

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE ADCP EN LA ZONA DE LAS ISLAS SAN LORENZO Y SAN ESTEBAN: EDICIÓN, CONTROL DE CALIDAD, CALIBRACIÓN Y ESTADÍSTICA BÁSICA

Laura Elena Carrillo Bibriezca, Maria Luisa Argote Espinoza, Alberto Amador Buenrostro, Carolina Morales Zúñiga y Felipe Plaza Flores

CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, 22860, B.C.

RESUMEN

Se presenta la rutina de procesamiento seguida para el control de calidad y calibración de los datos procesados de BB-ADCP obtenidos durante junio de 1995, a bordo del B/O Francisco de Ulloa en la región del archipiélago central del Golfo de California. Los mayoría de los criterios sobre control de calidad de datos de ADCP reportados en la literatura han sido generados en el procesamiento de datos de corrientes obtenidos en zonas en donde la topografía del fondo presenta pendientes suaves y la magnitud de las corrientes es del orden de unos cuantos cm/s. En esas regiones se emplean como indicadores de datos erróneos la presencia de corrientes verticales intensas y las diferencias muy marcadas entre perfiles vecinos. En la zona del archipiélago, el campo de corrientes presenta intensas corrientes horizontales (de hasta 2.5 m/s), fuertes gradientes horizontales y velocidades verticales relativamente intensas. Por lo anterior, fue necesario establecer nuevos criterios para discernir la calidad de los datos. En este informe se presenta el procedimiento seguido para el control de calidad de los datos, que consistió en aplicar algunos de los criterios reportados en trabajos anteriores y nuevos criterios generados al procesar los datos en la región del archipiélago.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las corrientes oceánicas es básico para entender algunos procesos biológicos, químicos, geológicos y físicos que ocurren en una zona determinada. La medición de corrientes puede realizarse a través de métodos indirectos o directos. Entre los métodos directos de medición de corrientes se encuentran el seguimiento de trazadores tales como boyas, tintas, etc. y el uso de correntómetros. En las últimas décadas se han desarrollado instrumentos tales como los perfiladores acústicos de corrientes, que permiten obtener una mayor cobertura espacial y temporal que los métodos anteriores. El perfilador acústico de corrientes, a diferencia del correntómetro, que registra mediciones de la velocidad en un punto de la columna de agua, nos permite obtener el perfil de velocidad de toda la columna.

El presente informe contiene datos de corrientes obtenidos con un perfilador acústico doppler de corrientes (ADCP) durante el período del 14 al 27 de junio de 1995 a bordo del B/O Francisco de Ulloa, en la región del archipiélago central del Golfo de California (Figura 1). Esta campaña forma parte de un estudio para el análisis de la circulación, dispersión y mezcla de masas de agua en esta zona, en donde se realizaron en forma simultánea observaciones hidrográficas (CTD), de corrientes con anclajes de correntímetros y registros batimétricos. Se obtuvieron registros de corrientes con el ADCP para conocer el patrón de corrientes en la zona del archipiélago. Se ha reportado en la literatura un gran número de campañas de observación, en las cuales las corrientes han

sido medidas por medio de ADCP; no obstante, no ha sido reportado un procesamiento definido para datos de ADCP a un nivel técnico. Además, los criterios propuestos para el control de calidad de los datos son para áreas específicas, ya que al ser aplicados en la zona del archipiélago (en donde se presentan fuertes cambios batimétricos) no se obtienen resultados satisfactorios. Esto nos condujo a diseñar una rutina de procesamiento de los datos, a la elaboración de programas de cómputo y a la búsqueda de criterios más apropiados para el control de calidad de los datos recabados. En este trabajo se proponen criterios y una rutina para el procesamiento de datos de ADCP que sirvan de referencia para el procesamiento de futuras campañas y en particular en regiones que presentan cambios batimétricos abruptos.

OBTENCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTACIÓN

Se utilizó un perfilador acústico de corrientes VM-150 ADCP con una señal acústica de 150 kHz, manufacturado por RD Instruments de San Diego CA (BB-ADCP). El BB-ADCP está constituido por un transductor cóncavo de 4 haces con un ángulo del haz de 30°, montado en el casco del B/O Francisco de Ulloa, cuya distancia nominal es de 2.8 metros a partir de la línea de flotación y está orientado 45° con respecto a la línea de fe del barco. El transductor no está directamente en contacto con el agua de mar sino que se encuentra inmerso en agua destilada.

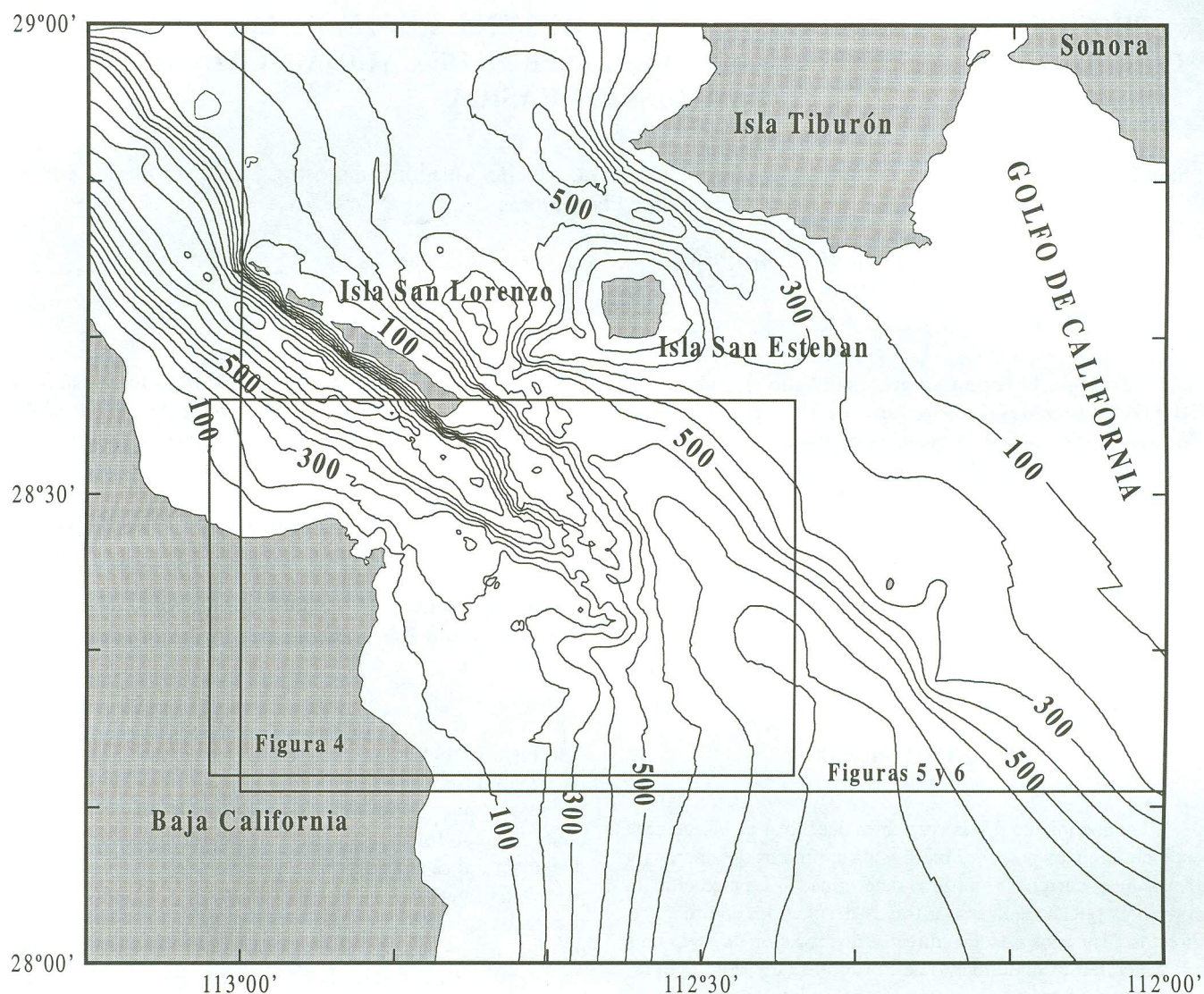


Figura 1. Batimetría del área de estudio y zonas aledañas.

La señal del BB-ADCP se envió a una interfase que también funciona como receptora de la señal del girocompás Sperry MK-37E del buque, el cual provee de la información del rumbo del barco. Ambas señales son enviadas a una computadora HP vectra 486-66, donde se encuentran los programas de cómputo utilizados para el almacenamiento de los datos provenientes del BB-ADCP y los datos de navegación que envía el navegador GPS Trimble XL. Es importante mantener ajustado y calibrado el rumbo del barco en la interfase con respecto a la señal de la girocompás durante la adquisición de los datos, debido a que pequeños errores en dicho ajuste conducen a grandes errores en la componente perpendicular de la velocidad del barco. El sistema de adquisición de datos se describe adelante.

EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema de adquisición de datos utilizado es el programa BB-TRANSECT versión 2.70 proporcionado por RD

Instruments. Con éste se controla el perfilador, se reciben los datos, se promedia y se registra la información. Además, permite observar en pantalla los datos adquiridos en tiempo real (los detalles de operación se pueden consultar en el manual del BB-TRANSECT). Durante la adquisición de los datos, la información de navegación es capturada por medio del programa NAVSOFT del RDI, llamado por el programa BB-TRANSECT, a través del que se colecta y decodifica la información proveniente del GPS en forma simultánea a la toma de datos con el ADCP.

El programa BB-TRANSECT funciona como un sistema semi-autónomo de adquisición, pues requiere de una revisión ocasional una vez que se ha alimentado el programa con el archivo de configuración. La revisión depende de las circunstancias durante las mediciones, tales como el estado del mar, cambios de profundidad, o incluso, cuando la presencia un banco de peces obstruye la señal acústica del instrumento y detecta un fondo falso. Los cambios en el archivo de

configuración durante la toma de datos son válidos, anotándose en la bitácora la hora de la modificación y la naturaleza del cambio, por lo que es recomendable cambiar el nombre del archivo de configuración. Las modificaciones más comunes durante el tiempo de operación del instrumento incluyen: los cambios en el intervalo de muestreo, el número de capas de profundidad, los cambios en la intensidad de la señal acústica y del nivel de referencia, entre otras.

En el archivo de configuración se indica el intervalo de muestreo (en tiempo o espacio), el número de capas de velocidad del perfil (celdas de profundidad), la profundidad de muestreo deseada donde la profundidad nominal es limitada por el instrumento, el modo de operación (velocidades referidas al fondo y a una profundidad), entre otros parámetros. Antes de la obtención de datos se debe realizar un estudio de los parámetros que controlan la información (cambios batimétricos, velocidades esperadas, velocidad de navegación, características energéticas de la región de muestreo), así como diseñar los transectos que se realizarán, evitando los cambios de rumbo innecesarios o bien evitar mezclar estaciones de CTD con mediciones de ADCP en períodos cortos, pues aceleraciones y desaceleraciones afectan la calidad de la información.

El programa BB-TRANSECT genera archivos de datos crudos, datos procesados y datos de navegación. Los 2 primeros contienen información de las velocidades del ADCP. Los datos procesados contienen promedios de las señales acústicas (pings), donde cada intervalo de tiempo está dado en el archivo de configuración. Además, la posición también se promedia durante el muestreo. Los datos crudos contienen la información directa del ADCP sin procesado alguno, y no contienen información de navegación. Esta última se almacena en los archivos de navegación y se encuentra en el formato del GPS.

CARACTERISTICAS DE LOS DATOS

Se realizó una serie de transectos adyacentes a la región del archipiélago comprendida entre 28° y 29° de latitud norte y 113° y 112° de longitud oeste.

Cada archivo contiene arreglos de datos que representan un perfil promedio durante el intervalo de muestreo. Para este crucero cada arreglo corresponde al promedio de datos cada 2 minutos utilizando el fondo como referencia. Cada perfil de velocidad obtenido por el BB-ADCP se divide en un número igual de celdas de profundidad; a cada una de ellas se le superponen sus celdas vecinas (Figura 2). El centro de cada celda se puede ubicar aproximadamente en el centro de la celda de profundidad. Con el fin de evitar ruido en las mediciones cerca de la superficie, inducidas por el propulsor y la quilla del barco debido a aceleraciones y al efecto del oleaje, se elige una profundidad de "blanqueo". Sin embargo, se debe tener cuidado al tomar el dato de la primera celda pues éste forma parte de la región de *blanqueo*.

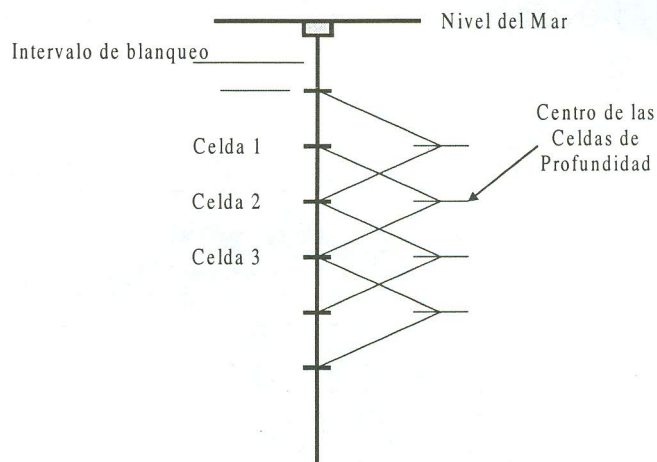


Figura 2. Diagrama que representa el intervalo de "blanqueo" y las celdas de profundidad. Obsérvese que cada celda se superpone a sus vecinas.

Para este crucero se realizaron transectos con arreglos de 72 celdas con profundidad de 4 m. La primera celda correspondió a la profundidad de 14.78m y la última celda a 298.78m.

El formato de estos archivos (Tabla 1) se obtiene con formato ASCII del programa BB-TRANSECT. Cada arreglo de los archivos procesados contiene información de fecha y hora, posición promedio en el arreglo, velocidad del barco con respecto al fondo y perfiles de magnitud y dirección de la velocidad de la corriente, componentes u y v de la velocidad de la corriente orientadas con respecto al norte magnético, componente vertical w , error de la velocidad vertical, intensidad de los haces, porcentaje de confiabilidad y gasto. El porcentaje de confiabilidad corresponde al porcentaje de la señal acústica recibida por el sistema durante el intervalo de muestreo. Las velocidades están expresadas en cm/s y el gasto en m^3/s .

El ADCP operó durante toda la campaña, generándose 53 archivos procesados (promedio) los que, después de pasar por el procesamiento que se explicará en las siguientes secciones, se redujeron a 38, según se indica en la Tabla 2.

PROCESAMIENTO APLICADO A LOS DATOS DE ADCP CAMPAÑA FU9506

La rutina de procesamiento de los datos de ADCP de la campaña FU9506 consistió básicamente en el cambio de formato a los archivos, la verificación de tiempo y fecha, el abanderamiento, la identificación, el control de calidad, la edición y la calibración. Cada uno de estos puntos se describen a continuación.

Tabla 1. Ejemplo del formato de los archivos procesados ASCII para FU9506.

Número de arreglo

95 6 17 5 28 37 67 1 9 .000 .000 130.630 22.210

270.60 -191.80 -9.00 -.60 -32768.0 -32768.0 -32768.0 -32768.0 86.92 90.14 87.89

88.96

405.28 121.30 228.29 -330.76 401.89

28.3647900 -112.8312000 341.20 -114.90 463.30

-6797.9 -666.6 -1289.6 .0 .0 .0 .0 .0 .0

72 cm BT counts .43 .044

Fecha y Hora

17 de Junio 1995

5:28 hrs.

Componente u y v de la velocidad referida al fondo.

Latitud y longitud promedio para ese arreglo.

Número de celdas de profundidad, unidades y modo de operación (en este caso fondo como rereferencia).

Matriz de datos.

Columna 1: profundidad (m)

Columnas 2-6 perfiles de velocidad:

2: rapidez (cm/s)

3: dirección (grados)

4: componente u (cm/s)

5: componente v (cm/s)

6: componente w (cm/s)

7: error de la vel. vertical (cm/s)

Columnas 8-11 intensidad de la señal de cada transductor 1, 2, 3 y 4.

Columna 12: porcentaje de confiabilidad

Columna 13: Gasto (m³/s)

Valores bandera

14.78	46.07	324.274	-26.9	37.4	-2.9	.0	166.0	161.0	165.0	159.0	100	-26.08
18.78	43.46	321.258	-27.2	33.9	-1.5	.4	160.0	156.0	160.0	153.0	100	-19.83
22.78	37.12	327.766	-19.8	31.4	-1.3	1.3	152.0	148.0	153.0	145.0	100	-24.55
26.78	31.52	336.038	-12.8	28.8	-1.1	2.9	143.0	140.0	144.0	137.0	100	-27.73
30.78	29.13	354.681	-2.7	29.0	-1.8	3.6	136.0	132.0	135.0	129.0	100	-39.22
34.78	29.46	11.157	5.7	28.9	-1.8	4.5	130.0	126.0	130.0	123.0	100	-46.78
38.78	32.21	24.974	13.6	29.2	-2.1	4.5	123.0	121.0	126.0	118.0	100	-56.32
42.78	34.98	34.281	19.7	28.9	-1.9	2.7	120.0	116.0	121.0	113.0	100	-63.37
46.78	36.85	45.990	26.5	25.6	-2.0	1.5	119.0	114.0	119.0	111.0	100	-65.54
50.78	41.93	54.415	34.1	24.4	-2.7	.9	119.0	113.0	118.0	110.0	100	-71.63
54.78	45.81	62.148	40.5	21.4	-2.2	-1.4	118.0	111.0	116.0	109.0	100	-75.29
58.78	51.44	68.323	47.8	19.0	-2.1	-1.0	117.0	107.0	114.0	107.0	100	-79.80
62.78	58.61	73.853	56.3	16.3	-2.1	-1.7	109.0	102.0	110.0	102.0	100	-85.48
66.78	64.65	77.039	63.0	14.5	-2.7	-2.7	96.0	94.0	98.0	92.0	100	-88.41
70.78	64.89	82.919	64.4	8.0	-2.3	-2.8	89.0	87.0	88.0	80.0	100	-79.69
74.78	9999.99	9999.999	9999.9	9999.9	9999.9	9999.9	9999.9	123.0	118.0	122.0	111.0	20000.00
298.78	9999.99	9999.999	9999.9	9999.9	9999.9	9999.9	9999.9	62.0	52.0	59.0	55.0	0
20000.00												

CAMBIO DE FORMATO A LOS ARCHIVOS

Los archivos procesados provenientes de ADCP se encuentran en un formato binario y son cambiados a un formato ASCII utilizando el programa BB-TRANSECT en la función de PLAYBACK. El cambio de formato se hace según la descripción contenida en el manual de operación del ADCP (RD Instruments, 1995).

VERIFICACIÓN DE TIEMPO Y FECHA

Aunque el GPS y la computadora donde se efectúa el procesamiento deben estar sincronizados o bien tener un desfase no mayor a 5 segundos, la diferencia en tiempo puede ser corregida cuando se trabaja con los datos de navegación. Durante este crucero se confirmó que la hora y fecha en los archivos coincidiera con la indicada en la bitácora, por lo que la corrección en tiempo no fue necesaria.

ABANDERAMIENTO

Este proceso consiste en etiquetar datos que presentan contaminación durante la navegación por la cercanía del fondo, cambios batimétricos considerables, detección de un fondo falso debido a la presencia de organismos, mal funcionamiento

momentáneo del instrumento o interrupciones durante el almacenamiento de la información.

Para realizar la prueba de calidad y abanderamiento se elaboró un programa en lenguaje fortran con el que, además del abanderamiento, se cambia el formato para reducir espacio en la memoria de disco. En el abanderamiento, el primer criterio para descartar datos erróneos es el porcentaje de confiabilidad y/o el gasto. El porcentaje de confiabilidad es una medida de la intensidad de la señal recibida. El porcentaje de confiabilidad requiere de los 4 transductores para ser calculado. Se observó empíricamente que los datos se encuentran contaminados cuando el valor del gasto es mayor a 20000 m³/s, por lo que se decidió tomar el valor del gasto en conjunto con el porcentaje de confiabilidad como un primer criterio para el abanderamiento de los datos erróneos. El abanderamiento de datos contaminados consiste en sustituir con el número 9999.9 aquellas celdas con valores menores de 85% para el porcentaje de confiabilidad y un valor del gasto mayor a 20000 m³/s. No existe en la literatura un valor crítico único para el porcentaje de confiabilidad que garantice una buena calidad de los datos, sin embargo, se han considerado valores desde un 30% hasta un 95% (Münchow *et al.*, 1992; Ozimez *et al.*, 1993; Flagg y Shy, 1995). Para la información obtenida en este crucero se obtuvieron resultados satisfactorios con el

Tabla 2. Archivos ASCII con la información procedente del ADCP campaña FU9506, después de pasar por el control de calidad y edición.

NOMBRE DEL ARCHIVO	# DE ARREGLOS	HORA LOCAL	FECHA
9506006c.000	80	1:08-4:12	17/Junio/95
9506007c.000	29	4:19-5:17	17/Junio/95
9506008c.000	146	5:28-11:36	17/Junio/95
9506008c.001	135	11:38-17:46	17/Junio/95
9506008c.002	17	17:48-18:42	17/Junio/95
9506009c.000	125	20:08-1:40	17-18/Junio/95
9506009c.001	155	1:42-7:50	18/Junio/95
9506009c.002	59	7:54-9:50	18/Junio/95
9506011c.000	99	16:10-20:18	18/Junio/95
9506011c.002	42	2:08-4:00	19/Junio/95
9506012c.000	21	4:02-5:08	19/Junio/95
9506014c.001	37	11:50-14:46	19/Junio/95
9506014c.002	33	15:39-18:12	19/Junio/95
9506014c.003	16	18:47-20:04	19/Junio/95
9506015c.000	121	20:07-1:47	19-20/Junio/95
9506016c.000	185	1:50-9:16	20/Junio/95
9506016c.001	131	9:18-15:32	20/Junio/95
9506017c.000	88	15:42-20:04	20/Junio/95
9506019c.000	28	20:06-21:00	20/Junio/95
9506023c.000	185	21:14-4:08	21-22/Junio/95
9506023c.001	21	4:10-5:18	22/Junio/95
9506024c.000	63	5:29-8:25	22/Junio/95
9506025c.000	75	8:34-16:10	22/Junio/95
9506025c.001	78	16:12-23:54	22/Junio/95
9506025c.002	109	1:10-10:16	23/Junio/95
9506025c.003	25	10:18-12:40	23/Junio/95
9506026c.000	141	21:29-4:15	23-24/Junio/95
9506027c.000	32	9:33-15:25	24/Junio/95
9506027c.001	25	19:29-22:59	24/Junio/95
9506027c.002	150	0:53-6:41	25/Junio/95
9506027c.003	123	6:46-14:03	25/Junio/95
9506028c.000	15	14:11-15:07	25/Junio/95
9506030c.000	172	16:44-1:46	25-26/Junio/95
9506030c.001	153	1:48-7:32	26/Junio/95
9506031c.000	178	7:35-15:17	26/Junio/95
9506031c.001	138	15:19-21:25	26/Junio/95
9506032c.000	67	22:03-4:47	26-27/Junio/95
9506033c.000	14	5:58-6:27	27/Junio/95

85%. El resultado de aplicar este criterio para eliminar datos erróneos se indica en la Figura 3. En esta figura se presenta un transecto (archivo 9506011.000) en gráfica tipo astillas, en el que se observa claramente como se han eliminado datos erróneos, principalmente cerca del fondo.

IDENTIFICACIÓN

Esta parte del procesamiento consiste en identificar transectos, estaciones de CTD, cambios del rumbo del barco, huecos en la información o bien arreglos sospechosos de contaminación por navegación, fondo u otras causas. Esta identificación se realizó graficando los vectores de velocidad para una primera visualización de la información. Este procedimiento depende de la apreciación y experiencia del observador y es un paso importante para establecer la coherencia de la información y detectar arreglos sospechosos. La identificación de cambios pronunciados en el rumbo del barco y huecos en la información, se realiza utilizando el programa *flag.m*, elaborado en MATLAB. Este programa genera un archivo de salida con el listado de los arreglos donde

se realizan cambios abruptos del rumbo del barco o donde existen huecos en la información.

CONTROL DE CALIDAD

Para definir la calidad de los datos, se siguieron pruebas utilizando criterios estadísticos, de correlación y visual, sugeridos por Ozimek *et al.* (1993), Flagg y Shy (1996) y los procedimientos para procesar datos de ADCP sugeridos por el CODAS de la Universidad de Hawaii. Se utilizó la velocidad en la vertical w y el error de la velocidad vertical para discriminar datos de calidad pobre, pero se observó que la aplicación de estos criterios no fue suficiente en esta campaña, debido principalmente a que en esta zona la velocidad vertical es intensa y muy variable y por lo tanto el orden del error de la velocidad vertical es del orden de la velocidad w (según observaciones de los datos).

Los criterios más satisfactorios para llevar un control de calidad de la información de este crucero dependen principalmente de la estadística básica de los perfiles de u y v para descartar datos con una calidad dudosa. Se observó que perfiles con una confianza estadística pequeña fueron aquellos en que las componentes u y/o v de la velocidad presentaban un valor mayor a 3 veces la desviación estándar de su promedio, así como aquellos que presentaban velocidades superiores a 150 cm/s en todo el perfil, aún cuando se encontraron perfiles de velocidad con magnitudes de hasta 300 cm/s. En esta zona es posible encontrar velocidades altas (250 cm/s, según datos de correntómetros correspondientes a esta misma campaña), pero estas velocidades sólo se observan en ciertas profundidades y no en toda la columna de agua. Una forma de automatizar este procedimiento fue la utilización de los programas elaborados en MATLAB *estadis.m* y *amplitud.m*, respectivamente.

Otro criterio estadístico utilizado para eliminar arreglos erróneos fue la correlación entre arreglos vecinos, principalmente de las componentes u , v , y en la dirección. El programa elaborado en MATLAB para tal fin es *cricorr3.m*. Es importante, sin embargo, considerar que los accidentes batimétricos pueden inducir variaciones drásticas entre perfiles vecinos como el caso donde la batimetría cambia abruptamente por la presencia de umbrales y canales (Figura 1).

Con todos estos criterios en ocasiones resulta complicado discernir la calidad de la información. Aunque la estimación visual es subjetiva, en muchos de los casos es el mejor recurso para discernir la calidad de los datos.

EDICIÓN

El trabajo de edición consiste en la eliminación de aquellos arreglos identificados como erróneos y en la rectificación de algún problema de formato de escritura (normalmente por insuficiencia del espacio). También se eliminan los perfiles cuando existen cambios repentinos en la velocidad de navegación o cuando sólo se tienen datos aislados.

Transecto 9606011.000 arreglos 140:170

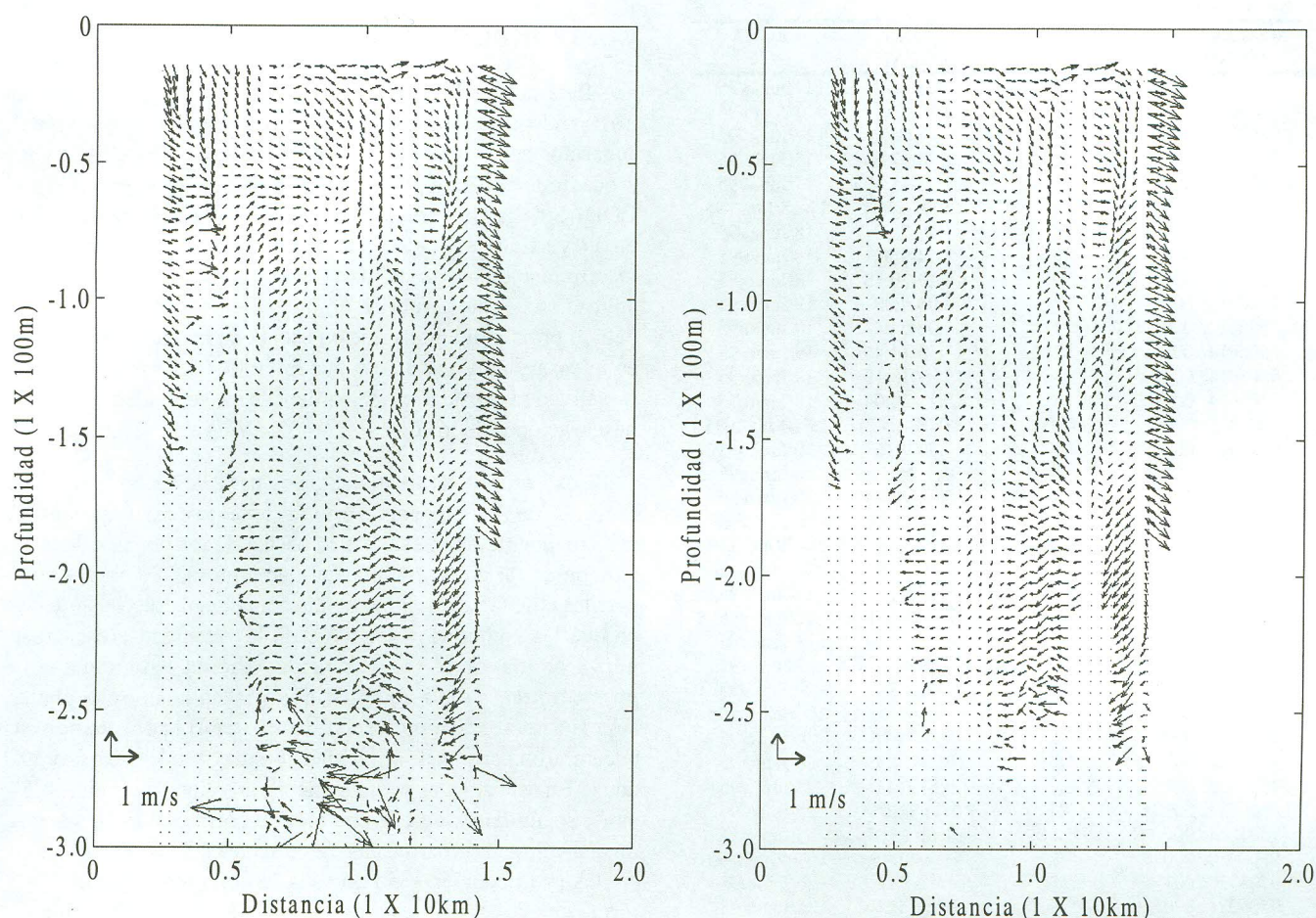


Figura 3. Gráficas tipo astillas para la sección del transecto del archivo 9506011.000 que comprende los arreglos 140:170. a) Utilizando un porcentaje de confiabilidad de 10%. b) Aplicando un porcentaje de confiabilidad de 85%.

El resultado de aplicar la edición sobre los datos se puede observar en la Figura 4. Nótese como se eliminan los datos erróneos provocados por cambios en el rumbo de la navegación, fluctuaciones en la velocidad del barco o cambios batimétricos.

CALIBRACIÓN

Existe una incertidumbre en la orientación del ADCP con respecto al rumbo del barco, la cual puede ser fija y causada por una mala alineación del instrumento durante su instalación o bien, variable debido a desajustes del ángulo de la girocompás del barco durante la operación del ADCP. Debido a que pequeñas desviaciones en el ángulo del rumbo pueden conducir a errores tanto en la dirección como en la escala de las velocidades observadas, es necesario determinar los valores del ángulo de desfase y el factor de escala para ajustar o calibrar los datos. Este paso en el procesamiento de la información recibe el nombre de calibración.

La calibración de los datos fue realizada usando la rutina establecida por Pollard y Read (1989) y Joyce (1989). Esta consiste básicamente en una comparación entre las velocidades obtenidas por navegación contra las velocidades estimadas usando el fondo como referencia. Los parámetros de la calibración fueron obtenidos por el programa en MATLAB *bt.m* (versión modificada del programa *btcuv.m* del CODAS). En este programa, la obtención de los valores de escalamiento y ángulo de rotación son obtenidos expresando el vector de velocidad (u, v) como un número complejo ($u+iv$). Calculando el valor absoluto y el ángulo del cociente entre el número complejo de la velocidad de navegación (u_{nav}) y la velocidad usando el fondo como referencia (u_{vbt}), obtenemos el factor de escalamiento y el ángulo de desfase, respectivamente.

Se utilizaron transectos con una trayectoria más o menos rectilínea y sin aceleraciones notables para calcular los valores de escala y desfase. En las Tablas 3 y 4 se muestran los valores de la mediana, media y desviación estándar para la escala y el desfase en grados. El valor medio de todos los transectos es

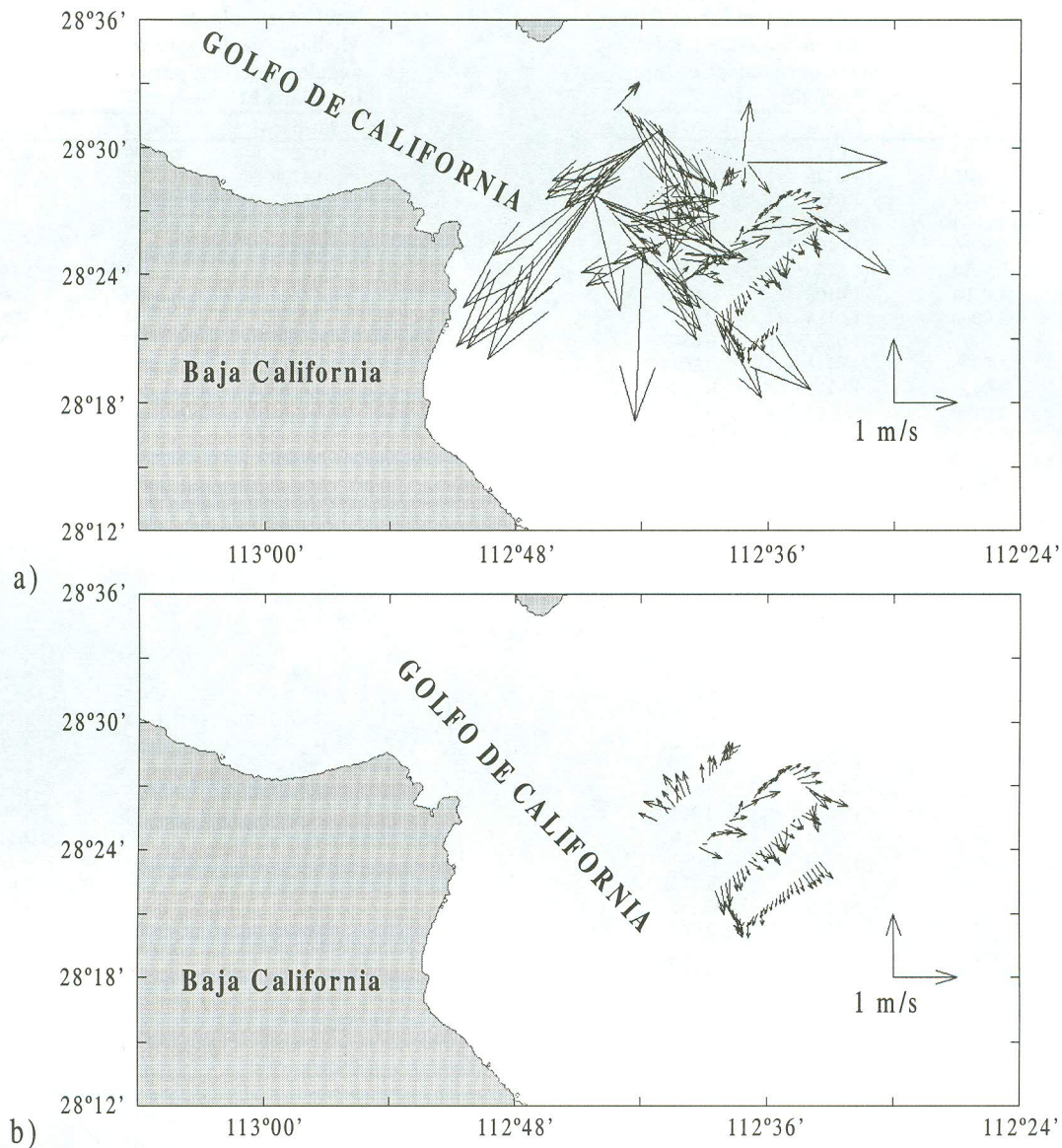


Figura 4. Vectores de velocidad correspondientes al promedio de los primeros 50 metros del archivo 9506011c.000. a) Sin aplicar criterios, b) Aplicando criterios de control de calidad.

1.0249 y 0.3886° para el escalamiento y la rotación respectivamente. Los errores potenciales sobre los datos de esta campaña pueden ser hasta ± 15 cm/s para una rapidez de 70cm/s (aproximadamente un 20%), o tan pequeños como ± 1 cm/s o aún menores. En virtud de que la desviación estándar del instrumento es de ± 1 cm/s esta corrección es innecesaria para valores de velocidad menores a 10 cm/s.

PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

TRANSECTOS

En la Figura 5 se muestra la localización en el área de estudio de los transectos de ADCP realizados durante la campaña FU9506, del 16 al 27 de junio de 1995, a bordo del

B/O Francisco de Ulloa. En la Figura 6 se muestran las secciones a las cuales se redujeron los datos una vez corregidos.

ESTADÍSTICA BÁSICA

En las Figuras 7 y 8 se muestran perfiles representativos de valores promedio y desviación estándar para la rapidez, componente u , componente v , componente w , % de confiabilidad y el error de la velocidad vertical. Los perfiles corresponden al promedio de los arreglos del archivo 9506008.000 arreglos del 45 al 100. Se muestran los perfiles representativos de los valores promedios, para los datos antes (Figura 7) y después a la corrección (Figura 8). Obsérvese como es mejorada la calidad de la información al discriminar datos erróneos del análisis.

Tabla 3. Resultados de la calibración.
Mediana, media y desviación estándar del
factor de escalamiento para datos de
ADCP (campana FU9506).

Mediana	Media	Desv. Est.
1.0127	1.0172	0.0665
0.9843	1.0445	0.1769
1.0172	1.0590	0.1985
1.0054	1.0155	0.0597
0.9980	1.0107	0.0580
0.9994	1.0106	0.0582
1.0104	1.0102	0.0626
1.0060	1.0116	0.0262
1.0174	1.0227	0.0563
1.0036	1.0133	0.0654
1.0453	1.0231	0.0808
1.0170	1.0241	0.1526
1.0105	1.0130	0.0580
1.0058	1.0119	0.0687
1.0098	1.0106	0.0615
1.0143	1.0121	0.0630
1.0047	1.0128	0.0592
1.0064	1.0067	0.1158
1.0078	1.0131	0.0639
1.0316	1.0225	0.0537
1.0231	1.0254	0.0832
1.0075	0.9992	0.0540
0.9838	0.9814	0.1321
1.0324	1.0329	0.0907
1.0543	1.0096	0.1516
1.0278	1.0189	0.1016
1.0018	1.0103	0.6000
1.0120	1.0358	0.1189
1.0039	1.0531	0.2173
1.0476	1.0886	0.2381
0.9962	1.0040	0.0776
1.0434	1.1081	0.2121
1.0135	1.0256	0.1543
1.0210	1.0185	0.0480
1.0176	1.0534	0.1542
0.9794	1.0085	0.1280
1.0181	1.0143	0.0844
1.0195	1.0581	0.3177
1.0135	1.1097	0.4160
1.0299	1.0341	0.0776
1.0226	1.0762	0.2434
1.0069	1.0076	0.0253
1.0020	1.0019	0.0555
1.0181	1.0601	0.1352
0.9851	0.9772	0.1494
1.0134	1.0821	0.7158
0.9812	1.0068	0.1130
1.0099	1.0411	0.1542
0.9736	0.9926	0.0533
1.0178	1.0072	0.0499
1.0157	1.0020	0.1452
1.0101	1.0053	0.0486
1.0017	1.0033	0.0721
1.0518	1.0213	0.0811
1.0072	1.0114	0.0719
1.0301	1.0128	0.0718
1.0230	1.0108	0.0912
1.0143	1.0258	0.0880
1.0152	1.0109	0.0506
1.0118	0.9962	0.0460
1.0486	1.0693	0.1256
1.0073	1.0693	0.4057
Media:	1.0132	0.0281

Tabla 4. Resultados de la calibración.
Mediana, media y desviación estándar del
ángulo de desfase para datos de ADCP
(campana FU9506).

Mediana	Media	Desv. Est.
0.3590	0.8190	4.2718
4.4739	-0.0013	15.3732
0.5187	-0.5420	5.1638
0.5804	0.7268	2.6917
0.3409	0.5247	2.8098
0.4750	0.4083	1.1915
0.5400	0.9039	3.0082
0.8941	0.0436	4.7389
-0.3698	-0.4227	4.8758
0.5537	0.6487	3.4776
0.1259	0.1741	2.7616
1.0945	0.6718	4.7412
0.7542	0.5393	3.4495
0.7543	0.7704	2.8008
1.8242	0.9638	3.6623
0.5766	1.0574	2.6167
1.0708	0.0590	3.1779
-0.4410	-0.8701	12.7729
1.2795	1.5510	1.3476
0.0318	-0.1596	3.6372
-0.4331	0.5688	2.5342
-0.4213	0.1553	2.5881
1.1484	-0.2377	8.4246
0.2353	1.0415	4.8925
3.6470	1.1234	5.5866
0.9351	1.1997	2.0199
-0.9155	-0.4266	4.8767
1.3797	1.7354	5.2664
0.7640	-0.3535	5.2942
-1.7078	-0.7947	16.8225
-1.0600	0.2006	4.5168
0.6117	1.0448	5.8746
0.6242	-0.0698	3.1941
-0.9763	0.4205	4.2827
0.0399	-2.6564	10.0369
1.3234	1.2252	3.7913
1.1117	0.0467	3.1656
-0.3095	1.4972	26.8644
0.3609	0.7561	4.7387
1.3225	-0.4100	11.4653
-0.5542	-0.4633	9.2108
0.0444	0.8048	3.8974
1.3085	1.1355	4.8130
1.1207	0.6533	2.3437
-1.3337	0.6945	15.7044
0.9803	1.1285	6.9010
-0.7959	0.1404	6.5721
0.6308	-0.5250	4.7049
1.5542	1.6469	4.1970
1.2755	0.7504	2.4768
0.7169	1.0220	3.9001
1.5860	0.8875	3.8573
0.2156	0.7833	3.6736
-0.1177	1.3896	6.3478
0.5935	1.0530	4.2663
-0.5904	-0.1865	3.7959
1.5708	0.2104	4.7551
0.5814	1.2419	3.6714
1.2389	1.4366	2.6872
0.7417	0.3241	2.4279
-0.1591	-2.2173	8.9136
0.6246	-1.7513	14.2030
Media:	0.6088	0.8755

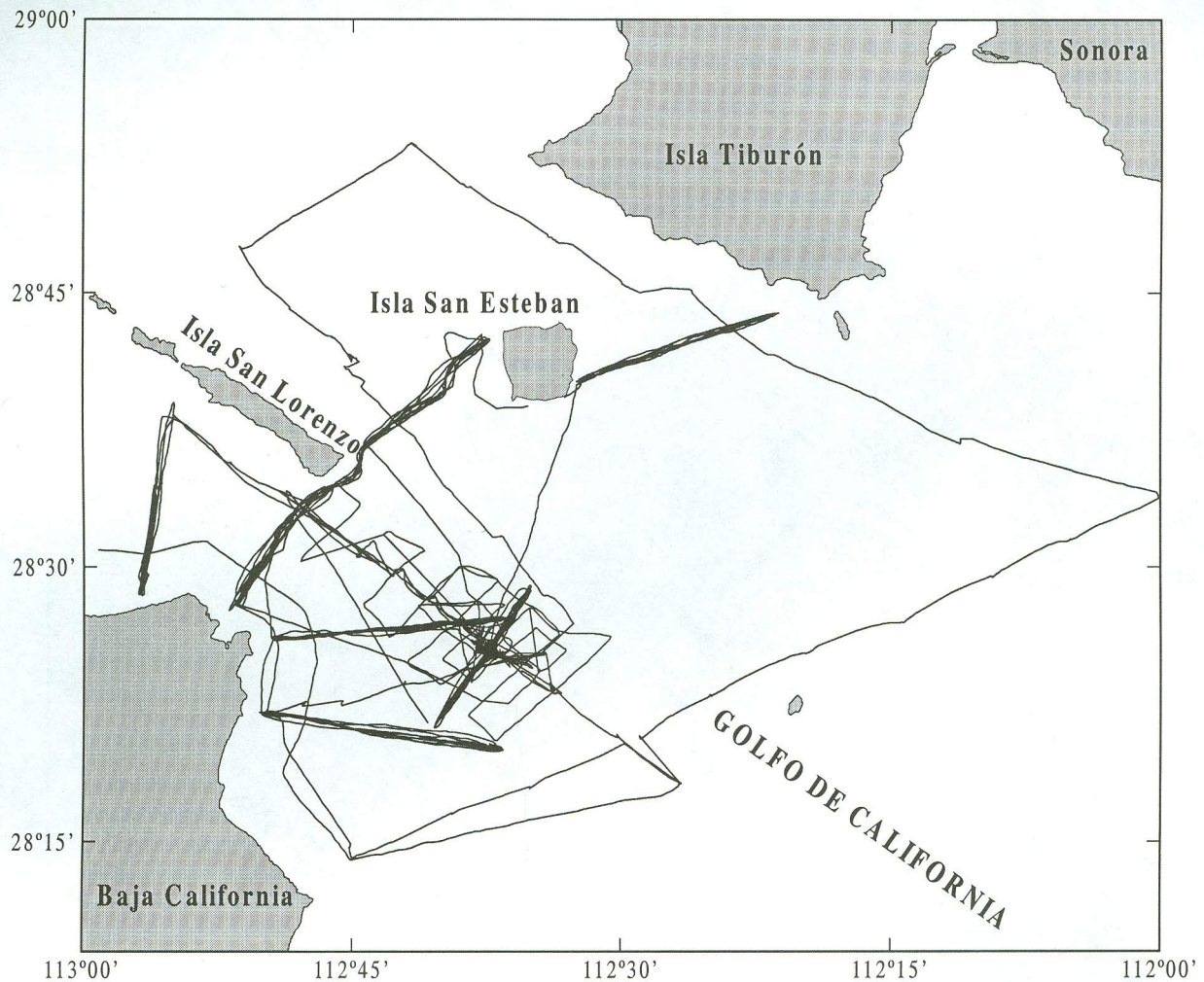


Figura 5. Localización en el área de estudio de los transectos de ADCP realizados durante la campaña FU9506, del 16 al 27 de junio de 1995, a bordo del B/O Francisco de Ulloa.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Los criterios existentes en la literatura son particulares para áreas donde las condiciones físicas (pendiente suave en el fondo y corrientes relativamente débiles), permiten obtener información de calidad aceptable con un mínimo de procesamiento. Los criterios aplicados bajo estas condiciones, tales como utilizar la velocidad vertical (componente w de la velocidad) y el error en la velocidad vertical no fueron suficientes para esta área de estudio, ya que la batimetría complica el análisis, no sólo por el error ocasionado durante la adquisición de los datos por los fuertes cambios batimétricos, sino también porque esta zona del archipiélago es caracterizada por la intensa mezcla y turbulencia generada por las fuertes corrientes de marea, inducidas por el estrechamiento del Golfo de California y la presencia de umbrales y las velocidades en la vertical son relativamente grandes y variables, comparadas con otras zonas del Golfo de California. Esto condujo a buscar empíricamente nuevos criterios como la aplicación de criterios estadísticos, de correlación entre arreglos vecinos y valores

críticos para la magnitud de la velocidad de hasta 150 cm/s. Sin embargo, el discernir la calidad de los datos no depende de criterios rígidos o establecidos y se encontró que el factor subjetivo del analista siempre fue el más importante.

La carencia de un procesamiento definido para datos de ADCP nos condujo a diseñar una rutina de procesamiento, a la elaboración de programas de cómputo y a la búsqueda de criterios más apropiados para el control de calidad. Este trabajo propone una rutina para el procesamiento de datos de ADCP que se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Cambio de formato a los archivos.
2. Verificación de tiempo y fecha.
3. Abanderamiento de datos erróneos.
4. Identificación de transectos.
5. Control de Calidad por medio de criterios: visual, estadística, correlación y amplitud.
6. Edición.
7. Calibración.

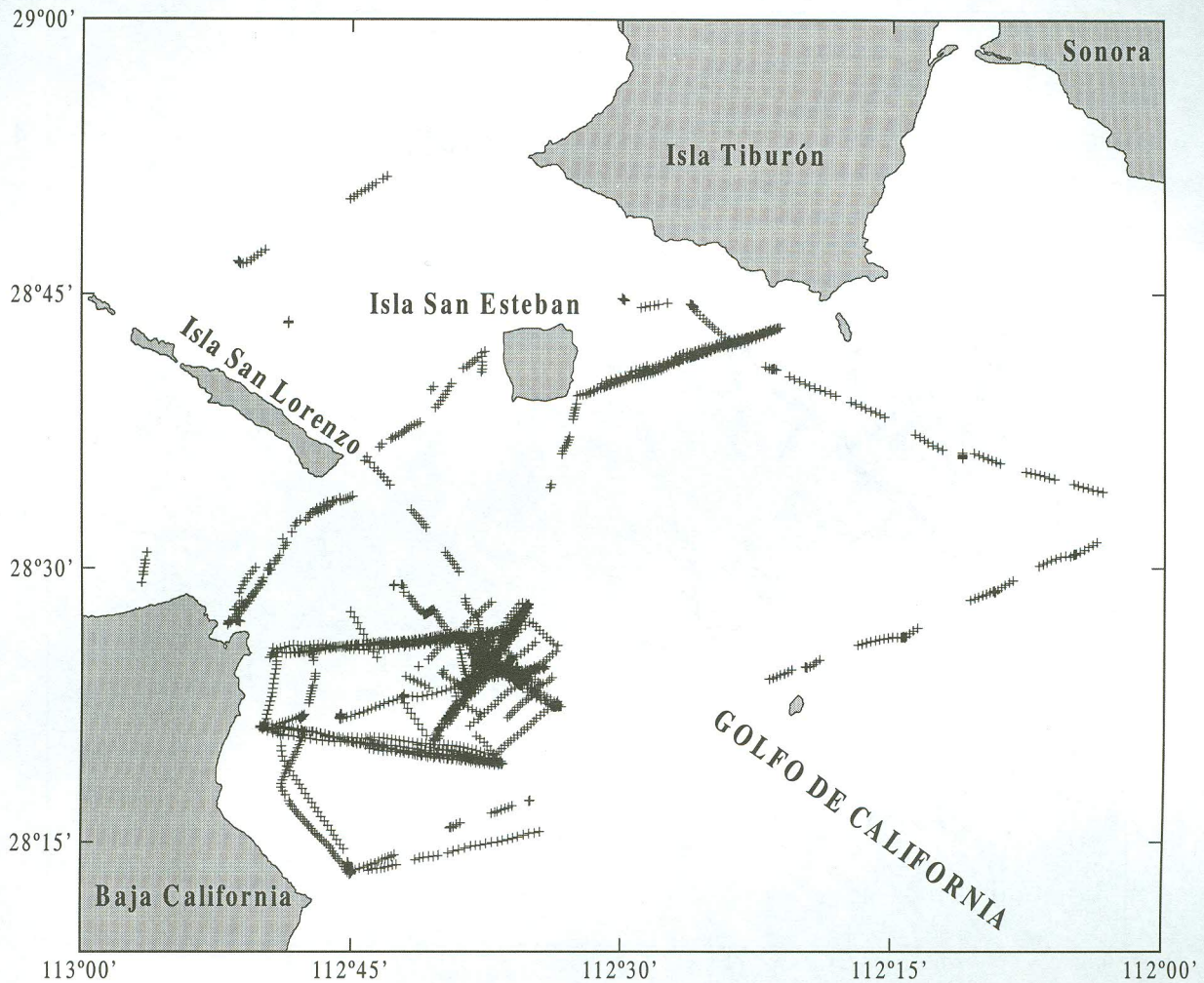


Figura 6. Localización en el área de estudio de las secciones de los transectos originales de los datos corregidos.

Los criterios de calidad del punto 5 (sección III.5) fueron los establecidos específicamente para discernir la calidad de los datos de la zona del archipiélago. Se espera que estos criterios y procedimientos sirvan de referencia para procesamiento de campañas posteriores en la zona. Los programas de cómputo aún no se encuentran en una etapa terminal, pues no son amigables al usuario, pero pueden ser obtenidos solicitándolos a la siguiente dirección de correo electrónico: lcarrill@cicese.mx.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por el Capitán Gerardo Sánchez Lías y a la tripulación del B/O Francisco de Ulloa su valiosa colaboración durante la adquisición de datos. Algunos de los programas integrados en la calibración fueron proporcionados por el Dr. Julio Candela, a quien agradecemos también sus sugerencias durante el procesamiento de los datos. Este trabajo fué realizado con el apoyo financiero de CICESE y CONACyT (Convenio 4929-T).

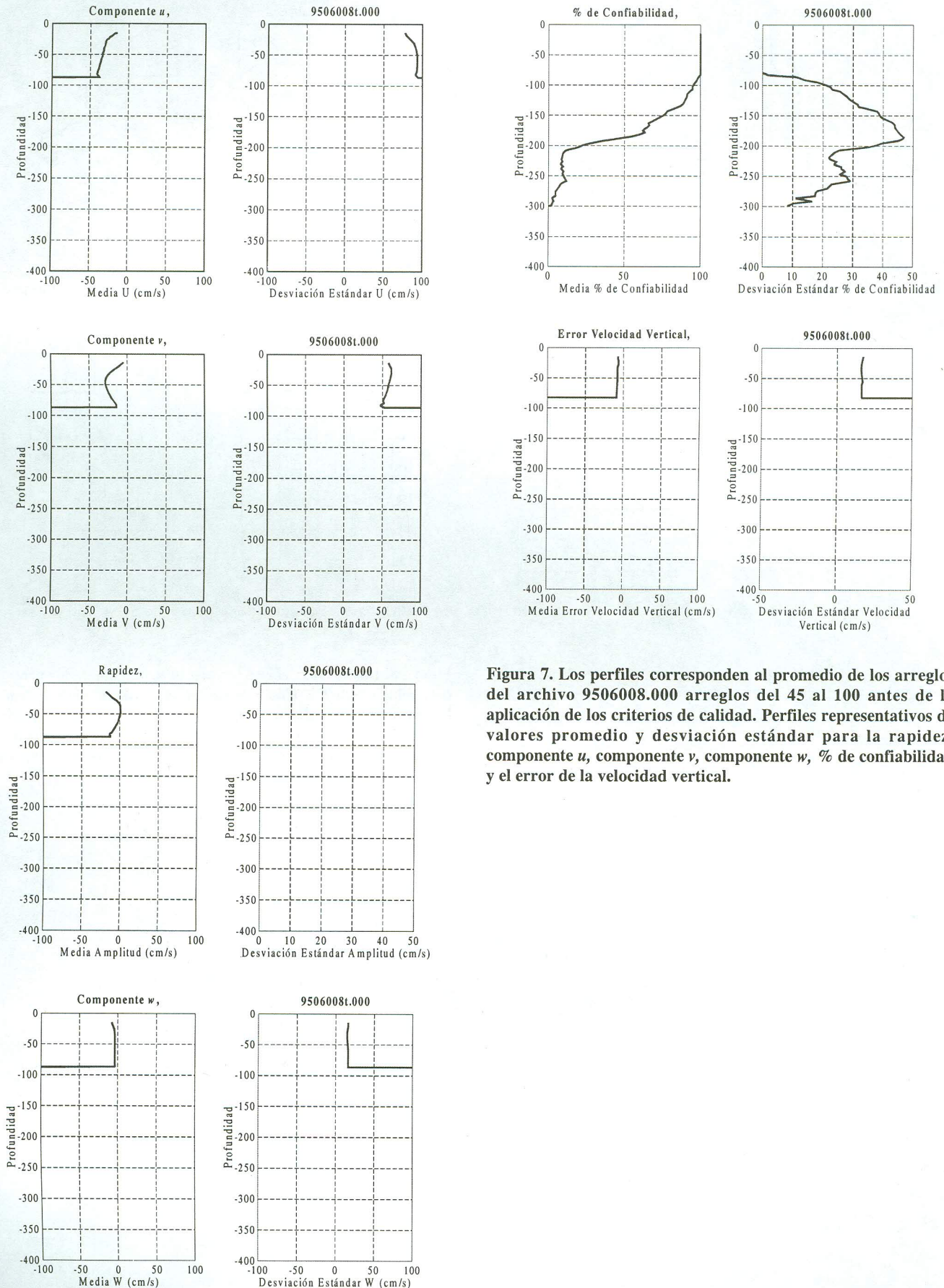


Figura 7. Los perfiles corresponden al promedio de los arreglos del archivo 9506008t.000 arreglos del 45 al 100 antes de la aplicación de los criterios de calidad. Perfiles representativos de valores promedio y desviación estándar para la rapidez, componente u , componente v , componente w , % de confiabilidad y el error de la velocidad vertical.

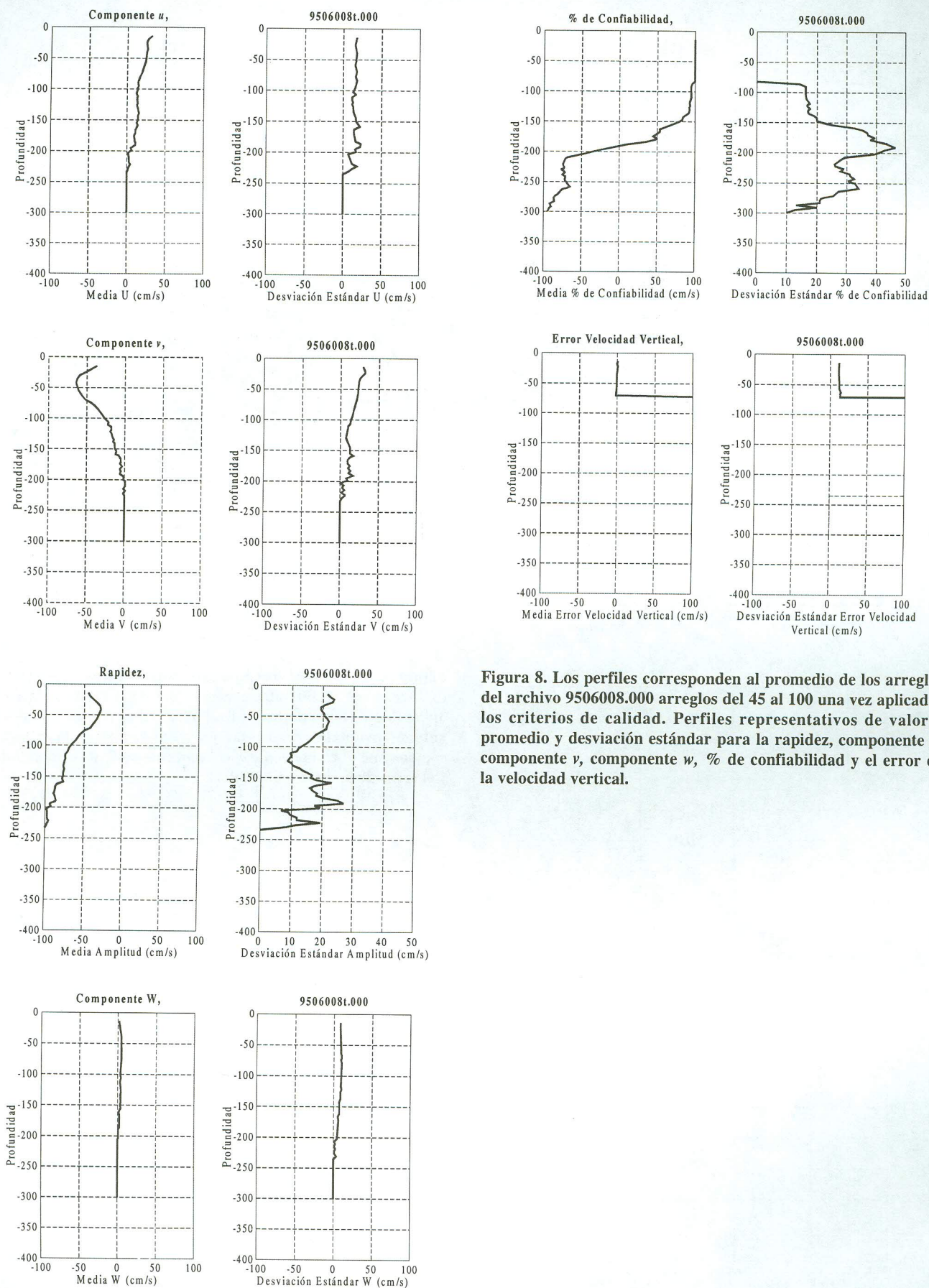


Figura 8. Los perfiles corresponden al promedio de los arreglos del archivo 9506008.000 arreglos del 45 al 100 una vez aplicados los criterios de calidad. Perfiles representativos de valores promedio y desviación estándar para la rapidez, componente u , componente v , componente w , % de confiabilidad y el error de la velocidad vertical.

REFERENCIAS

- Firing, E., J. Ranada and P. Caldwell. Processing ADCP Data with CODAS Software System Version 3.1. University of Hawaii. June, 1995.
- Flagg, C. and Y. Shi. Acoustic Doppler Current Profiling from the JGOFS Arabian Sea Cruises Aboard the RV T.G. THOMPSON. Data Report. Oceanographic and Atmospheric Sciences Division, Brookhaven National Laboratory, April, 1995.
- Joyce, T. M., "On situ "calibration" of shipboard ADCPs", J. Atmos. Oceanic. Technol., Vol. 6, pp. 169-172 (1989).
- Münchow, A., R. W. Garvine and T.F. Pfeiffer. Subtidal currents from a shipboard acoustic Doppler current profiler in tidally dominated waters. Continental Shelf Research, Vol 12, No.4, pp. 499-515 (1992).
- Ozimek, K., P. Flament, E. Firing, J. Firing, J. Read, R. Pollard and J. Luyten. Shipboard Acoustic Doppler Current Profiler, Data from the Angulhas Current and Retroflexion Region. SOEST Technical Report 93-04. School of Ocean and Earth Science and Technology, University of Hawaii. April, 1993.
- Pollard, R. and J. Read, "A method for calibrating shipmounted Acoustic Doppler Profilers and the limitations of gyro compasses", Journal of Atm. and Ocn. Tech, vol. 6, No. 6, pp. 859-865 (1989).
- RD Instruments. Direct Reading and self-contained Broadband Acoustic Doppler Current Profiler Technical Manual, November 1995.