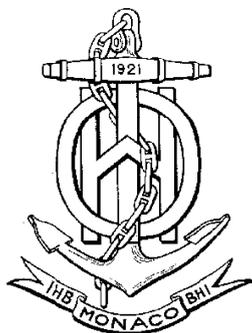


ORGANIZACIÓN HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL



MANUAL DE HIDROGRAFÍA

Publicación C-13

**1^{ra} Edición
Mayo 2005
(Correcciones a Abril 2010)**

PUBLICADO POR EL BUREAU

HIDROGRÁFICO INTERNACIONAL

M Ó N A C O

ORGANIZACIÓN HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL



MANUAL DE HIDROGRAFÍA

Publicación C-13

1^{ra} Edición
Mayo 2005
(Correcciones a Abril 2010)

Publicado por el
Bureau Hydrográfico Internacional
4, Quai Antoine 1er
B.P. 445 - MC 98011 MONACO Cedex
Principado de Mónaco
Telefax: (377) 93 10 81 40
E-mail: info@ihb.mc
Web: www.iho.int

PREFACIO

El objetivo general del Manual de Hidrografía de la OHI es proveer el conocimiento de los conceptos relacionados con hidrografía así como de guiar en el planeamiento y la ejecución de levantamientos hidrográficos. Se considera que el Manual es una guía profesional para los expertos en levantamientos hidrográficos y una herramienta para los profesores y estudiantes que participan en cursos y programas hidrográficos.

La preparación de este Manual comenzó después de que la mayoría de los estados miembros (EM) de la OHI respaldó desarrollar un proyecto que podría dar lugar a un Manual Hidrográfico (1999). La OHI propuso entonces el establecimiento de un Grupo de Trabajo que se reunió por primera vez en las instalaciones de la OHI, del 20 al 22 de junio de 2001, en donde se acordó la tabla de contenido; se identificaron los líderes de los equipos que se ocuparían de los temas específicos y que serían responsables de la compilación de las contribuciones de los expertos, y se definió un programa de trabajo. En 2004 se realizó una segunda reunión para repasar el resultado obtenido y para decidir sobre una versión preliminar del Manual. Después de recoger comentarios de los miembros del Grupo, se preparó la versión final y se publicó el Manual Hidrográfico de OHI.

El Manual es considerado un producto valioso que contribuye a la misión de la OHI, cuyos objetivos son:

- La coordinación de las actividades de las Oficinas Hidrográficas Nacionales.
- La mayor uniformidad posible de las cartas y documentos náuticos.
- La adopción de métodos confiables y eficientes para la realización y explotación de los levantamientos hidrográficos.
- El desarrollo de las ciencias en el campo de la hidrografía y las técnicas empleadas en la oceanografía descriptiva.

Hay que reconocer que varias Oficinas Hidrográficas (OH) han hecho grandes esfuerzos en la preparación y actualización de sus versiones del Manual Hidrográfico, casi desde su establecimiento, pero la falta de los recursos, de tiempo y mano de obra requeridos para esta actividad han imposibilitado a varias OH el continuar con esta práctica, conviniendo en la necesidad de cooperar y de coordinar los esfuerzos para la preparación de un Manual Hidrográfico de la OHI. Un Manual que pudiera ser útil a todos, con aspectos específicos sobre hidrografía y otras materias en términos generales ya que éstas son consideradas con mayor propiedad y detalle en los libros de textos existentes.

El contenido del Manual se divide en siete capítulos:

- El capítulo 1 se refiere a los principios del levantamiento hidrográfico, incluyendo sus especificaciones.
- El capítulo 2 se refiere al posicionamiento.
- El capítulo 3 a la determinación de la profundidad, incluyendo los principios y las técnicas usadas.
- El capítulo 4 proporciona información sobre clasificación del fondo marino y detección de objetos.
- El capítulo 5 se refiere en detalle a los niveles y al flujo de las aguas,
- El capítulo 6 se dedica al levantamiento topográfico aplicado a la hidrografía.
- El capítulo 7 proporciona, en forma estructurada, detalles completos de la práctica hidrográfica.
- Anexos con acrónimos, bibliografía y otra información relevante.

Es responsabilidad del BHI mantener este Manual actualizado, utilizando los aportes de los EM's y otras organizaciones a quienes se exhorta a proveer al BHI la información relevante para estos fines. Si es necesario, el BHI solicitará asesoramiento del Consejo Asesor Internacional de la FIG/OHI/ACI para el establecimiento de las Normas de Competencia de los Hidrógrafos y Cartógrafos Náuticos a fin de incluir el nuevo material y/o de organizar los capítulos importantes.

El BHI mantendrá una versión digital de este Manual en la página Web de la OHI e imprimirá copias a petición de los interesados. Con la colaboración de los lectores y de los Estados Miembros, el BHI cumplirá con el propósito de mantener esta publicación al día.

El BHI agradece particularmente al Almirante Ritchie del Reino Unido por su apoyo y motivación al escribir la introducción de este Manual.

El BHI quisiera agradecer a los siguientes autores principales por su esfuerzo al preparar el texto final y reconocer el apoyo y asistencia que les fue brindado por muchos otros que no aparecen nombrados:

Capitán Muhammad ZAFARYAB (Pakistán), Comandante Lamberto LAMBERTI (Italia), Teniente de Fragata Antonio DI LIETO (Italia), Teniente Comandante Paul LAWRENCE (RU), Teniente Comandante Fernando FREITAS (Portugal), Teniente Comandante Peter JOHNSON (Australia), Comandante Jerry MILLS (EEUU), Sr. Stephen GILL (EEUU), Sr. Federico MAYER (Argentina), Sr. Hector SALGADO (Argentina), Teniente Comandante Bob WILSON (RU) y Teniente Comandante David WYATT (RU).

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	i
INTRODUCCIÓN	1
Breve historia de la Hidrografía.....	1
Importancia de la Hidrografía	2
Áreas de competencia asociadas con la Hidrografía.....	3
CAPÍTULO 1: “PRINCIPIO DE LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS”	7
1. Introducción	7
2. Levantamiento Hidrográfico	8
2.1 Especificaciones de un levantamiento	8
2.2 Planificación del levantamiento.....	13
2.3 Recolección de datos	15
2.4 Procesado de datos.....	15
2.5 Análisis de los datos	17
2.6 Calidad de los datos	18
2.7 Calidad de los datos - Presentación	19
2.7.1 Carta de diagramas de fiabilidad.....	19
2.7.2 Zonas de Confianza (ZDC).....	19
2.8 Producción de los datos	23
2.9 Sistema de Información Náutico (SIN).....	24
2.9.1 Proceso de recopilación	26
2.9.2 Presentación.....	28
Anexo A – Acrónimos	31
Referencias	32
Direcciones URL	33
Bibliografía	34
CAPITULO 2: “POSICIONAMIENTO”	37
1. Introducción	37
2. Principios de Posicionamiento	37
La Tierra	38
2.1.1 El Elipsoide	39
2.1.2 La esfera local.....	40
2.1.3 El geoide.....	40
2.2 El Datum	40
2.2.1 El Datum horizontal	41
2.2.2 Tipos de Datum	42
2.2.3 La transformación del Datum	43
2.2.4 Datum vertical	45
2.3 Sistemas de coordenadas	47
2.4 Principios de cartografía	47
2.5 Proyecciones	49
2.5.1 Proyecciones en perspectiva (o geométricas).....	49
2.5.2 Proyecciones cónicas.....	49
2.5.3 Proyecciones cilíndricas	49
2.5.4 Representaciones	50
2.5.5 Proyección Universal Transversal Mercator (UTM).....	52
3. Métodos de Control Horizontal	53
3.1 Introducción.....	53
3.2 Método clásico.....	53

3.2.1	Triangulación.....	53
3.2.2	Trilateración	58
3.3	Método mixto.....	59
3.3.1	Poligonal.....	61
3.3.2	Poligonal abierta no orientada (iso-determinada).....	61
3.3.3	Poligonal abierta orientada (hiperdeterminada).....	62
3.3.4	Poligonal cerrada no orientada	64
3.4	Método fotogramétrico	66
3.4.1	Aerofotogrametría	67
3.5	Intervisibilidad de las estaciones geodésicas	70
4.	Métodos de Control Vertical	72
4.1	Nivelación geométrica	72
4.1.1	Principios y especificaciones.....	72
4.1.2	Medidas y control de calidad.....	74
4.1.3	Fuentes de error	74
4.1.4	Cálculo y compensación.....	74
4.2	Nivelación trigonométrica	76
4.2.1	Principios y especificaciones.....	76
4.2.2	Corrección por esfericidad.....	77
4.2.3	Corrección por refracción.....	78
4.2.4	Corrección de altura	79
4.2.5	Fuentes de error	79
4.2.6	Cálculos y compensación	80
4.3	Altimetría con GPS	81
5.	Instrumentos utilizados para establecer el apoyo (Control) Horizontal y del Vertical ..	82
5.1	Receptor GNSS (GPS).....	82
5.2	Instrumento electrónicos.....	82
5.2.1	Medición Electrónica de Distancias mediante fase	82
5.2.2	Medición Electrónica de Distancias mediante pulsos	84
5.2.3	Precisión y distancia de EDM	86
5.2.4	Estaciones Totales	87
5.3	Instrumentos ópticos	87
5.3.1	El sextante marino (Círculo de reflexión)	87
5.3.2	Teodolitos	88
5.3.3	Instrumentos de nivelación (Niveles) y estadía.....	90
6.	Métodos de Posicionamiento (Técnicas de Posicionamiento).....	91
6.1	GNSS (GPS)	91
6.1.1	Descripción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	91
6.1.2	Principios de posicionamiento.....	93
6.1.3	Rendimiento del sistema y fuentes de error	94
6.1.4	Seguimiento del GPS y técnicas de adquisición de señal.....	96
6.1.5	DGPS.....	98
6.1.6	RTK.....	99
6.1.7	Tratamiento de los datos	100
6.2	Sistemas electromagnéticos	102
6.2.1	Exactitud en la determinación de la posición	103
6.2.2	Líneas de Posición (LOPs)	104
6.2.3	Líneas de Posición de Circulares (CLOPs)	104
6.2.4	Líneas de Posición Hiperbólicas (HLOPs).....	105
6.2.5	Métodos para determinar líneas de posición de ondas electromagnéticas (EW LOPs).....	105
6.2.6	Medidas de diferencias de fase	105
6.2.7	Medidas de diferencia de tiempo.....	107
6.3	Sistemas acústicos.....	107
6.3.1	Técnicas acústicas	108

6.3.2	Principios de medición	112
6.3.3	Exactitud y fuentes de error	115
6.4	Técnicas ópticas	116
6.4.1	Posicionamiento por línea de referencia (Sondeo de cable)	117
6.4.2	Posicionamiento de resección del sextante (Intersección Inversa)	117
6.4.3	Posicionamiento por triangulación/intersección (Intersección directa)	117
6.4.4	Posicionamiento de distancia-acimut (Sistema mixto óptico y electromagnético)	117
Referencias	118
Bibliografía	120
CAPÍTULO 3: “DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD”		122
1.	Introducción	122
2.	Principios de los Sensores Acústicos y de Movimiento	123
2.1	Las ondas acústicas marinas y características físicas	123
2.1.1	Campo acústico	123
2.1.2	Ecuación del sonar	128
2.1.3	Temperatura	128
2.1.4	Salinidad	129
2.1.5	Presión	129
2.1.6	Densidad	129
2.2	Determinación de la salinidad, la temperatura y la velocidad del sonido	129
2.2.1	Instrumentación	130
2.2.2	Operación del instrumento	130
2.2.3	Procesado y registro de datos	131
2.2.4	Cálculo de la velocidad del sonido	131
2.3	Propagación del sonido en agua marina	131
2.3.1	Atenuación	131
2.3.2	Refracción y reflexión	132
2.4	Parámetros acústicos	133
2.4.1	Frecuencia	133
2.4.2	Ancho de banda	133
2.4.3	Longitud del pulso	134
3.	Sensores de Movimiento	135
3.1	Principios de operación	135
3.1.1	Sensores inerciales	135
3.1.2	Sensores inerciales con la integración de información GPS	136
3.2	Medición del rolido, cabeceo y balanceo	136
3.3	Aproamiento	137
3.4	Precisión	137
4.	Transductores	138
4.1	Clasificación en relación a la operación	138
4.1.1	Magnetostrictivo	138
4.1.2	Piezoeléctrico	138
4.1.3	Electrostrictivo	139
4.2	Ancho del haz	139
4.3	Clasificación en relación al tipo de haz	146
4.3.1	Haz único	146
4.3.2	Multihaz	147
4.4	Clasificación según su instalación	147
4.4.1	Fijo en la quilla	148
4.4.2	Remolcado	148
4.4.3	Portátil	148
4.5	Cobertura	150

5.	Sistemas Acústicos	151
5.1	Ecosondas de Haz único	151
5.1.1	Principios de operación	151
5.1.2	Instalación y calibración.....	155
5.1.3	Operación y registro de los datos	157
5.1.4	Fuentes de error y técnicas de control de calidad	157
5.2	Sistemas de bandas	167
5.2.1	Los sistemas de Multihaz	168
5.2.2	Sonares interferométricos	182
6.	Sistemas No Acústicos.....	183
6.1	Sistemas Láser Aerotransportados.....	183
6.1.1	Principios de operación	183
6.1.2	Capacidades y limitaciones	185
6.2	Sistemas Electromagnéticos Aerotransportados	185
6.2.1	Principios de operación	187
6.2.2	Capacidades y limitaciones	187
6.3	Teledetección.....	187
6.3.1	Fotobatimetría.....	187
6.3.2	Otros	187
6.4	Sistemas Mecánicos.....	188
6.4.1	Línea principal y vara de sondeo.....	188
6.4.2	Barrido de barra.....	189
6.4.3	Barrido de cable.....	190
	Referencias	191
	Bibliografía	193

Anexo A	Sistemas de Coordenadas y Referencia.....	197
----------------	--	------------

CAPÍTULO 4: “CLASIFICACIÓN DEL FONDO MARINO Y DETECCIÓN DE ACCIDENTES”	201	
1. Introducción	201	
2. Detección de Accidentes del Fondo Marino.....	201	
2.1	Antecedentes.....	201
2.2	Normas	201
2.2.2	OHI S-44 – Normas mínimas para levantamientos hidrográficos	202
2.2.3	OHI S-57 – Normas para la transferencia de los datos hidrográficos digitales	202
2.2.4	Detección de accidentes peligrosos	203
2.2.5	Requerimientos militares	204
2.2.6	Informe sobre los accidentes	204
2.3	Métodos de detección de accidentes	205
2.3.1	Descripción.....	205
2.3.2	Sonar de Barrido Lateral (SSS)	205
2.3.3	Consideraciones teóricas	206
2.3.4	Consideraciones operacionales.....	209
2.3.5	Distorsiones de los registros del sonar	211
2.3.6	Detección del accidente.....	213
2.3.7	Cálculo de la Velocidad de Avance (SOA)	215
2.3.8	Registro de errores.....	217
2.3.9	Uso práctico del Sonar de Barrido lateral.....	217
2.3.10	Errores de posición de los contactos del sonar	222
2.3.11	Trazado y mediciones desde los registros del sonar.....	222
2.3.12	Ecosondas Multihaz (MBES)	224
2.3.13	Consideraciones para usar el MBES	225

2.3.14	El Magnetómetro	225
2.3.15	Otros métodos para detectar accidentes.....	226
2.3.16	Obtención de la profundidad mínima definitiva sobre un accidente	227
2.3.17	Ecosonda de poca profundidad.....	227
2.3.18	Uso de Buzos.....	227
2.3.19	Otros métodos.....	228
2.3.20	Método de barrido con cable para naufragios.....	228
2.4	Registro del Sonar de Barrido Lateral	230
2.4.2	Registro de naufragios.....	231
2.4.3	Registro de cobertura del sonar	232
3.	Clasificación del Fondo Marino.....	234
3.1	Antecedentes	234
3.1.2	Modelos de clasificación del fondo marino.....	235
3.1.3	Muestras del fondo marino	235
3.1.4	Naturaleza del fondo marino	236
3.1.5	Clasificación de muestras	236
3.1.6	Métodos para obtener las muestras del fondo marino	238
3.1.7	Registros de muestras del fondo marino.....	240
3.2	Clasificación de los sensores	240
3.3	Clasificación - Teoría.....	241
3.3.2	Imagen del dispersor.....	241
3.3.3	Registros de Barrido Lateral.....	242
3.3.4	Mosaico	243
3.3.5	Clasificación - General	244
3.3.6	RoxAnn.....	245
3.3.7	Clasificación usando MBES	246
3.3.8	Mapa de textura	247
3.3.9	Power Spectra.....	247
3.3.10	Matrices de co-ocurrencia de nivel de gris	248
3.3.11	Función de probabilidad de densidad de la amplitud pico del eco	248
3.3.12	Dependencia angular	249
3.3.13	Interpretación de los datos acústicos por radiación	250
3.3.14	Modelos de clasificación militar.....	251
	Referencias	257
	CAPÍTULO 5: “NIVELES DE AGUA Y FLUJO”	259
1.	Introducción	259
2.	Mareas y Niveles de Agua.....	259
2.1	Principios de las mareas y de los niveles de agua.....	259
2.1.1	Fuerzas astronómicas de producción de mareas	259
2.1.2	Características de las mareas	264
2.1.3	Variaciones del nivel de agua No-de Marea.....	272
2.1.4	Marea y Datums del nivel de agua	273
2.1.5	Análisis armónico y predicción de marea	274
2.2	Funciones de apoyo operacional.....	280
2.2.1	Consideraciones de error calculado.....	281
2.2.2	Planificación de los requerimientos del nivel de agua y marea.....	281
2.2.3	Zonificación de nivel de agua y marea preliminar	283
2.2.4	Operación de la estación de control de nivel de agua.....	285
2.2.5	Requisitos para estaciones de nivel de agua suplementarias	285
2.2.6	Procesado de los datos y la tabulación	290
2.2.7	Cálculo de los Datums de marea	293
2.2.8	Zonificación final y reductores de marea	296
2.2.9	Uso del GPS cinemático para el control vertical	299

3. Flujo del Nivel de Agua y Corrientes de Marea	299
3.1 Introducción	299
3.2 Principios de las corrientes de mareas	299
3.3 Mediciones de corrientes	302
3.4 Predicción de corrientes de mareas.....	304
Referencias	305
CAPÍTULO 6: “LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO”	307
1. Introducción	307
2. Topografía, Delineación de la Costa y Ayuda al Posicionamiento de Navegación.....	308
2.1 Especificaciones.....	308
2.2 Métodos de posicionamiento y precisiones	309
2.2.1 GNSS	309
2.2.2 Triangulación	313
2.2.3 Poligonal	317
2.2.4 Intersección e Intersección Inversa	325
2.2.5 Algoritmos usuales	329
2.2.6 La nivelación y sus errores	336
2.3 Levantamientos de costa y de terreno de puerto	337
2.3.1 Aplicación de los métodos topográficos directos	337
2.3.2 Densidad de los puntos a ser estudiados.....	337
2.3.3 Métodos Aplicables	337
2.3.4 Representación del Relieve	338
3. Percepción Remota	339
3.1 Fotogrametría.....	340
3.1.1 Principios y aplicaciones de las fotografías aéreas.....	341
3.1.2 Elementos de obtención de fotografías aéreas.....	343
3.1.3 Planificación del vuelo	344
3.1.4 Restitución	346
3.1.5 Aerotriangulación	347
3.1.6 Apoyo (Control) de Terreno	350
3.1.7 Generalidades sobre Restituidores. Procesado digital	351
3.1.8 Foto interpretación.....	352
3.2 Tratamiento de Imágenes de sensores remotos no fotogramétricos.....	353
3.2.1 Satélite y sensores para el sensor remoto de los recursos de la tierra	354
3.2.2 Principales sistemas de percepción remota	358
3.2.3 Estructura de Imagen y Soporte	364
3.2.4 Fundamentos de interpretación y procesado.....	366
3.2.5 Procesado previo de datos y datos complementarios.....	368
3.2.6 Procesado de imagen	370
3.2.7 Altimetría	378
3.2.8 Aplicación cartográfica.....	382
Acrónimos	387
Referencias	389
Direcciones URL	392
Bibliografía	395
Anexo A Algoritmos para la Representación Mercator Transversal	397
Anexo B Ejemplos de Equipo Comercial.....	411

CAPÍTULO 7: “PRÁCTICA HIDROGRÁFICA”	415
1. Introducción	415
2. Planificación de un Levantamiento Hidrográfico	415
2.1 El proyecto hidrográfico	415
2.2 Evaluación de una tarea de levantamiento	416
2.3 Planificación detallada del levantamiento	418
2.4 Control Horizontal	418
2.5 Control Vertical	418
2.6 Corrientes de mareas	419
2.7 Sondaje	419
2.8 Sonar de barrido lateral	420
2.9 Muestras del fondo marino	420
2.10 Delineación de línea costera, objetos conspicuos y topografía	421
2.11 Observaciones secundarias	421
2.12 Organización del equipo de levantamiento	421
2.13 Recolección y revisión de los datos	422
2.14 Requerimientos de presentación de los datos	422
2.15 Desarrollo del programa de operaciones	423
2.16 Duración de la operación y costos estimados	423
2.17 Relaciones con las autoridades externas	423
3. Reconocimiento del Levantamiento	424
3.1 Reconocimiento general	424
3.2 El reconocimiento geodésico	424
3.3 El reconocimiento de mareas	425
4. Adquisición de los datos	425
4.1 Control horizontal y calibración	426
4.1.1 Introducción	426
4.1.2 Control horizontal en tierra	426
4.1.3 Control horizontal en el mar	427
4.1.4 Preparación del campo	428
4.1.5 Alineación y calibración de los sistemas de posicionamiento	430
4.1.6 Métodos y equipos de control horizontal	431
4.2 Control vertical y calibración	457
4.2.1 Descripción general	457
4.2.2 Modelado de mareas para levantamientos RTK	458
4.3 Observaciones ambientales	462
4.4 Directrices de líneas	463
4.5 Chequeo de líneas	467
4.6 Líneas principales	467
4.7 Interlíneas e investigaciones	469
4.8 Observaciones auxiliares/misceláneas	470
5. Delineación de la línea costera	472
5.1 Delineación costera general	472
5.2 Detalles costeros requeridos	472
5.3 Detalles motivo de preocupación para el navegante	473
5.4 Topografía	473
5.5 Delineación de la línea de bajamar	474
5.6 Alturas de características terrestres	474
5.7 Cartografiar la playa	474
5.8 Calco de la línea costera	475
5.9 Uso de trazados de fotos aéreas	475
5.10 Métodos para delinear la costa	476
5.11 Trazado de la línea costera	477
5.12 Informe sobre la delineación de la línea costera	477

6.	Procesado de los datos	478
6.1	Batimetría.....	478
6.2	Caracterización del fondo marino	480
6.3	Detección de accidentes.....	480
6.4	Observaciones complementarias/misceláneas	481
6.5	En conformidad con el plan	482
7.	Presentación de los datos.....	482
7.1	El informe del levantamiento.....	482
7.2	Requerimiento de datos	482
7.3	Formato y densidad de los datos	483
7.4	Requerimiento de medios	483
Referencias	484
Bibliografía	486
Apéndice 1 –	Guía de Estimación y Planificación de Levantamientos.....	489
Apéndice 2 –	Tabla 1 – Sistemas de Posicionamiento Horizontal y Criterios de Selección	493
Apéndice 3 –	Tabla 2 – Clasificación de los Anchos de Banda de los Sistemas de Posicionamiento Electrónicos usados en los Levantamientos Hidrográficos ..	495
	Tabla 3 – Campo de Aplicación de los Sistemas de Posicionamiento Electrónico usados en los Levantamientos Hidrográficos.....	495
Apéndice 4 -	Diagramas del Sistema	497
Apéndice 5 -	Modelo de Informe de Levantamiento	507

INTRODUCCIÓN

BREVE HISTORIA DE LA HIDROGRAFÍA

La carta de navegación más antigua que se conoce es la carta de Pisano, lleva este nombre porque fue llevada a la Biblioteca Nacional de París por una familia de Pisa en 1829. Fue dibujada en una piel animal a finales del siglo XIII, probablemente en Génova en donde había sido establecida una escuela de cartografía marina; había también una escuela similar en Venecia, mientras que una tercera escuela fue desarrollada en la isla de Mallorca. Estas escuelas producían las cartas conocidas como “portulanos” que eran similares en estilo y contenido. La característica más llamativa era la interconexión de las líneas de rumbo obtenidas de la rosa de los vientos que representaba 32 direcciones de vientos, cada uno de los cuales se podía utilizar con los divisores para fijar el curso de los barcos. Toda la línea de costa mediterránea fue representada, los nombres de las costas fueron mostrados sobre tierra dejando el área marina libre para el posicionamiento. Había algunos símbolos incluyendo la cruz para la roca sumergida pero no existían sondeos de profundidad.

Los portulanos portugueses y españoles del Siglo XV permitieron a marinos mediterráneos el navegar al sur de Inglaterra y en Flandes para transportar lana.

Por generaciones los marinos nortños habían navegado de un rumbo a otro usando direcciones escritas y sondeos legados por sus antecesores, un método de pilotaje conocido como: “caping the ship”. Con el desarrollo de la imprenta, Pierre Garcie de Rouen fue el primero en publicar la información sobre este método en su “Routier de la Mer” el cual ilustró con simples perfiles o vistas del área costera.

Cornelius Anthonisz, un proyectista de Amsterdam se dio cuenta que podían usarse bloques de madera para imprimir cartas en papel, y su primer trabajo fue el “Karte van Ostland” del mar Báltico y del Norte. A pesar de adoptar las líneas de rumbo y otras características de los portulanos, él utilizó la proyección de Ptolomeo que se había re descubierto recientemente en Constantinopla.

Anthonisz había demostrado el camino, pero fue Lucas Janszoon Waghenaer de Enkhuizen en Holanda quien, cuarenta años después, imprimió las cartas en papel utilizando el grabado en una placa de cobre. Por muchos años él había viajado extensamente como un “piloto” recopilando información hidrográfica y cuando regresó a tierra a la edad de 49 reclutó marineros para que le suministraran el material para compilar sus cartas. En 1584, Waghenaer publicó su gran atlas ‘Spiegel der Zeevaerdt’ (espejo del mar) que contiene 45 cartas que cubren las costas europeas de Noruega hasta el Estrecho de Gibraltar. Él introdujo muchas características nuevas tales como el reconocimiento de perfiles costeros detrás de las líneas de costa; reduciendo las distancias entre los puertos de modo que sus aproximaciones se pudieran mostrar a una escala mayor; la introducción de los símbolos para las boyas, los faros, pináculos de iglesia, y los sondeos se redujeron a su profundidad en la marea media.

Waghenaer había hecho el gran progreso de producir una carta de papel diseñada por un marino para los marinos. Él tenía un número de seguidores holandeses de modo que por más de 100 años las cartas holandesas estuvieron disponibles ampliamente, hasta de las aguas británicas; eventualmente el rey Carlos decidió que todas las costas y puertos británicos debían ser levantados.

Para esta tarea tan grande, seleccionó a un oficial naval llamado Greenville Collins, a quien le concedió el título de “Hidrógrafo del Rey” y le proporcionó el yate Merlín. El trabajo comenzó en 1681 y le tomó 11 años terminarlo.

No existía un mapa topográfico del Reino para que Collins pudiera comparar sus cartas, ni tampoco tenía un método para encontrar su longitud y solo el cuadrante para evaluar su latitud; sus sondeos reducidos a aguas de bajamar fueron fijados por marcaciones del compás de marcas en la orilla las cuales fueron fijadas por compás y cadenas de medición. En 1693 las cartas resultantes se publicaron en un atlas titulado “Derrotero de las costas de Gran Bretaña”, el cual contenía 47 cartas y 30 páginas de tablas de mareas, rumbos de navegación y vistas de costa. En el grabado de las cartas se incluyeron los sondeos y las enfilaciones principales para la entrada a puerto etc. El derrotero atrajo al marino británico, un adicional de veinte ediciones fueron publicados durante los siguientes 100 años.

Durante el siglo XVI muchos de los pilotos del mar quienes navegaron hacia costas distantes crearon una Escuela de Hidrografía en Dieppe. En 1661 Jean Baptiste Colbert llegó a ser el jefe de ministros de Luis XIV y entre sus muchas tareas estaba la de revitalizar a la marina francesa. Él asumió el control no sólo de la escuela de Dieppe sino que también estableció centros hidrográficos similares en numerosos puertos franceses. Esto le permitió hacer el levantamiento de toda la línea de costa francesa, cada carta estaba conectada directamente con la triangulación nacional establecida por la dinastía de Cassini.

Los higrógrafos de Colbert estaban trabajando en Nueva Francia y la cantidad de material procedente de Quebec permitió la formación en París del “Depósito General de Cartas y de Planos”, conocido hoy en día como la primera Oficina Hidrográfica Nacional. Dinamarca fue la siguiente nación en crear una Oficina Hidrográfica, seguida de cerca por los británicos en 1795; unos veinte países más establecieron sus propias oficinas en el siglo XIX.

Alrededor de 1775, dos topógrafos británicos, Murdoch Mackenzie y su sobrino del mismo nombre fueron en gran parte responsables de la invención del estimografo o estaciografo (“station point”), un dispositivo con el cual la posición del buque podía ser ploteada precisamente con la observación de dos ángulos horizontales entre tres marcaciones costeras. Éste fue un importante avance técnico que revolucionó los levantamientos marinos a lo largo del siglo XIX durante el cual la demanda por cartas de navegación para la guerra y la paz aumentó drásticamente.

Incluso antes de la I Guerra Mundial varios hidrógrafos nacionales consideraron cómo la cooperación internacional podría conducir al intercambio y a la estandarización del diseño de la carta. Con el fin de la guerra, los hidrógrafos británicos y franceses en conjunto convocaron a una conferencia internacional en la cual los delegados de 22 países se reunieron en Londres en junio de 1919. Muchas resoluciones referente a la estandarización de la carta y finalmente una resolución para formar una Oficina Hidrográfica Internacional con tres directores fueron adoptadas por la conferencia

S.S.A., el Príncipe Alberto I de Mónaco, quien había estado al tanto de los debates de la conferencia, generosamente acordó facilitar un edificio en su Principado para el funcionamiento de esta oficina donde sigue funcionando hasta la actualidad.

La historia de la hidrografía en el siglo XX, durante el cual ha habido muchos desarrollos tecnológicos, puede ser revisada en la edición conmemorativa del 75° Aniversario de la Revista Hidrográfica Internacional, fechada marzo de 1997.

IMPORTANCIA DE LA HIDROGRAFÍA

En primer lugar es necesario considerar la definición de hidrografía según la OHI, que dice lo siguiente:

Es una rama de las ciencias aplicadas que se ocupa de la medida y descripción de las características del mar y de las áreas costeras con el propósito primario de la navegación y el resto de los propósitos y actividades marinas, incluyendo actividades costa afuera, la investigación, la protección del ambiente, y servicios de predicción. (OHI Pub. S-32).

Por lo tanto, el desarrollo de una Política Marítima Nacional requiere una capacidad bien desarrollada para conducir todas estas actividades lo cual permitirá obtener el conocimiento básico de las características geográficas, geológicas y geofísicas del fondo del mar y de la costa, así como de las corrientes, las mareas y ciertas propiedades físicas del agua de mar; todos estos datos deben ser procesados correctamente para luego representar exactamente la naturaleza del fondo del mar, su relación geográfica con la tierra y las características y la dinámica del océano en todas las zonas del territorio naval de la nación. En resumen, la hidrografía, por definición, es la clave para el progreso de todas las actividades marítimas, normalmente de gran importancia para la economía nacional.

Para tratar adecuadamente áreas de seguridad y operación eficiente del control de tráfico marítimo; administración de la zona costera; exploración y explotación de recursos marinos; protección del medio ambiente y defensa marina, es necesario crear un Servicio Hidrográfico. El Servicio Hidrográfico, a través de la recolección sistemática de datos de la costa y el mar, produce y disemina la información que sirve de apoyo a la seguridad de la navegación marítima y a la preservación, defensa y explotación del medio ambiente marino.

To adequately address areas such as:

- Safe and efficient operation of maritime traffic control;
- Coastal Zone Management;
- Exploration and Exploitation of Marine Resources;
- Environmental Protection;
- Maritime Defence.

It is necessary to create a Hydrographic Service. The Hydrographic Service, through systematic data collection carried out on the coast and at sea, produces and disseminates information in support of maritime navigation safety and marine environment preservation, defence and exploitation.

ÁREAS DE COMPETENCIA ASOCIADAS CON LA HIDROGRAFÍA

Transporte marítimo

Más del 80% del comercio internacional en el mundo es transportado por el mar. El comercio marítimo es un elemento básico para la economía de una nación. Muchas áreas y puertos en el mundo no tienen cobertura exacta ni adecuada de sus cartas náuticas. Las cartas náuticas modernas son necesarias para la navegación segura a través de las aguas de un país y costas cercanas y para la entrada en sus puertos. La falta de cartas náuticas adecuadas impide el desarrollo del comercio marítimo en las aguas y puertos de las naciones en cuestión.

La industria naviera necesita eficiencia y seguridad. Áreas cartografiadas pobremente y la carencia de información pueden hacer que los viajes sean más largos de lo necesario, y hasta pueden impedir el cargamento óptimo de naves, aumentando así los costos. El ahorro de tiempo y de dinero que resulta del uso de rutas más cortas y más profundas y del uso de naves más grandes o cargueros de gran calado pueden representar importantes ingresos económicos para la industria y el comercio nacional. Es también muy importante señalar que el capítulo V de la convención de SOLAS considera a una nave sin valor si ésta no lleva las cartas actualizadas necesarias para el viaje previsto.

Una solución a estos problemas no podría ser posible sin los mapas y cartas de alta calidad que se producen y actualizan continuamente y que son distribuidas por el Servicio Hidrográfico. Estas cartas, producidas por medio de levantamientos hidrógrafos modernos, son necesarias para permitir a los grandes buques de hoy navegar en aguas nacionales y entrar a los puertos cuyo acceso antes era inseguro y por lo tanto son herramientas esenciales para la creación de ingresos a las naciones costeras.

Las cartas modernas también proveen la información requerida para crear el sistema de ruta establecido por las convenciones internacionales y para satisfacer los intereses económicos de las naciones costeras.

Administración de las zonas costeras

La administración adecuada de la zona costera incluye puntos tales como la construcción de nuevos puertos, y el mantenimiento y el desarrollo de los ya existentes; operaciones de dragado para el mantenimiento de las profundidades cartografiadas y para el establecimiento, monitoreo y mejora de los canales; control de la erosión costera; recuperación de tierra del mar; para el establecimiento y monitoreo de los lineamientos que regulan la descarga de la basura industrial; extracción de depósitos minerales; las actividades de acuicultura; los proyectos de transporte y de trabajos públicos incluyendo la construcción de la infraestructura cercana a la costa.

Los levantamientos de escalas de alta precisión proporcionan los datos primarios esenciales para los proyectos que implican todos los aspectos mencionados anteriormente. Debido a los cambios rápidos que sufren las líneas de costa, estos levantamientos deben ser actualizados con la frecuencia dictada por el proceso de supervisión y de análisis. La información recogida por las Oficinas Hidrográficas sobre las zonas costeras proporciona la principal fuente de datos para los SIG (Sistemas de Información Geográficos) que se están utilizando cada vez más para una mejor administración y toma de decisión con respecto a los usos conflictivos en las regiones costeras. Los usuarios de la información hidrográfica van más allá del grupo de usuarios tradicionales, los navegantes, incluyendo a las agencias gubernamentales, autoridades costeras, ingenieros y a científicos.

Exploración y explotación de los recursos marítimos

Aunque están diseñadas principalmente para apoyar la seguridad de la navegación, las extensas bases de datos almacenadas a lo largo de los años por las Oficinas Hidrográficas, junto a la variedad de sus productos y servicios, son de un considerable valor económico para ayudar a la administración y a la explotación de recursos marinos naturales. En años recientes, ha sido más evidente que los servicios hidrográficos inadecuados no sólo restringen el crecimiento del comercio marítimo sino que también conducen a retrasos costosos en la exploración de recursos.

Las áreas sedimentarias de costa y costa afuera pueden contener depósitos minerales, en particular hidrocarburos, que requieren levantamientos adecuados para ser identificados. Si se confirma la existencia de hidrocarburos, ello conducirá a los países costeros a llevar a cabo el desarrollo de la producción de hidrocarburos, lo cual implica la interpretación de la morfología del fondo marino, la seguridad en la navegación para el transporte de esta carga peligrosa; la seguridad de las plataformas costa afuera y lo relacionado con los sistemas de transmisión en el fondo del mar, colocación de oleoductos y a la construcción de pozos de producción. Los datos batimétricos, de marea y meteorológicos proporcionados por un Servicio Hidrográfico son un elemento fundamental para el desarrollo de la industria de hidrocarburo.

La industria pesquera es también una fuente de riqueza. Los pescadores necesitan la información marina no solamente para la seguridad en la navegación de sus embarcaciones, sino también para el despliegue seguro de su aparejos de pesca, que prevendrá pérdidas costosas. Además, las cartas oceanográficas, compiladas y producidas por las Oficinas Hidrográficas, ahora están siendo utilizadas extensamente por la industria pesquera.

Las actividades de la industria pesquera necesitan cartas detalladas para:

- Evitar la pérdida de aparejos de pesca y de embarcaciones pesqueras que encallan en obstrucciones no detectadas o no reflejadas en las cartas.
- Identificar las áreas de pesca.

- Localizar las áreas prohibidas o limitadas para la pesca.

Esta clase de información está sujeta a cambios frecuentes y por lo tanto necesita constante actualización. Los levantamientos hidrográficos son esenciales para obtener la información oportuna y actualizada y deben ser repetidos periódicamente.

La tendencia de la ciencia pesquera moderna se orienta hacia la administración del hábitat, la batimetría y otros datos oceanográficos que proveerán el ingreso de datos importantes para la administración y el desarrollo apropiado de las especies.

Protección y administración del medio ambiente

Un factor esencial para la protección del ambiente es la navegación segura y exacta. Los desechos y derrames de petróleo son un factor destructor importante para la contaminación, las consecuencias económicas son más devastadoras de lo que se imagina, en algunos casos, se han calculado en 3.000 millones de dólares por un sólo incidente.

El valor de los servicios navieros para la protección del ambiente marino se ha reconocido internacionalmente. A este respecto, debe ser observado que el capítulo XII de la agenda 21 de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo (UNCED), llevada a cabo en 1992, reconoció que **“El cartografiado náutico es de vital importancia para la seguridad de la navegación”**.

Ciencias marinas

Las ciencias marinas dependen en gran parte de la información batimétrica. Los modelos de marea y de circulación globales, los modelos locales y regionales para una amplia variedad de estudios científicos, la geología / geofísica marina, el despliegue y colocación de la instrumentación científica y muchos otros aspectos de la ciencia marina dependen de la batimetría proporcionada por los Servicios Hidrográficos.

Infraestructura nacional de los datos espaciales

En la era de la información, los gobiernos se han dado cuenta que la buena calidad y buena administración de los datos espaciales son un ingrediente esencial para el desarrollo económico y comercial, y para la protección del medio ambiente. Por esta razón muchas naciones están estableciendo infraestructuras de datos espaciales, reuniendo los servicios y las fuentes de los principales proveedores de datos espaciales a nivel nacional, por ejemplo, la topografía, geodesia, geofísica, meteorología, y batimetría. El Servicio Hidrográfico es una parte importante de la infraestructura nacional de datos espaciales.

Delimitación de límites marítimos

Los buenos datos hidrográficos son esenciales para la delimitación apropiada de los límites marítimos según lo detallado en la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

Defensa marítima

Los marinos son los principales usuarios de cartas náuticas, y en tal sentido deben estar preparados para desplegarse en muchas áreas en el mundo y deben mantener una gran colección de cartas. Los riesgos asociados con el cargamento de municiones y material nuclear hacen que sea muy importante que estas embarcaciones tengan toda la información actualizada. Los datos y la información marina proporcionadas por las Oficinas Hidrográficas nacionales apoyan la variedad de productos usados en las operaciones navales. Las operaciones de superficie, submarinas, antisubmarinas, barre-minas y las operaciones navales aire-mar necesitan productos de información náutica muy diferentes unos de

otros. Los datos hidrográficos y oceanográficos necesarios para la preparación de tales productos deben estar disponibles si la inversión nacional en materia de defensa se va a optimizar.

Turismo

Las cartas óptimas son importantes particularmente para el desarrollo de la economía de la importante industria del turismo, especialmente para lo relacionado con los cruceros. El potencial de la industria de los cruceros es especialmente importante para los países en desarrollo. Esta fuente importante de ingresos no puede ser desarrollada correctamente si la seguridad de la navegación en los paisajes turísticos es interrumpida o limitada por la carencia de cartas adecuadas. El turismo es una de las industrias de mayor crecimiento del siglo XXI.

Navegación Deportiva

La comunidad de navegantes de recreación representa un porcentaje grande de marinos. Generalmente no es obligatorio que quienes practican la navegación de recreación lleven cartas y a menudo los marinos de recreación no ponen al día sus cartas; sin embargo, el advenimiento de la información digital de la carta hace posible que el navegante deportivo tenga información actualizada de las cartas actualizada disponible rápidamente junto con muchos tipos de información de valor agregado tal como la localización de las marinas, etc. Este desarrollo hace posible que los navegadores de recreación se conviertan en una parte más grande del mercado de datos hidrográficos, ya que cada vez crece el número de gente que es propietaria de un barco. Una vez más, la renta de este sector está creciendo significativamente en muchos países.

Como puede verse, es extremadamente difícil cuantificar las ventajas económicas y comerciales que fluyen de un programa hidrográfico nacional, pero varios estudios hechos por los Estados Miembros de la OHI han sugerido que la relación costo beneficio es aproximadamente de 1:10 para las naciones marítimas importantes. Es también cierto que los volúmenes de comercio marítimo están creciendo continuamente, y que en el futuro, la explotación y el desarrollo sostenible de las zonas marítimas nacionales se convertirán en una gran preocupación del gobierno y de la industria.

Debe también ser notado que, económicamente hablando, el programa hidrográfico nacional es considerado como de “interés público”. Es decir que los servicios necesarios requeridos en el interés público no podrán ser entregados en sus niveles más óptimos por los poderes del mercado solamente. En cada Estado Miembro de la OHI la disposición de servicios hidrográficos es una responsabilidad del gobierno central, como componente esencial del desarrollo económico nacional. Esta dimensión económica total e importante del trabajo ha sido opacada a veces por el énfasis en los intereses de los sectores atendidos por los Servicios Hidrográficos, y más recientemente por los requisitos legislativos o reguladores. La dimensión económica de la hidrografía merece mucha más atención de la que ha recibido en el pasado.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS DE LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS

1. INTRODUCCIÓN

El levantamiento hidrográfico se ocupa de la configuración del fondo y de las áreas terrestres adyacentes a los océanos, lagos, ríos, puertos, y otras formaciones de agua en la Tierra. En sentido estricto, el levantamiento hidrográfico es definido simplemente como el levantamiento de un espacio acuático; sin embargo, usualmente puede incluir una variedad amplia de otros objetivos tales como mediciones de mareas, corriente, gravedad, magnetismo terrestre, y determinaciones de las propiedades físicas y químicas del agua. El objetivo principal de la mayoría de los levantamientos hidrográficos, es obtener datos básicos para la compilación de cartas náuticas con énfasis en las características que pueden afectar la seguridad de la navegación. Otros objetivos incluyen la adquisición de la información necesaria para productos relacionados con la navegación marina y para la administración de la zona costera, la ingeniería y la ciencia¹.

El propósito del levantamiento hidrográfico es²:

- Recopilar, con levantamientos sistemáticos en el mar, en la costa, y en tierra firme los datos georeferenciados relativos a:
 - La configuración de la línea de costa, incluyendo las infraestructuras hechas por el hombre para la navegación marina. Ej. Todas aquellas instalaciones en tierra que sean de interés para los navegadores.
 - La profundidad en el área de interés (incluyendo todos los peligros potenciales para la navegación y otras actividades marítimas).
 - La composición del fondo marino.
 - Las mareas y corrientes.
 - Las propiedades físicas de la columna de agua.
- Procesar la información recolectada de forma ordenada para crear las bases de datos organizadas capaces de alimentar la producción de mapas temáticos, cartas náuticas y otros tipos de documentación para los más comunes usos como son:
 - Navegación y control de tráfico marítimos.
 - Operaciones navales.
 - Administración de la zona costera.
 - Preservación del ambiente marino.
 - Explotación de recursos marinos y la colocación de cables y tuberías submarinas.
 - Definición de los límites marítimos (Implementación del Derecho del Mar).
 - Estudios científicos.

Los navegantes no han cuestionado la buena fe de las cartas náuticas y donde no se muestran peligros, ellos creen que no existen. La carta náutica es un producto final de un levantamiento hidrográfico. Su precisión y adecuación dependen de la calidad de los datos recogidos durante los levantamientos³. Una carta náutica es una representación gráfica del ambiente marino; presentando la naturaleza y la

¹ Manual Hidrográfico de la NOAA – 1, 4 de julio, 1976, P-1-3, www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf

² Organización Hidrográfica Internacional, Mónaco, Servicios Nacionales de Políticas Marítimas e Hidrográficas (M-2), P-13.

³ Manual Hidrográfico de NOAA Parte-1, Edición julio 4, 1976, P-1-3 www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf

forma de la costa, las profundidades del agua, la característica general y la configuración del fondo del mar, la localización de los peligros a la navegación, la bajamar y la pleamar, las informaciones de ayudas artificiales a la navegación, y las características del magnetismo de la Tierra. La forma real de una carta puede variar de una carta tradicional de papel a una carta electrónica.

Una carta electrónica no es simplemente una versión digital de una carta de papel; introduce una nueva metodología de navegación con capacidades y limitaciones muy diferentes a las de las cartas de papel. La carta electrónica se ha convertido en el equivalente legal de la carta de papel tal como fue aprobada por la Organización Marítima Internacional. Las divergencias en el propósito han conducido a la publicación de varias cartas de “nueva generación”. Las cartas batimétricas desarrolladas con datos digitales o creados con datos de ecosondas multihaz permiten que el relieve subacuático sea visualizado por medio de varios tonos de azul e isóbatas. De manera semejante, los mosaicos de sonar de barrido lateral han sido publicados en forma de cartas o de atlas para caracterizar las grandes estructuras geomorfológicas. Tales cartas no tienen, como objetivo, la seguridad a la navegación; sino que se enfocan en el conocimiento del ambiente requerido para la navegación submarina, la investigación oceanográfica o la aplicación industrial, tales como colocación de cables, minería del fondo del mar y explotación petrolera.

El levantamiento hidrográfico está experimentando cambios fundamentales en la tecnología de la medición. Los sistemas multihaz acústicos y láser aerotransportados ahora proporcionan cobertura y medición casi total del fondo marino con respecto a muestreos anteriores hechos por perfiles batimétricos. La capacidad para posicionar los datos con exactitud en el plano horizontal ha crecido enormemente gracias a la disponibilidad de los sistemas de posicionamiento satelital, particularmente cuando se recurre a técnicas diferenciales. Este avance tecnológico ha sido particularmente significativo, ya que los navegantes pueden posicionarse con mayor precisión que con los datos sobre los cuales están basadas las antiguas cartas⁴

2. LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICO

2.1 Especificaciones de un levantamiento

Este capítulo describe los Órdenes del Levantamiento que se consideran aceptables para permitir a las Oficinas Hidrográficas/ Organizaciones producir productos para la navegación que permitirán al tráfico marítimo navegar con seguridad a través de las áreas levantadas. Los requisitos varían con respecto a la profundidad del agua y por los tipos de embarcaciones que se espera naveguen en el área; por tal motivo, se han definido cuatro órdenes de levantamiento; cada uno diseñado para solventar una gama de necesidades. Para clasificar de una manera sistemática los diferentes requerimientos de precisión en las áreas que deben ser levantadas, cuatro ordenes de levantamiento han sido definidos por la OHI en la publicación S-44 5a edición 2008. Estos son descritos en los siguientes párrafos. La Tabla 1 resume el conjunto de los requerimientos pero debe ser leída en conjunto con la norma.

2.1.1 Orden Especial Este es el más riguroso de los órdenes y su uso se destina solamente para aquellas áreas donde es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino (quilla-fondo). Donde esta separación es crítica se requiere una búsqueda completa del fondo y el tamaño de los rasgos a ser detectados por esta búsqueda se mantiene deliberadamente pequeño. Puesto que la separación quilla-fondo es crítica, se considera inverosímil que los levantamientos de orden especial sean conducidos en aguas más profundas a 40 metros. ¶Los ejemplos de las áreas que pueden justificar levantamientos de orden especial son: áreas de atraque, puertos y áreas críticas de los canales de navegación.

⁴ Organización Hidrográfica Internacional, Mónaco, Servicios Nacionales de Políticas Marítimas e Hidrográficas (M-2), P-19.

2.1.2 Orden 1a Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el tráfico marítimo esperado que transite el área, pero donde la separación quilla - fondo es menos crítica que para el orden Especial. Donde puedan existir rasgos artificiales o naturales que sean de preocupación para la navegación, se requiere una búsqueda completa del fondo marino, no obstante el tamaño de la característica a ser detectadas es más grande que para las de Orden Especial. En donde la separación quilla – fondo llega a ser menos crítica a medida que la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor que 40 metros. Los levantamientos de Orden 1a pueden ser limitados para aguas más bajas que 100 metros.

2.1.3 Orden 1b Este Orden es apropiado para áreas menos profundas que 100 metros, donde una descripción general del fondo marino es adecuada para el tipo de embarcaciones que se espera transiten por el área. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino, lo que significa que algunas rasgos pueden ser perdidos, aunque el máximo espaciamiento entre líneas permisibles limitará el tamaño de los rasgos que probablemente permanecerán in-detectadas. Este Orden de levantamiento se recomienda solamente donde la separación quilla-fondo no sería considerado un problema. Un ejemplo sería un área donde las características del fondo son tales que la probabilidad de que exista un rasgo artificial o natural en fondo marino que represente un peligro para la navegación esperada en el área sea bajo.

2.1.4 Orden 2 Este Orden es el menos riguroso y se destina para aquellas áreas donde la profundidad es tal que una descripción general del fondo marino se considera adecuada. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino. Se recomienda que los levantamientos de Orden 2 estén limitados para áreas más profundas que 100 metros, ya que una vez que la profundidad excede los 100 metros, la existencia de rasgos artificiales o naturales que sean lo suficientemente grandes como para afectar a la navegación y que todavía permanezcan in-detectados por un levantamiento de orden 2, se considera improbable.

TABLA 1
Estándar Mínimo para Levantamientos Hidrográficos
(Para ser leído en conjunto con el texto completo de este documento)

Referencia	Orden	Especial	1a	1b	2
Capítulo 1	Descripción de áreas	Áreas donde la separación quilla-fondo es crítica	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo es menos crítica, pero podrían existir rasgos de interés para la navegación.	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo no se considera de interés para el tipo de buque que se espera transite por el área	Áreas generalmente más profundas a 100 metros donde se considera adecuada una descripción general del fondo marino.
Capítulo 2	Máximo THU permitido 95% Nivel de confianza	2 metros	5 metros + 5% de profundidad	5 metros + 5% de profundidad	20 metros + 10% de profundidad
Para 3.2 y nota 1	Máximo TVU permitido 95% Nivel de confianza	a= 0.25 metros b= 0.0075	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 0.5 metros B= 0.013	a= 1.0 metros b= 0.023
Glosario y nota 2	Búsqueda Completa del Fondo Marino	Requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Para 2.1 Para 3.4 Para 3.5 Y nota 3	Detección de rasgos	Rasgos cúbicos > 1 metro	Rasgos cúbicos > 2 metros en profundidades hasta 40 metros; 10 % de la profundidad cuando ésta es mayor a 40 metros	No aplicable	No aplicable
Para 3.6 y nota 4	Máximo espaciamiento recomendado entre líneas principales	No definido ya que se requiere una búsqueda completa del fondo marino.	No definido ya que se requiere una búsqueda completa del fondo marino.	3 x profundidad promedio o 25 metros, cual-quiera que sea mayor, para LIDAR bati-métrico espaciamiento entre puntos de 5 x 5 metros	4 x profundidad promedio
Capítulo 2 y nota 5	Posicionamiento de ayudas a la navegación fijas y topografía de interés para la navegación (95 % de Nivel Confidencia)	2 metros	2 metros	2 metros	5 metros

Capítulo 2 y nota 5	Posicionamiento de línea de costa y topografía de menos interés para la navegación (95 % de Nivel Confidencia)	10 metros	20 metros	20 metros	20 metros
Capítulo 2 y nota 5	Posición media de ayudas a la navegación flotante (95 % Nivel de Confidencia)	10 metros	10 metros	10 metros	20 metros

(El Texto completo de la 5ª Edición de la S-44 se encuentra disponible www.iho.int)

Nota:

- 1: Reconociendo que existen incertidumbres constante y dependientes de la profundidad que afectan la incertidumbre de las profundidades, la fórmula descrita a continuación será utilizada para computar, al 95% de nivel de confianza, el TVU máximo permitido. Los parámetros "a" y "b" para cada orden, según lo dado en la tabla, junto con la profundidad "d" tienen que ser introducidos en la fórmula para calcular el máximo TVU permisible para una profundidad específica:

$$\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Donde:

- a Representa la porción de la incertidumbre que no varía con profundidad
- b Es un coeficiente que representa la porción de la incertidumbre que varía con profundidad
- d Es la profundidad
- b x d Representa la porción de la incertidumbre que varía con profundidad

- 2: Con propósitos de la seguridad en la navegación, el uso de un barrido mecánico específico puede ser considerado suficiente para levantamientos de Orden Especial y Orden 1a con la finalidad de que garantice una mínima profundidad segura a través de un área.

- 3: Un rasgo cúbico significa un cubo regular; es decir, cada lado tiene la misma longitud. Debe ser observado que la detección de rasgos cúbicos de 1 metro y de 2 metros son requisitos mínimos para el Orden Especial y el Orden 1a de la OHI respectivamente. En ciertas circunstancias puede ser necesario que las Oficinas Hidrográficas / Organizaciones establezcan la detección de rasgos más pequeñas para minimizar el riesgo de peligros para la navegación no detectados. Para el Orden 1a, el relajamiento en el criterio de detección de rasgos hasta los 40 metros refleja el calado máximo esperado en los buques.
- 4: El espaciamiento entre líneas puede ser ampliado si se utilizan procedimientos para asegurar una densidad de sonda adecuada. "Espaciamiento entre líneas máximo" debe ser interpretado como:
 - Espaciamiento de las líneas de sondaje para la ecosonda mono haz, o la
 - Distancia entre los límites externos usables de los barridos para los sistemas del barrido.
- 5: Éstos se aplican solamente donde tales mediciones se requieren para el levantamiento.

2.2 Planificación del levantamiento

La planificación de un levantamiento cubre una amplia gama de actividades desde el desarrollo de una idea para un levantamiento dentro de la Oficina de Hidrografía y su subsiguiente impresión como Instrucciones del Proyecto / Instrucciones Hidrográficas (IH), hasta la planificación de los detalles y la organización de la nave utilizada en el levantamiento para completar una tarea práctica. Cubre también el acuerdo interdepartamental a nivel gubernamental, cooperación diplomática y la asignación de numerosos y costosos recursos. También cubre la priorización de los recursos y el día a día del buque empleado en el levantamiento. La planificación del levantamiento incluye la adhesión de todos estos componentes para obtener un patrón coherente que está dirigido a cumplir la tarea específica.

Un levantamiento comienza mucho antes de que se empiece a recolectar los datos. Algunos elementos, que deben decidirse, son⁵:

- Área exacta del levantamiento
- Tipo de levantamiento (reconocimiento o normal) y escala para determinar las normas de la carta a ser producida.
- Cobertura del levantamiento (corto o largo plazo)
- Plataformas disponibles (buques, lanchas, aviones, acuerdos cooperativos).
- Trabajo de apoyo requerido (fotografía aérea o satelital, geodesia, mareas).
- Factores limitantes (presupuesto, factores políticos u operacionales, limitaciones de los sistemas de posicionamiento, logística).

Una vez se han decidido estos aspectos, se revisa toda la información disponible de la zona a levantar. Esto incluye fotografías aéreas, datos satelitales, mapas topográficos, cartas náuticas existentes, información geodésica, información de mareas y cualquier cosa adicional que pueda afectar el levantamiento. La Oficina Hidrográfica normalmente tomará la planificación estratégica de los levantamientos en cooperación con otras organizaciones y, de aquí, las Instrucciones del Proyecto / Instrucciones Hidrográficas (IHs) deben ser recopiladas por el Hidrógrafo y editadas para su aprobación. Los detalles suministrados en las Instrucciones del Proyecto / Instrucciones Hidrográficas (IHs) incluirán todos o algunos de los siguientes puntos, dependiendo del tipo de levantamiento solicitado⁶:

- Límites del levantamiento
- Requerimiento de datos y resolución
- Método de control de posicionamiento, junto a la precisión esperada.
- Empleo del sonar
- Cómo se va a entregar el reporte con la fecha prevista si es apropiado.
- Una descripción general y algunas veces detallada de la razón para las prioridades del levantamiento, los métodos a utilizar, las observaciones particulares y cualquier otra guía o instrucción relevantes.

Adicionalmente, los apéndices de la IHs darán instrucciones o guías sobre los siguientes puntos:

- Datum Horizontal, proyección y reticulado a utilizarse.
- Naufragios en el área
- Datum de marea y observaciones necesarias

⁵ Bowditch -The American Practical Navigator, P-411, <http://www.irbs.com/bowditch/>

⁶ Admiralty, Instrucciones Generales para Levantamientos Hidrográficos (GIHS), Sexta Edición, 1992, P- 5-3.

- Instrucciones particulares en relación a la recolección de datos con respecto a oceanografía, geofísica, derroteros, fotografías aéreas etc.

Al recibir las Instrucciones de Proyecto / IHS, los planificadores del levantamiento deben compilar la información de velocidad de sonido, climatología, los datos de transparencia del agua, y datos de levantamientos anteriores, información de los libros de faros, las direcciones de navegación y de los avisos para los navegantes. La información de las mareas se revisa completamente y se escogen las ubicaciones. Los datos verticales locales se revisan para ver si cumple con los estándares esperados. El control horizontal se revisa para comprobar la exactitud o discrepancias y para determinar los sitios para ubicar los sistemas de posicionamiento que se van a usar en el levantamiento.

El desarrollo de un plan general de levantamiento y sus subsiguientes planes específicos crearán un levantamiento más eficiente. El levantamiento general enfoca la manera como los levantamientos se planifican, realizan y procesan. Este plan debe estar muy bien pensado y debe tomar en cuenta tantas contingencias como sea posible. Esta planificación incluye entrenamiento, software, equipos de mantenimiento y sus respectivas actualizaciones, logística, todos los requisitos de la data, programación, seguridad y clima. El levantamiento específico enfoca notificaciones locales, líneas de levantamiento, datum, densidad de la data, y personal específico y personal que cumplirá con lo establecido en el plan general. Algunas cosas están en esta lista:

- El entrenamiento de los encargados del levantamiento debe ser atendido mientras se esté realizando un levantamiento con la finalidad de asegurarse que las competencias apropiadas se mantienen.
- El software de registro de los datos y el de proceso son herramientas críticas de un levantamiento. Deben ser amigables y el personal que se encargue de ellas debe conocer muy bien todas sus funciones.
- Se debe seleccionar el equipo y la plataforma de levantamiento apropiada. Algunos equipos se pueden prestar para ciertos tipos de levantamientos y otros serán de uso más general. Es importante que se haga una selección apropiada.
- El propósito del levantamiento normalmente indicará el requerimiento de la data (densidad, cobertura y precisión) sin embargo, Si no hay impacto en el costo y en el programa, se deben atender todas los requerimientos posibles.
- La programación es un elemento crítico del levantamiento hidrográfico. La data requerida normalmente tiene una fecha de entrega asignada, de manera que la recolección de la data y el proceso ocurran dentro del mismo marco de tiempo. Esto nos lleva a considerar que el personal y el equipo sean los adecuados para poder cumplir con esta necesidad. En algunos casos, si no se puede cumplir con la programación, no se solicitará el levantamiento y se utilizarán otros recursos. Considerando esto, es importante que se planifiquen y analicen todos los aspectos del plan general de levantamiento con la capacidad de cumplir con la programación como primer elemento.
- La seguridad es la consideración principal. Es competencia de la persona que está a cargo de levantamiento el evaluar de cada situación para descartar situaciones de peligro. Si se identifica un riesgo, éste debe tratarse antes de continuar con la actividad.
- Se debe llevar las notificaciones a las autoridades locales / oficina de capitanía de puertos con suficiente tiempo de antelación para que los marineros puedan ser informados.
- Las líneas de levantamiento para estudios con multihaz deben seguir los contornos del fondo del puerto. Esto reducirá los cambios en la cobertura del fondo creados por las diferencias de profundidad. Sin embargo, cuando se utiliza un equipo de haz simple, las líneas deben correr

perpendicularmente a los contornos. Esto ayudará a determinar los cambios en el relieve del fondo. Las líneas de estudio de multi haz también deben estar separadas hasta que se logre la cantidad apropiada de solapamientos o densidad de la data para cumplir con el estándar del estudio.

- Una parte integral de la data de un levantamiento es el datum de referencia. Se necesita, con buena experiencia en el área, indicar claramente con la nota del levantamiento publicado, la referencia vertical y horizontal usadas y los procedimientos usados para establecer el datum del estudio. El WGS-84 se utiliza mundialmente.
- La densidad de los datos variará según el método de estudio, la profundidad del agua y la necesidad. El método del estudio se determinará por el equipo disponible para el estudio, el personal y las condiciones del sitio a estudiar. Si sólo se dispone de un sistema de estudio de haz simple, la densidad de la data será menor. Con un sistema multi haz, a mayor profundidad del agua la data será menos densa, a menos que se hagan pasos múltiples. El tipo de estudio indicará la redundancia de los datos o los requerimientos de solapar los datos.
- Es importante estandarizar los equipos tanto como se pueda para limitar el entrenamiento, el mantenimiento y los costos.

2.3 Recolección de datos

La recolección de los datos va a depender de varios factores. Los requerimientos del estudio, la plataforma y el equipo disponible y el tiempo específico para cada actividad particular determinará la cantidad de datos que se debe recolectar. Una gran cantidad de datos se puede recolectar con la última tecnología de software hidrográfico y otras herramientas como el ecosonda de haz múltiple. En particular, el propósito de un estudio usualmente dictará la fuente de los datos requerida (densidad de los datos, cobertura y precisión de los datos) Sin embargo, si no hay impacto en el costo o en el programa, se puede recolectar todos los datos posible durante el levantamiento en el campo. La recolección de los datos debe ser hecha de una manera metódica comenzando en un extremo del área y terminando en el otro.

Se debe notar que la redundancia de los datos y la densidad no son la misma cosa. La densidad de los datos es el número de sondeos por unidad de área, mientras que la redundancia se refiere al solapamiento de los datos recolectado en un diferente momento en la misma posición. El tipo de levantamiento define los requerimientos de la redundancia de los datos o el solapamiento de los datos. Los estudios de mayor cobertura cubren más la densidad de la datos para asegurarse que todo las características / obstrucciones del fondo se hayan localizado. Esto debe estar muy claro por ambos, los que solicitan el levantamiento y los que lo hacen para asegurar la concordancia con los estándares especificados por la OHI.

2.4 Procesado de datos

El procesado de los datos se debe hacer bajo un estricto control de calidad. Los datos hidrográficos son recolectados por sistemas automáticos o convertidos a un formato automático. El proceso final de los datos y el delineado se completan utilizando sistemas de computación a bordo o en la oficina. Una aproximación estándar de un estudio hidrográfico es el de la metodología se recolectar-procesar-recolectar⁷. Los datos recolectados son procesados y las zonas con áreas con datos dudosos o con espacios deben ser re-levantados. La mayoría de los sistemas hidrográficos pueden realizar operaciones “en campo”, donde se recolecta un dato de estudio, se procesa, delinea o analiza, todo en el campo. Se necesita la planificación comprensiva del levantamiento para una aproximación

⁷ B. Bourgeois, F. Petry, M. Harris & P. Alleman, “A GIS Integration Approach for Dynamically Reconfigurable Surveys”, The Hydrographic Journal, enero 1999, P 3-10.

integrada que genere la línea base de todas las operaciones en tiempo-real o post proceso con el sistema. A continuación se da un ejemplo de este modelo⁸:

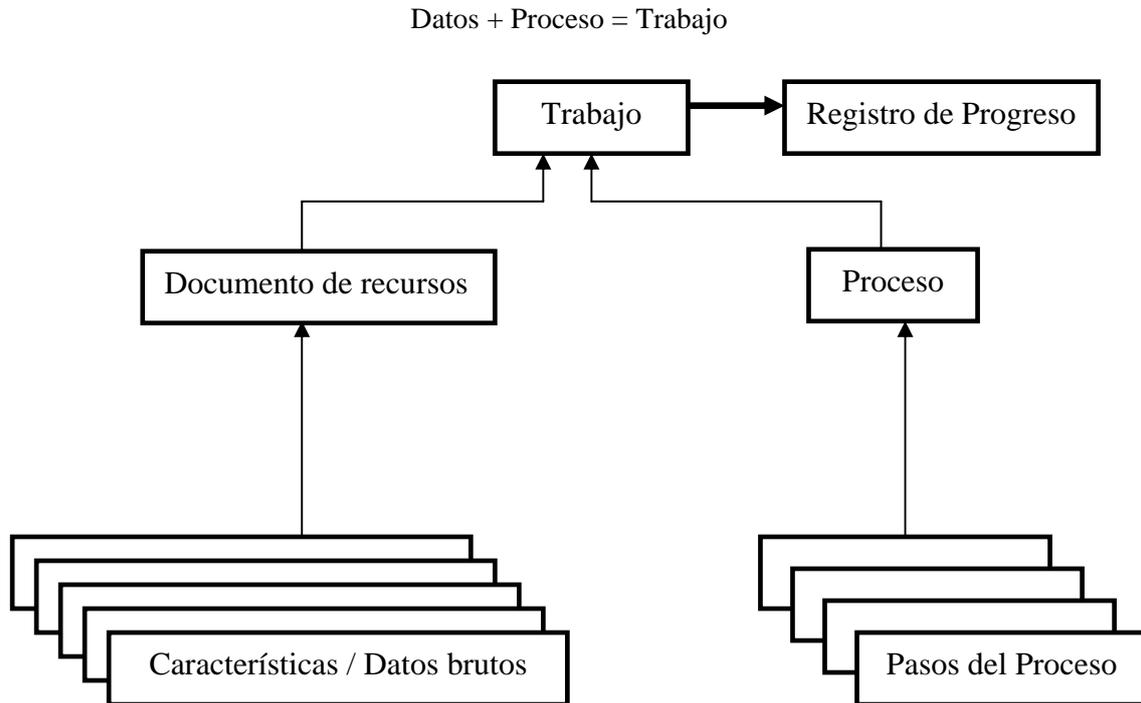


Fig. 1.1 “Modelo del procesamiento de datos”

Este modelo describe los distintos procesos que pueden idealmente manipular la información hidrográfica. El proceso contiene varios pasos. Los comentarios de cada paso del proceso junto a sus resultados, estadísticas deben ser registrados en el registro de progreso. Adicionalmente, El tipo y la calidad de la información de cualquier dato nueva pueden ser descritos en el documento de características que se guarda en la base de datos.

El requisito fundamental del procesamiento de datos es la generación de datos válidos; que hayan sido procesados suficientemente ej. Que haya pasado por varios procesos en varios momentos o representados de forma tal que se pueda evaluar. Estos pasos para el proceso / procedimientos pueden aplicarse en tiempo real o en el post-proceso pero tienen que asegurar que el producto final cumple con los estándares y las especificaciones definidas por la OHI.

Se debe tener sumo cuidado cuando se procesen los datos brutos. Se debe asegurar que se han eliminado todos los errores y se han hecho las correcciones necesarias Ej. que se hayan aplicado los factores del sistema de calibración y los sensores o los valores variables como los perfiles de la velocidad del sonido y los valores de las mareas para la reducción de sondeos. El proceso debe dirigirse al uso de todos los recursos de información disponibles para confirmar la presencia de sondeos importantes de navegación y de calidad de datos. Unos cuantos pasos del procesamiento

⁸ Pentti Junni & Ralf Lindgren, “The Hydrophic Information System – Co-operation, Concept and Future”, Finish Maritime Administration, <http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/pap619/p619.html>

subrayados a continuación deben ser interpretados únicamente como una indicación incluyendo su secuencia, y no son necesariamente exhaustivos⁹:

- **Posición:** Combinar el posicionamiento de los datos desde varios sensores (si es necesario), calificar el posicionamiento de los datos, y eliminar los saltos de posición.
- **Correcciones de profundidad:** Las correcciones se deben aplicar a los cambios del nivel del agua, las medidas de los sensores de posición, y los cambios de la quilla de la nave estudiada. (ej. Cambios pequeños con la velocidad; cambios en el tiempo causados por el consumo de gasolina). Es posible reprocesar los datos para los que se hicieron correcciones en tiempo real.
- **Correcciones de comportamiento:** Los datos de comportamiento (cabeceo, bandedo, dirección) deben ser calificados y los saltos en los datos deben ser eliminados.
- **Velocidad del Sonido:** Deben calcularse y aplicarse las correcciones debido a las refracciones: Si ya se aplicaron estas correcciones en tiempo real durante el levantamiento, es posible anularlas usando otro equipo de velocidad de sonido con la llegada del MBES, la aplicación del S V se ha puesto crítica.
- **Combinación de posiciones y profundidades:** Es la compensación de tiempo (sincronización) y la geométrica entre los sensores tienen que ser tomadas en cuenta.

2.5 Análisis de los datos

La precisión de los resultados del levantamiento debe ser siempre citada para mostrar que tan buenos o confiables son éstos. Ya que ningún equipo está completamente libre de errores, de hecho, todos los errores se introducen en todas las observaciones. Además, los errores se introducen en los cálculos de aproximaciones de fórmula o por redondeo. Las técnicas de observación están designadas para eliminar todos los errores así sean al azar, que pueden ser entonces analizados por técnicas rigurosas para calificar la precisión de las observaciones. La siguiente lista muestra los procedimientos, para eliminar varios errores y sus tamaños:

ERROR	TAMAÑO	ELIMINACIÓN
Serio	Grande	Entrenamiento, procedimientos de cuidado.
Constante	Generalmente pequeño pero fijo	Calibración o procedimientos
Periódico	Generalmente pequeño pero variable	Procedimiento (repetición), incluso para errores grandes.
Al azar	Generalmente pequeño	Solo se reducen con la repetición.

Los errores constantes, sistemáticos y periódicos se consideran como “errores sistemáticos”. Los errores constantes y sistemáticos son acumulativos, y por ende no pueden ser reducidos con la repetición. Los errores al azar están presentes en todas las observaciones; el resultado no puede ser “exacto” nunca. Estos errores tienden a ser tanto positivos como negativos y es más probable que sean de tamaño pequeño.

⁹ IHO, Monaco, Circular Letter 45/2001, “Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data”, Párrafo-3. 2, fecha 5 Oct 01.

Es importante decir que ningún método de ajuste puede dar una solución exacta a las observaciones imprecisas. Todos los errores distintos de los pequeños al azar deben ser eliminados antes del ajuste. Sin embargo, es posible aislar un error “sistemático” por medio del análisis, asegurándose que los datos disponibles son suficientes. Es preferible saber cuando los errores constantes / sistemáticos están presentes en las observaciones. Los errores constantes son difíciles de detectar algunas veces y se pueden descubrir durante el cálculo o en los chequeos especiales, ej., Se puede saber cuando un cristal de telurómetro está mal calibrado si éste se compara con otro. Los errores periódicos y los de al azar pueden ser detectados analizando una serie de observaciones. La diferencia algebraica entre cada observación y el significado de todas las observaciones es llamada el Residuo de esa observación. Si sólo están presentes los errores al azar, los Residuos variarán al azar en magnitud y muestra. Si los errores sistemáticos están presentes las magnitudes y /o las muestras de los residuos mostrarán divisiones sistemáticas. Para ayudar al análisis de los datos, se debe mencionar los atributos de los datos brutos y de los metadatos para una evaluación subsiguiente.

2.6 Calidad de los datos

La Calidad se refiere “a la aptitud para el uso”. Se refiere al máximo punto en que un grupo de datos, o un mapa de salida satisfacen las necesidades de la persona que lo está evaluando. Un error es la diferencia entre los datos existentes y los datos verdaderos. Un error es un aspecto muy importante cuando se habla de calidad. Generalmente se utiliza como un término para describir todos los tipos de efectos que puede causar que los datos se alejen de lo que debería ser¹⁰. Para permitir una evaluación comprensiva de la calidad de los datos del levantamiento, es necesario registrar o documentar cierta información junto a la data del levantamiento. Esta información es importante para permitir que diferentes usuarios con distintos requerimientos exploren los datos del levantamiento, especialmente porque estos requerimientos no se conocen cuando se están recogiendo los datos. El proceso para documentar los datos se llama atribución de los datos; la información sobre la calidad de los datos se llama meta datos. Los Meta datos deben tener al menos información de¹¹:

- El levantamiento en general como por ejemplo, fecha, área, equipo utilizado, nombre de la plataforma de estudio.
- El sistema de referencia geodésica utilizado, ej. Datum horizontal y vertical, incluyendo la relación con el WGS 84 si se utilizó un datum local.
- Procedimientos de calibración y sus resultados.
- Velocidad del sonido
- Datum de mareas y su reducción
- Precisión lograda y sus niveles de correspondencia respectivos.

Los Meta datos deben estar presentados preferiblemente en forma digital y deben tener grabada una parte integral del levantamiento. Si esto no es posible se debe incluir en la documentación del levantamiento información similar. La calidad en los datos se logra con un efectivo control de calidad con propósitos automáticos o manuales¹².

- **Control de calidad automático (No-interactivo):** En éste, las coordenadas (ej. Las posiciones y las profundidades) obtenidas deben ser controladas automáticamente por un programa usando algoritmos estadísticos que hayan tenido resultados eficaces y repetibles y que estos hayan sido documentados, probados y demostrados.

¹⁰ Patrick McGlamery, “Issues of Authenticity of Spatial data”, University of Connecticut USA, 66th IFLA Council and General Conference, <http://magic.lib.uconn.edu>.

¹¹ Organización Hidrográfica Internacional, Mónaco, Estándares OHI para Levantamientos Hidrográficos (S-44), Sección 5.2, 5ª edición 2008.

¹² OHI, Mónaco, Circular Letter 45/200, “Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data”, Para-3. 3, dated 5 Oct 01.

- **Control de calidad manual (interactivo):** En éste, el uso de herramientas de visualización 3-D es altamente recomendado. Estas herramientas permiten visualizar los datos utilizando su sistema de acercamiento (zoom). El sistema interactivo de procesado puede ofrecer distintos modos de muestreo para la visualización, Ej., el diagrama de profundidad, de error, el perfil sencillo, de haz sencillo, imágenes por radiación etc. y debe permitir la visualización de los datos del levantamiento en conjunto con otra información útil como por ejemplo, la línea de la costa, los desechos, las ayudas para la navegación etc.; la edición de los datos debe ser posible en todos los modos y debe incluir un récord auditable. Si se puede, los muestrarios de los datos deben ser geo-referenciados. Las banderas colocadas durante el estado automático, que corresponden a la profundidad más baja que a las áreas cercanas, requieren de la acción operativa explícita, al menos, para los estudios de Orden Especial y de Orden 1. Si el operador invalida las banderas impuestas durante el período automático, se debe documentar. Si una bandera es colocada por el operador, la bandera debe indicar esto con su tipología.

2.7 Calidad de los datos – Presentación

2.7.1 Carta de diagramas de fiabilidad

Tradicionalmente, la calidad de los datos batimétricos ha sido un procedimiento subjetivo. Para un usuario, la calidad de los datos que se presenta es evaluada con el diagrama de fiabilidad de los datos. Este diagrama se muestra como un inciso marginal en la carta indicando las áreas estudiadas y los detalles correspondientes, ej., escala, línea de espaciado, año del levantamiento. Desafortunadamente, la naturaleza de la información mostrada en el diagrama de fiabilidad y la habilidad de calificar la calidad de los datos es muy limitada. Por ejemplo, si el usuario de la carta no está al tanto de lo que significa un área de barrido con un sonar pre 1970 o lo que significa la línea de espaciado en “n” metros, entonces el diagrama de fiabilidad es de muy poco uso para determinar la calidad de los datos de profundidad mostrada.

El concepto original del diagrama de fiabilidad era el de clasificar la calidad de los datos del levantamiento y de representar las diferentes clasificaciones de un diagrama en términos de alta, buena o baja calidad. El diagrama estaba dirigido a dar al marino la capacidad de evaluar el peligro de desviarse del curso recomendado. Sin embargo, hay una preocupación latente sobre la complejidad del diagrama de fiabilidad y la creciente dificultad de mantenerlo de una manera simple para el usuario de la carta. Si estos son muy complicados, los diagramas de fiabilidad se vuelven difíciles de crecer como actividad cartográfica, serán propensos a errores en su construcción y su uso sería ignorado por los marinos.

Los diagramas de fiabilidad están lejos de alcanzar el propósito fundamental de dar al marino una indicación sobre la calidad de los datos y en una forma muy simple. Además, dada la capacidad precisa de navegación que los ENC y el ECDIS facilitan, los usuarios requieren una evaluación de la calidad de los datos a obtener más definitiva para que puedan utilizar los datos disponibles prudencialmente. Entonces, se requiere una alternativa para el diagrama de confiabilidad para que funcione como indicador de calidad final.

2.7.2 Zonas de Confianza (ZDC)

El concepto ZDC fue desarrollado por la OHI como un método para clasificar los datos batimétricos. ZDC provee al navegante de una forma simple y lógica la confianza que la autoridad marítima otorga a una selección particular de los datos batimétricos. Busca clasificar áreas para la navegación identificando varios niveles de confianza, que pueden ser colocadas en los datos resaltados usando una combinación de los criterios siguientes:

- Exactitud de la posición y de la profundidad,

- Revisión minuciosa del fondo marino, y
- Concordancia con el plan de calidad aprobado.

Bajo este concepto, se desarrollaron seis ZDC diferentes y posteriormente se aprobaron por inclusión como parte de la OHI S-57. Los ZDC A1, A2 y B se generan de estudios modernos y futuros, críticamente, las ZDC A1 y A2 requieren de una exploración completa del área. Los ZDC C y D ofrecen baja exactitud y datos de calidad pobre, mientras que el ZDC U representa los datos no evaluados a la hora de la publicación. Los ZDC están diseñados para ser representados en las cartas de papel, como diagrama marginal que suplante al diagrama de confiabilidad actual, y en visualizaciones electrónicas.

Se debe hacer énfasis que los ZDC son un estándar de cartografiado y no tienen la intención de ser usados como estándares de especificación para levantamientos hidrográficos o para la administración de la calidad de los datos. La exactitud de la posición y de la profundidad especificada por cada ZDC se refiere a los errores representados del sondeo e incluyen no sólo los errores del levantamiento sino también cualquier otro error introducido en el proceso de producción de la carta. Los párrafos siguientes resumen las especificaciones de los ZDC individualmente:

2.7.2.1 ZDC A1 – La posición y profundidad de los datos recogidos de acuerdo a los procedimientos y exactitudes especificados. Los levantamientos hechos utilizan una tecnología reconocida con una revisión total del área, con el propósito de asegurarse de que todos los factores importantes sean detectados y las profundidades sean medidas. Típicamente, el levantamiento debió haberse hecho con un WGS 84, usando DGPS o por lo menos con tres líneas de posición con un multi haz, canal o sistema de barrido mecánico. Debido a la intensidad en la recolección de los datos y el tiempo considerable requerido para cumplir con este estándar se puede esperar que los datos con un ZDC A1 tengan la tendencia a indicar canales críticos, zonas de atraque, áreas con una quilla mínima, canales de navegación, rumbos recomendados, puertos y cercanías de puertos.

2.7.2.2 ZDC A2 - La posición y profundidad de los datos recogidos de acuerdo a los procedimientos y exactitudes especificados. Los levantamientos hechos utilizando tecnología reconocida con una revisión total del área, con el propósito de asegurarse de que todos los factores importantes sean detectados y las profundidades medidas. Típicamente, el levantamiento debió haberse hecho con un ecosonda moderno con sonar o barrido mecánico. Aunque la exactitud en la posición y la profundidad no son tan altas como con el ZDC A1, la cobertura del fondo marino es tal que el marino puede tener una confianza casi total de la calidad de los datos obtenidos.

2.7.2.3 ZDC B - La posición y profundidad de los datos recogidos de acuerdo a los procedimientos y exactitudes especificados. Sin embargo, no se ha logrado una revisión total del área. Y, aunque no se espere, pueden existir características no especificadas, peligros en la superficie de la navegación. Este ZDC indica al marino un nivel razonable de confianza en la calidad de los datos. El ZDC B tiene la misma exactitud de posición y profundidad de los del ZDC A2 y se aplican para (Ej.) levantamientos modernos que no han logrado una revisión total de fondo marino ni tiene factores detectados. El marino prudente necesitaría más distancia bajo la quilla con este ZDC que con el ZDC A1 o A2.

2.7.2.4 ZDC C – La exactitud de la posición y la profundidad es menor a la que se logra con el ZDC B como ya se describió anteriormente. Los datos de profundidad pueden originarse por otras vías que por un levantamiento sistemático y controlado (ej. Sondeo de paso). No se ha logrado una revisión total del área y se pueden esperar anomalías en la profundidad. El ZDC C indica que el marino debe navegar con especial cuidado y debe tomar, con la debida atención a la profundidad del agua en donde esté navegando, mayores márgenes de seguridad que los que informa la carta.

2.7.2.5 ZDC D – Los datos de la posición y la profundidad es de muy baja calidad y no se puede evaluar debido a la falta de información de soporte. No se ha logrado una revisión total del área y se pueden esperar grandes anomalías en la profundidad.

2.7.2.6 ZDC U – La calidad de los datos batimétricos debe ser evaluada.

TABLA 1.2
Categoría de las Zonas de Confianza en los datos – tabla ZDC

1	2	3		4	5
ZDC ¹	Exactitud de posición ²	Exactitud de Profundidad ³		Fondo marino ⁴	Características de un levantamiento típico ⁵
A1	± 5 m.	= 0.50 + 1% d		Se ha iniciado la revisión total del área. Se han medido todas las profundidades de todos los factores ⁴ detectados del fondo marino.	Levantamiento ⁶ controlado y sistemático con gran exactitud de posición y profundidad. Lograda a través del uso de un DGPS o un mínimo de tres líneas de posición de calidad alta (LOP) y un equipo multi haz, o de barrido de canal o mecánico.
		Profundidad (m.)	Exactitud (m.)		
		10	± 0.6		
		30	± 0.8		
		100	± 1.5		
		1000	± 10.5		
ZDC ¹	Exactitud de posición ²	Exactitud de Profundidad ³		Fondo marino ⁴	Características de un levantamiento Típico ⁵
A2	± 20 m.	= 100 + 2% d		Se ha iniciado la revisión total del área. Se han medido todas las profundidades de todos los factores ⁴ detectados del fondo marino.	Levantamiento ⁶ sistemático controlado, la exactitud de posición y profundidad es menor a la lograda con el ZDC A1, y se usa un ecosonda ⁷ moderno y un sistema sonar o de barrido mecánico.
		Profundidad (m.)	Exactitud (m.)		
		10	± 1.2		
		30	± 1.6		
		100	± 3.0		
		1000	± 21.0		
B	± 50 m.	= 1.00 + 2% d		No se completó la revisión total del área; Aunque no se espera, pueden existir factores no reflejados en las cartas, o peligros para la superficie de la navegación.	Levantamiento ⁶ controlado, sistemático que logra profundidad similar pero menor exactitud de posición que con el ZDC A2. Usa un eco-sonda ⁷ moderno pero no un sistema de sonar o de barrido mecánico.
		Profundidad (m.)	Exactitud (m.)		
		10	± 1.2		
		30	± 1.6		
		100	± 3.0		
		1000	± 21.0		
C	± 500 m.	= 2.00 + 5% d		NO SE HA TERMINADO LA REVISIÓN TOTAL DEL ÁREA; se esperan anomalías en la profundidad.	Levantamiento de exactitud baja o recolección de datos basado en la oportunidad como con el sondeo de paso.
		Profundidad (m.)	Exactitud (m.)		
		10	± 2.5		
		30	± 3.5		
		100	± 7.0		
		1000	± 52.0		
D	Peor que el ZDC C	Peor que el ZDC C			Baja calidad o datos que no pueden ser analizados debido a la falta de información.
U		Sin analizar			

Notas:

Para decidir la categoría del ZDC, todas las condiciones en las columnas 2 a 4 de la tabla deben cumplirse. A continuación se presenta la nota explicatoria de los números acotados en la tabla:

1. La asignación de un ZDC indica que los datos cumplen con el criterio mínimo para la exactitud de profundidad y de posición y la cobertura del fondo marino definido en la tabla. Las categorías ZDC reflejan un estándar de cartografiado, no sólo un estándar de levantamiento hidrográfico. La exactitud de la profundidad y de posición especificada para cada categoría de ZDC se refiere a los errores del sondeo final representado e incluye no sólo los errores de levantamiento hidrográfico sino que también incluye otros errores del proceso de producción de la carta. Los datos se pueden clasificar por Clase de Objeto "Calidad de los Datos" los sub- atributos (M_QUAL)son los siguientes:
 - La Exactitud Posicional (POSACC) y la Exactitud de Sondeo (SOUACC) pueden ser utilizados para indicar que se ha logrado una posición o profundidad más alta y exacta que la que se indica en la tabla (ej. un levantamiento donde no se cubrió el fondo marino en su totalidad no puede ser clasificado como más alto que ZDC B; sin embargo, si la exactitud de la posición fue, por ejemplo ± 15 metros, el sub-atributo PROSACC puede ser utilizado para indicarlo así).
 - Las áreas de barrido donde la claridad de profundidad se conoce en forma precisa pero la profundidad real del fondo marino no se conoce exactamente puede ser acordada como un ZDC "más alto" (ej. A1 o A2) que suministran la exactitud de posición y profundidad de la claridad de profundidad que cumple con los criterios de esta Tabla. En esta instancia, se puede usar el Valor de Rango de Profundidad 1 para especificar el barrido de profundidad. El criterio de exactitud de la posición se aplica a los límites de las áreas barridas.
 - Se pueden utilizar SURSTA, SUREND y TECSOU para indicar la fecha de inicio y término del levantamiento y la técnica de medición del sondeo utilizado.
2. El criterio de exactitud de la posición es 95% ci (2 45 sigma) con respecto al dado por el datum. El error acumulado incluye los errores del levantamiento, de transformación y de digitalización etc. La exactitud de la posición no necesita ser computarizada rigurosamente para los ZDC B, C y D pero debe ser estimada en base al tipo de equipo, régimen de calibración, exactitud histórica etc.
3. La exactitud de la profundidad de sondeos representados por (ej) ZDC A1 = 0.50 metros + 1% d en 95% CI (200 sigma) donde d= a la profundidad en metros en la profundidad crítica. La exactitud de profundidad no necesita ser computarizada rigurosamente para los ZDC B, C y D pero debe ser estimada en base al tipo de equipo, régimen de calibración, exactitud histórica etc.
4. Las características significativas del fondo marino están definidas como aquellas que se levantan sobre las profundidades representadas por más de:

Nota: Los marinos deben tomar en cuenta las limitaciones del equipo de sondeo cuando estén evaluando los márgenes de seguridad que se van a aplicar

<u>Profundidad</u>	<u>Factor Significativo</u>
< 10 metros	> 0.1 x profundidad
10 a 30 metros	> 1. 0 metro
30 metros	> (0.1 x profundidad menos 2. 0 metros)

5. *Características de un levantamiento típico – Estas descripciones deben ser tomadas únicamente como ejemplos representativos.*
6. *Levantamientos sistemáticos, controlados (ZDC A1, A2 y B)- estudios que comprenden líneas de levantamientos planificados, en un datum geodésico que puede ser transformado a WGS 84*
7. *Levantamiento de ecosonda moderna – Un equipo para medir la profundidad de alta precisión y haz sencillo, generalmente incluido en todos los levantamientos de ecosondas designados después de 1970*

2.8 Producción de los datos

Los datos finales producidos pueden ser digitales o análogos. Un diagrama esquemático se muestra a continuación:

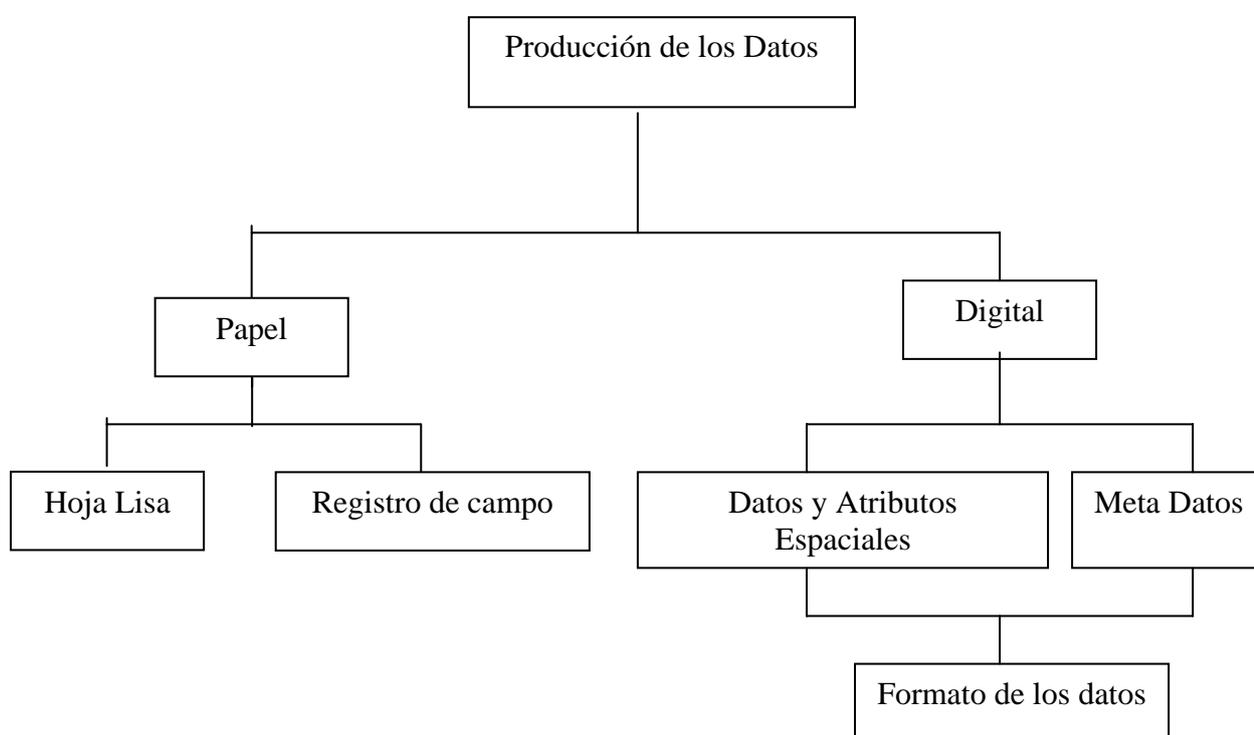


Fig. 1.2 “Diagrama sistemático de la producción digital”

Los datos digitales deben estar en un formato definido para que se puedan importar directamente a la base de datos. Como se sabe un levantamiento típicamente incluye numerosos documentos de apoyo y archivos digitales, estos deben estar claramente identificados de una forma descriptiva e intuitiva para que el personal hidrográfico los pueda identificar. Idealmente, se recomienda el procedimiento operativo estandarizado acordado por la OHI y las unidades de campo que cubren estos documentos y los datos en archivos digitales. Los datos **manuales** deben ser claros, concretos y legibles de una manera que sea apropiada¹³.

¹³ <http://www.hydro.navy.gov.au/news/htf/htf.pdf>.

Después que los datos sean recopilados, procesados y ploteados en las hojas de trabajo (manuscritos en forma digital), el inventario de las versiones finales debe ser enviado a la Oficina Hidrográfica, generalmente, el inventario debe incluir ¹⁴:

- Hojas de trabajo
- Archivos digitales de las hojas de trabajo con sus atributos
- Datos brutos y datos batimétricos procesados
- Archivos de velocidad de la marea, el sonido y la configuración de la embarcación.
- Archivos de datos de exploración lateral
- Reportes descriptivos y suplementales
- Registro de campo y documentación del proceso
- Documentación de la calibración

2.9 Sistema de Información Náutico (SIN)

El sistema de información náutico es una combinación de personas entrenadas, datos espaciales y descriptivos, métodos analíticos y sistemas de hardware y software – todos organizados para automatizar, manejar y entregar información a través de una presentación ej. Cartas de papel y digitales. Anteriormente, el uso principal de la base de datos de cartografiado náutico era sólo para producir cartas náuticas. Los avances de la tecnología de la navegación han fijado nuevos límites en la exactitud, confiabilidad y el formato de las cartas náuticas. La exactitud de posicionamiento de la carta debe cumplir la elevada exactitud de los sistemas de posicionamiento. Para sacar el máximo provecho de la dinámica de los métodos modernos de posicionamiento, se ha comenzado a solicitar cartas digitales paralelamente con las cartas en papel. La OHI ha desarrollado un estándar internacional para los datos hidrográficos digitales. La versión válida del estándar, S-57 edición 3. 1 se adoptó como el estándar oficial de la OHI en noviembre de 2000 y también se especifica en los Estándares de Desempeño para la Presentación de Cartas Electrónicas y Sistemas de Información (ECDIS) de la Organización Marítima Internacional (OMI). La S-57 describe el estándar que se debe usar en el intercambio de datos hidrográficos digitales entre las Oficinas Hidrográficas nacionales y para la distribución de los datos digitales y de los productos para los fabricantes, marinos, y otros usuarios de los datos. El producto digital más importante que se ha desarrollado en el formato S-57 es la Carta Electrónica de Navegación (ENC). La rápida y creciente demanda de cartas electrónicas de navegación (ENC) ha llevado a muchas oficinas hidrográficas a una situación donde hay dos líneas de producción diferentes para dos productos, células ENC y cartas de papel. Es esencial para la seguridad de la navegación que los productos no entren en conflicto. El típico SIN tiene cuatro subsistemas funcionales¹⁵ (Fig. 1. 3).

- **Alimentación de los Datos.** El subsistema de alimentación de los datos permite al usuario capturar, coleccionar y transformar los datos espaciales y temáticos en datos digitales. La alimentación de los datos normalmente se obtiene de la combinación de dos mapas crudos, fotografías aéreas, imágenes de sensores remotos, documentos de levantamientos, etc.
- **Base de Datos – Almacenamiento y Recuperación.** El subsistema de almacenamiento y la recuperación de los datos organiza los datos, espaciales y de atributos, de una forma que permite que se recuperen rápidamente para el análisis, y permite actualizaciones rápidas y exactas en la base de datos.

¹⁴ Lieutenant Eric J. Sipos and Physical Scientist Castle Parker, “NOAA AHB Quality Assurance Inspections for Contract Hydrographic Surveys”, NOAA Hydrographic Survey Division, USA

¹⁵ Dan Sherrill and Asa Carlsson, “The JANUS Solution for Hydrographic Information”, T-Kartor AB Sweden- Box 5097 - S-291 05 Kristianstad – Sweden, ds@t-kartor.se & ac@t-kartor.se

- **Base de Datos – Manipulación y Análisis.** El subsistema de manipulación y análisis de los datos permite al usuario definir y ejecutar los procedimientos espaciales y de atributos para generar la información derivada. Este subsistema se conoce como el corazón de un GIS, y usualmente lo distingue de otro sistema de base de datos de información y de otro sistema de bosquejos por computación (CAD).
- **Generación de Datos.** El sistema de generación de los datos permite al usuario generar muestras gráficas, mapas normales y reportes tabulares representando los productos de información derivados.

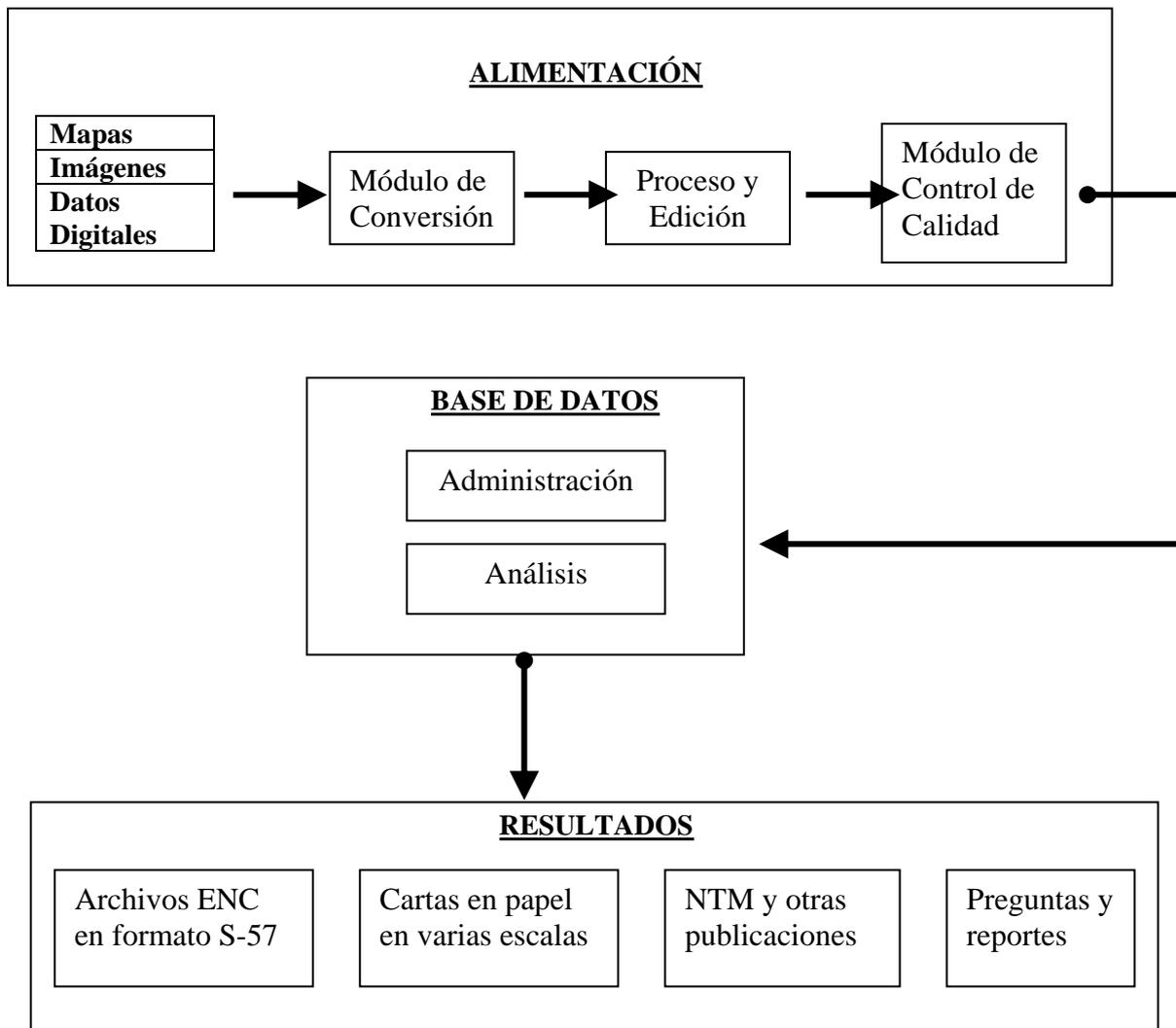


Fig. 1.3 “ Subsistemas Funcionales de SIN”

Hay cuatro componentes en un SIN; los datos, el hardware, el software y los usuarios¹⁶. Como se muestra en la Fig. 1. 4, los componentes deben estar integrados; deben unirse y trabajar en conjunto para apoyar la administración y el análisis de los datos espaciales o de los mapas.

¹⁶ Lloyd P. Queen and Charles R. Blinn, “The Basics of geographic Information Systems”, lqueen@mercury.forestry.umn.edu and cblinnlqueen@mercury.forestry.umn.edu

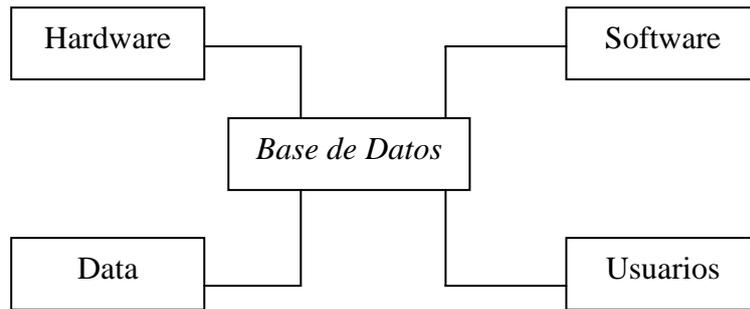


Fig. 1.4 “Componentes SIN”

- **Datos.** Toda la información de la base de datos es espacial o de atributos. Los datos espaciales nos dicen donde están pasando las cosas. Los datos de atributos nos dicen qué es lo que ocurre; Nos dice la naturaleza o las características de los datos espaciales.
- **Hardware.** El sistema de computación debe ser capaz de apoyar la alimentación, extracción, archivo, recuperación muestra y análisis de los datos.
- **Software.** El software utilizado debe ser dinámico y debe tener una amplia variedad de capacidades funcionales.
- **Usuarios.** El término “Usuario” se puede referir a cualquier individuo que utilice el SIN para apoyar un proyecto o las metas de un programa o de una organización que lo emplee.

2.9.1 Proceso de recopilación

La recopilación de los datos incluye el ensamblaje de todos los datos espaciales y de atributos en el SIN. El mapa de datos con proyecciones comunes, escalas y sistemas de coordenadas debe ser agrupado para establecer la base de datos SIN centralizada. Los datos deben también ser examinados para su compatibilidad en términos de contenido y tiempo de recolección de los datos. Al final, los datos se guardarán en el SIN de acuerdo a los requisitos específicos del formato que seleccionó el usuario y el ambiente de SIN software / hardware.

Cuando todos los requisitos comunes de los datos han sido definidos por el usuario, se ha establecido un “mapa base”. Un mapa base se forma de los requerimientos estándares para los datos. Nos da los estándares exactos para el control geográfico y también define un modelo o patrón que se utiliza para darle forma a todos los datos de una forma compatible. Un mapa base no necesariamente es un mapa, sino un grupo comprensible de estándares establecidos y formados para asegurar el control de calidad de los datos espaciales y de atributos contenidos en el SIN.

Una vez se recopilen los datos y se hayan definido los parámetros del mapa base, el usuario debe trasladar los datos manuscritos a una forma compatible al computador. Este proceso conocido como “conversión” o “digitalización” convierte a los mapas de papel en dígitos numéricos que pueden ser guardados en una computadora. La digitalización se puede realizar utilizando varias técnicas. El escaneo es una técnica. Otra técnica es la digitalización de líneas la cual utiliza una tabla y un lápiz de trazado. La digitalización simplifica los datos del mapa en grupos de puntos, líneas o celdas que pueden ser grabados en la computadora SIN. Cada paquete de software SIN impondrá una forma y diseño específico en el momento en que esos puntos, líneas y celdas van a ser grabados como archivos de mapas digitales.

La siguiente figura muestra los diferentes tipos de procesos de recopilación.

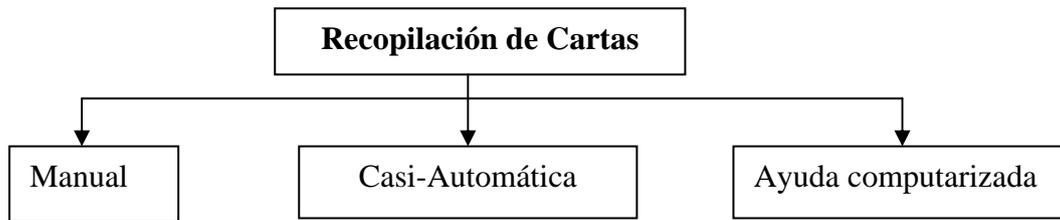


Fig. 1. 5 “Procesos de Recopilación de Cartas”

2. 9.1.1 Manual: El trabajo cartográfico tradicional está basado en la separación de color y en procesos manuales. El croquis es un método manual de preparar la línea de trabajo, símbolos y topología (nombres) de acuerdo a las especificaciones de la carta. Se logra un trabajo lineal de alta calidad a través de un proceso que se llama “scribing” (quemado de plancha) donde la imagen se grava en una película de carbón asegurándose que las especificaciones cartográficas se le queden adheridas. Cada color utilizado en un mapa es quemado en una placa de color y los símbolos y nombres se combinan foto-mecánicamente para producir los colores en la impresión. La cartografía tradicional, definida como las técnicas manuales usadas para la producción de las cartas de papel (antes de la introducción de las computadoras), puede contener seis componentes¹⁷.

- Trabajo de Recopilación. La selección de la información recolectada para la producción de la nueva edición de la carta en papel.
- Generación de Imágenes. El proceso de asignar el tipo de símbolo, forma y estructuras a las características de un mapa.
- Registro de imágenes. Es la técnica para asegurar que los componentes de cada color individual se compagan en el mapa.
- Copiado al contacto a escala. La operación usada para producir líneas del mismo tamaño, y positivos y negativos de tonos continuos y medios por un proceso de contacto directo.
- Combinación / separación de la imagen (colores). Las técnicas usadas para producir mapas multicolores por medio de la impresión secuencial de un número de componentes de color por separado.
- Impresión. Las cartas se imprimen utilizando el proceso de impresión offset.

Casi-Automático: La cartografía casi-automática es la combinación de las técnicas manuales o de computación usadas para la producción de una carta de papel. Aunque, cumple con los pasos del sistema manual, algunos se hacen de forma automática ej. El contorno se hace con máquinas de croquis en vez de hacerlo con las manos.

2.9.1.2 Cartografiado por computación: Para mejorar los servicios y para cumplir con la gran demanda de cartas, se utilizan los sistemas de mapas computarizados. La introducción de los mapas computarizados y de los sistemas de información geográfica le ha agregado nuevas dimensiones a las

¹⁷ Lt Cdr Luis Pais, “Production and Distribution of ENC – The Portuguese Experience”, Portugal (IHPT), hidrografia@hidrografico.pt, www.thsoa.org/pdf/h01/7_3.pdf.

técnicas cartográficas y al uso de los datos espaciales. Los pasos cartográficos computarizados se dividen en los siguientes cinco pasos¹⁸.

- **Adquisición y alimentación.** Los datos digitales se obtienen usualmente de varias formas ej. Los archivos digitales o a través del escaneo de cartas antiguas.
- **Verificación.** Todos los datos se verifican y se chequean los formatos, escala y codificación etc.
- **Edición y clasificación.** Las mayores tareas incluyen asegurar que las características y la topología son correctas, y que los símbolos y atributos son los que indica los Estándares Cartográficos Digitales (CDS). Los manuscritos originales que fueron escaneados requieren de la codificación geo-referencial y de la edición interactiva de la codificación de características. Todo texto o nota hecha sobre el mapa se debe incluir interactivamente.
- **Control de calidad.** Se usa un proceso de filtro para crear un documento de reporte para chequear el proyecto, éste debe estar completo y los atributos deben haber sido otorgados correctamente. Los oficiales de control de calidad se aseguran que la carta cumple con las especificaciones de diseño y que los datos digitales conforman el CDS. Todos los mapas se revisan por cartógrafos antes de su publicación.
- **Impresión.** Un archivo final se crea para la impresión. El proceso moderno de impresión *offset* puede imprimir en colores individuales o en secuencia multicolor.

2.9.2 Presentación

El mundo real es muy complicado para obtener una descripción práctica completa es por esto que se debe utilizar una visión del mundo real simplificada y muy específica. Esto se logra al moldear la realidad. La presentación de la información hidrográfica puede variar para cumplir con un uso particular (ej. Puede ser presentada gráficamente, usando símbolos o en una forma textual). Por esto, la presentación de la información debe ser independiente de su almacenaje. El concepto de mantener la información almacenada separada de la de la presentación nos da gran versatilidad y flexibilidad. Permite a los mismos datos ser usados para varios propósitos sin requerir un cambio en su estructura o contenido. Si el estilo de la presentación o medio cambia, sólo el modelo de presentación debe cambiar. Entonces, el modelo descrito puede vincularse a muchos modelos diferentes de presentación. Por ejemplo, las cartas ENC y de papel presentan los mismos datos básicos en distintas maneras a través de distintos modelos de presentación¹⁹.

2.9.2.1 Cartas de papel. Una carta náutica es el marco gráfico que muestra la naturaleza y la forma de la costa, las profundidades del agua y las características generales y de configuración del fondo del mar, ubicación de los peligros a la navegación, la bajamar y pleamar, ubicación de las ayudas a la navegación hechas por el hombre y las características del magnetismo de la tierra²⁰. Además de sus elementos básicos, una carta es un documento de trabajo que el marino utiliza como “un mapa de camino” y como una hoja de trabajo y es esencial para la seguridad en la navegación. Junto con las ayudas a la navegación suplementarias, se usa para dibujar cursos y navegar barcos por la ruta más corta, económica y segura.

¹⁸ Vic Dohar and Dave Everett, “Geological Map Production for Dummies”, Natural Resources Ottawa, Canada, vdohar@nrcan.gc.ca, <http://pubs.usgs.gov/of/of00-325/dohar.html>.

¹⁹ Organización Hidrográfica Internacional, Mónaco, Especificaciones para Contenidos de Cartas y Aspectos de Muestra de ECDIS (S-52).

²⁰ <http://chartmaker.ncd.noaa.gov/ncd/whatis.html>.

Las cartas impresas presentan toda la información importante como las características de la carta con la simbología apropiada y la información, textos y símbolos cartográficos descriptivos. El volumen de la información es limitado dependiendo del tamaño de la carta así como de los aspectos de lectura de ésta. Uno de los aspectos más importantes del trabajo de preparación de los datos a ser publicados en la carta impresa es la generalización cartográfica y la edición cartográfica de la data. Estas incluyen ej. El desplazamiento, agrupación, selección rotación y ancho del texto, letra y posicionamiento.

2.9.2.2 Cartas digitales. Las cartas digitales dan a entender la base de datos estandarizada, por el contenido, estructura y formato, como se muestra en la Fig. 1.6.

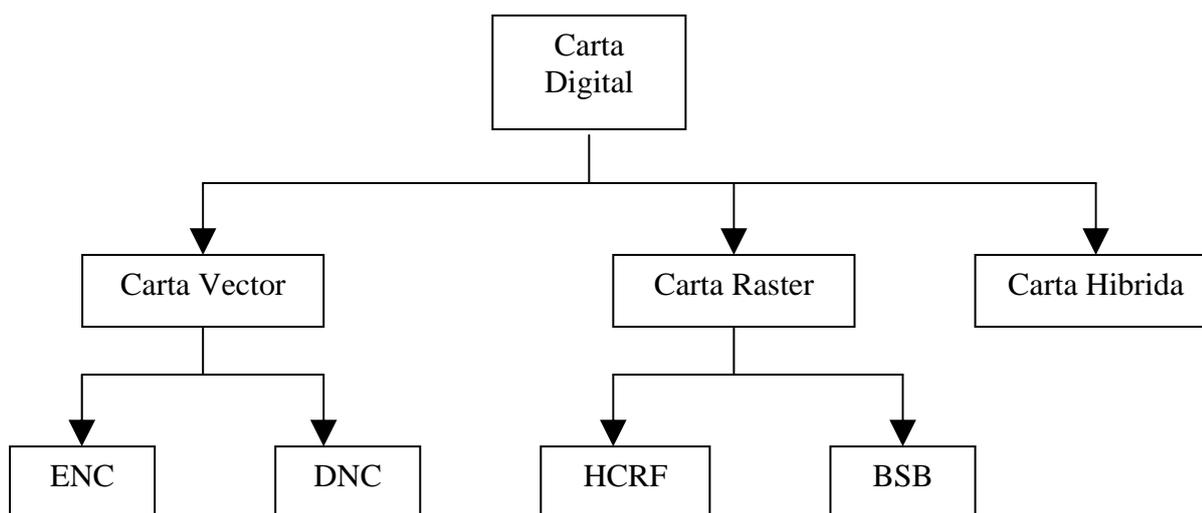


Fig. 1.6 “Tipos y formatos de cartas digitales”

Las Cartas Digitales²¹ son una nueva ayuda a la navegación que puede dar grandes beneficios a la navegación marítima, seguridad y el comercio. Más allá de ser simplemente un muestrario de gráficos en un computador, los sistemas de la carta digital combinan los datos geográficos y los datos textuales en una sola herramienta de operación muy útil. Como una ayuda automática de decisión las cartas ENC son capaces de determinar continuamente la posición de una embarcación en relación con tierra firme, objetos, ayudas a la navegación y cualquier peligro no detectado, son un sistema de navegación en tiempo real que integran una variedad de información que es importante para la interpretación del marino. La forma más avanzada de sistemas de cartas náuticas la representa una novedad en la navegación marítima.

2. 9.2.3 La carta vectorial

ENC: Una Carta de Navegación Electrónica (ENC) es de datos vector de conformidad con las especificaciones de producto ENC del OHI S-57 en términos de contenido, estructura y formato. Fueron hechas para el uso con ECDIS de la autoridad de gobierno autorizada en las oficinas hidrográficas y contiene toda la información necesaria para la seguridad de la navegación y muchas tienen información adicional a la que se encuentra en la carta de papel (ej. direcciones de navegación). En general, una carta ENC S-57 es un grupo de datos orientados a un objeto y estructuralmente ordenados y está designada para una cantidad de aplicaciones hidrográficas. Tal como lo define la 3ra edición del OHI S-57, la data es un compendio de puntos, líneas características y objetos. El tamaño mínimo de la data es una “celda” que es un rectángulo esférico (ej. Rodeado de meridianos y círculos de latitud). Las celdas adyacentes no se duplican. La escala de los datos contenida en la celda es dependiente del propósito de la navegación (ej. general, costero, de aproximación o de puerto), otra

²¹ Lee Alexander, Ph.D., “What is an ENC? It depends who you ask”, Offshore Systems Ltd., Vancouver, BC, Canada, http://www.osl.com/Support/what_is_enc.htm.

que no sea un límite de 5Mb de la cantidad de los datos contenidos en la celda ENC, no hay especificaciones en relación a las dimensiones de la celda como el contenido más pequeño.

DNC: La Carta Náutica Digital (DNC^{MR}) es una base de datos vectorial de una selección de características marítimas que pueden ser utilizadas con los sistemas de navegación integrados en la embarcación (ej. Sistemas de cartografiado electrónico), u otro tipo de sistemas de información geográfica (GIS). De igual manera que con las ENC de OHI S-57, la base de datos DNC está formada por puntos, líneas y polígonos que contienen información de hidrografía, ayudas a la navegación, marcas culturales en tierra, características de la tierra, profundidades, obstrucciones, etc. Cada tema (ej. Hidrografía) se guarda en una alineación temática con propiedades de geo-referencia. El producto DNC está encapsulado usa el Anexo C de Forma Relacional Vectorial (VRF) de codificación que consiste en un grupo de tablas de base datos relacionales. Luego los datos se organizan en series de “bibliotecas” que no son más que grupos de cobertura de carta que se comparan con los grupos de escalas de cartas náuticas de papel NIMA (ej. General, Costero, de Aproximación y de Puerto). En el concepto ECDIS un DNC es un “sistema” electrónico de carta de navegación (SENC) que contiene datos y características de muestrario específicos.

2.9.2.4 Cartas Raster

Los formatos de datos Raster son una imagen electrónica con una geo-referencia aplicada a ellos. El término de imagen electrónica se usa para una imagen de computadora hecha para una grilla de cuadros o *píxeles* de color muy pequeños (254 por pulgada en una estándar) Estas imágenes electrónicas se generan normalmente de escanear la carta original para crear la representación digital de la carta. Una vez que se obtiene esta imagen, se le aplica la geo-referencia. Este es el proceso de relacionar las posiciones de la grilla de los *píxeles* de la imagen electrónica con la latitud y longitud correspondiente. De esta forma, una computadora puede relacionar la posición del *píxeles* con la latitud o la longitud. Sin embargo, el sistema desconoce los detalles de las características y de los detalles que muestra (como la línea de costa) de la imagen raster que emite. Las cartas raster se producen al escanear en alta resolución los colores originales por separado, que son usados para imprimir las cartas de papel. Los archivos digitales son geo-referenciados cuidadosamente para permitir al software de navegación indicar las posiciones geográficas o locaciones en la imagen. Los Meta datos se agregan para describir la carta, su datum, proyección y otra información acerca de la carta y del archivo digital.

Formato hidrográfico de cartas Raster (HCRF): este es el formato que desarrolló la Oficina de Hidrografía del Reino Unido (UKHO) y que utiliza el Servicio del Almirantazgo de Cartas Raster (ARCS) y la OH de Australia para su Servicio de Cartas del Marino. Las cartas Raster tienen los mismos estándares de exactitud y de confiabilidad que las cartas de papel. Estas se utilizan con sistemas autorizados y compatibles de Cartografiado electrónico (ECS)

Formato BSB: El formato (BSB) es básicamente una o más imágenes raster comprimidas en un paquete que está acompañado por los detalles de la carta dentro del mismo paquete. Los detalles de estas cartas incluyen las geo-referencias requeridas para determinar la latitud y la longitud así como otros particulares como la escala, las unidades de profundidad, el nombre de la carta, etc. El formato BSB separa la carta en dos imágenes dependiendo del número de compartimientos que la carta tenga, “un compartimiento” se define como la carta principal, la carta inserta y la continuación de la carta.

2.9.2.5 Cartas híbridas

La forma ideal de mantener todas las versiones originales de los datos digitales cartográficos de manera discreta es en el formato vectorial. La capacidad de los sistemas de computación, que ha crecido en los últimos años, ha abierto la posibilidad de transferir rápidamente a forma digital a través del escaneado raster de los impresos apartados existentes, y luego, utilizando las técnicas híbridas raster/vectorial durante un período de cambio. Los originales Raster se cambian por los originales Vectoriales en una secuencia determinada por las prioridades de costo y de negocios.

ANEXO A
ACRÓNIMOS

ARCS	Servicio del Almirantazgo de Cartas Raster
AHO	Oficina Hidrográfica de Australia
CAD	Croquis de Ayudado por Computadoras
CD	Disco Compacto
CDS	Estándares de Cartografiado Digital
DNC	Carta Náutica Digital
ECS	Sistema de Cartografiado Electrónico
ENC	Carta de Navegación Electrónica
ECDIS	Sistema de Despliegue de Carta Electrónica e Información
GIS	Sistema de Información Geográfica
HCRF	Formato de Cartas Hidrográficas Raster
HTF	Formato de Transferencia Hidrográfica
HI	Instrucción de proyecto / Instrucción Hidrográfica
NIMA	Agencia Nacional de Cartografía e Imagen (Hoy NGI)
NIS	Sistema de Información Náutica
NTM	Avisos a los Navegantes
OHI	Organización Hidrográfica Internacional
OMI	Organización Marítima Internacional
ONH	Oficina Nacional Hidrográfica
QC	Control de Calidad
RNC	Carta Náutica Raster
SENC	Sistema de Cartas de Navegación Electrónicas
UKHO	Oficina Hidrográfica del Reino Unido
VRF	Formato Vectorial Relacional
WGS	Sistema Geodésico Mundial

REFERENCIAS

- | | | |
|--|--|---|
| D. Russom & H. R. W. Halliwell | <i>“Some Basic Principles in the Compilation of Nautical Charts”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LV No. 2, July 1978 |
| William G. Swisher | <i>“National Ocean Survey Automated Information System”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LVIII No. 2, July 1981 |
| N. M. Anderson | <i>“Computer Assisted Cartography in the Canadian Hydrographic Service”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LVIII No. 2, July 1981 |
| Christer Palm | <i>“From Manuscript to Printed Chart”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LX No. 2, July 1982 |
| Martin Joseph | <i>“Assessing the Precision of Depth Data”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LXVIII No. 2, July 1991 |
| E. C. Bouwmeester and A. W. Heemink | <i>“Optimal Line Spacing in Hydrographic Survey”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LXX No. 1, March 1993 |
| H. Gorziglia | <i>“Computer Assisted Cartography at Hydrographic and Oceanographic Service of Chilean Navy”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LXX N ^o , September 1993 |
| Adam J. Kerr | <i>“Conceptual Model of a Regionally Integrated Data Base For ECDIS”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LXXI No. 2, September 1994 |
| Udo Laube | <i>“The Hydrographic and Wrecksearch Vessel “DENEBA” as an Example for a Modern Survey Vessel”</i> | International Hydrographic Review, Vol. LXXII No. 2, March 1995 |
| B. Bourgeois, F. Petry, M. Harris & P. Alleman | <i>“A GIS Integration Approach for Dynamically Reconfigurable Surveys”</i> | The Hydrographic Journal, January 1999. |
| Patrick McGlamery | <i>“Issues of Authenticity of Spatial Data”</i> | 66 th IFLA Council and General Conference 2000. |
| Neal G. Millet and Simon Evans | <i>“Hydrographic Management using GIS Technologies”</i> | U.S. Hydrographic Conference 2001. |
| Lieutenant Eric J. Sipos | <i>“NOAA AHB Assurance Inspections for Contract Hydrographic Surveys”</i> | U.S. Hydrographic Conference 2001. |
| Lt Cdr Luis Pais | <i>“Production and Distribution of ENC – The Portuguese experience”</i> | U.S. Hydrographic Conference 2001. |

DIRECCIONES URL

1. Ames Remote <http://www.amesremote.com>
2. Caris Marine <http://www.caris.com>
3. Coastal Oceanographic, Inc <http://www.coastalo.comNational>
4. ESRI Software <http://www.esri.com/library/>
5. Federal Geographic Data Committee <http://fgdc.er.usgs.gov/fgdc.html>
6. Hydrographic Society of America <http://www.thsoa.org>
7. Imagery and Mapping Agency (NIMA) <http://www.nima.mil>
8. International Hydrographic Organisation <http://www.iho.shom.fr/iho.html>
9. JANUS Technologies <http://www.janus-tech.com>
10. NOAA National Coast Survey <http://chartmaker.ncd.noaa.gov>
11. Offshore Systems Ltd. <http://www.osl.com/corporate>
12. Primar Organisation <http://www.primar.org>
12. SeaBeam Instruments <http://www.seabeam.com/>
13. Reson, Inc <http://www.reson.com>
14. The Laser-scan Ltd., <http://www.Laser-Scan.com/papers>
15. The GIS Primer <http://www.innovativesgis.com>

BIBLIOGRAFÍA

Admiralty	<i>“Manual of Hydrography”</i>	Vol I & Vol II
Bowditch	<i>“American Practical Navigator”</i>	U.S. Navy Hydrographic Office.
Admiralty	<i>“General Instructions for Hydrographic Surveyors”</i>	
Karl B. Jeffers	<i>“Hydrographic Manual”</i>	U.S. Department of Commerce
IHO Special Publication S-44	<i>“IHO Standards for Hydrographic Surveys”</i>	
IHO Special Publication S-52	<i>“Spécifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS”</i>	
IHO Special Publication S-57	<i>“IHO Transfer Standards for Digital Hydrographic Data”</i>	
IHO Special Publication S-61	<i>“Product Specification for Raster Navigational Charts (RNC)”</i>	
IHO Circular Letter 45/2001	<i>“Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data”</i>	Dated 5 Oct 2001.
	<i>“Map Compilation Color Separation and revision”</i>	Headquarters Department of Army, Washington.
Colonel Sir Charles Close & Colonel H. St. J. L. Winterbotham	<i>“Text Book of Topographical and Geographical Surveying”</i>	Her Majesty’s Stationery Office.
