

DE LA CARTA NAUTICA CONVENCIONAL A LA CARTA ELECTRONICA *

Luis A. Salgado Ibáñez **
Capitán de Fragata

INTRODUCCION

En los últimos años, el desarrollo de la ingeniería de sistemas ha introducido trascendentales cambios en los métodos de compilación cartográfica, lo que ha permitido acelerar considerablemente los tiempos involucrados, aumentar su calidad, uniformar su presentación, aumentar su confiabilidad, facilitar los procesos de actualización y permitir el intercambio de archivos digitales entre los servicios hidrográficos.

Este desarrollo tecnológico ha permitido al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) incorporar en una primera etapa la capacidad de producción de cartografía asistida por computador, con el desarrollo del sistema AUTOCARTA, y luego la capacidad de producción de Cartografía Náutica Electrónica (CNE), con la puesta en marcha del proyecto ELECTROCARTA, cuya carta piloto –cubriendo aguas del estrecho de Magallanes– se espera poner a prueba a contar del primer trimestre del año 1996.

Primeramente, se presentará una descripción general del sistema de cartografía asistida por computador, denominado AUTOCARTA, desarrollado para aumentar la producción de cartografía impresa en papel. Luego, se expondrán los pasos seguidos para incorporar la tecnología de

Sistemas de Información Geográfica (SIG), a la producción de CNE, que permitirá al SHOA entregar a los usuarios este nuevo producto náutico, destinado a revolucionar la navegación marítima.

SISTEMA AUTOCARTA

Consideraciones preliminares.

Dada la disponibilidad hacia fines de la década de los 80 de nuevas capacidades tecnológicas en la ciencia computacional, tanto en software como en hardware, que había dado origen a la técnica de cartografía asistida por computador –en plena capacidad de producción en diversos servicios hidrográficos alrededor del mundo– y a las crecientes demandas de cartografía náutica, tanto por parte de la Armada como de la comunidad marítima en general, se evaluó la conveniencia, factibilidad y aceptabilidad de incorporar tales procedimientos al quehacer cartográfico náutico del SHOA.

El marco presupuestario disponible para el desarrollo de un proyecto que materializara los resultados que de tal evaluación surgieran, impuso explorar varias aproximaciones a la solución del problema, reformulándolo y delimitándolo una y otra vez para acomodar la búsqueda de la solución a un curso factible de alcanzar con los recursos financieros disponibles.

* La experiencia del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

** El autor expuso el presente trabajo en la I Conferencia Naval Interamericana Especializada en Ciencia y Tecnología, realizada en Santa Fe de Bogotá, Colombia, del 3 al 6 de octubre de 1995, en la que, además, se desempeñó como delegado de la Armada de Chile.

Al término del proceso de investigación, se concluyó que la incorporación de un sistema de cartografía asistida por computador era conveniente, por cuanto solucionaba el problema en forma integral, dentro de la naturaleza del problema y con la oportunidad requerida. Como se expuso anteriormente, su desarrollo se evaluó como factible con el marco presupuestario disponible que, a su vez, constituyó la restricción principal para la solución del problema. Su aceptabilidad estuvo dada como consecuencia natural de haber arribado a una solución factible de alcanzar con los recursos disponibles.

Atendiendo a las características únicas del sistema, a continuación se describe, en líneas generales, los pasos seguidos para alcanzar la capacidad de producción cartográfica asistida por computador.

Parámetros de diseño preliminar.

Un grupo de trabajo interdisciplinario de profesionales del SHOA, se encargó del diseño del sistema, basándose en los siguientes parámetros preliminares:

- a) El sistema debería ser desarrollado por cartógrafos, analistas de sistemas y programadores del SHOA, asegurando así una profunda comprensión de los códigos generados, facilitando y abaratando la actualización y mantención del sistema;
- b) El sistema debería utilizar hardware y software disponible en el mercado, totalmente compatible con el computador central del Servicio, en orden a aprovechar los múltiples algoritmos cartográficos previamente programados y los archivos de datos existentes, manteniendo así bajos costos de desarrollo;
- c) El sistema debería ser capaz de generar, operar y mantener una base de datos cartográficos, que permitiera obtener los productos cartográficos requeridos por el Servicio y
- d) El sistema debería ser operado por el mismo personal que se encontraba trabajando en los procesos manuales de separación de colores en plástico, permitiendo un tránsito gradual hacia este nuevo ambiente de producción cartográfica, sin necesidad de aumentar la dotación de personal.

Desarrollo del sistema.

El concepto general de diseño del sistema AUTOCARTA está basado en la interconexión de una base de datos relacional y una base de

datos gráficos en formato vector. De acuerdo con ello, el sistema fue estructurado en cinco grupos principales de actividades:

a) Desarrollo de Base de Datos Relacional: En esta actividad el esfuerzo principal estuvo dirigido a la definición de tablas SQL, necesarias para almacenar los datos cartográficos y sus atributos, tales como profundidad y posición de una sonda, línea de costa, curvas de nivel e isobaras. La conversión de datos en SQL a un formato compatible con la entrada a la base de datos gráficos, fue una de las principales preocupaciones en esta etapa.

b) Desarrollo de la Base de Datos Gráficos: Aquí se definieron los objetos geométricos y los atributos asociados a datos cartográficos, de acuerdo con las especificaciones de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI); la conversión de datos digitales producidos por los restituidores fotogramétricos a un formato compatible con la base de datos gráficos y al desarrollo de una interface simple y amistosa para administrar la base de datos.

c) Subsistema de Digitalización Cartográfica: La digitalización de puntos y líneas fue definida como una entrada alternativa al sistema AUTOCARTA, en orden a contar con la capacidad de incorporar información gráfica complementaria a información fotogramétrica digital.

d) Subsistema de Edición Cartográfica: Este módulo fue diseñado para proveer al cartógrafo un control total sobre las estaciones de trabajo gráfico, a través de una interface amistosa. Además de las funciones características de las estaciones de trabajo, se desarrolló una completa capacidad de actualización y control de símbolos y objetos cartográficos náuticos, para posibilitar la manipulación de la carta interactuando con la base de datos, hasta que la carta se encuentre lista para ser grabada en plásticos en una mesa trazadora o ploteadora.

e) Grabado de Originales de Separación de Colores: A través de una interface amistosa, el sistema proporciona una completa capacidad de control de las funciones de trazado o ploteo, incluyendo mensajes de interacción con el operador para seleccionar el tipo de lápiz a emplear. Las hojas de plás-

tico dimensionalmente estables grabadas en la mesa ploteadora son utilizadas en el proceso de fotomecánica para transferencia de las imágenes a las planchas de impresión offset, incluyendo márgenes de la carta, títulos, tipografía, escalas, grillas especiales, rosas, etc.

En la Figura 1, se muestra la estructura general de interacción del sistema AUTOCARTA.

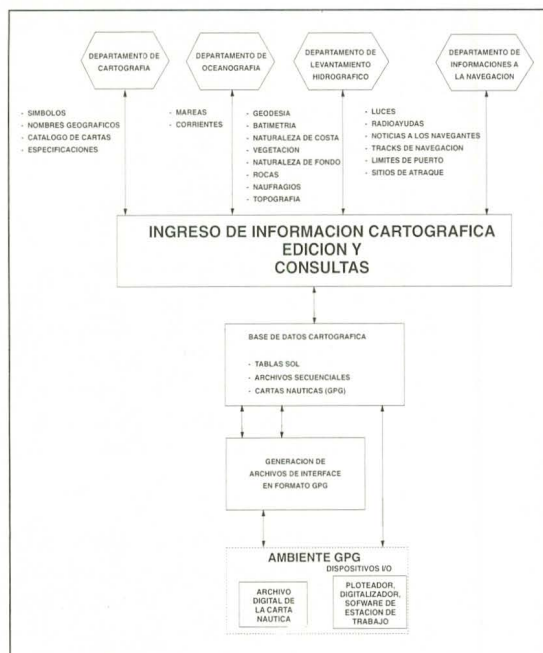


Figura 1: "ESTRUCTURA GENERAL DE INTERACCION DEL SISTEMA AUTOCARTA"

Selección de software y hardware.

a) *Selección software:* El software básico seleccionado para desarrollar el sistema AUTOCARTA fue:

- IBM/SQL Administrador de base de datos relacional;
- IBM/GPG Generador de programas gráficos;
- IBM/VS/FORTRAN Compilador y biblioteca.

SQL fue seleccionado para administrar grandes sets de datos en forma tabular, en forma similar a como se organizan los datos en el proceso tradicional de producción cartográfica.

GPG fue seleccionado para desarrollar subrutinas interactivas para compilación y edición de datos cartográficos, aprovechando así al máximo las capacidades gráficas de las estaciones de trabajo. También fue empleado para desarrollar

algunas capacidades de digitalización de cartas existentes, que se encontraran en condiciones de ser incorporadas a la base de datos y para comandar las funciones de ploteo.

FORTTRAN fue usado para desarrollar complejos algoritmos matemáticos, aprovechando la experiencia previa de los programadores en tal lenguaje, su portabilidad y la posibilidad de adaptar –por la vía de cambios menores– numerosos programas cartográficos empleados en procesos fuera de línea, en apoyo al proceso cartográfico tradicional, como también en la incorporación de nuevas funciones a las bibliotecas internas del GPG.

b) *Selección de hardware:* La configuración de hardware, que se muestra en la Figura 2, fue seleccionada como una plataforma prototipo de producción, totalmente compatible con el procesador central del SHOA, un IBM 9375, Modelo 50.

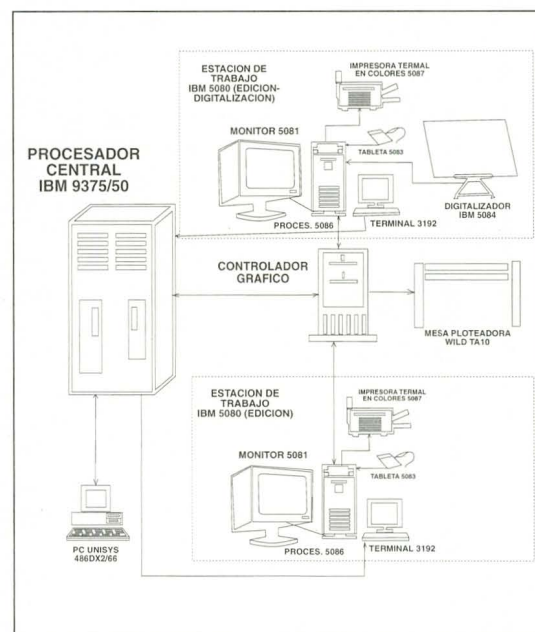


Figura 2: "DIAGRAMA DE HARDWARE AUTOCARTA"

Cada estación de trabajo IBM 5080 está compuesta por un procesador local de datos IBM 5086, un monitor en colores de 19" y 1024 x 1024 pixeles, IBM 5081, una tableta digitalizadora de 13", IBM 5083, una impresora termal en colores, IBM 5087 y un terminal alfanumérico estándar, IBM 3192.

Ambas estaciones de trabajo pueden ser asignadas a la función de compilación y edición cartográfica y para ejecutar trabajos de edición menor de datos fotogramétricos incorporados al sistema. Sólo una de ellas posee la capacidad de digitalización de cartas publicadas.

El terminal estándar, anexo al procesador central, es empleado para control del software, mensajes del sistema y entrada manual de datos que requiere el núcleo del sistema AUTOCARTA, residente en el procesador central.

Adicionalmente a las estaciones de trabajo IBM, se habilitó un microcomputador personal UNISYS 486 DX2/66, como una tercera estación de trabajo, dedicada principalmente a reformato de información digital, tales como archivos fotogramétricos y batimétricos. Su comunicación con el procesador central se materializó por la vía de una tarjeta de comunicaciones IBM 3270.

El dibujo y grabado en plásticos estables son efectuados en una mesa ploteadora WILD TA10. Además, se cuenta con el respaldo de una mesa ploteadora WILD TA2, existente en la sección

Fotogrametría, para trabajos fuera de línea.

Base de datos de cartografía náutica. Catálogos y archivos.

La base de datos de cartografía náutica del sistema AUTOCARTA fue organizada como un modelo relacional, formado por 14 tablas SQL conteniendo todos los datos alfanuméricos relacionados con un proyecto cartográfico específico, georreferenciadas a un sistema de coordenadas, siguiendo un esquema de catálogos y archivos.

Debido a la gran capacidad de almacenamiento requerido para mantener una representación continua del territorio marítimo chileno (alrededor de 400 cartas), se decidió mantener los archivos más grandes en cintas magnéticas, refiriéndose a ellos a través de un catálogo en línea. Sólo los archivos pequeños y aquéllos generados durante un proceso de compilación son mantenidos en línea. Los principales catálogos y archivos creados fueron los siguientes:

ORGANIZACION DE LA BASE DE DATOS	
CATALOGOS	ARCHIVOS
Línea de costa	Nombres geográficos
Batimetría	Calidad de fondo
Topografía	Faros y balizas
Límites de puerto	Rocas, naufragios, obstrucciones
Rutas de navegación	Radioayudas
Veriles	Mareas y corrientes
Curvas de nivel	Vértices geodésicos

De acuerdo con este esquema, el cartógrafo accede a los distintos catálogos desde su estación de trabajo y selecciona la información que cargará en el disco del procesador central, para edición cartográfica.

Estratos gráficos.

Diferentes estratos de información gráfica fueron definidos para lograr un trabajo de edición

gráfica expedito y eficiente. En la Figura 3, se muestran los distintos estratos definidos para el trabajo con información gráfica.

Entradas al sistema.

Las capacidades del sistema AUTOCARTA están orientadas a la producción de cartas nuevas más que a nuevas ediciones, empleando en general "datos nuevos", sin tener que recurrir

masivamente a la digitalización de cartas existentes. Es así como el sistema puede ser alimentado con datos batimétricos digitales, líneas de costa y curvas de nivel digitales, provenientes del proceso fotogramétrico y otra información textual y gráfica, tal como nombres geográficos, características de los faros y balizas, mareas y corrientes, peligros a la navegación, etc.

Salidas del sistema.

Luego del proceso de edición cartográfica, varias hojas de prueba son generadas por el sistema, a través de la mesa ploteadora, las que son revisadas por los departamentos que originaron los datos incluidos en la carta, según se mostró en la Figura 1. Estas hojas son:

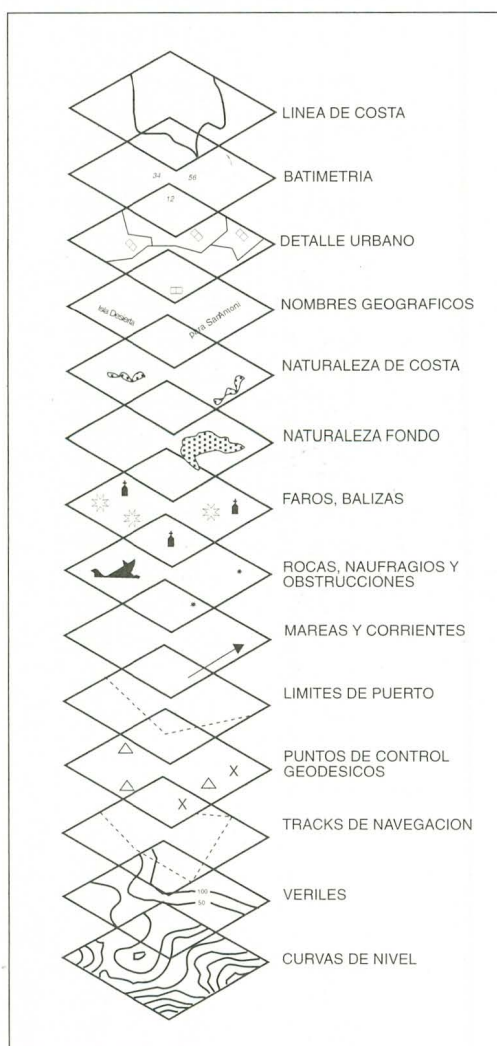


FIGURA 3: NIVELES DE INFORMACION EN AUTOCARTA

- a) *Estrato de batimetría:* Para ser revisada por el departamento de Levantamiento Hidrográfico
- b) *Estrato de fotogrametría:* Para ser revisado por el departamento de Levantamiento Hidrográfico.
- c) *Estrato de oceanografía:* Para ser revisado por el departamento de Oceanografía.
- d) *Estrato de ayudas a la navegación:* Para ser revisado por el departamento de Informaciones a la Navegación.
- e) *Composición de estratos:* Para ser revisado por el departamento de Cartografía.

Como consecuencia de este proceso de revisión, se efectúan las correcciones que sean necesarias, repitiendo el ciclo hasta que se comprueba que todos los datos han sido correctamente incluidos en la carta, tanto en lo cualitativo, como en lo cuantitativo.

Cumplido el proceso de revisión, se procede a obtener los originales de reproducción, por la vía de grabar en plásticos la información de la carta, en cinco colores:

- *Negro:* Contiene información de línea de costa, márgenes, títulos, leyendas, sondas, nombres geográficos, rosas, etc.
- *Sepia:* Contiene información de curvas de nivel y sus valores de altura.
- *Magenta:* Contiene información de ayudas a la navegación, luces, esquemas de separación de tráfico marítimo, etc.
- *Máscara color tierra:* Permite separar el color de fondo que irá en las porciones terrestres.
- *Máscara para el color azul:* Permite separar el color de fondo que irá en las áreas de aguas someras y de peligro para la navegación.

Utilizando los plásticos obtenidos de la separación de colores a través de la mesa ploteadora, se prepara una prueba de colores, la que es sometida a la aprobación del Director del SHOA, quien autoriza la impresión de la carta.

En la Figura 4, se muestra el flujo que la información cartográfica sigue al ser trabajada en el sistema AUTOCARTA.

SISTEMA ELECTROCARTA

Consideraciones preliminares.

A diferencia del sistema AUTOCARTA, el proyecto de incorporación de la capacidad de producción de CNE no tuvo como premisa el que fuera desarrollado sobre la base del procesador central disponible ni empleando software y hardware de propósito general, disponible en el mercado.

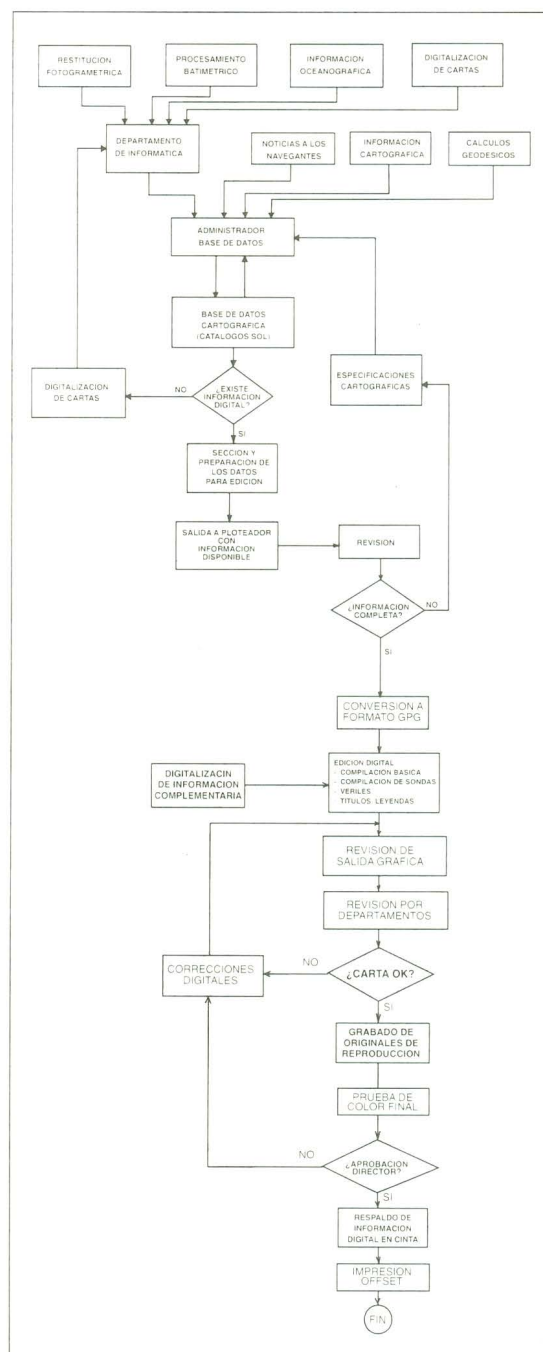


FIGURA 4: DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS AUTOCARTA

Es así como para el desarrollo del sistema ELECTROCARTA fue necesario tomar un camino radicalmente diferente del seguido para la cartografía asistida por computador. En esta ocasión,

la restricción presupuestaria ya no podía influir en el tipo de hardware y software adquirir, éste debía ser el adecuado para el propósito, siendo las demandas de hardware del SIG seleccionado para la edición de CNE lo que orientaría las máquinas que debían ser adquiridas para la materialización del proyecto.

Un SIG es una herramienta computacional de alto poder y complejidad, obtenida por sus fabricantes luego de un largo y costoso proceso de investigación y desarrollo, que no puede ser enfrentado en forma independiente por ningún servicio hidrográfico, aun cuando se trate de un SIG orientado específicamente a la edición de cartografía náutica. Por esta razón, los servicios hidrográficos de los países desarrollados han debido interactuar intensamente con la empresa privada y universidades para el desarrollo de prototipos, que han sido perfeccionados a través de ensayo y error. Esta misma complejidad y poder de proceso imponen contar con un hardware adecuado a los requerimientos de velocidad de proceso, memoria RAM y almacenamiento en disco, que son posibles de obtener sólo en máquinas de alto rendimiento, como estaciones de trabajo y microcomputadores de última generación.

Sin embargo, la restricción presupuestaria sigue siendo una cosa viva, que de todas formas tiene una influencia importante en el proyecto. Por lo tanto y siendo las inversiones necesarias para materializar el proyecto de un alto costo, la única vía alternativa fue programar su ejecución en fases de crecimiento gradual, lo que además otorgaba la ventaja de que siendo una tecnología nueva, muchas cosas están aún por ser perfeccionadas por los fabricantes de software, lo que da tiempo para esperar mejores productos en el futuro y menores precios en el hardware y software y traspasar gradualmente personal que se desempeña en procesos cartográficos convencionales a este nuevo ambiente de trabajo, sin necesidad de recurrir al aumento de la planta de personal, lo que –por lo demás– es muy difícil de lograr.

Otra diferencia radical entre la cartografía asistida por computador y la cartografía electrónica es que la primera no está supeditada a normas computacionales estandarizadas de la OHI, en cuanto a la administración, almacenamiento e intercambio de la información digital, presentación en monitores de trabajo y otros estándares computacionales, siendo la única premisa para los sis-

temas de producción de cartas asistidas por computadora, que éstos den origen a cartas impresas en papel, que se ajusten a las especificaciones cartográficas y normas pertinentes a la cartografía en papel, emitidas por la OHI. La CNE, en cambio, está estrictamente normada por la OHI, organismo que ha arribado en un set de complejas y completas normas técnicas computacionales, producto del trabajo de varios grupos formados para tales propósitos, incluyendo uno de armonización con la Organización Marítima Internacional (OMI), encargado de definir los estándares de presentación de las cartas electrónicas en los sistemas de información y despliegue de cartografía electrónica (ECDIS), que serán los dispositivos a emplear a bordo para usar la CNE.

Los estándares para la cartografía electrónica incluyen normas para la administración de los datos, su presentación en ECDIS, estructura de la base de datos, edición topológica y otros múltiples requerimientos, que precaven definitivamente a los servicios hidrográficos de intentar desarrollar las capacidades de producción de CNE por sí mismos.

A continuación se expone, en términos generales, las distintas capacidades que el sistema ELECTRO CARTA incorporará al SHOA.

Base de datos de cartografía digital continua.

En general, se entenderá como cartografía digital todo documento cartográfico cuyos datos de origen residan en un medio computacional y se encuentren archivados digitalmente. Es así como la CNE es también una carta digital. Una base de datos de cartografía digital continua, por ende, proveerá las capacidades de almacenamiento, búsqueda, consulta y actualización necesarias, en orden a garantizar la homogeneidad, seguridad y consistencia de los datos contenidos en ella, con independencia de límites geográficos y restricciones de escala. Esta constituirá en el futuro la gran base de datos del SHOA, desde la cual se podrán extraer los datos para producción de cartas en papel, como para producción de CNE, así como otros productos cartográficos con propósitos diversos.

Edición gráfica de alto nivel.

La complejidad de la estructura de los datos y sus relaciones topológicas, ha impuesto a los fabricantes el desarrollo de interfaces gráficas de

alto nivel, tendientes a acortar los tiempos de aprendizaje, optimizar el tiempo de producción y disminuir el cansancio de los cartógrafos compiladores. A su vez, los requerimientos de presentación de elementos gráficos y geográficos de la CNE imponen altas exigencias para el desarrollo de las interfaces gráficas, mucho más allá de lo que es necesario para la cartografía asistida por computador.

Ingreso y salida de información.

Los SIG para CNE otorgan la capacidad de incorporar datos a la base de datos a través de digitalización de cartografía publicada, incorporándole atributos topológicos en base a protocolos especialmente diseñados para ese propósito. Antecedentes cartográficos disponibles en diferentes sistemas de referencia geográfica, pueden ser fácilmente transformados a otro de elección del usuario. Tanto la digitalización discreta –por la vía de digitalizador de líneas– como la digitalización continua –a través de escáner–, son alternativas posibles de ser empleadas para el ingreso de información a la base de datos. Se agrega a lo anterior la capacidad, como SIG, de incorporar variados antecedentes de índole cartográfico, tales como fotografías, imágenes de satélite, datos residentes en otras bases de datos, etc.

Múltiples salidas son posibles de obtener desde la misma base de datos, tales como originales de reproducción para la impresión de cartas en papel, a través de mesas ploteadoras vectoriales o raster, la propia carta electrónica, a través de unidades lecto-grabadoras de discos compactos y otros variados subproductos para satisfacer los más diversos propósitos. Al mismo tiempo, la información residente en la base de datos puede ser intercambiada con otros servicios hidrográficos, que cuenten con bases de datos bajo la norma OHI S-57, o con otros recursos computacionales tales como aquellos que porten sistemas de asistencia a procesos como CAD, CAM y CAE. Otras bases de datos son también usuarios potenciales de los datos residentes.

Fases en el desarrollo del proyecto ELECTRO-CARTA.

Como se expresó anteriormente, el proyecto se desarrollará en fases, en la medida que se cuente con los recursos financieros para ello. En una primera etapa, el proyecto tiene como objetivo obtener una capacidad básica

de edición y producción de CNE, en una configuración como la que se muestra en la Figura 5.

Utilizando esta capacidad básica, se obtendrá una CNE experimental de la mitad oriental del estrecho de Magallanes, sobre la cual se efectuarán las pruebas en la mar durante el año 1996. De tales pruebas se espera obtener la experiencia necesaria para perfeccionar el producto y las rutinas de edición y producción de CNE.

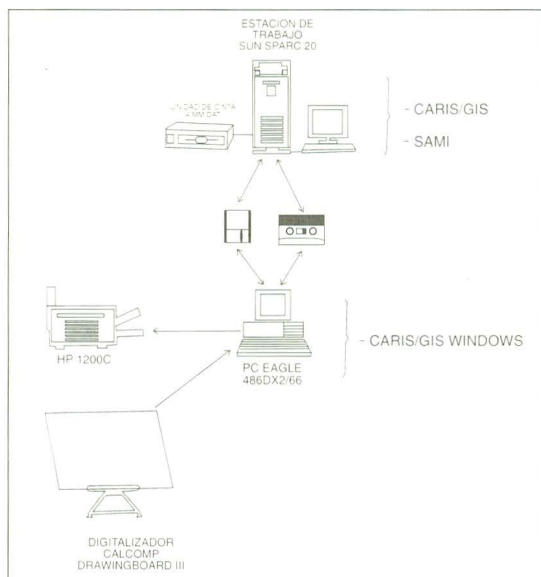


FIGURA 5: DIAGRAMA DE HARDWARE DEL PROYECTO ELECTROCARTA®

Posteriormente, se incorporarán capacidades adicionales que hagan al sistema plenamente productivo. Para ello se cuenta con los recursos financieros fiscales adecuadamente comprometidos, para el financiamiento de software, hardware, personal, entrenamiento, insumos técnicos y todos los gastos que la incorporación de una capacidad como ésta requiere.

Producción de cartas electrónicas.

Sin contar aún con la experiencia necesaria en el empleo de esta tecnología, necesaria para conocer con exactitud los tiempos involucrados en la producción de una carta, no es posible definir con precisión un calendario de trabajo. Sin embargo, se ha establecido –a priori– que la secuencia de producción de CNE cubrirá gradualmente el estrecho de Magallanes, luego la ruta de navegación de aguas interiores, entre el canal Chacao y el cabo de Hornos. Junto con ello y de acuerdo a las prioridades que se establezcan

en su momento, se publicará gradualmente la CNE de navegación costera, que cubran las aguas entre Arica y el cabo de Hornos.

Aplicaciones navales de la cartografía electrónica.

Más allá de los fines exclusivos de navegación, la cartografía proporcionará otras importantes aplicaciones a las Armadas, pudiendo emplearse en apoyo al control naval del tráfico marítimo, control de tráfico en puertos y áreas congestionadas, control de posición de flotas pesqueras, despliegue de rutas Q, control de minado y simulación y evaluación de operaciones navales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Los sistemas AUTOCARTA y ELECTROCARTA no pueden ser comparados, por cuanto corresponden a filosofías diferentes. El primero es un sistema de asistencia a la producción de cartografía convencional impresa en papel y el segundo un SIG, cuyo propósito va mucho más allá que simplemente asistir a la producción de cartografía en papel.
- Aun cuando AUTOCARTA y ELECTROCARTA no son comparables, el primero otorgó al personal del SHOA la posibilidad de explorar y conocer las virtudes del empleo de la ciencia computacional en la producción cartográfica, preparándolo adecuadamente para incorporar en forma armónica y sostenida la tecnología de los SIG a la producción de CNE.
- Dada la alta complejidad de los SIG, especialmente aquellos orientados a la producción de CNE, se hace necesario contar con un número importante de personal interno altamente calificado en informática y cartografía, como también en las rutinas específicas del SIG a emplear.
- El personal no especialista que sea asignado para tareas de edición de CNE en un SIG, deberá ser sometido a un proceso de selección para estas tareas y luego ser entrenado para obtener un conocimiento amplio de las capacidades y limitaciones del SIG en uso y ser instruido en conceptos básicos de cartografía náutica y navegación marítima, de tal forma que cuenten con una comprensión básica de lo que están supuestos de producir.
- Una de las primeras decisiones que un servicio hidrográfico deberá tomar para incorporar

la capacidad de producción de CNE, es la selección del SIG. De ello se desprenderán las necesidades de hardware y capacitación adecuadas, toda vez que un sistema de este tipo presenta una alta interdependencia entre el software, hardware y personal.

f) Con el propósito de asegurar la independencia de un SIG determinado, deberá cuidarse de que los formatos internos de almacenamiento de datos que éste tenga, sean de uso generalizado, lo que permitirá cambiar de un SIG a otro sin contratiempos derivados de formatos computacionales exclusivos.

g) La rígida normativa S-57 de la OHI para la base de datos de la CNE, impone el desarrollo tecnológico a la par de los sistemas de producción de datos de entrada al SIG, tales como restitución fotogramétrica, procesamiento batimétrico y otros, que deberán producir sus resultados en formatos totalmente compatibles con los formatos de entrada al SIG.

h) Un SIG otorgará a un servicio hidrográfico la capacidad de producir no sólo CNE, sino que otros múltiples productos cartográficos, que apoyarán el quehacer de su país y sus Armadas.

Recomendaciones.

a) Previo a la definición del SIG que un servicio hidrográfico desee tener, deberá evaluarse cuáles son las capacidades y limitaciones propias y la necesidad de incorporar tal tecnología. Puede resultar conveniente incorporar capacidades parciales y recurrir a la asistencia de otros servicios para etapas sucesivas, en vez de adquirir capacidades que se subutilizarán o no se emplearán del todo.

b) Aquellos servicios hidrográficos que aún no cuenten con capacidades de producción cartográfica automatizada o de CNE, deberán preferir ir directamente por esta última, ya que ésta se basa en un SIG que permite ambas cosas, i.e. producción de cartas en papel y CNE.

c) Con el propósito de evitar transitar por caminos errados, los servicios hidrográficos deberán intercambiar información y experiencias, en la forma más abierta y amplia posible.

d) Cualquiera que sea el camino que se decida tomar para alcanzar la capacidad de producción de CNE, la primera actividad deberá ser siempre la capacitación del personal que se encargará de ello, tanto en ciencias computacionales en general, como en las características particulares del sistema a emplear. Una vía rápida para obtener especialistas en ciencias computacionales en general es captándolos de la actividad.

BIBLIOGRAFIA

- Computer assisted cartography at the Hydrographic and Oceanographic Service of the Chilean Navy. Captain Hugo Gorziglia. International Hydrographic Review, LXX(2), September 1993.
- International Hydrographic Organization Transfer Standards for Digital Hydrographic Data (Object Catalogue, DX 90, Digitizing Conventions) S-57. IHO, June 1992.
- Manual del Sistema AUTOCARTA. Departamento de Cartografía del SHOA, diciembre 1992.