

La Cartografía Marina y los Sistemas de Información Geográfica

*Almazán Gárate, José Luís (joseluis.almazan@upm.es)
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid*

*Palomino Monzón, M. Carmen.(mcpalomino@caminos.upm.es)
Dra. Ciencias Físicas
Universidad Politécnica de Madrid*

*Verdú Vázquez, Amparo (averdvaz@uax.es)
Dra. Ingeniera en Geodesia y Cartografía
Universidad Alfonso X el Sabio*

RESUMEN

La cartografía marina presenta diferencias conceptuales con la cartografía terrestre, siendo habitual el empleo de sistemas de proyección que conserven ángulos (rumbos de navegación) en mar mientras que, por otro lado, los sistemas de proyección terrestre habitualmente conservan distancias. Los SIG (Sistemas de Información Geográfica) utilizados en la GIZL (Gestión Integrada de Zonas Litorales) precisan de un sistema de representación común tanto para la parte terrestre del litoral como para los espacios marinos costeros, lo que supone un nuevo reto en la producción y utilización de la moderna cartografía digital.

Palabras claves:

Cartografía; SIG; GIS; Proyección; Costa; Mar.

ABSTRACT

Seacoast cartography shows conceptual differences compared to terrestrial cartography, one of those is the use of different projection systems that preserve angles (useful for navigation rhumbs) while, on the other hand, projection systems used in terrestrial cartography usually preserve distances. GIS (Geographic Information Systems) used for Integrated Coastal Management need a common method of representation not only for terrestrial zones in the coast, but also for seacoast cartography, and that point means a new challenge in terms of production and utilization of modern digital cartography.

Key words

Cartography; GIS; Pojection; shore; sea.

Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha sentido la necesidad de saber dónde se encontraba y de representar gráficamente el mundo que le rodeaba.

A pesar de que el mayor volumen de cartografía existente y que se edita en la actualidad, corresponde a levantamientos terrestres, la cartografía marina juega un papel fundamental dentro de esta ciencia, y a pesar de ser menos conocida, no es menos importante.

Desde que el hombre navega ha sido de gran utilidad anotar las formas de las costas descubiertas. Por situarnos en antecedentes históricos, aunque no se puede asegurar con certeza, es muy probable que los fenicios, pueblo mariner por excelencia, fueran los primeros en disponer de cartas náuticas, en las que se indicaban los rumbos que debían seguir los barcos de mercaderes y en las que la información que debía predominar era la correspondiente a los accidentes del litoral al que debían enfrentarse.

Cabe citar el importante desarrollo de la cartografía portulana, promovida por la invención de la brújula (a principios del siglo XII). El conocimiento de los rumbos magnéticos a lo que se añade la representación de las costas, da lugar a la aparición de las llamadas *cartas portulanas*. Su característica más importante era que proporcionaban al navegante los rumbos magnéticos y las distancias entre los puertos más importantes de la costa.

La cartografía marina ha ido adquiriendo mayor importancia a lo largo de los años, ya que se ha demostrado su indudable valor, no solo como soporte para la navegación y transporte marítimo, sino también en la determinación de los procedimientos de seguridad marítima en zonas costeras y en la prevención y seguimiento de situaciones de crisis creadas por accidentes de buques en especial de aquellos cargados con materiales contaminantes o peligrosos.

Es por tanto, la cartografía marina, un campo que se está potenciando a marchas forzadas y del que gran parte de los usuarios de cartografía y prácticamente la totalidad de la población, desconoce en gran parte. Uno de sus objetivos es que sirva como herramienta para realizar estudios ambientales, de recursos naturales, de planeamiento urbanístico, turísticos, etc.

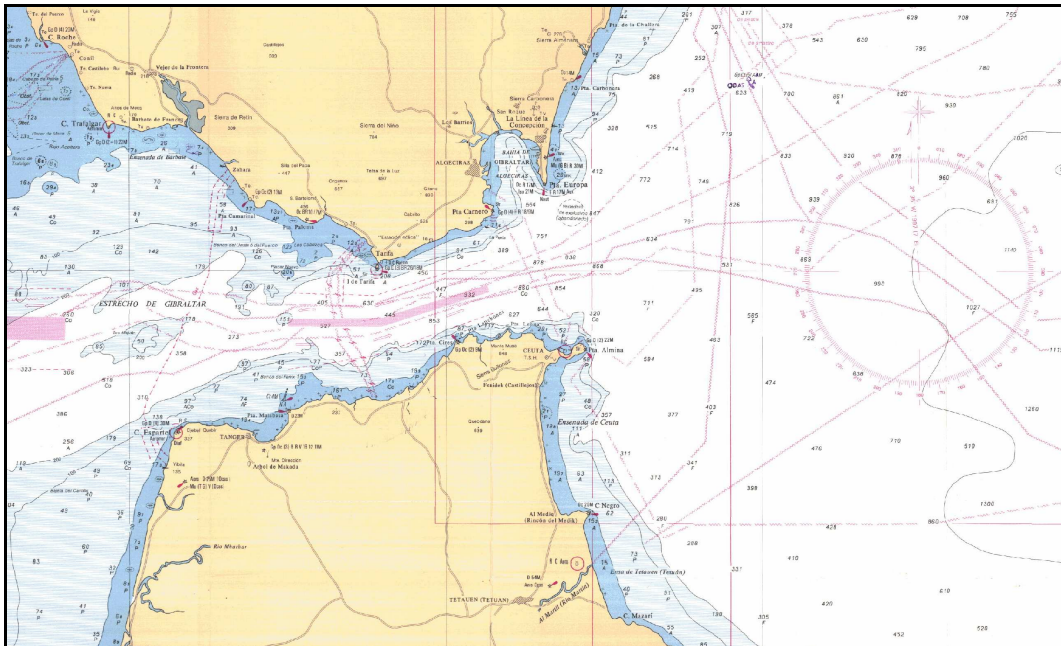


Figura 1: Carta náutica española del Estrecho de Gibraltar

Es interesante conocer diversas características de la cartografía marítima que exponemos a continuación.

Una carta náutica es una representación gráfica de las aguas navegables y de la costa adyacente, trazada mediante un sistema de proyección adecuado según su finalidad. En ella se indican las profundidades del mar, la naturaleza del fondo y la configuración marítima detallada, de modo que permita navegar por ella a las embarcaciones, sorteando los peligros.

Debe mostrar, además, los objetos naturales y artificiales que existen fijos en tierra, los peligros a la navegación, localización de luces y otras ayudas que sean visibles desde el mar y puedan servir de referencia al navegante para obtener su situación y trazar rumbos. Es así que debe idearse y diseñarse de modo que indique los detalles útiles al marino con toda la precisión posible y en todas las circunstancias previsibles.

Las cartas náuticas son uno de los elementos más importantes para la navegación ya que en ellas se fija la posición geográfica en que se encuentra la nave, en cualquier instante, por cualquier procedimiento (astronómico, estima, demarcaciones a la costa, radiogoniométrico, satelital, etc.) lo que permite

determinar el nuevo rumbo y distancia que deberá navegar para ir a otro punto, eludiendo los peligros indicados en la misma carta.

Según la escala, las cartas se pueden clasificar en cinco grupos principales: cartas generales, cartas de arrumbamiento, cartas de navegación costera, cartas de aproximación o aproches (cartas de recalada) y portulanos.

A las cartas generales y a las cartas de arrumbamiento se las conoce como cartas de punto menor, que son las que representan grandes extensiones; y a las cartas de navegación costera, aproches y portulanos, como cartas de punto mayor, que representan porciones menores.

Cartas de punto menor o punto pequeño:

Cartas Generales: Son las que abarcan una gran extensión de costa y mar. Están destinadas a la navegación oceánica. Su escala es muy pequeña, oscilando entre 1/3.000.000 y 1/30.000.000.

Cartas de Arrumbamiento: Se utilizan para navegar distancias de tipo medio, con rumbo directo. Sus escalas oscilan entre 1/3.000.000 y 1/200.000.

Cartas de punto mayor o punto grande:

Cartas de Navegación Costera: Son las que sirven para navegar reconociendo la costa. Sus escalas van desde 1/200.000 a 1/50.000. La carta de escala 1/50.000 es la que contiene el máximo detalle posible de la geografía y del fondo marino de la zona que representa.

Cartas de Aproximación o Aproches o Cartas de Recalada: Son cartas cuya misión es facilitar al navegante la aproximación a los puertos o a otros accidentes geográficos (canales angostos, puntos de recalada, etc). Sus escalas están comprendidas entre 1/50.000 y 1/25.000.

Portulanos (Cartas de Puerto): Son cartas de escala 1/25.000 o mayor, en las cuales se representan con todo detalle pequeñas extensiones, tales como puertos, ensenadas etc.

A veces, dentro del marco de una carta de navegación costera, se inserta a mayor escala una representación de un determinado lugar al que, por su menor importancia, no se le ha dedicado un portulano aparte. A este portulano dentro de otra carta se le llama “*cartucho*”.

En una carta podemos distinguir:

Marco: Formado por las escalas graduadas usadas para medir el valor de la latitud (en vertical a derecha e izquierda) y las de longitud (en horizontal, superior e inferior).

Reticulado: Red de paralelos y meridianos impresos en la carta.

Tarjeta: Espacio en el que se expone el título, otros datos y notas aclaratorias.

En una carta de navegación podemos obtener una gran cantidad de información dada por medio de símbolos o abreviaturas que se recogen en una publicación especial del Instituto Hidrográfico de la Marina. De entre todos estos símbolos y abreviaturas los más importantes son:

Faro: Representados mediante una lagrimita de color negro. La situación del faro está en el punto de donde arranca la lágrima. Luces de entrada en puerto: Se representan mediante un pequeño círculo de color negro con la inicial V (luz verde) o R (luz roja).

Baliza: Objeto señalizador, utilizado para indicar una situación de peligro potencial. Es usual utilizar el término o boya de balizamiento. Una baliza puede ser activa, si emite una señal o pasiva, si no emite.

El sistema de boyado marítimo sigue un código acordado en la IALA (**I**nternational **A**ssociation of **L**ighthouse **A**uthorities) que establece las normas internacionales dictadas para estandarizar las características de la señalización marítima, también denominada iluminación de costas, que delimita canales navegables y sus aguas adyacentes a fin de unificar criterios, y ser entendibles y reconocibles por los distintos navegantes con independencia de su navegabilidad y pabellón de navegación.

Existen dos sistemas a lo largo del mundo, el sistema **A** aplicado en Europa, África, Oceanía y Asia excluidos Japón, Corea y Filipinas. El sistema **B** aplicado en América del sur, central y norte además de los tres países asiáticos antes mencionados.

Sondas: Indican la profundidad en metros o pies (según se indique en la misma carta). Junto al número suele aparecer una de las siguientes letras, para indicar la calidad del fondo: A (arena), P (piedra), F (fango) y C (cascajo).

Veriles: Son líneas de igual profundidad (isobáticas) para llevar la derrota de un buque de acuerdo con su calado por rutas seguras sin riesgo de que el buque cargado y oscilando por sus movimientos roce con el fondo y corra riesgo de sufrir averías.

Línea de costa: Todo el contorno de la costa, con su forma, orientación, aspecto y características.

Enfilaciones: Línea de posición creada por la alineación de dos objetos reconocibles, generalmente mediante dos balizas, una posterior (de mayor altura) y otra anterior.

Vistas de Recalada: En algunas cartas sirven para reconocer la costa, en las cercanías y entradas a puertos y bocas de canales.

Peligros submarinos: Todo lo que constituya un peligro para la navegación como rocas sumergidas, casco a pique, arrecifes, bajos y tendido de cables.

Nombres geográficos: Todos los accidentes topográficos e hidrográficos están indicados por sus nombres propios, como ser: puertos, cabos, puntas, islas, cerros, etc.

Declinación magnética: Llamada también Variación Magnética, se representa por dm o V . Se define como el ángulo que forma el meridiano geográfico y el meridiano magnético. La declinación magnética varía según el lugar en el que nos encontremos y con el paso del tiempo. Las cartas náuticas, por tanto, además del valor de la declinación magnética para una zona y año, expresan su incremento o decremento anual.

Tradicionalmente las cartas de navegación estaban impresas en papel pero recientemente se han desarrollado sistemas informáticos que permiten el almacenamiento y tratamiento de cartas náuticas con ordenadores al estar en formatos digitales.

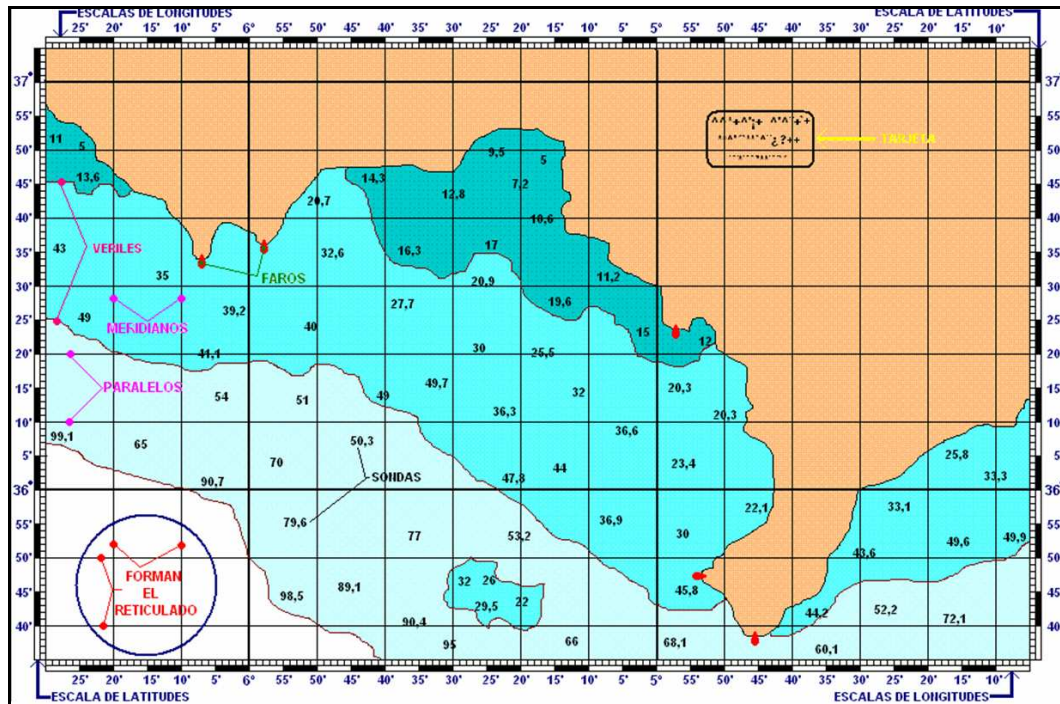


Figura 2: Estructura de una carta náutica

Para editar las cartas náuticas se suele utilizar la proyección Mercator, en la que los ángulos medidos sobre la tierra y sobre la carta tienen el mismo valor. Es decir, es una proyección conforme, conserva los ángulos entre líneas y mantiene las formas Sin embargo, las distancias y las áreas aumentan a medida que nos separamos del punto central de proyección. Fue ideada en 1569 por Gerardo Mercator y se convirtió en la única utilizada para las cartas marítimas durante los siglos XVII y XVIII.

La explicación es que Mercator dotó a su proyección de la propiedad consistente en que el trazado de líneas de igual rumbo (*loxodrómicas*), en el plano, fuera una línea recta. Consiguió esto alterando la separación entre paralelos. Para el mismo valor de diferencia en latitud, se van separando más cuanto más nos alejamos del Ecuador

La línea loxodrómica, que es la que une dos puntos sobre la Tierra cortando los distintos meridianos con un mismo ángulo, se representa, sobre la carta, por la línea recta que une dichos puntos.

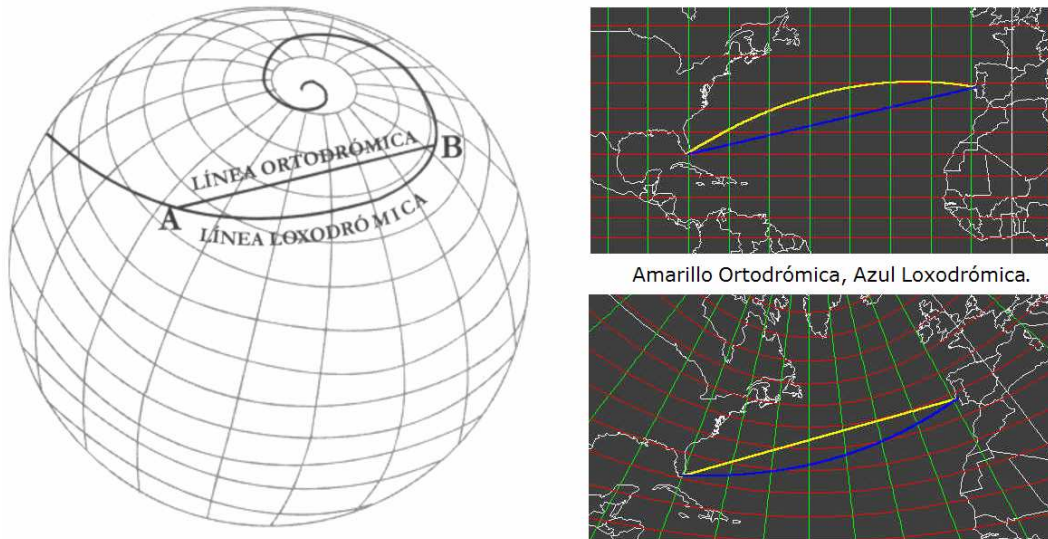


Figura 3: Líneas ortodrómicas y loxodrómicas

Lo que se obtuvo fue que los rumbos de navegación constante fueran líneas rectas en un plano. Las líneas loxodrómicas no son el camino más corto entre dos puntos de la esfera, pero constituyen la vía más segura para mantener el rumbo utilizando la brújula.

Al seguir el rumbo se puede navegar con seguridad de llegar al destino, pero el inconveniente de mantener rumbo constante es que el trayecto seguido (**loxodrómica**) no es el más corto, puesto que no es un círculo máximo en la esfera (**ortodrómica**).

El Ecuador, los meridianos y los paralelos se representan como líneas rectas. Los meridianos son paralelos entre sí. Los círculos máximos distintos a los meridianos y al Ecuador, o sea los que se trazan sin pasar por los Polos, se representan por curvas.

Cabe destacar que todos los paralelos tienen el mismo desarrollo, coincidente con el del Ecuador. La máxima exageración corresponde al polo, a cuya latitud 90° no corresponde en la esfera desarrollo lineal alguno, ya que es un punto, y sin embargo en este sistema de representación mide lo mismo que en el Ecuador, aproximadamente 40.000 km reales.

Dado que generalmente los buques navegan mediante “rumbos”, ángulo de eje del buque con el Norte Magnético, este sistema de proyección cartográfica manteniendo rumbos es el adecuado para la navegación.

La distancia navegada depende no sólo de la velocidad y tiempo de navegación, sino de las corrientes marinas y derivas de la embarcación debidas a la acción del viento sobre la obra muerta del buque y otras que modifican la velocidad real del buque sobre referencias fijas a tierra.

Por este motivo, las deformaciones progresivamente crecientes con la latitud, se considera inutilizable a partir de los 70° de latitud Norte o Sur. Para estas latitudes hay que buscar una proyección alternativa. Suele usarse para cubrir las regiones polares la Proyección Estereográfica Polar (UPS).

Actualmente, diversos organismos oficiales intentan reflejar los amplios intereses internacionales en cartografía marina y también el potencial de los Sistemas de Información Geográfica para las zonas de costa. Las cartas náuticas deben estar permanentemente actualizadas y listas para ser utilizadas en cualquier momento. Con el uso de cartografía digital, la actualización se agiliza y abarata enormemente.

Nombraremos a continuación diversos organismos y simposios que existen en la actualidad y cuya finalidad común es la de desarrollar la cartografía marina digital mediante el uso de los variados y ya tan extendidos Sistemas de Información Geográfica, donde comienza a integrarse el detalle morfológico del fondo marino.

La Asociación Cartográfica Internacional (ACI o ICA), asociación que cumple el 50 aniversario en el año 2009, tiene como objetivo principal promover la cartografía en un contexto internacional. La ACI busca:

- Contribuir a la comprensión y solución de problemas en todo el mundo con el uso de la cartografía en procesos de tomas de decisión.
- Fomentar la difusión internacional de la información ambiental, económica, social y espacial a través la cartografía.
- Proporcionar un foro global para la discusión de reglas y estatutos de la cartografía.
- Facilitar la transferencia de la nueva tecnología cartográfica y de los conocimientos entre las naciones, especialmente a los países en desarrollo.

- Realizar o promover la investigación cartográfica multinacional para solucionar problemas científicos y aplicados.
- Aumentar la educación cartográfica en el más amplio sentido, a través de publicaciones, seminarios y conferencias.

Promover el uso de estándares profesionales y técnicos en cartografía.

La Asociación Cartográfica Internacional tiene una Comisión de Cartografía Marina que colabora activamente en todos los eventos relacionados con dicha cartografía, en especial con CoastGIS.

CoastGIS, Simposio Internacional de SIG y Cartografía Digital de Gestión de Litorales, es una serie de conferencias que comenzaron en Cork, Irlanda, en 1995 como colaboración entre la Comisión de Sistemas Litorales de la Unión Geográfica Internacional y la Comisión de Cartografía Marina de la Asociación Cartográfica Internacional. Tal fue el éxito y la proyección internacional de dicha conferencia que CoastGIS se ha convertido en un evento regular bienal. Las reuniones se han producido en Aberdeen, Escocia (1997), Brest, Francia (1999), Halifax, Nueva Escocia, Canadá (2001), Génova, Italia (2003), de nuevo Aberdeen (2005), Sidney y Wollongong, Australia (2006), Santander, España (2007). La próxima tendrá lugar en Florianópolis (Brasil) entre el 30 de septiembre y el 2 de octubre de 2009.

Todas las reuniones anteriores tienen en común la exposición de trabajos desarrollados en la costa (gestión, conservación, investigación...) aplicando herramientas SIG. Es remarcable que las aplicaciones presentadas en las sucesivas reuniones reflejan el amplio desarrollo y grado de madurez alcanzado en el campo de SIG de costas. Los análisis informáticos presentados han ido cambiando a lo largo de las reuniones, llegando a conseguir la integración de SIG con una cada vez mayor diversidad de tecnología de Observación de la Tierra y de posicionamiento (GPS, sónar, lidar, instrumentos de teledetección en órbita y aerotransportados, etc.).

Por otro lado, el pasado 14 de Julio de 2008 se presentó en la Casa del Mar de Barcelona el SIGPesca de la Dirección General de Pesca y Acción Marítima de la Generalitat de Catalunya.

Se trata de un geoportal que permite visualizar capas de información geográfica relativas al litoral marino de Cataluña. Entre otras capas aparece

información acerca de la batimetría, las cartas náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina, litología del fondo marino, espacios naturales, puertos comerciales, etc.

Posiblemente se trate de uno de los primeros geoportales IDE en el que la información geográfica se refiere a los fondos marinos. Esta información geográfica ofrece multitud de posibilidades y es un campo que actualmente no está suficientemente explotado. Pero va a más. Recientemente se ha anunciado la disponibilidad de las cartas náuticas americanas sobre Google Earth.

Sigue los estándares del OGCⁱ e interoperará con cualquier otra capa que siga estos estándares. Los metadatos de las capas también son completamente estandarizados y siguen las directrices marcadas por la ISO 19139. Además gran parte de las capas pueden descargarse en el lector de mapas MiraMon.

El Lector de Mapas MiraMon es un programa de difusión gratuita que permite la visualización, consulta e impresión de mapas publicados en Internet o en CD-ROM. Los mapas deben haber sido generados con el Sistema de Información Geográfica MiraMon.

Con todo lo anterior podemos concluir que la cartografía en general y la marina en particular ha evolucionado de forma paralela al desarrollo de los SIG. La calidad de los datos empleados debe ser la misma pero los diversos procesos se agilizan. Asimismo se convierte en información más accesible y con mayor facilidad de intercambio. Actualmente existen multitud de SIG específicos compatibles e interoperables entre sí, que consiguen el manejo sostenible de los recursos y su aplicación práctica en infinidad de cartas.

La Gestión Integrada de las Zonas Litorales, que encuentra en los SIG una herramienta fundamental, precisa de la integración de cartografía terrestre y marina, dado el carácter de borde o frontera que la costa o litoral tiene entre la tierra y el mar, y es allí donde se evidencia la importancia de utilizar sistemas de proyección cartográfica comunes a los espacios marinos y terrestres, lo que supone una importante novedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LORENZO, R. (2006). Informe sobre asamblea general de la sociedad española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección.
- [2] ASOCIACIÓN CARTOGRÁFICA INTERNACIONAL. (2006). Número 46. (<http://www.icaci.org>).
- [3] ASOCIACIÓN CARTOGRÁFICA INTERNACIONAL. (2006). Número 47. (<http://redgeomatica.rediris.es/ica47>).
- [4] CALDERÓN LAMOTTE, H. (2002). Un nuevo enfoque en el análisis y empleo de la información batimétrica aplicada a la cartografía marina. III Congreso Geomática.

ⁱ El Open Geospatial Consortium (OGC) fue creado en 1994 y agrupa a más de 250 organizaciones públicas y privadas. Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios. Anteriormente fue conocido como Open GIS Consortium.