

## Paper CA1127 - AYUDAS VISUALES VERSUS AYUDAS ELECTRÓNICAS A LA NAVEGACION

GARCIA, Sebastián  
*Hidrovia S.A*

Email: [sgarcia@gba-hidrovia.com.ar](mailto:sgarcia@gba-hidrovia.com.ar)

### ABSTRACT

Los sistemas modernos de Ayudas a la Navegación comprenden tanto el uso de Boyas, Balizas y Enfilaciones, entre algunas de las ayudas visuales a la navegación ampliamente difundidas y utilizadas desde hace muchas décadas, como así también Sistemas de Posicionamiento Global, Sistema de Identificación Automática, Cartas Electrónicas a la Navegación y VTS (*Vessel Traffic Services*) entre las ayudas electrónicas para la navegación difundidas en los últimos veinte años. Sin embargo, algunos usuarios de Ayudas a la Navegación desarrollan su actividad en un contexto de creciente confianza en las ayudas electrónicas a la navegación, influenciados quizás en el hecho de que las mismas han mejorado notablemente la exactitud en la determinación de la posición y han disminuido significativamente su costo. Basado en estudios realizados en forma específica sobre esta problemática, este trabajo presentará sucintamente el desarrollo de las ayudas visuales a la navegación y las técnicas actuales de navegación, para concluir que las ayudas visuales a la navegación continúan siendo vitales para los marineros en la verificación de su posición, proveer alertas y orientación, brindar redundancia para los sistemas electrónicos de navegación que pueden fallar o verse degradados en su precisión, y destacar peligros aislados como ser obstáculos hundidos, rocas o bajos.

El presente trabajo se encuentra comprendido en la temática N° 8 denominada: "Sistemas de información fluvial aplicados a la seguridad a la navegación".

## 1 INTRODUCCIÓN

Según la definición de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA) una Ayuda a la Navegación es “Cualquier dispositivo o sistema, externo a una embarcación diseñado y operado para mejorar la navegación segura y eficiente de un barco y/o del tráfico de buques”. Asimismo, IALA indica que una Ayuda a la Navegación no debe ser confundida con una Ayuda para la Navegación que es un instrumento, dispositivo, carta náutica, etc, que se lleva a bordo de un barco con el objetivo de asistir a la navegación. En la Figura 1 se muestran algunas ayudas visuales a la navegación.



Figura 1: Boyas y Baliza

El objetivo primario de una Ayuda a la Navegación es mitigar los riesgos y promover el movimiento seguro, económico y eficiente de los buques asistiendo a los navegantes en la determinación de su posición, un rumbo seguro y alertarlos de peligros y obstáculos.

Asimismo, las ayudas virtuales a la navegación son definidas por IALA como “Un objeto de información digital difundido por un prestador autorizado de servicios, que se puede visualizar mediante sistemas de navegación, y que no existen de forma física”. Las ayudas virtuales a la navegación pueden emplearse para informar al navegante de peligros para la navegación, así como vías navegables seguras, zonas donde puede ser necesario extremar la precaución y zonas que se deben evitar.

Los tipos de navegaciones o “fases” en las cuales pueden ser utilizadas las ayudas a la navegación son clasificados por la Organización Marítima Internacional (IMO) en: navegación marítima, navegación costera y navegación por aguas restringidas. La fase de aproximación al puerto es un aspecto de la fase de aguas restringidas, como así también la navegación por vías navegables y por vías navegables interiores. Según IMO cada fase o tipo de navegación tiene requerimientos específicos de precisión y exactitud en el posicionamiento lo que exige distintos métodos para determinar la posición de los buques para realizar navegaciones seguras. Las Ayudas a la Navegación y las Ayudas para la

Navegación Electrónicas son elementos utilizados para brindar ese posicionamiento. La Tabla 1 indica las precisiones requeridas según IALA.

Aplicación	Precisión Absoluta Horizontal (95%) / (m)
<b>Navegación general:</b>	
Oceánica	10-100
Costera	10
Aguas restringidas	10
Puerto	1
Vías navegable interiores	10
<b>Hidrografía</b>	1-2
<b>Oceanografía</b>	10
<b>Ayudas al control de navegación</b>	1

Tabla 1: Precisiones requeridas para las Ayudas a la Navegación

Los navegantes que se sirven de las Ayudas a la Navegación, ya sean visuales, virtuales o electrónicas, pueden clasificarse en navegantes de buques comerciales o de carga, de buques pesqueros, de recreación o placer y de buques especializados donde se pueden encontrar buques de guerra, embarcaciones hidrográficas, dragas, de exploración offshore, entre otros. Los distintos tipos de buques usuarios de las Ayudas a la Navegación poseen distintas características en lo que a equipamiento instalado se refiere como así también en cuanto a requerimientos de Ayudas a la Navegación. Es así como pequeñas embarcaciones recreacionales que navegan en aguas cercanas a la costa y que poseen poco equipamiento electrónico, se basan fundamentalmente en ayudas visuales para efectuar sus navegaciones en forma segura. Por el contrario, los buques especializados suelen tener equipamientos electrónicos para la navegación muy avanzados y su requerimiento de Ayudas a la Navegación es singular respecto a otro tipo de embarcaciones. Este trabajo, sumado a la problemática que afronta, esta principalmente orientado a la navegación de los buques de carga y pesqueros. En la Figura 2 se observa una situación típica de navegación en aguas restringidas de buques de carga en la Vía Navegable Santa Fe-Océano



Figura 2: Ejemplo de navegación en aguas restringidas

## 2 HISTORIA DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

Los marineros han confiado en las Ayudas a la Navegación visuales desde que comenzaron a navegar. En aquellas épocas estaban compuestas de rudimentarios pero eficientes dispositivos, recayendo fuertemente en puntos de referencias (muchas veces conocidos como puntos acuáticos de referencia) como capiteles de iglesias, árboles, edificios llamativos, puntos prominentes, entre otros. Uno de los primeros faros fue el Pharos, construido a mediados del 280 AC, en la costa de Alejandría. Su medida era de 130 metros de alto y se utilizaba una fogata que era visible a una distancia de unas 67 millas. El desarrollo de los faros alrededor del mundo continuó a lo largo de los años; las fogatas de leña y carbón fueron progresivamente reemplazadas por fuentes de iluminación más eficientes y algunos fueron equipados con sirenas para proveer una mejor posición e información de alerta en el caso de baja visibilidad. El faro contribuyó a varios propósitos, como por ejemplo marcar la posición de acantilados y bajos peligrosos, así como también para proveer a marineros de formas de llevar a cabo un arribo estando alejado pero observando su alcance (por su alta estructura tanto de día como durante la noche). En el siglo XV, los portugueses construyeron enormes faros para la navegación (“padroes”) a lo largo de las costas para permitir a los barcos corroborar sus coordenadas en el mar. Les siguieron otras Ayudas a la Navegación, las cuales tenían propósitos específicos como enfilaciones y luces de sectores.

Boyas simples y faros son sabidos de haber sido utilizados en la Edad Media para guiar a los marineros por estuarios y a través de ríos. No hubo un sistema como tal hasta finales de siglo XIX, cuando un sistema uniforme de boyado fue introducido. Este se ha ido perfeccionado por un acuerdo internacional en la Liga de las Naciones, en 1936 y nuevamente en 1980, con la creación del Sistema de Boyado Marítimo de IALA.

Si bien el funcionamiento básico de boyas y otras Ayudas a la Navegación flotantes no han cambiado significativamente a través de los años, se ha ido incorporando tecnología en forma permanente. Es así como la fuente de energía evolucionó con la incorporación del gas, la energía eléctrica fotovoltaica hasta las fuel-cells; la emisión de la luz avanzó con los quemadores de gas, las lámparas incandescentes, las linternas de led y sincronización de destellos entre linternas, entre algunas de las mejoras en lo que a energía y emisión de la luz se refiere. Los alcances luminosos se han incrementado significativamente, así como la eficiencia de la emisión de la luz. Las estructuras también han incorporado tecnología en forma sistemática: la introducción de materiales como el acero y las aleaciones con otros metales para otorgar mejores características, las pinturas para proveer de

identificación, protección y durabilidad. Se incorporaron nuevos tipos de señales, como ser los Sbares, y se han mejorados los sistemas de fondeos. La Figura 3 muestra un par de señales tipo Spar instaladas en el Río de la Plata.



Figura 3: Sbares en el Río de La Plata

A partir de la evolución de las Ayudas a la Navegación, en el año 2010 IALA emitió un nuevo “Sistema de Balizamiento Marítimo y Otras Ayudas a la Navegación”. En la Figura 4 se puede observar la portada de este documento.

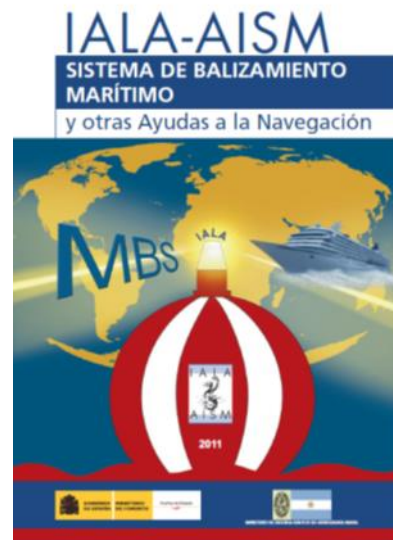


Figura 4: Portada del documento “Sistema de Balizamiento Marítimo y Otras Ayudas a la Navegación”, IALA.

## 3 TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN TRADICIONALES

Los métodos tradicionales de marcar posición a través de la observación visual de las ayudas físicas, características naturales cartografiadas y objetos notorios, complementados por estimaciones de distancias con radares y mediante la utilización de ecosondas, se han mantenido durante el tiempo y continúan siendo usados por muchos marineros tanto en navegación costera como en portuaria. Las referencias visuales directas a boyas o balizas

proveen al marino de indicación de deriva y corrientes. Las referencias visuales a enfilaciones, ayudas fijas, de elementos naturales llamativos de la costa (como promontorios, chimeneas, etc.) y de ayudas flotantes son consideradas esenciales para la navegación segura.

Un piloto o un capitán confía plenamente en la variedad de ayudas visuales (fijas y flotantes) y de los elementos naturales, tanto de manera directa o a través del uso de un radar, con el fin de monitorear la navegación de la embarcación, indicar las posiciones del timón y para facilitar la determinación del rumbo hacia el muelle, puerto o esclusa. Con buena visibilidad, generalmente se confía en pantallas, enfilaciones o luces de sectores para posicionamiento lateral, respaldadas, en caso de ser necesaria, por observación visual de boyas o balizas, apoyada la práctica con el uso de ecosondas. Con baja visibilidad, donde pantallas, enfilaciones o luces de sectores pueden no ser visibles, se recurriría al uso de radar referidos a puntos fijos a lo largo de la ruta, nuevamente utilizando boyas y balizas para confirmación visual de su posición relativa del canal, y nuevamente respaldado por ecosondas.

## 4 NUEVAS TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN

### 4.1 Radionavegación

El desarrollo de la navegación apoyada en sistemas satelitales, radares y radio navegación ha revolucionado la forma en la cual marineros establecen la posición de los barcos. Estas técnicas de navegación incluyen el uso de:

- Sistemas globales de navegación por satélites (GNSS), como ser los sistemas GPS, GLONASS, GALILEO, o BEIDOU
- Sistemas de posicionamiento basados en tierra, como ser el e-Loran
- Sistemas de aumentación basados en satélites (anteriormente llamados de posicionamiento diferencial), WAAS, EGNOS, Beidou, entre otros
- Sistemas de aumentación basados en tierra, como ser el DGNS

Estos sistemas forman lo que IALA ha dado a llamar como los "Sistemas Globales de Radio Navegación" (*World Wide Radio Navigation Systems-WWRNS*), que se resumen en la Figura 5.

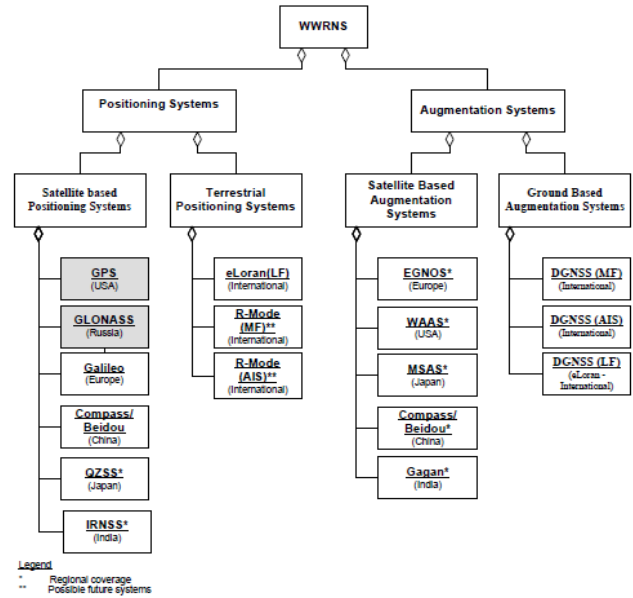


Figura 5: Sistemas Globales de Radionavegación

### 4.2 Ayudas para la Navegación

Las Ayudas para la Navegación (ubicadas en el buque mismo) incluyen los Sistemas integrados de Puesto de Navegación diseñados para recolectar, procesar y mostrar la navegación de los buques y otros sensores, y los Sistemas de Información y Presentación de la Carta Electrónica (*ECDIS: Electronic Charts Display and Information Systems*) que combinan el posicionamiento electrónico, la cartografía electrónica y la integración de sistemas de información y display en un solo software. En este caso, sistemas de alerta anti colisión, actualización automática de niveles hidrométricos, combinados con interfaces con el radar entre otros sistemas, pueden estar integrados en el ECDIS.

En la Figura 6 se muestra una imagen de la pantalla de un sistema ECDIS.

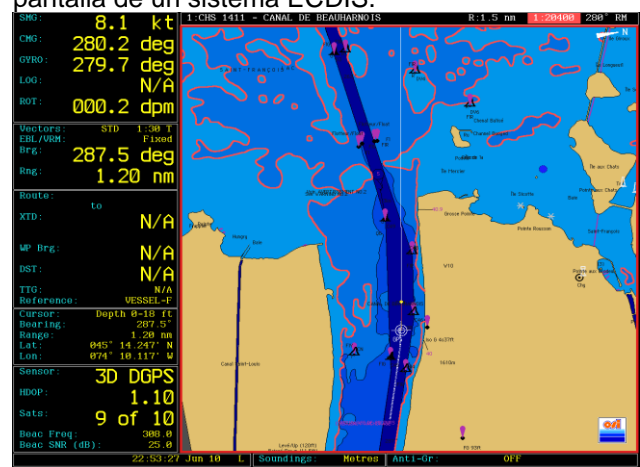


Figura 6: Visualización de pantalla de sistema ECDIS



### 4.3 Ayudas a la Navegación del Sistema de Identificación Automática (AIS-AtoN)

En su Guía 1081, denominada “Prestación de Ayudas Virtuales a la Navegación”, IALA describe con total claridad la aplicabilidad de las “Ayudas virtuales a la navegación”. En dicha guía se define:

*Las ayudas virtuales a la navegación son un objeto de información digital difundido por un prestador autorizado de servicios, que se puede visualizar mediante sistemas de navegación. Las ayudas virtuales a la navegación no existen de forma física.*

Las ayudas virtuales a la navegación pueden emplearse para informar al navegante de peligros para la navegación, así como vías navegables seguras, zonas donde puede ser necesario extremar la precaución y zonas que se deben evitar. Pueden proporcionar un aviso de información urgente, temporal o dinámica al navegante.

No se las debe considerar como un sustituto de otras formas de Información de Seguridad Marítima (MSI), pero sí pueden aportar un valioso mecanismo complementario de difusión, habilitando una visualización gráfica automatizada de tal información, que de otra manera sólo estaría disponible en forma de texto.

En ciertas circunstancias las ayudas virtuales a la navegación también pueden utilizarse para la señalización permanente, como por ejemplo las ayudas a la navegación virtuales y sintéticas instaladas en la Antártida Argentina. Un ejemplo de ello puede observarse en la Figura 7, donde se muestra cómo se representan en un ECDIS las 10 señales de AIS AtoN virtuales más la señal AIS AtoN real en funcionamiento en los alrededores de Base Primavera en la Antártida Argentina.

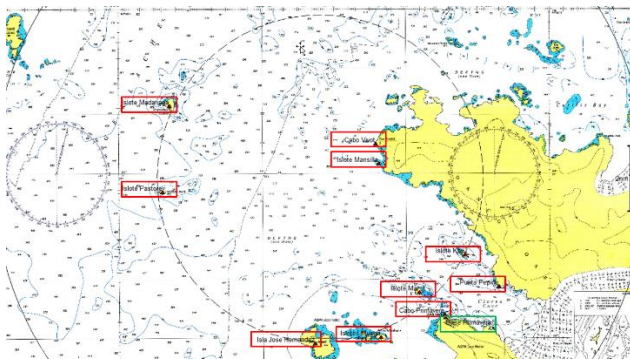


Figura 7: Representación AIS virtuales en Base Primavera, Antártida Argentina.

### 4.4 Navegación electrónica (E-Navigation)

La navegación electrónica (e-Nav) es una amplia visión estratégica dirigida por la OMI para la “armonización de los sistemas de navegación marítima y el apoyo a los servicios en tierra”, respaldados por las necesidades de los usuarios. El concepto implica la “utilización e integración de todas

las herramientas de navegación disponibles para asegurar un mayor nivel de seguridad, la prevención de accidentes y la protección del medioambiente”.

## 5 AYUDAS VISUALES VERSUS AYUDAS VIRTUALES A LA NAVEGACIÓN

Durante los últimos 20 años algunos marineros vienen confiando menos en sus capacidades individuales para navegar en forma segura, y en cambio están dependiendo en forma creciente de sus sistemas electrónicos, probablemente influenciados en el hecho de que los mismos han mejorado notablemente la precisión en la determinación de la posición y han disminuido significativamente su costo. Mientras hace 20 años un marinero hubiera considerado el estado del clima y la visibilidad, actualmente se arriesgaría a zarpar en malas condiciones porque confía en que sus equipos electrónicos lo guiarán en forma precisa, sin valorar los riesgos a los que se afronta.

Asimismo, los avances en el uso de las ayudas virtuales a la navegación alientan a actores vinculados a la actividad náutica, influenciados quizás por la accesibilidad a otras tecnologías de uso cotidiano (como aplicaciones móviles en teléfonos celulares), a arriesgar un futuro cercano donde las ayudas electrónicas a la navegación reemplacen a las ayudas visuales.

En los últimos años esta problemática fue tratada en diversos ámbitos vinculados con el transporte, las ayudas a la navegación y la gestión y planificación de infraestructura de organismos y gobiernos.

El “*Nautical Institute*” en su publicación “El uso de ayudas visuales a la navegación” del año 2002 actualizado en el año 2013, reflejó el trabajo de un equipo multidisciplinario que realizó consultas a los principales actores de la navegación marítima, efectuó navegaciones específicas y realizó una recopilación y análisis de accidentes a la navegación acaecidos en diversas zonas navegables del mundo. De ese trabajo se destacan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Las ayudas visuales a la navegación entre las que se destacan boyas y balizas, son útiles para los navegantes modernos.
- La mayoría de los modernos buques ultramarinos disponen de sistemas de navegación electrónica, pero algunos navegantes tienden a confiar solamente en un tipo de ayuda a la navegación. En este contexto, las boyas proveen un valioso método de chequeo visual y por radar para evaluar peligros.
- Durante las navegaciones de pilotaje, la confianza esta aun puesta en las ayudas visuales a la navegación, tanto fijas como

- flotantes, para indicar posicionamiento lateral, verificar progreso y los límites seguros de los canales.
- Las ayudas electrónicas a la navegación pueden fallar o verse degradadas
  - Existe una tendencia creciente en algunos marineros en confiar en forma excesiva en sistemas electrónicos con escasa atención en la vulnerabilidad de esos sistemas en términos de precisión, confiabilidad, disponibilidad e integridad. Si bien los desarrollos en sistemas de posicionamiento y aumentación disminuirán dichas vulnerabilidades, esos desarrollos no pueden mitigar la tendencia de los marineros modernos en olvidar de hacer chequeos visuales del medio ambiente exterior, y familiarizarse ellos mismos con el área en la que están operando, con referencia a las ayudas visuales a la navegación.
  - Las ayudas visuales a la navegación continuarán siendo usadas como una forma de verificar la posición de los buques, proveyendo una redundancia esencial a los sistemas electrónicos de navegación.

En este sentido, el Capitán Roger Barker Navigation Manager del Trinity House afirmó: “Sería un marino temerario el que no le gustaría tener la red de seguridad de una ventana de timonera despejada y un par de largavistas para asegurar su navegación segura”

Algunas limitaciones y vulnerabilidades de las ayudas virtuales a la navegación son:

- El alcance de las señales de AIS AtoN en la frecuencia de VHF está limitado, entre otros aspectos, por la altura de la antena transmisora y la altura de la antena receptora. Normalmente el alcance está en el orden de los 40 Km en aguas abiertas. En otras condiciones, como ser en aguas interiores, el alcance puede ser significativamente menor. También, las señales de AIS AtoN pueden verse afectadas por los fenómenos de “ductos troposféricos” que pueden, por el contrario, llegar a alcances de hasta varios cientos de kilómetros y pueden producir interferencias.
- Las señales de AIS AtoN pueden ser afectadas por redireccionamientos o interferencias producidas en forma remota por actos de terrorismo.
- Las señales de los sistemas de posicionamiento GNSS pueden ser también redireccionados o interferidas. Un ejemplo de ello ha sido un experimento llevado a cabo por un grupo de la universidad de Texas provocando que un velero haya sido derivado fuera de su curso usando técnicas de redireccionamiento (spoofing).

- Los sistemas de posicionamiento GNSS también son susceptibles de verse afectados por limitaciones atmosféricas y de propagación, interferencias, etc, que pueden degradar la calidad de la señal.

En la guía 1081 “Prestación de Ayudas Virtuales a la Navegación” de IALA, se menciona en su punto 10 “Riesgos y Limitaciones”:

*Las ayudas virtuales a la navegación no son visibles en las pantallas de numerosos buques, pero, si lo fueran, los símbolos podrían variar de una pantalla a otra. A consecuencia de esta situación se puede causar confusión, falta de información al usuario y, además, socavar la confianza en los Sistemas de Información y Presentación de la Carta Electrónica (ECDIS) y otros sistemas.*

Asimismo, la OMI en su Resolución A.817 (19) denominada *Performance Standards For Electronic Chart Display And Information Systems (ECDIS)* en su Apéndice 6 denominado *Back-Up Requirements*, establece:

*Adecuados sistemas independientes de back-up deberán ser provistos para asegurar la navegación segura en caso de una falla en los sistemas ECDIS. Esos sistemas de back-up deberán incluir:*

- *Facilidades que permitan hacerse cargo de las funciones de ECDIS en orden de asegurar que la falla del ECDIS no resulte en una situación crítica*
- *Medios para proveer una navegación segura por la parte remanente de la navegación en caso de una falla del ECDIS*

En el año 2014, se llevó a cabo una Audiencia Pública en el Congreso de los EE.UU donde el Subcomité de Guardia Costera (*Coast Guard*) y Transporte por Agua del Comité de Transporte e Infraestructura trató el tema: “El Futuro de la Ayudas Federales a la Navegación”. De dicha audiencia en la que se trató en forma profunda el tema presentado en este trabajo, se puede destacar lo dicho por la Capitán Lynn Korwatch, directora ejecutiva de la Cámara de Operadores de Empresas de Navegación en la Bahía de San Francisco (*Marine Exchange of the San Francisco Bay Region*) y primera capitán mujer de los EE.UU:

*Los marineros confían en múltiples capas de información para establecer sus posiciones, y la capa fundamental de la que dependen son los objetos físicos que ellos ven a través de las ventanas y están indicadas en las cartas náuticas, de la misma forma que ustedes ven las señales de tránsito cuando están manejando su auto. Como únicamente las cartas náuticas no pueden ser usadas para navegar, tampoco deberían serlo las ayudas electrónicas. Sin señales y boyas para marcar los canales o las áreas de navegación segura, el desafío de confiar en una señal poco fiable es exponencialmente más peligroso*

para el operador del barco, y peligroso para sus pasajeros y tripulación. No hay dudas que el mantenimiento de boyas, torres, luces, faros, marcas diurnas es una tarea costosa e intensiva. Pero el hecho inalterable es que las ayudas físicas son esenciales para la seguridad a la navegación en nuestras vías navegables.

... Esto no es decir que el uso de las ayudas a la navegación no debe ser explorado. Por el contrario, las nuevas tecnologías han ampliado significativamente la seguridad marítima, y no hay razón para pensar que el futuro no tendrá mejoras adicionales. Una combinación de los dos sistemas es lo más probable en el futuro de la seguridad a la navegación en nuestra vías navegables. Quizás una mejor forma de servir a los usuarios es el uso de las ayudas electrónicas como una forma de aumentar y potenciar la navegación, en lugar de solamente eliminar ayudas como la forma de reducir costos.

El Capitan Jeff Cowan, con más de 35 años de experiencia y graduado en la Academia Marítima de California, en su artículo "Eliminar ayudas a la Navegación" afirmó:

*Con el retiro de boyas, es solo cuestión de tiempo para que ocurra un accidente provocado por la pérdida de financiamiento en ayudas a la navegación. En otras palabras, lo que se ahorra en prevención deberá eventualmente gastarse en respuesta.*

## 6 CONCLUSIONES

Las ayudas visuales a la navegación continúan siendo vitales para los marineros en la verificación de su posición, proveer alertas y orientación, brindar redundancia para los sistemas electrónicos de navegación que pueden fallar o verse degradados en su precisión y destacar peligros aislados, como ser obstáculos hundidos, rocas o bajos.

No se vislumbra a corto ni a mediano plazo que las ayudas electrónicas reemplacen a las ayudas visuales a la navegación.

Una combinación de las ayudas visuales y las ayudas electrónicas a la navegación es lo más probable en el futuro para la seguridad a la navegación en las vías navegables. El uso de las ayudas electrónicas como una forma de aumentar y potenciar la navegación, en combinación con las ayudas visuales, debería ser el camino a seguir. Eliminar ayudas visuales como una forma de reducir costos puede significar riesgos inadmisibles para la navegación en nuestras vías navegables, con las eventuales consecuencias en costos al transporte, vidas humanas y protección al medioambiente.

## REFERENCIAS

IALA - Recomendación O-143, *Prestación de Ayudas Virtuales a la Navegación*

IALA - Guía 1081, *Prestación de Ayudas Virtuales a la Navegación*

OMI - Resolución A.817 (19), *Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*

The Nautical Institute, *The Use of Visual Aids to Navigation*

Hearing Before the Subcommittee on Coast Guard and Maritime Transportation of the Committee of Transportation and Infrastructure House of Representatives, USA Congress, *Finding Your Way: The Future of Federal Aids To Navigation*