes produce el movimiento de la energía radiada por el sol y absorbida por el océano. Esto puede influir en el clima de diferentes áreas costeras del mundo y la temperatura superficial del mar, que afecta directamente a la formación e intensidad de fenómenos como tormentas y huracanes.
- En la exploración petrolera, el conocimiento del comportamiento de las corrientes es esencial. En las maniobras de exploración y perforación, es necesaria la estabilidad de toda la infraestructura, desde la plataforma en la superficie hasta todo el tirante que baja al lecho marino, y uno de los factores en la estabilidad es el comportamiento de las corrientes, que en caso de ser muy intensas pueden ser perjudiciales para el desarrollo de las actividades.

Como todo instrumento, para continuar como elemento funcional, requiere de mantenimiento periódico. Para realizar los mantenimientos preventivos de la instrumentación de muestreo oceanográfico, de preferencia se emplean los tiempos en que el buque, por requisitos operativos, se mantiene fuera de servicio, a fin de no perder disponibilidad de dicho equipo durante el período de cruceros, en que su presencia y servicio es indispensable.

El mantenimiento preventivo de los aparatos electrónicos es indispensable para su funcionamiento y el evitar que se dañen. Como parte de las funciones del técnico electrónico del buque, se encuentra dar el mantenimiento preventivo y correctivo a la instrumentación oceanográfica a bordo conforme sea técnicamente factible, para evitar en lo posible el tiempo fuera de servicio de los instrumentos, tanto por malfuncionamiento durante cruceros como por envío de instrumentos con el fabricante cuando el malfuncionamiento lo requiere.

Como parte de la instrumentación científica, se debe dar mantenimiento al ADCP. Los mantenimientos regulares que se brindan a este instrumento se pueden catalogar de dos maneras:

- Un mantenimiento anual, conforme lo permitan los tiempos fuera de servicio del buque, con el mismo a flote. En estas ocasiones, se extrae el instrumento de su nicho y se le brinda mantenimiento preventivo consistente en apertura del instrumento, inspección visual en busca de componentes dañados y su cambio si procede, limpieza de las tarjetas electrónicas y contactos eléctricos, limpieza de los transductores y del armazón externo, lubricación o cambio de empaques (*o-rings*) dependiendo del estado de los mismos y cambio de secante en caso de ser necesario. Al terminar, se cierra nuevamente el instrumento, se drena el nicho del agua destilada anterior, se coloca el instrumento junto con su tapa en el nicho y se llena el mismo, en su parte inferior, de agua destilada fresca.
- Un mantenimiento con el buque en dique seco, aproximadamente cada tres años. Al no haber riesgo en la apertura total del nicho con el buque en seco, aparte de realizar el mantenimiento anual del instrumento, se quita la ventana acústica de la parte inferior del nicho, se inspecciona visualmente en su totalidad la estructura del nicho y la integridad física de la ventana acústica, se limpia y pinta el nicho por dentro en caso de ser necesario y se coloca nuevamente la ventana acústica, finalmente probando la permeabilidad del nicho a fin de evitar pérdida de agua destilada y entrada de agua de mar al mismo.

En 2012, derivado del tiempo fuera de servicio del buque generado por su diqueado, se procedió a realizar el mantenimiento del ADCP y su nicho.

Aprovechando la estancia en dique seco del buque, se brindó el mantenimiento completo contemplado en el segundo punto anterior.

### 1.1 - Objetivos

- ◆ Registrar la memoria de gestión del procedimiento empleado para el desmontaje, mantenimiento y reinstalación del ADCP instalado a bordo del *B/O Francisco de Ulloa*.
- ◆ Obtener el valor del ángulo de referencia del perfilador, necesario para una correcta compensación de los datos en el procesamiento post-crucero.

### 2.- Procedimiento.

Para la elaboración del presente informe, se recopilieron anotaciones y material fotográfico como evidencia y referencia de las maniobras de mantenimiento realizadas mientras el *B/O Francisco de Ulloa* se encontraba en dique seco, correspondiente al período de julio y agosto de 2012.

#### 2.1.- Especificaciones técnicas del instrumento.

En el mes de noviembre de 1994, para satisfacer las necesidades de los usuarios y aumentar las capacidades de muestreo del buque, CICESE adquirió el ADCP montable al casco para su uso a bordo del *B/O Francisco de Ulloa*, marca *RD Instruments*, modelo BB-VM-150. Este ADCP se conforma de cuatro transductores recubiertos de uretano en configuración cóncava a 30° de la posición horizontal (habitual en los perfiladores montados a casco, para emplear el menor espacio posible, comparado con los ADCP con transductores en configuración convexa) con número de serie en el cabezal de transductores 2321, operando en la frecuencia de 150 kHz y tiene un rango nominal de 250 metros.



Fig. 1 – ADCP *RDI Instruments* BB-VM-150.

El ADCP se encuentra instalado a bordo del buque dentro de un nicho diseñado especialmente para ello, en la parte media de la manga del buque, cerca de la quilla. La tapa superior del nicho se encuentra en el pasillo de la cubierta de camarotes del buque, entre los camarotes 5 y 6. Dentro del nicho, se emplea una base metálica (tapa adaptadora) para montar el instrumento a fin de que los transductores queden orientados adecuadamente hacia el fondo del buque. En la parte inferior del nicho se encuentra una ventana acústica hecha de policarbonato, la cual reemplaza a la placa de casco y es necesaria de acuerdo a las recomendaciones de instalación del fabricante a fin de que permita la transmisión del sonido con la menor distorsión técnicamente posible para el funcionamiento correcto del perfilador.

El nicho se compone de la siguiente manera.

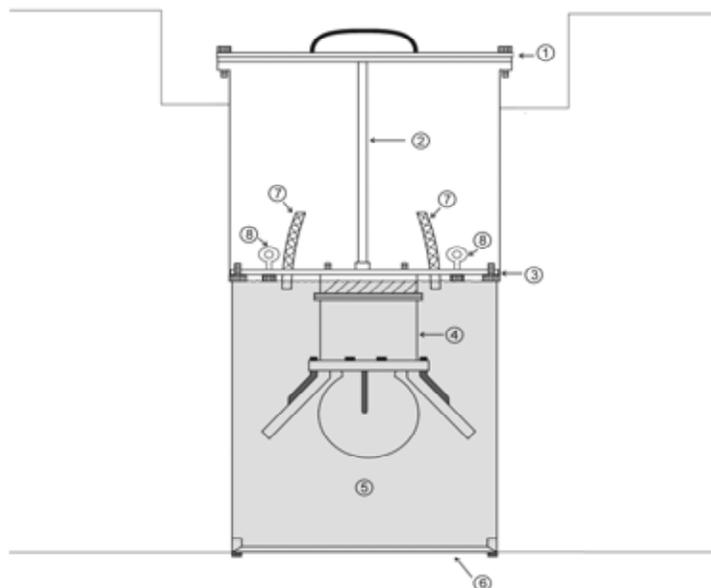


Fig. 2 – Esquema del nicho del ADCP del *B/O Francisco de Ulloa*.

Del esquema anterior tenemos los siguientes elementos:

- 1) Tapa superior del nicho.
- 2) Cable de comunicación del ADCP.
- 3) Tapa adaptadora del ADCP.
- 4) ADCP.
- 5) Parte inferior del nicho, llena de agua destilada de la tapa adaptadora hasta la ventana acústica.
- 6) Ventana acústica en el fondo del buque.
- 7) Mangueras (dos) de plástico para llenado y vaciado de parte inferior del nicho con agua destilada.
- 8) Puntos de sujeción (tres) para extraer la tapa adaptadora y ADCP del nicho.

El instrumento, ya instalado dentro de su nicho, se encuentra físicamente conectado mediante un cable a la consola de control (*deck unit*) del instrumento, la cual se encuentra en el laboratorio seco del buque. Así mismo, la consola de control se encuentra conectada a una computadora dentro del mismo laboratorio. En dicha computadora, a la cual se conecta por medio de un puerto RS-232 un enlace para la obtención de los datos en tiempo real de navegación del buque (provenientes del giroscopio satelital marca Furuno modelo SC-110 ubicado en el puente de mando), se corre el software del fabricante del instrumento, gracias al cual se capturan y almacenan las mediciones.

## **2.2.- Detalle del procedimiento empleado.**

El procedimiento detallado a continuación se llevó a cabo en el período del 25 de julio al 3 de agosto de 2012, en el *B/O Francisco de Ulloa*, mientras el mismo se encontraba en las instalaciones del astillero Gran Península, S. A. de C. V., en el puerto de Ensenada, Baja California, México.

El paso inicial para este mantenimiento, consistió en la extracción del ADCP de su nicho. Para esto, se inició por remover la tapa superior del nicho (que se encuentra atornillada al borde superior del mismo). Con la tapa superior fuera del camino, y la tapa adaptadora accesible, se procedió a desconectar de la tapa adaptadora y sacar con cuidado del nicho el cable de comunicación del ADCP. Lo anterior, permitió libertad para quitar el silicón de la orilla de la tapa adaptadora y quitar las tuercas de todos los espárragos que unen la tapa adaptadora a su soporte dentro del nicho, con lo que quedó suelta la tapa adaptadora y lista para extraerse junto con el ADCP.

Sin embargo, por el peso del ADCP y las reducidas tolerancias de espacio entre lo ancho de la tapa adaptadora y lo ancho del nicho, no fue posible sacar sin ayuda mecánica la tapa adaptadora y el instrumento. Por ello, fue necesario emplear un cabo pasado por los tres puntos de sujeción en la tapa adaptadora, que a su vez se amarró en el centro de la tapa y se unió a un teclé mecánico colocado temporalmente en el techo del pasillo de camarotes sobre el nicho. Antes de empezar la extracción de la tapa adaptadora y el instrumento, se marcó la orientación de la misma en relación a la proa del buque a fin de que fuera reinstalado en la misma orientación en la que se removió para no afectar el ángulo de medición del perfilador. Con ayuda del teclé, y controlando que la tapa adaptadora no se incline demasiado en el eje horizontal para evitar roces con los bordes del nicho, se extrajo lentamente la tapa adaptadora y el ADCP hasta que los mismos estuvieron fuera del nicho.



Fig. 3 – Tapa adaptadora, empaque de hule y ADCP fuera del nicho.

Con el ADCP fuera del nicho, se procedió a colocar una marca entre el armazón del ADCP y la tapa adaptadora, a fin de que al colocar nuevamente el ADCP en la tapa, no se cambiara la orientación del mismo. Acto seguido, se desacopló la tapa adaptadora para soltar el armazón del perfilador. Una vez quitada la tapa adaptadora, se procedió a desarmar el armazón del perfilador para tener acceso a los componentes internos, de acuerdo al procedimiento establecido para ello en el manual técnico (capítulo cuarto, sección quinta) proporcionado por el fabricante del instrumento (*RD Instruments, 1997*). Se revisó que el ADCP no tuviera humedad ni sarro en los contactores y tarjetas electrónicas internas, se cambió la bolsa de gel de sílice (secante), los empaques (*o-rings*), se colocó una ligera capa de lubricante en base a silicón a los empaques para lubricarlos y evitar que se resequen.



Fig. 4 – Perfilador fuera del nicho, sin la tapa adaptadora.

Al no encontrarse nada anormal en el interior del perfilador, no fue necesario realizar mantenimiento adicional. Por ello, se procedió a rearmar el ADCP, colocando nuevamente su armazón y cerrándolo con cuidado para evitar maltratar los empaques.

Al haberse terminado el mantenimiento del instrumento, y aprovechando la estadía en dique seco del buque, se procedió a dar mantenimiento al nicho y a la ventana acústica. Para esto, primeramente se quitó la ventana acústica ubicada en la parte inferior del nicho, y la cual está sujeta al nicho mediante tornillos y con un sello adicional de silicón por la orilla de la ventana acústica. Se desatornillaron todos los tornillos y se separó una pequeña sección del silicón de la orilla, drenando así toda el agua destilada del nicho. Acto seguido, se quitó con cuidado el resto del sello de silicón, quitando finalmente la ventana acústica.



Fig. 5 – Ventana acústica del nicho del ADCP antes del mantenimiento.

Con la ventana removida, se tuvo acceso al nicho tanto por la parte superior como por la inferior. Se utilizó una esmeriladora angular con una carda de alambre para quitar el silicón restante (en la parte donde se unen la ventana acústica y la base del nicho) y la pintura en mal estado de todo el nicho.



Fig. 6 – Empleando la esmeriladora angular en la parte inferior del nicho.

Una vez que se quitó toda la pintura en mal estado y el silicón, se procedió a pintar con brocha todo el nicho con pintura blanca marca *International* tipo *Interthane 990*, que es un esmalte de poliuretano acrílico, dejando secar por un período de 24 horas.



Fig. 7 – Vista inferior del nicho recién pintado.

Aparte, se le dio mantenimiento a la ventana acústica. Una vez retirada la misma de la parte inferior del nicho, se removi6 todo el material orgánico incrustado por medio de rasqueteo con una espátula y agua, dando un acabado final por medio de lijado manual con una lija grado 100 y se prepar6 para ser colocada nuevamente en su posición. Ya que la pintura del nicho había secado, se coloc6 nuevamente silic6n (marca *3M* tipo *Fast Cure 5200* en color blanco) en el borde de la ventana, se present6 la ventana en la base del nicho y se fij6 nuevamente con los tornillos. Acto seguido, se rellenaron con el mismo silic6n los bordes de la ventana acústica y se puso un poco de silic6n a las cabezas de los tornillos, terminando la instalaci6n de la ventana.

MR



Fig. 8 – Ventana acústica colocada nuevamente luego del mantenimiento.

Con los mantenimientos terminados del nicho y del perfilador, restaba colocar nuevamente el instrumento dentro del nicho y ponerlo en servicio. Una vez seco el silic6n de la ventana acústica, se atornill6 la tapa adaptadora al

perfilador, vigilando que las marcas hechas durante la remoción de la estructura quedaran alineadas de igual forma que al inicio y, empleando la misma maniobra con tecla que se usó para sacar el instrumento, se colocó en su lugar el ADCP, empleando como guía las marcas que se hicieron al momento de sacar el instrumento para no perder la orientación. Dicha orientación, de acuerdo a las mediciones tomadas luego de la instalación, indican que el *beam* 3 del perfilador se encuentra a 45 grados con respecto a la proa del barco, apuntando hacia la banda de estribor.

Con el ADCP asentado dentro del nicho y la tapa adaptadora colocada sobre los espárragos, se colocaron nuevamente las tuercas para hacer firme la tapa adaptadora. Concluido lo anterior se procedió a rellenar el nicho con agua destilada, empleando para ello las dos mangueras en la tapa adaptadora. Una de estas mangueras se deja libre para la salida del aire de la parte inferior del nicho, mientras a la otra se le adapta un embudo para poder vaciar dentro el agua destilada. Dado el flujo de agua a través de la manguera, que es de un diámetro de alrededor de una pulgada, este relleno se hizo con mucha paciencia. La capacidad total de agua destilada que se insertó en la parte inferior del nicho fue de alrededor de 76 litros.

Con el instrumento en la parte inferior del nicho y rodeado de agua destilada, se procedió a realizar una última inspección externa de la ventana acústica, a fin de verificar la inexistencia de pérdidas de agua del nicho. En esta ocasión, no se presentaron problemas de esta índole, quedando estanco el nicho. Esto, permitió con seguridad energizar y probar el funcionamiento del ADCP. Se procedió a conectar nuevamente el cable de comunicación al conector del ADCP en la tapa adaptadora y a su consola de control (*deck unit*) en el laboratorio seco del buque para empezar a hacer pruebas en la comunicación. Se encendió el equipo de cómputo que se emplea para controlar el perfilador y se ejecutó la aplicación *WinADCP*, elaborada por el fabricante del perfilador, para control y almacenaje de datos del instrumento. Al confirmarse que el instrumento encendió y pasó todas las pruebas de auto-diagnóstico, se determinó que el mantenimiento concluyó exitosamente. Para terminar, se instaló de nuevo la tapa superior del nicho, haciéndola firme con sus tornillos, y se dió por finalizado el mantenimiento.

### **3.- Resultados y comentarios finales.**

- ◆ Se realizó exitosamente el mantenimiento del perfilador y del nicho en el que se encuentra instalado.

Al terminar este mantenimiento, se tuvo como resultado la comprobación del correcto funcionamiento del perfilador. Al haberse presentado la oportunidad, estando el buque en dique seco, se aprovechó para dar limpieza y retoque de pintura a la infraestructura (nicho y ventana acústica) que mantiene en su lugar y en servicio al instrumento. Con el cambio del agua destilada dentro del nicho, esencial para la correcta conducción de las señales sonoras indispensables para el funcionamiento del ADCP, se mantendrá un medio

adecuado para que los transductores realicen su función, obteniendo ensambles de datos de buena calidad.

- ◆ Se determinó el ángulo de referencia del perfilador.

Al terminar la instalación, y por medio de las marcas realizadas para dicho proceso, se midió el ángulo de referencia del perfilador. En este modelo específico de ADCP, dicho ángulo corresponde a la ubicación del *beam 3* respecto a la proa del buque. Este ángulo resultó ser de 45 grados hacia la banda de estribor (lado derecho del buque, viéndolo de popa a proa). Este ángulo debe corresponder, igualmente, con el dato anterior de referencia, debido a que las marcas que se emplearon para realinear el instrumento luego de este mantenimiento se realizaron antes de mover el ADCP. Este parámetro es empleado por el personal que procesa los datos obtenidos para determinar la dirección real de los valores medidos por el instrumento.

Al iniciar este mantenimiento, se tenía conocimiento de que el instrumento se encontraba trabajando dentro de los parámetros normales y no se esperaba encontrar problemas graves ni con el instrumento en sí ni con la estructura del nicho ni la ventana acústica. Efectivamente, y conforme a lo esperado, el instrumento se encontró en buen estado, mientras que la ventana acústica se encontró en condiciones aceptables, con material biológico adherido en la cara externa de la ventana, esperado y normal por la exposición al ambiente marino a la que se encuentra sometido.

El nicho, en general, se encontró en buenas condiciones. Se observó que la tapa superior del nicho presentaba un desgaste notable, a comparación del resto de la infraestructura. Seguramente esto fue originado por la presencia de agua estancada en el pasillo del buque. Por ello, se recomienda revisar con mayor frecuencia el estado de dicha tapa y mantener el pasillo libre de humedad, dentro de lo posible.

#### **4.- Agradecimientos.**

Los autores del presente informe agradecen al resto del personal del Departamento de Embarcaciones Oceanográficas (DEO) por su apoyo para el desarrollo de los cruceros oceanográficos a bordo del *B/O Francisco de Ulloa* y su retroalimentación para mejorar este informe. En especial se agradece al Ocean. Daniel Loya, Jefe del DEO, por su activo impulso y revisiones aportadas a este informe, Así mismo, se agradece a los usuarios, que con sus comentarios constructivos permiten la mejora de los procesos y muestreos, y con ello de la calidad de la información obtenida con el instrumento cuestión de este informe.

Un agradecimiento especial a Francisco Javier Ponce Isguerra y José María Domínguez Olachea del área de apoyo grafico de la división de Oceanología de CICESE por su apoyo en la elaboración de la figura 2.

## **5.- Bibliografia.**

Rowe, F. D., and J. W. Young. 1979. *An ocean current profiler using Doppler sonar*. OCEANS '79 conference publications, 6 p.

Gordon, R. L. 1996. *Acoustic Doppler Current Profiler. Principle of operation: A practical primer*. RD Instruments, 52 p.

RD Instruments. 1997. *Vessel Mount Acoustic Doppler Current Profiler Technical Manual*. Second revision, 283 p.