

# PUENTE INTEGRADO «EN SECO» EN LA ESENGRA

Luis Antonio GARCÍA MARTÍNEZ



Pablo CARTUJO OLMO



## Introducción



URANTE siglos se ha navegado alrededor del mundo utilizando la corredera y la ampolleta para determinar la velocidad del buque, la sonda para conocer la profundidad y naturaleza de los fondos marinos, la brújula para hallar el norte magnético, la ballestilla, el astrolabio, el cuadrante, el octante y más tarde el sextante para medir la altura de los astros sobre el horizonte. Se conocían las limitaciones y los errores en la navegación; también se sabía que la declinación magnética no era constante y que la polar no estaba precisamente situada sobre el polo celeste, y cómo determinar las correcciones mediante las «guardas» para corregir la latitud.

A día de hoy, teniendo en cuenta el desarrollo del sistema GPS y otros similares de navegación por satélite disponibles en todo el mundo, y con receptores que pueden costar la décima parte o menos del precio de un sextante, podemos decir con seguridad que el arte y ciencia de navegar ha cambiado ostensiblemente, hasta el punto de que en muchos centros de formación se empieza a prescindir de estos conocimientos. En las escuelas de formación de la Armada no se renuncia a continuar impartiendo la base del conocimiento y los principios de la navegación, pero tampoco pretenden quedarse atrás en la carrera por el conocimiento y uso de las nuevas tecnologías.

Parece que fue ayer cuando las modernas fragatas de la serie *F 100* pasaron a integrar la Lista Oficial de Buques de la Armada. Sin embargo, han pasado ya seis años y, como no podía ser de otra manera, han supuesto un reto tecnológico tanto para las primeras dotaciones en particular como para la

Armada en general. Y no en menor medida lo ha sido, y lo está siendo, para la Enseñanza Naval.

Las fragatas han introducido nuevas tecnologías que poco a poco han ido extendiéndose por el resto de unidades de nuestra flota. Es difícil encontrar hoy en día unidades que no dispongan de AIS (Sistema de Identificación Automática). Este proceso imparable supone un gran reto para nuestra escuela, la ESENGRA, que debe procurar en todo momento que las promociones de los diferentes cursos terminen con la máxima preparación posible. Es preciso que cualquier alumno pueda tener a su alcance los medios con los que va a desarrollar su vida profesional, para lo cual se necesita algo más que un *powerpoint*. Para ello hemos de procurarle, entre otras cosas, una herramienta que se parezca lo más posible a lo que se va a encontrar en un puente de navegación real. Esta idea ha sido una obsesión y ha constituido un gran esfuerzo para esta escuela. Durante mucho tiempo se barajaron múltiples posibilidades hasta llegar a una solución que se consideró óptima, como fue la creación de un Puente Integrado Multifunción.

### **Puente Integrado Multifunción**

Antes de entrar en consideraciones debemos definir qué es lo que entendemos por Puente Integrado Multifunción. Se trata de un sistema que ayuda, tanto al oficial de guardia en el puente como al operador de los equipos, a mantener una navegación segura y eficaz mediante una presentación que integra la mayor cantidad posible de equipos de navegación. La presentación debe basarse, pues, en una ECDIS o, en nuestro caso como Armada, una WECDIS. ECDIS o WECDIS son, a grandes rasgos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) basados en cartografía náutica, que deben cumplir con la normativa de la OMI (Organización Marítima Internacional).

Considerando que la base principal del sistema es la cartográfica, lo verdaderamente importante es su capacidad para integrar en una sola presentación los siguientes sensores:

- Corredera
- Giroscópica
- Radar
- GPS
- AIS
- NAVTEX
- DSC

Con esta integración se asegura que, con un solo vistazo, se puede tener una visión global de la situación. Para la materialización del sistema se baraja-

ron diversas posibilidades, entre ellas la adquisición de un simulador, lo que suponía una gran inversión, algo impensable en los tiempos que corren. Hubo por tanto que agudizar el ingenio para que naciera la idea de crear un «puente real en seco». Para llevar adelante esta idea era necesario partir de una serie de premisas, como:

- Los equipos debían ser los mismos que se utilizan en las unidades de la Armada.
- El sistema tenía que incluir todos los sensores mencionados anteriormente.
- La apariencia debía ser lo más real posible.
- Debía servir como herramienta de estudio y práctica para el alumno.

Una vez establecidas las premisas se procedió a la fase de diseño.

### Fase de diseño

La fase de planeamiento de todo proyecto debe contemplar los recursos económicos y los medios técnicos y humanos disponibles. En cuanto al tamaño, el puente debía ajustarse a un espacio limitado: el aula de navegación. Y los equipos a instalar debían ser lo más parecidos posible a los que tenemos en nuestras unidades a flote. El esfuerzo técnico y humano debía recaer en el propio personal de la escuela, ya que se debía prescindir del concurso de instaladores externos con el fin de abaratar costes. Superada esta fase nos encontramos en el punto de poder presentar el proyecto para su valoración y aprobación por parte del director de la Escuela, sabiendo que la recreación



Fig. 1. — Fase de diseño. Detalle frontal. Se aprecian la mesa de cartas y la pantalla de presentación.



Fig. 2. — Fase de diseño. Vista frontal para evaluación ergonómica.



Fig 3.— Vista lateral: últimos estadios de implementación.

informática que se hizo cumplía las expectativas en todos los aspectos, incluso en el ergonómico, no contemplado *a priori* pero fundamental en la fase de implementación.

### Fase de ejecución

Una vez realizada la fase de diseño sólo faltaba superar la fase de integración de los equipos. Nos decantamos por los siguientes por las peculiaridades que a continuación referimos:

- Equipo AIS FA-150.—Por tratarse de una solución regulada por la IMO que dispone de una pantalla integrada, con lo que puede funcionar de manera autónoma. Dispone de un puerto directo con salida RS-232, transmitiendo señales en formato NMEA para su integración en un sistema ECDIS.
- Sistema dual NAVTEX-FACSIMIL FAX-30.—Equipo de recepción de mensajes NAVTEX y facsímil semiautomático en formato *blackbox* (1) con capacidad de conexión a través de entrada RJ-45. Este equipo presenta la peculiaridad de que cuando se conecta a una red tipo NavNet adquiere una dirección IP que le identifica inequívocamente. Por otra parte si se utiliza el equipo de forma autónoma la presentación de datos se puede efectuar usando un navegador *web* y apuntando a la dirección IP del dispositivo a través de un formato HTTP (2).
- Equipo NAVTEX FA 750A.—Se duplica el equipo con el fin de disponer de una unidad que cumpla los requisitos IMO, ya que el FAX-30 por sí solo no lo estaría, al no disponer de un elemento de presentación propia y que sea similar a las que se puedan encontrar en nuestras unidades. Por contra este equipo adolece de la posibilidad de integración al no implementar puerto de datos.
- GPS SIMRAD GN33.—Este equipo, con el que ya contaba la escuela, se integró en el sistema como fuente de posicionamiento unificada para todo los equipos que precisen de señal de posición; entre ellos podemos contar el sistema ECDIS, el radar y el equipo VHF digital DSC.

(1) Los equipos en tal formato no contemplan unidad de presentación.

(2) *Http* o *Hyper Text Transfer Protocol*.

- Equipo VHF DSC SAILOR RT5022.— Sistema similar a los instalados en las fragatas de la serie *F 100*. Cuenta con doble entrada de antena para recepción simultánea de los canales 70 y de trabajo. Se encuentra referenciado en posición con la misma fuente de los demás equipos del puente.
- RADAR ARPA FURUNO Modelo 1824 C BB.— Nos decantamos por este equipo al presentar una solución de bajo coste al problema de la integración de la señal radar. Presenta varias ventajas: puede integrarse como un sistema completo de cartografía, control meteorológico, sonda... Para nuestros fines se le trata de manera individual como RADAR ARPA, sin embargo puede actuar como un verdadero gestor de red. A este equipo se le introducen las señales de posición que posteriormente disemina a través de la propia red y de las señales de *heading* que introducimos en el sistema a través de un puerto de comunicaciones de manera física pero que simulamos a través de una aplicación informática. Por otra parte proporciona señal RADAR que enviamos a la aplicación ECDIS.

Para la presentación de los datos en la consola se utilizaron en un primer momento dos monitores de 19" HP modelo L1908, uno para ser usado como presentación RADAR, ya que la unidad que se adquirió se trataba de una *blackbox*; y el otro para la presentación ECDIS (3). Con el fin de que se pudieran extender las explicaciones de la propia consola a todo el aula se dotó a ésta con una pantalla plana de 40" y un proyector de techo a pantalla pared. Por otro lado la presentación de los datos tanto ECDIS como RADAR se pueden representar también tanto en la pantalla dedicada (monitor) como en la pantalla de 40" de forma simultánea. Para una mejor visión fue necesario amplificar la señal de vídeo, para lo cual se utilizaron dos *video splitter* y un conmutador KVM.

### Sustrato físico y datos

Ante la premisa de que debíamos integrar presentación RADAR y que ésta debía ser accesible a cualquiera que fuera la presentación ECIDS a utilizar, sólo cabían dos opciones principales: el formato conocido como NMEA 2000 y el formato propiedad de la firma Furuno, conocido como NavNet. Tanto uno como el otro presentan *a priori* ventajas y desventajas. El formato NMEA 2000, último estándar producido por la organización del mismo nombre

---

(3) En una modificación posterior se optó por un monitor táctil de 17" LG FLATRON L1731SFL.

—organización de la que oímos hablar y que normalmente asociamos a un protocolo único—, sienta las especificaciones con las que posteriormente se fabricarán los equipos dedicados a la navegación en términos de comunicación entre equipos, así como la forma en que se conectarán.

En sus comienzos la norma fue de gran utilidad al sentar las bases que permitían a los usuarios integrar equipos de diferentes fabricantes sin perjuicios notables. Sin embargo, con la aparición de nuevas necesidades, como la integración de presentaciones RADAR que precisan altas velocidades, debía surgir necesariamente un nuevo estándar. En este aspecto, la asociación NMEA se decantó por una solución que ha denominado como NMEA 2000, basada en una modificación de los modelos CAN (4). Este tipo de integración de equipos pasa por la creación de una red en la que existe un solo *talker* e indefinidos *listeners*. Las principales características de dicha estructura son:

- Una alta velocidad de datos y un transporte relativamente amplio en términos de distancia.
- Necesidad de alimentación de la línea de datos.
- Uso de un determinado tipo de conectores.

En lo referente a la velocidad en el transporte de datos, esta característica dependerá del factor distancia; así, teóricamente se obtendría la siguiente trama de velocidades/distancias, estableciéndose como velocidad estándar óptima 250 kbits/segundo, con distancias de transporte hasta 200 metros (5).

En cuanto a la característica de alimentación de la red, ésta debe mantenerse en un rango de voltajes de entre 9 y 16 voltios de corriente continua. Estos voltajes pueden ser suministrados tanto por las baterías del buque como por una fuente de alimentación regulada dedicada, siempre que soporten las diversas cargas a las que estén asociadas. Cuando se realiza de esta forma debe conectarse un par de cables cruzados entre tal fuente de alimentación y sólo uno de los nodos, observando la precaución de no conectarla a otra fuente de tensión o tierra de los equipos (6).

---

(4) CAN: *Control Area Network*. Tecnología de control aplicada en gran variedad de campos industriales creada por Bosch e Intel.

(5) LUFT, Lee A.; ANDERSON, Larry; CASSIDY, Frank: NMEA 2000 WHITE PAPER. NMEA 2000. *A Digital Interface for the 21st Century*. Nautical Technical Meeting, 30 de enero de 2002. San Diego, California.

(6) CASSIDY, Frank (presidente del Comité para Estándares NMEA, NMEA 2000): *The latest word*, 2 de marzo de 1999.

VELOCIDADES	DISTANCIAS
1.000 kbits/seg.	25 metros
500 kbits/seg.	75 metros
250 kbits/seg.	200 metros
125 kbits/seg.	500 metros
62,5 kbits/seg.	1.100 metros

Tabla 1. Relación velocidades de transporte.

Para finalizar con las características, establecer que el tipo de conectores a utilizar pretende ser estándar. Se trata de un cable especificado en dos grosores, el denominado *Heavy* y el denominado *Light*. El primero consta de cinco hilos, de los cuales cuatro son pares enrollados y apantallados y uno más para la masa. La nomenclatura para los pares es número 16 AWG (1,33 pulgadas por mm) para corriente continua y número 18 AWG (0,83 pulgadas por mm) para las señales. En las especificaciones para el cable tipo *Light* se contempla la misma cantidad de cable bajo las especificaciones número 22 AWG (0,38 pulgadas por mm) y número 24 AWG (0,24 pulgadas por mm) respectivamente (7). Si bien el formato es novedoso y ha recibido una fuerte aceptación por parte de los fabricantes en términos de firma del estándar, esta aceptación no se ha traducido en términos de implantación en el segmento usuario, que continúa ajeno al estándar. Como añadido, el fabricante sólo lo implementa en determinados equipos de sus líneas de producción y en casi todas las ocasiones junto con los propietarios. Pese a que pretende unificar el tipo de conectores que los anteriores estándares dejaban un tanto en el aire, ya que sólo se definían características generales de los conectores, la apuesta acaba multiplicando el tipo de conectores en virtud de las necesidades de la red. Este hecho es, poniendo un ejemplo, algo similar a lo ocurrido en informática con los conectores USB que, prometiendo un conector único, al final acaban surgiendo cuatro, A, B, mini A, y mini B. Esta característica, así como la obligación de adaptadores y convertidores de formatos, ha hecho que el usuario final no implemente en masa esta tecnología y que se decante por otras opciones. Una buena prueba de esto es que la propia organización creadora del estándar continúa introduciendo mejoras en su estándar anterior, el NMEA 0183 V4.

---

(7) LUFT, Lee A.; ANDERSON, Larry: *US Coast Guard Research & Development Center. NMEA 2000 APPLIED*, p. 5.

En nuestra propuesta elegimos que el sistema de datos principal estuviera en formato NavNet de Furuno. Esta tecnología se basa en redes TC/IP para el transporte de datos y en cableados del tipo cable de red categoría cinco con conectores RJ45 para la conexión a las máquinas. Esta tecnología es mucho más accesible para el usuario y a la vez se comunica con cierta facilidad con otros equipos ajenos a su tecnología. De hecho hemos comprobado que integra los datos ajenos como si fueran propios y los transporta sobre su propia red. Esta facilidad favorece que se puedan utilizar equipos preexistentes que cualquier unidad posee, al menos que esta no sea de nueva fabricación. Por otra parte no precisa de alimentación sobre la red, con lo que el mantenimiento es más sencillo y autónomo. La experiencia ha sido totalmente satisfactoria en términos de integración de equipos. La mayoría trabaja en su formato nativo correspondiente a diferentes versiones del estándar NMEA 0183, mientras que la información RADAR y la información suministrada por el equipo FAX-30 trabaja sobre la red NavNet. Por otra parte hemos comprobado de forma satisfactoria que se pueden introducir datos de diferentes versiones NMEA y éstos pueden pasar a ser transportados por la red NavNet. Este caso en particular es notorio en cuanto a la información GPS. Si bien el sistema puede implementar un GPS propietario, en nuestro caso se ha utilizado uno fuera de la marca del fabricante, que introduce los datos en la NavNet haciéndola útil para todos los equipos de esta red. De esta forma se simplifican conexiones y se liberan importantes puertos de comunicaciones en las máquinas PC. En este sentido se agradecen equipos como el antes mencionado FAX-30, que introduce sus datos en las máquinas PC a través de unas conexiones fáciles de duplicar, en el peor de los casos, y que se pueden convertir en abundantes con facilidad. Otro caso particular en la facilidad y flexibilidad de los conexiones pasa por la manobra que hemos utilizado para introducir en la red. La facilidad de utilizar un programa simple, introducir datos de forma directa y que la red los asuma es de gran importancia en términos no sólo de mantenimiento, sino de solución de contingencias. Para finalizar, la velocidad de transporte de datos es mucho mayor en este tipo de red que en la basada en redes CAN; además, esta velocidad limitada a 10 Mb puede migrar a velocidades y distancias más abundantes utilizando conectores y cableados de fibra óptica. Esta solución, que no encarecería hoy en día en demasía el producto, tiene, además de la característica de soportar mayores velocidades y distancias, la de inmunidad a perturbaciones electromagnéticas, así como a su generación, debido a que en el cableado sólo se transporta luz y no tensión.

Así las distancias y velocidades de manera teórica nuevamente quedarían como sigue (8):

---

(8) WENDELL, Odom: *CCENT/CCNA ICND1 Official Exam Certification Guide*. Segunda edición, p. 46.

Nombre común	Velocidad	Nombre alternativo	Nombre estándar	Tipo cable, longitud máxima
Ethernet	10 Mbps	10 BASE-T	IEE 802.3	Cobre, 100 m
Fast Ethernet	100 Mbps	100 BASE-T	IEE 802.3u	Cobre, 100 m
Gibatit Ethernet	1.000 Mbps	1.000 BASE-T 1.000 BASE-T	IEE 802.3z	Fibra, 550 m (SX) 5 km (LX)
Gibatit Ethernet	1.000 Mbps	1.000 BASE-T	IEE 802.3ab	100 m

Las líneas de datos implementadas quedaron de la presente manera:

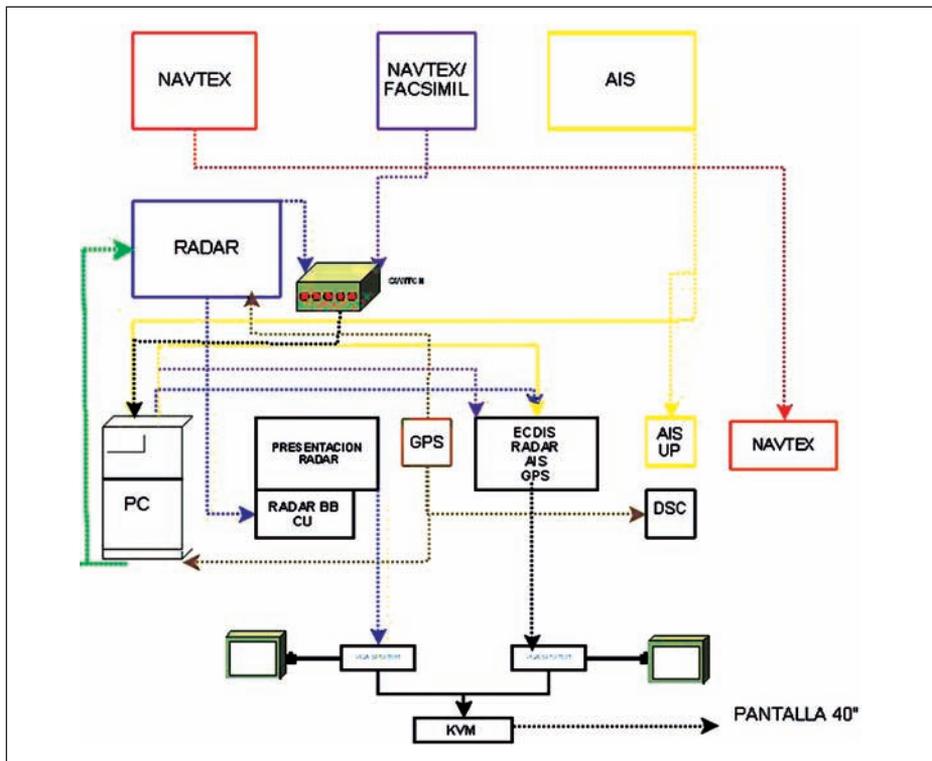


Fig. 4.— Diagrama de disposición de las líneas de datos y presentación.

## Instalación de antenas

Otro reto a tener en cuenta ha sido la instalación de las antenas de los equipos. A tal efecto se realizó un cuidadoso estudio previo con la intención de evitar que se produjeran interferencias mutuas. Para ello se utilizaron tanto la pared próxima a la ventana (figura 5a) como la cornisa de la azotea (figuras 5b y 5c) en la terraza. Manejando alrededor de 250 metros de cable de antena de diferentes especificaciones.



Fig. 5a.—Antenas AIS, GPS y VHF.



Fig. 5b.—Antenas NAVTEX y GPS.



Fig. 5c.—Antenas RADAR, DSC, NAVTEX y FACSÍMIL.

## Cartografía

En cuanto a la base cartográfica se usaron dos opciones de *software* que funcionan de forma simultánea. Por un lado, la versión 12.6.3 cro7 del programa MAXSEA, con cartografía MAPMEDIA, y por otro el *software* ORCA NAVY, con cartografía oficial DNC. Si bien el primer entorno, MAXSEA, pese a no ser una opción ECDIS admisible al no tratarse de cartografía oficial, sí que permite al alumnado una aproxima-

ción sencilla a este tipo de entornos por su similitud y simplicidad de uso. Por otro lado, su integración en las redes tipo NavNet es tremendamente sencilla y se plantea desde nuestro punto de vista como una solución altamente viable frente a la tendencia actual de mercado de introducir redes CAN en formato NMEA 2000.

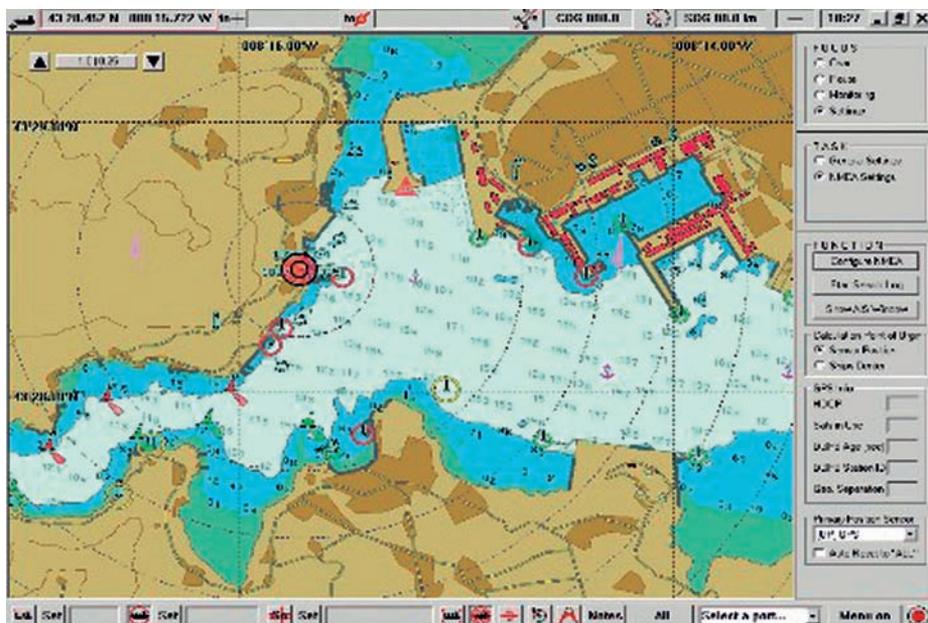


Fig. 6.—Presentación ECDIS Orca Navy, con superposición de contactos AIS y posicionamiento.

En lo que se refiere a la segunda versión de *software* se optó por una solución ECDIS con capacidad AML. Este *software*, usado por la Armada alemana, es una solución ECDIS completa y permite el uso de la cartografía oficial ENC del Instituto Hidrográfico de la Marina. Se trata, por contra, de una solución un tanto más compleja en términos de complementación de sensores y en adaptación por parte del alumnado. Como ventaja adicional, creemos que las capacidades y tipo de presentación pueden acercarse en gran medida a la solución WECDIS que montan nuestras unidades.

### Consideraciones finales

Una vez finalizada la presentación de la idea, ya un hecho, debemos tratar de evaluar las ventajas, desventajas y desarrollo futuro que pueda experimentar. Es interesante hacer notar que la idea principal de uso del puente es como complemento de las lanchas de instrucción, con el fin de que el adiestramiento sea conjunto en un estadio más avanzado del curso, donde se pueda llevar un control de las lanchas desde el propio puente del aula a modo de CIC y donde

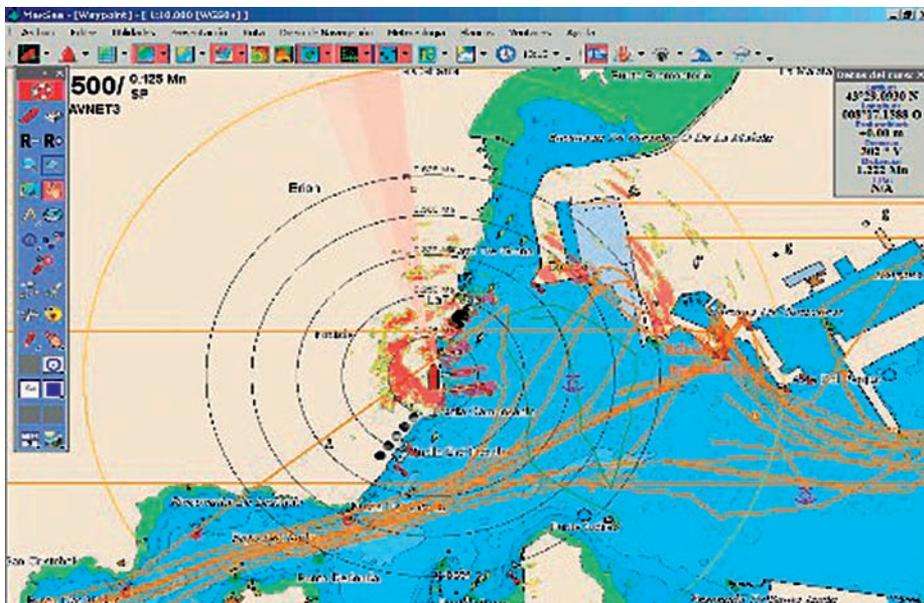


Fig. 7.—Presentación Maxsea en la que se pueden apreciar superposición de contactos AIS, RADAR, posicionamiento y estelas en memoria AIS.

la práctica de los alumnos, siempre guiada por los profesores, sea de unos embarcados y otros en el aula.

### Ventajas de la solución final

- La primera característica que debemos dejar clara es que bajo ningún punto de vista se trata de un simulador; es un puente real al que en su momento y dependiendo de factores ambientales el alumno deberá ajustar determinados elementos, por ejemplo, el radar.
- Permite una enseñanza con equipos reales, ya que no hay opción simulada, salvo el rumbo, pero sólo a efectos de cálculos ARPA.
- Permite un adiestramiento real, pero seguro, ya que el alumno desde este puente (supongámoslo atracado o fondeado) actuará como control de las unidades a flote que podrán observar o no sus recomendaciones.
- Permite comunicaciones reales, ya que al equipar un sistema VHF DSC se pueden realizar llamadas discretas punto a punto en canales de escaso uso.

- Es Altamente escalable, aunque a día de hoy lo consideramos completo.
- está basado sobre una tecnología como NavNet, que consideramos más ventajosa a la par que fácil de implementar y que bajo nuestro punto de vista presenta una alternativa de futuro en términos de tecnologías alternativas.

### Desventajas

- No se trata exactamente de la WECDIS que se implementa en nuestras unidades, con lo que se podría incurrir en malos entendidos posteriores.
- No permite emulación, por lo que se debe trabajar en escenario real, con la colaboración de las lanchas de instrucción.



### BIBLIOGRAFÍA

- FREDRIKSSON, Lars-Berno: *A CAN Kingdom Revision 3.01* (1995).
- ANDERSON, Larry; A LUFT, Leel: *U.S. Coast Guard Research & Development Center . NMEA 2000 APPLIED*.
- LUFT, Lee A.; ANDERSON, Larry; CASSIDY, Frank: *NMEA 2000 WHITE PAPER. NMEA 2000 A Digital Interface for the 21st Century*. Nautical Technical Meeting 30 de enero de 2002, San Diego, California.
- BOSCH, Robert: *GMBH, CAN ESPECIFICACION Version 2.0*, (1991).
- WENDELL, Odom, *CCENT/CCNA ICND1 Official Exam Certification Guide*, Second Edition. *National Marine Electronics Association, NMEA 0183 STANDARD FOR INTERFACING ELECTRONIC DEVICES*. 1992.
- RESOLUCION MSC.74(69)*. Adoptada 12 mayo 1998.
- RESOLUCION MSC.166(78)*. *Application of performance standards for transmitting heading device (THDs) to marine transmitting magnetic heading devices (TMHDs)*. Adoptada mayo 2004.