



**IALA**



# **NAVGUIDE 2023**

## **MANUAL DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS**

**9º EDICIÓN**

**ASOCIACIÓN NACIONAL DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN  
MARÍTIMAS Y AUTORIDADES DE FAROS**





# NAVGUIDE 2023

Manual de Ayudas a la Navegación Marítimas  
9<sup>a</sup> Edición

Asociación internacional de Ayudas a la Navegación  
Marítima y Autoridades de Faros

## ÍNDICE

PRÓLOGO	13
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A IALA-AISM</b>	<b>14</b>
1.1    Finalidad del documento	15
1.2    Antecedentes	15
1.3    Membresías	15
1.4    Asamblea General	16
1.5    El Consejo	16
1.6    Secretaría IALA	17
1.7    Comités	17
1.8    Panel Asesor de Políticas	18
1.9    Panel Asesor Legal	18
1.10   Academia Mundial IALA	19
1.10.1 Sistema de Acreditación IALA	19
1.11   Conferencias, Simposios y Exposiciones	20
1.12   Talleres y Seminarios	19
1.13   Publicaciones IALA	19
1.13.1 Estándar	22
1.13.2 Recomendaciones	22
1.13.3 Guías	23
1.13.4 Manuales	23
1.13.5 Cursos Modelo	23
1.13.6 Catálogo de documentos técnicos	23
1.14   Organizaciones Afines	23
<b>CAPÍTULO 2 CONCEPTOS Y PRECISIÓN DE LA NAVEGACIÓN</b>	<b>24</b>
2.1    Métodos de Navegación	25
2.1.1 Navegación Terrestre	25
2.1.2 Navegación Celestial o Astronómica	25
2.1.3 Navegación por Estima	25
2.1.4 Radionavegación	25
2.2    Fases de la Navegación	26
2.2.1 Navegación Oceánica	26
2.2.2 Navegación Costera	26
2.2.3 Aproximación a Puerto	27
2.2.4 Aguas Restringidas	27
2.3    Estándares de Precisión de la Navegación	28
2.4    Errores de Medición y Precisión	29
2.4.1 Error de Medición	29
2.4.2 Precisión	29
2.5    Consideraciones Hidrográficas	30
2.5.1 Cartas	30
2.5.2 Datum	31
2.5.3 Datum de la Carta	32

2.5.4 Datum de Nivelación o Datum de Control Vertical	32
2.5.5 Problemas con el Datum de la Carta	32
2.5.6 Precisión de las Cartas	36
2.5.7 Posiciones Cartográficas de las Boyas	36
<b>CAPÍTULO 3 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS</b>	<b>38</b>
3.1     Introducción	39
3.2     Obligación y cumplimiento de la normativa	39
3.3     Criterios Internacionales	39
3.3.1 Capítulo V de SOLAS	40
3.4     Sistema de Boyado Marítimo IALA y otras Ay. a la Navegación (SMB)	41
3.4.1 Tipos de AtoN SMB	41
3.4.2 Boya de Emergencia para Señalización de Naufragios	42
3.4.3 AtoN Móvil	43
3.4.4 TIPOS DE MAtoN	43
3.5     Planificación de AtoN	43
3.6     Requisitos Operativos	44
3.7     Teoría del Diseño de Ayudas Visuales a la Navegación	44
3.7.1 Percepción Visual	46
3.7.2 Colores de las Señales	46
3.7.3 Visibilidad Meteorológica	48
3.7.4 Transmisividad Atmosférica	48
3.7.5 Alcance Geográfico	49
3.7.6 Marcas Diurnas	50
3.8     Luces de Señalización de Ayudas a la Navegación Marítimas	52
3.8.1 Fotometría de Luces de Señalización de Ay. a la Navegación	52
3.8.2 Medición Colorimétrica de las Luces (Medición del Color)	55
3.8.3 Unidades de Medida Fotométricas	56
3.8.4 Umbral de Iluminancia	57
3.8.5 Ritmos y Caracteres	58
3.8.6 Alcance Nominal e Intensidad Luminosa	68
3.8.7 Aumento de la Notoriedad	74
3.9     Fuentes Luminosas	75
3.9.1 Diodo Emisor de Luz (LED)	75
3.10    Linternas con Sistema de Alimentación Integrado	77
3.11    Señales Acústicas	78
3.12    Otras Ayudas a la Navegación	78
3.12.1 Otras Marcas	78
3.12.2 Enfilaciones, Alineación de Tránsito o Líneas Direccionales	79
3.12.3 Enfilaciones	79
3.12.4 Luces de Sector	80
3.13    Ayudas a la Navegación Fijas - Faros y Balizas	85
3.13.1 Finalidad de los Faros y Balizas	85
3.14    Ayudas a la Navegación Flotantes - Menores y Mayores	86
3.14.1 Boyas	86
3.14.2 Buques Faros, Barcos Faros y Grandes Boyas de Navegación	87
3.14.3 Criterios de Funcionamiento de las Ayudas Flotantes	87
3.14.4 Consideraciones técnicas para ay. a la navegación flotantes	88
3.14.5 Costos	88

3.14.6 Diseño de Ayudas Flotantes	88
3.14.7 Diseño de Trenes de Fondeo	89
3.14.8 Posicionamiento de las Ayudas Flotantes	88
3.14.9 Rótulos y marcas de tope	90
<b>CAPÍTULO 4 ASPECTOS TÉCNICOS DE ATON</b>	<b>92</b>
4.1 Fuentes de Alimentación	93
4.1.1 Tipos de Fuentes de Alimentación y de Energía	93
4.2 Fuentes de Energía Renovables - Eléctricas	94
4.2.1 Energía Solar (Células fotovoltaicas)	94
4.2.2 Energía Eólica	95
4.2.3 Energía Undimotriz (olas)	96
4.3 Baterías	96
4.3.1 Baterías Primarias (no recargables)	96
4.3.2 Acumulador de Baterías Secundarias (recargables)	97
4.3.3 Eliminación de las Baterías	98
4.4 Motores de Combustión Interna/Generadores Eléctricos	99
4.4.1 Generadores Eléctricos Diésel	99
4.4.2 Generadores Eléctricos con Motor de Gasolina	99
4.5 Pila de Combustible	99
4.6 Cargas eléctricas y protección contra rayos	100
4.6.1 Cargas eléctricas	100
4.6.2 Protección contra rayos	100
4.7 Fuentes de Energía No Eléctricas	100
4.7.1 Acetileno	100
4.7.2 Propano	101
4.8 Estructuras y Materiales	101
4.8.1 Diseño Estructural de AtoN fijas	101
4.8.2 Tipos de Materiales	103
4.8.3 Materiales y Acondicionamiento de Edificios	103
4.9 Condiciones Ambientales Extremas	104
4.9.1 Viento y Oleaje	105
4.9.2 Geomorfología	105
4.9.3 Temperatura	105
4.9.4 Luz Ultravioleta (UV)	105
4.9.5 Condiciones del Agua	106
4.10 Vegetación	106
4.11 Aves; Guano (excrementos de aves) y Elementos Disuasorios	107
4.12 Robo y Vandalismo	107
4.13 Materiales Peligrosos	108
4.13.1 Mercurio	108
4.13.2 Pinturas	110
4.13.3 Asbestos	110
4.14 Boyas de Acero, Plástico y Componentes	111
4.15 Impacto Medioambiental	111
4.16 Conservación de Ayudas a la Navegación Históricas	112
4.16.1 Tamaño de las Ópticas y Terminología	114

<b>CAPÍTULO 5 GESTIÓN DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN</b>	116
5.1    Mantenimiento de los equipos y sistemas AtoN	117
5.1.1 Principios Orientadores del Mantenimiento	117
5.1.2 Mejora de la Eficiencia	117
5.1.3 Tendencias de Mantenimiento	119
5.1.4 Intervalos de Mantenimiento	119
5.2    Objetivos de Disponibilidad	120
5.2.1 Cálculo de la Disponibilidad	120
5.2.2 Definición y Comentarios de los Términos	121
5.3    Categorías IALA para Ayudas a la Navegación Tradicionales	122
5.4    Disponibilidad y Continuidad de los Servicios de Radionavegación	123
5.5    Exceso e Insuficiencia de Rendimiento	125
5.5.1 Sobreingeniería vs. Falta de Fiabilidad	125
5.6    Gestión de Riesgos	126
5.6.1 Herramientas de Gestión de Riesgos IALA	127
5.6.2 Proceso de Decisión de Gestión de Riesgos	128
5.6.3 Nivel de Riesgo y Aceptabilidad	129
5.7    Prestación de Servicios	129
5.7.1 Requisitos para la Prestación de Servicios	130
5.7.2 Subcontratación	130
5.8    Nivel de Servicio	131
5.8.1 Beneficios	131
5.8.2 Componentes	131
5.8.3 Niveles de Servicio	132
5.9    Revisiones y Planificación	133
5.9.1 Revisiones	133
5.9.2 Plan Estratégico	133
5.9.3 Plan de Operación	134
5.9.4 Utilización de Sistemas de Información Geográfica en la Planificación de las AtoN	134
5.10   Gestión de la calidad	135
5.10.1 Medición del Rendimiento	136
5.10.2 Normas Internacionales	136
5.11   Acceso de Terceros a los Sitios de Ayudas a la Navegación	138
<b>CAPÍTULO 6 SERVICIOS DE RADIONAVEGACIÓN (PNT)</b>	140
6.1    Posicionamiento, Navegación y Temporización	141
6.2    Posicionamiento y Temporización por Satélite	141
6.2.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	142
6.2.2 Sistema Global de Navegación por Satélite (GLONASS)	142
6.2.3 BeiDou	143
6.2.4 Galileo	144
6.2.5 Sistemas Regionales	143
6.3    Posicionamiento y Temporización Terrestre	145
6.3.1 Loran-C	145
6.3.2 eLoran	146
6.3.3 Ranging Mode (Modo R)	147
6.4    Servicios de Aumentación	147
6.4.1 Sistemas Terrestres de Aumentación	149
6.4.2 GBAS Marítimo por Fase (MGBAS)	150

6.4.3 Sist. de Aumentación Basados en Satélites (SBAS)	150
6.4.4 Opciones de Integridad	153
6.5 Ayudas a la Navegación por Radar	154
6.5.1 Reflectores de Radar	155
6.5.2 Intensificadores de Blancos de Radar	156
6.5.3 Balizas de Radar (RACON)	156
6.5.4 Aplicaciones de Racon	157
6.5.5 Criterios de Rendimiento del Racon	157
6.5.6 Posicionamiento Referenciado por Radar	158
6.5.7 Sistema de Posicionamiento por Radar Mejorado	159
6.6 Sistemas de Posicionamiento No Radioeléctrico	159
6.6.1 Sistemas Iniciales	159
6.6.2 ePelorus	159
6.7 Sistema de Identificación Automática (AIS) - Síntesis	160
6.7.1 Aplicaciones Estratégicas del AIS	160
6.7.2 Requerimiento de Transporte OMI	161
6.7.3 AIS a Bordo	162
6.7.4 AIS en el Mar - Precauciones y Control de Riesgos	162
6.7.5 AIS en Tierra	163
6.8 AIS como AtoN de Corto Alcance	163
6.8.1 AIS real, Virtual y Sintético	164
6.8.2 AIS AtoN Real	164
6.8.3 AtoN Virtual	164
6.8.4 AtoN Sintético	165
<b>CAPÍTULO 7 SERVICIO DE TRÁFICO NAVES</b>	166
7.1 Introducción	167
7.2 Antecedentes	167
7.3 Definición de VTS	167
7.4 Finalidad del VTS	167
7.5 Beneficios del VTS	168
7.6 Manual de VTS de IALA	168
<b>CAPÍTULO 8 CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN</b>	170
8.1 Introducción	171
8.2 Academia Mundial IALA	171
8.2.1 Introducción	171
8.2.2 Organizaciones de Entrenamiento Acreditadas	172
8.2.3 Programas de Capacitación	172
8.2.4 Cursos Modelo WWA	173
8.2.5 Desarrollo de Capacidades de WWA	173
8.3 Capacitación y Certificación del Personal de Ayudas a la Navegación Marítimas	173
8.3.1 Técnico de Ayudas a la Navegación Marítimas	174
8.3.2 Capacitación de Administradores de Ay. a la Navegación	175
8.3.3 Capacitación de Experto en Ayudas a la Navegación	176
8.3.4 Cursos Cortos Complementarios	177
8.4 Capacitación y Certificación Personal VTS	177
8.5 Ejemplos de Otras Oportunidades de Capacitación para el Personal AtoN y VTS	178

<b>CAPÍTULO 9 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL</b>	180
9.1    Sistemas de Comunicaciones Digitales	181
9.2    Plan de Radiocomunicaciones Marítimas de IALA (MRCP)	181
9.3    AIS (Aspectos de las Comunicaciones)	181
9.4    VDES	182
9.4.1¿Por qué VDES incluye AIS?	183
9.4.2 Componente ASM de VDES	184
9.4.3 Componente VDE-TER de VDES	184
9.4.4 Componente VDE-SAT de VDES	184
9.5    R-Mode	185
9.6    LTE-M Como Infraestructura de Comunicaciones	185
9.6.1 LTE-M	186
9.7    Sistemas de Comunicación Basados en el Protocolo de Internet	186
9.8    Sistemas de Comunicación de Baja Potencia	186
9.9    Dispositivos radio marítimos autónomos	187
9.9.1 AMRD Grupo A	188
9.9.2 AMRD Grupo B	188
9.10   3GPP	188
9.10.1¿Qué es el 3GPP?	188
9.11   Digitalización de canales de voz marinos VHF	189
9.12 Radio digital de alta frecuencia	189
9.13   Tecnologías emergentes	190
9.13.1 Ejemplos de tecnologías emergentes	190
9.14   Comunicaciones digitales en VTS	191
9.15   Asuntos IALA y GMDSS	191
<b>CAPÍTULO 10 SERVICIOS DE INFORMACIÓN</b>	192
10.1   Introducción	193
10.2   Estrategia OMI para el desarrollo e Aplicación de la e-Navigation	193
10.2.1 Definición de e-Navigation	194
10.2.2 A bordo y en Tierra	194
10.2.3 Comunicaciones	194
10.2.4¿Qué significa la «e» en e-Navigation?	194
10.2.5 Elementos clave	195
10.2.6 Soluciones de e-Navigation	195
10.3   Trabajo IALA en las tecnologías de comunicación digital, servicios de información y en e-Navigation	196
10.4   Servicios Marítimos en el contexto de e-Navigation	196
10.4.1 Antecedentes	196
10.4.2 Terminología y Directivas	197
10.4.3 Armonización de formato y estructura de los Servicios Marítimos	197
10.4.4 Servicios Técnicos	197
10.4.5 Arquitecturas para la e-Navigation	198
10.5   Descripción de la e-Navigation para no expertos	199
10.5.1 Ejemplo de la visión de un Miembro Nacional IALA	201
10.5.2 Planificación e informes bancos de pruebas ámbito marítimo	201
10.6   Nombres de Recursos Marítimos	201
10.7   Modelo Universal de Datos Hidrográficos S-100 de la OHI	202
10.7.1 Rol de S-100 en la e-Navigation	203

10.7.2 Especificaciones de productos dependientes de S-100	203
10.7.3 IALA y desarrollo S-100	204
<b>10.8 Cyber security Ciberseguridad</b>	<b>205</b>
<b>ABREVIACIONES</b>	<b>206</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>10</b>
Tabla 1 Requisitos mínimos del usuario marítimo	28
Tabla 2 Procesos y sistemas de fijación de posición	30
Tabla 3 Niveles relacionados con las ayudas a la navegación marítimas en aguas costeras y restringidas	33
Tabla 4 Zonas de Confianza (OHI)	35
Tabla 5 Escalas de Cartas, Aplicaciones y Consideraciones de Precisión Relacionadas	36
Tabla 6 Contenido del Convenio SOLAS	40
Tabla 7 Tabla de Alcance Geográfico en Millas Náuticas	50
Tabla 8 Alcance Operativo Típico de las Marcas Diurnas	52
Tabla 9 Guía sobre la repercusión de la iluminación de fondo y las condiciones meteorológicas en la intensidad luminosa necesaria para conseguir un alcance determinado	53
Tabla 10 Unidades de medida fotométricas	56
Tabla 11 Características de los Ritmos de las Luces del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA: Periodos Máximos para las características de las luces	59
Tabla 12 Característica Rítmica de las Luces	60
Tabla 13 Características de los Ritmos de las Luces del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA	66
Tabla 14 Calendario de eventos astronómicos	68
Tabla 15 Tabla de Conversión IALA para Intensidad Luminosa y Alcance Nominal para Observaciones Nocturnas	69
Tabla 16 Iluminancia requerida en condiciones meteorológicas variables	70
Tabla 17 Tabla de conversión IALA para intensidad luminosa y alcance nominal diurno	73
Tabla 18 Rendimiento de fuente luminosa y otras características	75
Tabla 19 Fuentes de energía para el funcionamiento de las ayudas a la navegación luminosas	93
Tabla 20 Tecnología de células solares de silicio	94
Tabla 21 Materiales utilizados en la construcción de estructuras AtoN	103
Tabla 22 Materiales y amenazas, incluida la corrosión	103
Tabla 23 Protección de las estructuras	104
Tabla 24 Terminología de los sistemas históricos de lentes de vidrio y cantidades asociadas de mercurio	114
Tabla 25 Objetivos de disponibilidad por categoría	123
Tabla 26 Comparación de diferentes tipos de ayudas a la navegación	132
Tabla 27 Terminología utilizada para la descripción de frecuencias de Racon	157
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>10</b>
Figura 1 Miembros Nacionales de la IALA	16
Figura 2 Logotipo de la 20 <sup>a</sup> Conferencia de la IALA	20

Figura 3	19 <sup>a</sup> Conferencia IALA 2018, Incheon, Corea	21
Figura 4	Estándares IALA	22
Figura 5	Ejemplos de Cartas Náuticas	31
Figura 6	Datum de nivelación o control vertical (OHI)	34
Figura 7	Ejemplos de notas GNSS en cartas	34
Figura 8	AtoN flotante (Foto - Cortesía de la Autoridad Marítima Danesa)	45
Figura 9	Ilustración de las zonas de color en el diagrama de cromaticidad CIE de 1931 CIE de 1931	47
Figura 10	Zonas de cromaticidad IALA de colores superficiales ordinarios - Tal como se representan en el diagrama de cromaticidad CIE de 1983 - cortesía de CIE	47
Figura 11	Fotografía de cortesía de la Autoridad Marítima de Seguridad Australiana	48
Figura 12	Efecto de sobrepasar el rango geográfico	50
Figura 13	Distribuciones de sensibilidad espectral o curvas $V(\lambda)$ y $V'(\lambda)$ para el observador humano	54
Figura 14	Regiones de cromaticidad recomendados por IALA para luces de colores	54
Figura 15	Gráfica de cromaticidad x, y CIE 1931	56
Figura 16	Ilustración del concepto de ley del cuadrado inverso	57
Figura 17	Diagrama del alcance luminoso diurno	72
Figura 18	IPSL: Linterna de sistemas de energía integrados (Linternas LED solares)	77
Figura 19	Luces de alcance del puerto Margaree - Nueva Escocia - Canadá	79
Figura 20	Ángulo de incertidumbre	81
Figura 21	Proyector sectorial LED - Fotografía cortesía de Cybernetica AS/Sabik	82
Figura 22	Aplicación de luces de sector	83
Figura 23	Diversas aplicaciones de luces de sector	83
Figura 24	Ejemplos de ayudas flotantes	87
Figura 25	Costo de la confiabilidad	125
Figura 26	Proceso de evaluación y gestión de riesgos	128
Figura 27	Matriz de valores de riesgo	129
Figura 28	Buque de boyas - Foto cortesía de CEREMA	130
Figura 29	Diagrama ISO 9001 Sobre el Énfasis en la Satisfacción de los Requerimientos del Cliente	137
Figura 30	Sistemas SBAS existentes y en fase de definición (Fuente: 09b sbas image november 2022)	151
Figura 31	Un Racon (izquierda) y una pantalla de radar con y sin la característica del Racon (derecha)	156
Figura 32	Visión general de AIS	160
Figura 33	Ejemplos de trazas AIS	161
Figura 34	Ejemplos de visualización de datos AIS	162
Figura 35	Información AIS (tipos de barcos, faros, boyas, etc.)	163
Figura 36	Uso de la frecuencia VDES	183
Figura 37	Concepto de servicio marítimo basado en cliente-servidor	199
Figura 38	Relación entre las especificaciones de los Servicios Marítimos, los Servicios Técnicos y los modelos de datos en la e-Navigation	199
Figura 39	Flujo de datos entre los Servicios Marítimos, Servicios Técnicos y el intercambio de datos	200

## PRÓLOGO



El NAVGUIDE ha demostrado ser un recurso inestimable para la comunidad marítima, ya que proporciona información actualizada sobre los últimos avances y desarrollos en el campo de las Ayudas a la Navegación Marítima. La edición de 2023 no es una excepción, ya que reúne los conocimientos de los principales expertos mundiales en este ámbito. Esta edición no es sólo un recurso importante para los profesionales del sector, sino también un testimonio de la colaboración y el compromiso de los miembros de la IALA para mejorar y armonizar las prácticas de Ayudas a la Navegación Marítima en todo el mundo.

La guía es el resultado de cinco años de colaboración entre los participantes de los cuatro principales Comités: Requisitos y Gestión de AtoN (ARM), Ingeniería y Sostenibilidad de AtoN (ENG), Servicios de Información y Comunicaciones e-Navigation (ENAV) y Servicios de Tráfico Marítimo (VTS).

La edición 2023 del NAVGUIDE se distribuirá también en formato digital principalmente, que estará disponible en la página web ([www.iala-aism.org](http://www.iala-aism.org)) junto con el resto de publicaciones disponibles para nuestros miembros y usuarios de Ayudas a la Navegación Marítima. Recomiendo a los lectores de esta NAVGUIDE que consulten también la página web para obtener otros documentos, incluyendo normas, recomendaciones y guías que puedan ayudarles en su trabajo diario. Como siempre, la IALA está abierta a recibir comentarios sobre cómo desarrollar la NAVGUIDE en futuras ediciones y agradece cualquier sugerencia de mejora ([contact@ialaaism.org](mailto:contact@ialaaism.org)).

Es importante señalar que el NAVGUIDE ha sido traducido a varios idiomas por nuestros miembros para garantizar que sea accesible a muchos usuarios, independientemente de su idioma principal de trabajo. La Academia Mundial IALA también ha incluido el NAVGUIDE como parte de su programa de formación en Gestión de Ayudas a la Navegación Marítima, lo que demuestra aún más su importancia en el campo de las Ayudas a la Navegación Marítima.

En conclusión, la edición NAVGUIDE 2023 representa el arduo trabajo y dedicación de los miembros de IALA para mejorar la seguridad y la eficiencia de las prácticas de Ayudas a la Navegación Marítima. Estoy orgulloso de formar parte de esta organización y agradecido por las contribuciones de todos sus miembros en la producción de esta importante publicación.

Francis Zachariae  
Secretario General de IALA  
Junio 2023

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN A IALA-AISM



## 1.1 FINALIDAD DEL DOCUMENTO

Este manual está diseñado para ayudar a las autoridades de Ayudas a la Navegación Marítima (AtoN) en la armonización de los servicios AtoN, proporcionando una guía de referencia general sobre todos los aspectos del servicio. Además, remite a orientaciones más detalladas de otros documentos IALA y de organizaciones internacionales afines sobre temas específicos.

## 1.2 ANTECEDENTES

El transporte marítimo es una industria global que se regula a través de diversas organizaciones. Las naciones han reconocido que es tanto eficaz como apropiado regular y gestionar el transporte marítimo a escala internacional.

IALA es una organización técnica internacional apolítica y sin ánimo de lucro dedicada a la armonización de las ayudas a la navegación marítimas. La IALA se creó en 1957 para proporcionar un marco a las autoridades, fabricantes y consultores de ayudas a la navegación marítima de todo el mundo. Se ha iniciado un proceso para que la IALA deje de ser una organización no gubernamental (ONG) y se convierta en una organización intergubernamental internacional (OIG). Elevar el estatus de IALA al de OIG la equipará a organizaciones como la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), reforzando así la cooperación existente. Además, permitirá una mayor participación de los Estados en la IALA, a nivel gubernamental. Ello reforzará el objetivo de IALA de promover la mayor uniformidad posible en las ayudas a la navegación marítimas.

El objetivo de la IALA es fomentar el movimiento seguro, económico y eficaz de los buques, mediante la mejora y armonización de las Ayudas a la Navegación Marítima en todo el mundo y otros medios apropiados, en beneficio de la comunidad marítima y la protección del medio ambiente.

La Visión Estratégica de IALA establece dos objetivos principales:

**Objetivo 1** Desarrollar y armonizar las ayudas a la navegación marítimas mediante la cooperación internacional y la elaboración de normas.

**Objetivo 2** Todos los Estados ribereños contribuyen a una red mundial sostenible y eficiente de ayudas a la navegación marítimas mediante el desarrollo de capacidades y el intercambio de conocimientos.

## 1.3 MEMBRESÍAS

La IALA cuenta con tres tipos principales de miembros:

**Miembro nacional:** Aplicable a la autoridad nacional de cualquier país o parte de un país que sea legalmente responsable del suministro, la gestión, el mantenimiento o el funcionamiento de las ayudas a la navegación marítima.

**Miembro asociado:** Aplicable a cualquier otro servicio, organización u organismo científico relacionado con las ayudas a la navegación marítimas o asuntos afines.

**Miembro industrial:** Aplicable a fabricantes y distribuidores de equipos de ayuda a la navegación marítima para su venta, o a organizaciones que presten servicios de ayuda a la navegación marítima o asesoramiento técnico bajo contrato.

También existe un cuarto tipo de afiliación: el miembro honorario, que puede ser concedida de por vida por el Consejo a cualquier persona que se considere que ha hecho una contribución importante al trabajo de IALA.

Miembros de IALA en el mundo en 2022



Figura 1. Miembros nacionales de IALA

## 1.4 ASAMBLEA GENERAL

La Asamblea General se celebra cada cuatro años y reúne a miembros de todas las categorías. Normalmente, se reúne al mismo tiempo que la Conferencia cuatrienal.

Durante la Asamblea General, los miembros nacionales tienen derecho a:

- determinar la orientación general de políticas;
- elegir a los miembros del Consejo;
- decidir cambios en los Estatutos;
- aprobar los estándares.

Los miembros asociados e industriales tienen derecho a asistir a la Asamblea General y participar en los debates, pero no tienen derecho a voto.

## 1.5 EL CONSEJO

IALA está administrada por un Consejo de hasta veintiún Consejeros electos y tres no electos. Los cargos electos se deciden por votación de todos los miembros nacionales que asisten a la Asamblea General. Sólo un miembro nacional de cualquier país puede ser elegido para el Consejo y existe un objetivo general de atraer Consejeros de diferentes partes del mundo para lograr una amplia representación en el Consejo.

El Consejo, entre otras cosas:

- aplica la política general de IALA definida por sus objetivos o por la Asamblea General;
- decide los asuntos de membresía;
- establece comités relacionados con los objetivos de IALA y/o facilita otros órganos de este tipo, según proceda;
- determina el reglamento interno de los comités y otros órganos que puedan ser apropiados y su misión;
- aprueba recomendaciones, guías, manuales y otros documentos apropiados;
- aprueba propuestas a otras organizaciones;
- decide el lugar y el año de las próximas Conferencias y Simposios de IALA;
- establece las normas de participación en las Conferencias y Simposios de IALA;
- convoca las Asambleas Generales;
- aprueba el presupuesto y las cuentas anuales;
- determina el arancel de las contribuciones;
- decide la ubicación de la Sede y del domicilio social de IALA;
- podrá autorizar la compra, venta, alquiler o arrendamiento de bienes inmuebles, así como la concesión y obtención de préstamos con o sin garantía hipotecaria, necesarios para el funcionamiento de la asociación; y
- podrá otorgar cualquier poder que sea necesario.

## 1.6 LA SECRETARÍA DE IALA

IALA cuenta con una Secretaría permanente en su sede de Francia. El Secretario General actúa como representante legal de IALA y supervisa las operaciones de la Organización. El personal está organizado en tres divisiones distintas: Operaciones Técnicas, Administración y Finanzas, y la Academia Mundial. Además, varios expertos y consultores ayudan a la Secretaría en diversas áreas.

## 1.7 COMITÉS

Los Comités son establecidos por el Consejo para estudiar una serie de asuntos, según determine la Asamblea General, incluida la preparación de borradores de Recomendaciones y Guías, y borradores de propuestas a otras organizaciones internacionales. También se puede solicitar a un Comité que realice un seguimiento continuo de los temas que puedan influir en las decisiones relativas a la prestación de Ayudas a la Navegación Marítima, incluidos los Servicios de Tráfico Marítimo.

Los comités reúnen a autoridades de Ayudas a la Navegación Marítimas, expertos en la materia, fabricantes y consultores de todo el mundo. La participación en los trabajos de los comités ofrece la oportunidad de:

- Aportar conocimientos y comparar experiencias con otros miembros de IALA;
- Compartir puntos de vista dentro de la comunidad marítima internacional;
- Participar en el desarrollo de nuevos sistemas y tecnologías;

- Permitir a la comunidad marítima mundial hablar con una sola voz en los foros internacionales en un momento en que las necesidades marítimas corren el riesgo de perderse en un contexto tecnológico en rápido desarrollo; y
- Reunirse con proveedores o clientes y contribuir al diseño de los productos basados en "mejores prácticas".

Los comités se reúnen periódicamente, normalmente dos veces al año. Los programas de los comités son para un periodo de cuatro años, normalmente de una Conferencia a la siguiente. Cada comité tiene un Presidente y un Vicepresidente, y normalmente comprende varios grupos de trabajo.

Los borradores de Recomendaciones y Guías y otros documentos creados por los comités pueden abordar temas relacionados con la gestión, las operaciones, la ingeniería, las tecnologías emergentes y la formación. Se remiten al Consejo para su aprobación antes de ser publicados en la web.

Todos los miembros pueden participar en los Comités, que actualmente son:

- Comité de Gestión y Requisitos de AtoN (ARM);
- Comité de Ingeniería y Sostenibilidad de AtoN (ENG);
- Comité de e-Navegación, Servicios de Información y Comunicaciones (ENAV); y
- Comité de Servicios de Tráfico Marítimo (VTS).

Tenga en cuenta que el comité ENAV pasará a denominarse comité de Tecnología Digital (DTEC) a partir del segundo semestre de 2023.

## 1.8 PANEL ASESOR DE POLÍTICAS

El Panel Asesor de Políticas (PAP) es un grupo compuesto por el Secretario General, el Vicesecretario General, miembros de la Secretaría, los Presidentes y Vicepresidentes de cada Comité, el Presidente del Panel Asesor Legal, el Decano de la Academia Mundial, un representante del Comité de Miembros Industriales y los asesores especiales que sean necesarios. El Panel se reúne al menos una vez al año para revisar el trabajo realizado por los Comités.

La función del PAP es:

- considerar y asesorar al Consejo y a la Secretaría sobre asuntos políticos y estratégicos relativos al desarrollo y la armonización de los sistemas de ayudas a la navegación marítima, haciendo especial hincapié en la Visión Estratégica;
- coordinar el trabajo de los Comités y proporcionar un foro para que los presidentes de Comités compartan los avances, retos y actividades de los Comités, así como proporcionar una ejecución coordinada de los diversos planes de trabajo con la Secretaría; y
- llevar a cabo cualquier otro trabajo que el Consejo pueda requerir ocasionalmente.

## 1.9 PANEL ASESOR LEGAL

El Panel Asesor Legal está compuesto por miembros nacionales interesados en asuntos jurídicos, representantes de organizaciones internacionales pertinentes y expertos.

Su ámbito de competencia incluye:

- prestar apoyo jurídico al Consejo cuando se requiera;
- responder a asuntos e intereses que puedan plantearse a través de la Secretaría de IALA;
- responder a las solicitudes de asesoramiento jurídico de los comités y otros órganos de IALA;
- facilitar a IALA información sobre asuntos jurídicos derivados o que puedan derivarse, proporcionando orientación a los miembros respecto a la prestación de servicios de Ayudas a la Navegación Marítimas;
- preparar borradores de documentación/guías sobre temas de interés común;
- identificar los casos en los que pueda ser necesario un asesoramiento jurídico externo y colaborar en la preparación de solicitudes o informes para dicho asesoramiento, según proceda; y
- revisar, actualizar, asesorar e informar al Consejo sobre los Registros de Riesgos de IALA; y
- proporcionar un foro para debatir asuntos jurídicos de interés común.

## 1.10 ACADEMIA MUNDIAL IALA

La Academia Mundial de IALA es el vehículo a través del cual IALA imparte educación, formación y capacitación.

La Academia es parte integrante de IALA, aunque se financia de forma independiente. Se centra en el segundo objetivo de la Visión Estratégica, a saber, que "Todos los Estados ribereños contribuyen a una red mundial sostenible y eficiente de Ayudas a la Navegación Marítimas mediante el desarrollo de capacidades y el intercambio de conocimientos".

Las funciones de la Academia son:

- educación y formación;
- desarrollo de capacidades; e
- investigación y desarrollo.

La Academia se dedica a ayudar a los estados costeros en la mejora continua y sostenible de sus servicios de AtoN, incluido el VTS. Si bien Mientras sus actividades de educación y formación están destinadas a todos los estados costeros, las actividades de creación de capacidad están dirigidas a aquellos estados que requieren asistencia para cumplir con sus obligaciones internacionales relacionadas con las Ayudas a la Navegación Marítima.

Las actividades de investigación y desarrollo de la Academia tienen como objetivo identificar las lagunas de conocimiento en el ámbito de IALA y fomentar la investigación en estas áreas en todo el mundo. La Academia mantiene una visión general de sus actividades en un Plan Director Maestro que puede consultarse en la web de la Academia - [www.academy.iala.org](http://www.academy.iala.org).

### 1.10.1 SISTEMA DE ACREDITACIÓN DE IALA

IALA ha desarrollado una serie de cursos modelo que cubren el contenido de sus Estándares, Recomendaciones y Guías.

Los cursos modelo, que pueden encontrarse en el sitio web de la Academia, están destinados principalmente a ser adoptados por organizaciones de formación que hayan sido acreditadas por una Autoridad Competente, normalmente un miembro nacional de IALA.

Estas organizaciones se denominan Organizaciones de Formación Acreditadas (ATO), y el sistema de acreditación pretende garantizar la calidad de los cursos modelo que imparten. En la actualidad existen varias ATO en todo el mundo que imparten cursos modelo relacionados tanto con AtoN como con VTS.

Consulte las publicaciones IALA:

- Recomendación R0103(V-103) - Formación y certificación del personal VTS
- Recomendación R0141 - Formación y certificación del personal AtoN
- Recomendación R0149 - Acreditación de las organizaciones de formación
- Guía G1014 - Acreditación de organizaciones de formación VTS y autorización para impartir cursos modelo VTS
- Guía G1100 - Proceso de acreditación y aprobación para formación del personal de AtoN

## 1.11 CONFERENCIAS, SIMPOSIOS Y EXPOSICIONES

IALA celebra una Conferencia General de Ayudas a la Navegación Marítima cada cuatro años. A las conferencias pueden asistir tanto miembros como autoridades de ayuda a la navegación marítima que no lo sean. Los artículos, presentaciones y debates abordan una amplia gama de temas de ayudas a la navegación marítima. También se presenta el trabajo de IALA durante los cuatro años anteriores.

Se invita a los miembros a presentar sus artículos para debate.

El Comité de Miembros Industriales organiza tradicionalmente una Exposición Industrial paralelamente a la Conferencia.



Figura 2. Logotipo de la 20<sup>a</sup> Conferencia de la IALA

Además, IALA puede celebrar un Simposio sobre un tema específico de interés para los miembros cada cuatro años, con dos años de separación de la Conferencia de IALA. El Simposio también acoge una exposición industrial.



Figura 3. 19<sup>a</sup> Conferencia IALA 2018, Incheon Corea.

## 1.12 TALLERES Y SEMINARIOS

IALA organiza talleres y seminarios para tratar temas que puedan surgir durante el periodo de trabajo entre Conferencias.

Los talleres son reuniones especiales convocadas con el fin de aprovechar al máximo los conocimientos técnicos de los participantes para impulsar el trabajo de IALA sobre un tema o asunto específico. Los talleres también permiten adquirir conocimientos y comprender nuevas técnicas mediante conferencias detalladas combinadas con simulaciones o métodos prácticos «prácticos» similares.

Los seminarios son reuniones de expertos sobre un tema o asunto concreto, convocadas con fines de consulta mediante la presentación de propuestas seguidas de un debate en profundidad.

## 1.13 PUBLICACIONES IALA

IALA elabora un amplio conjunto de documentos de orientación cuyo objetivo es facilitar un enfoque uniforme de las ayudas a la navegación marítimas en todo el mundo.

Las publicaciones cubren varios aspectos relacionados con los ATON, incluyendo su diseño, construcción, ubicación y mantenimiento, así como el uso de señales visuales, auditivas y electrónicas para ayudar a los marinos durante la navegación. Las guías directrices también abordan el uso de nuevas tecnologías, como los sistemas de posicionamiento por satélite, para mejorar la precisión y confiabilidad de la navegación.

Las guías de IALA son ampliamente reconocidas y aplicadas por las autoridades y organizaciones marítimas de todo el mundo, y desempeñan un papel importante a la hora de garantizar la seguridad y la eficiencia del transporte marítimo. Todos los documentos pueden consultarse en el catálogo <https://www.iala-aism.org/guidance-publications/>.

Existen cinco documentos estructurados en una jerarquía lógica, como sigue.

### 1.13.1 ESTÁNDAR

Los estándares de IALA constituyen el marco cuya aplicación por parte de todos los estados ribereños armoniza las ayudas a la navegación marítima en todo el mundo. Los estándares IALA abarcan la tecnología y los servicios, y no son obligatorias.

Los estándares IALA pueden contener disposiciones normativas e informativas. Las disposiciones normativas son aquellas a las que es necesario ajustarse para demostrar el cumplimiento del estándar. Las disposiciones informativas son aquellas que especifican prácticas adicionales deseables, pero a las que no es necesario ajustarse para demostrar el cumplimiento de la norma. Existen siete estándares, que cubren los siguientes aspectos:



Figura 4. Estándares de IALA.

Consulte las publicaciones IALA:

- S1010 Planificación de ayudas a la navegación marítimas y requisitos de servicio
- S1020 Diseño y Prestación de Ayudas a la Navegación Marítimas
- S1030 Servicios de Radionavegación
- S1040 Servicios de Tráfico Marítimo
- S1050 Formación y Certificación
- S1060 Tecnologías de comunicación digital
- Servicios de información

### 1.13.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones de IALA especifican y describen las prácticas que deben llevarse a cabo para cumplir con dicha recomendación y pueden estar referenciadas, total o parcialmente, en un estándar de IALA.

Estas recomendaciones pueden consultarse están disponibles en el siguiente enlace:  
<https://www.iala-aism.org/product-category/publications/recommendations/>.

### 1.13.3 GUÍAS

Las guías de IALA describen cómo aplicar las prácticas normalmente especificadas en una recomendación. Estas guías están disponibles en el siguiente enlace: <https://www.iala-aism.org/product-category/publications/guidelines/>

### 1.13.4 MANUALES

Los manuales IALA ofrecen una perspectiva completa sobre una gama más amplia de temas, y el Diccionario IALA se considera un Manual.

### 1.13.5 CURSOS MODELO

Los cursos modelo de IALA son documentos de formación que definen el nivel de formación y conocimientos necesarios para alcanzar los niveles de competencia definidos por IALA.

### 1.13.6 CATÁLOGO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

IALA ha publicado un Catálogo de Documentos Técnicos que ofrece más mayor información sobre las publicaciones mencionadas, así como enlaces a los documentos correspondientes. Está disponible en la página web de IALA: <https://www.iala-aism.org/guidance-publications/>:

Las publicaciones de IALA se rigen por una serie de principios:

- Usabilidad - El sistema debe ser lo más intuitivo posible, es decir, que pueda leerse y entenderse fácilmente;
- Visibilidad - Las publicaciones se ajustan a la imagen corporativa de IALA, con un código de colores;
- Validez - La fecha de emisión y la fecha de modificación/edición deben ser claramente visibles para garantizar que los usuarios dispongan de la información más actualizada; y
- Disponibilidad Las publicaciones pueden descargarse gratuitamente en formato electrónico desde el sitio web de IALA.

Todas las publicaciones mencionadas (estándares, recomendaciones, guías, cursos modelo, etc.) pueden descargarse <https://www.iala-aism.org/guidance-publications/search-in-publications/>.

Otros documentos disponibles en IALA previa solicitud son:

- Los Documentos Básicos, que son la Constitución, Reglamento General, Reglamento Interno-Comités, y Constitución y Reglamento Interno del Comité de Miembros Industriales.
- Acuerdos de actas de reuniones.
- Informes de simposios, seminarios, reuniones de comités, talleres y otros eventos.
- Boletín IALA, publicación propia que aparece dos veces al año.

### 1.13.7 ORGANIZACIONES AFINES

IALA trabaja en estrecha colaboración con la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Asociación Internacional de Prácticos Marítimos (IMPA), el Comité Internacional de Radiocomunicaciones Marítimas (CIRM) y la Asociación Internacional de Autoridades Portuarias (IHMA), y mantiene acuerdos de cooperación con otras organizaciones marítimas internacionales.

## CAPÍTULO 2

# CONCEPTOS Y PRECISIÓN DE LA NAVEGACIÓN



## 2.1 MÉTODOS DE LA NAVEGACIÓN

El Diccionario de IALA define Navegación como:

- Arte o ciencia de determinar la posición o el rumbo de un buque o aeronave mediante observaciones a bordo, con lo que se evitan dificultades y peligros y se alcanza el destino deseado con la mayor rapidez y seguridad posibles.
- El proceso de planificación, control y registro del movimiento de una embarcación desde un lugar a otro.

La Resolución A.915(22) de OMI define la navegación como "el proceso de planificación, registro y control del movimiento de una embarcación de un lugar a otro". Los principales métodos de navegación marítima se describen brevemente a continuación:

### 2.1.1 NAVEGACIÓN TERRESTRE

Navegación utilizando observaciones visuales, de radar y (si procede) de sondas de profundidad para la identificación de rasgos característicos, objetos y marcas para determinar la posición.

### 2.1.2 NAVEGACIÓN CELESTIAL O ASTRONÓMICA

Navegación mediante la observación de los cuerpos celestes (es decir, el sol, la luna, los planetas y las estrellas) para determinar la posición.

### 2.1.3 NAVEGACIÓN POR ESTIMA

Navegación basada en la velocidad, el tiempo transcurrido y la dirección a partir de una posición conocida. El término se basaba originalmente en el rumbo seguido y la velocidad a través del agua, sin embargo, la expresión también puede referirse a posiciones determinadas mediante el uso del rumbo trazado y la velocidad que se espera alcanzar sobre el terreno, teniendo en cuenta elementos perturbadores como la corriente y el viento. Una posición determinada por este método suele denominarse posición estimada.

### 2.1.4 RADIONAVEGACIÓN

La radionavegación es un método para determinar la posición o la dirección de desplazamiento de un buque mediante señales de radio. Existe disponibilidad de varios tipos de sistemas de radionavegación, como eLORAN, GNSS (Sistema Mundial de Navegación por Satélite), DGNSS (Sistema Mundial de Navegación por Satélite Diferencial) y otros.

Aunque la radionavegación puede ser un medio fiable y eficaz para determinar la posición, es importante señalar que estos sistemas pueden ser vulnerables a interferencias o perturbaciones de diversas fuentes, como las erupciones solares, las condiciones atmosféricas o las interferencias intencionadas.

Por lo tanto, se recomienda que los navegantes y los prácticos no dependan únicamente de un único método para determinar su posición o rumbo, sino que utilicen varios métodos para cotejar y verificar su posición. Además, la comprobación y el mantenimiento periódico del equipamiento son cruciales para garantizar que funciona correctamente y proporciona datos precisos.

## 2.2 FASES DE LA NAVEGACIÓN

Normalmente, la navegación se divide en tres fases: Navegación oceánica, navegación costera y navegación en aguas restringidas. Algunos documentos han introducido otras fases, a saber, la navegación de aproximación a puertos, la navegación portuaria y la navegación por vías navegables interiores.

La fase de aproximación al puerto es un aspecto de la fase de aguas restringidas, pero se tratará por separado en este manual por ser de especial relevancia para los miembros de IALA.

La navegación portuaria y de vías interiores son dos aspectos de la navegación en aguas restringidas y no se tratarán por separado en este manual, ya que las precauciones y medidas requeridas para la navegación en aguas restringidas también se aplican a estas aguas.

### 2.2.1 NAVEGACIÓN OCEÁNICA

En esta fase, el buque se encuentra normalmente:

- más allá de la plataforma continental (200 metros de profundidad) y a más de 50MN (Millas Náuticas) de tierra;
- en aguas donde no es práctico la fijación de posición por referencia visual a tierra, estructuras fijas costa afuera cartografiadas, o ayudas a la navegación marítima fijas o flotantes; y
- lo suficientemente lejos de masas de tierra y áreas de tráfico en que los peligros de aguas poco profundas y de colisión sean comparativamente pequeños.

Aunque IMO ha adoptado requisitos de precisión más estrictos (véase la Tabla 1), se considera que los requisitos mínimos de navegación para la fase oceánica son una precisión previsible de 2 a 4MN, combinado con un intervalo de posicionamiento deseable de 15 minutos o menos (máximo 2 horas de intervalo de posicionamiento). La precisión requerida en la fase oceánica se basa en proporcionar al buque la capacidad de planificar correctamente la aproximación a tierra o a aguas restringidas.

Los aspectos de eficiencia económica del transporte marítimo (por ejemplo, el tiempo de tránsito y el consumo de combustible) se ven reforzados por la disponibilidad de un sistema continuo y preciso de actualización de la posición que permite a un buque seguir con precisión la ruta segura más corta.

### 2.2.2 NAVEGACIÓN COSTERA

En esta fase, el buque se encuentra normalmente:

- dentro de las 50 MN de la costa o del límite de la plataforma continental (200 metros de profundidad); y
- en aguas contiguas a grandes masas de tierra o grupos de islas, donde las rutas transoceánicas tienden a converger hacia las áreas de destino y donde existe tráfico interportuario en tramos que son esencialmente paralelos a las líneas de costa.

El buque puede encontrar:

- sistemas de notificación de buques (SRS) y servicios tráfico marítimo costeros (VTS);
- la explotación costa afuera y la actividad científica en la plataforma continental; y
- la pesca y la navegación de recreo.

Se considera que existe Fase Costera cuando la distancia a la costa hace factible la navegación mediante observaciones visuales, radar y, si procede, mediante sonda de profundidad (eco). Al igual que en la Fase Oceánica, las distancias desde tierra pueden variar para tener en cuenta las naves más pequeñas y las características geográficas locales.

Aunque IMO ha adoptado requisitos de precisión más estrictos (véase el cuadro 1), los estudios internacionales han establecido que los requisitos mínimos de navegación para...

...los buques comerciales que operan en la Fase Costera es un sistema de navegación capaz de proporcionar un posicionamiento con una precisión de 0,25NM (463m), combinado con un intervalo de posicionamiento a ser posible de 2 minutos a un máximo de 15 minutos.

Las operaciones marítimas más especializadas dentro de la Fase Costera pueden requerir sistemas de navegación capaces de una mayor precisión repetible, ya sea permanente u ocasionalmente. Estas operaciones pueden incluir la investigación científica marina, los levantamientos hidrográficos, la pesca comercial, la exploración petrolífera o minera y la búsqueda y salvamento (SAR).

Dada la dotación de la mayoría de los buques, no siempre resulta práctico trazar las posiciones con el intervalo deseado de 2 minutos en una carta de la forma tradicional. Los GNSS(GPS, DGPS, GALILEO, etc.)y también en el futuro, en algunas zonas, el Loran mejorado (eLORAN) ofrecen un medio para superar los requisitos de la fase costera de IMO en cuanto a precisión posicional y velocidad de actualización posicionamiento cuando se integran con la tecnología de los Sistemas de Cartas Electrónicas (ECS) o de los Sistemas de Información de Visualización de Cartas Electrónicas (ECDIS).

### **2.2.3 APROXIMACIÓN A PUERTO**

Esta fase representa la transición de la navegación costera a la portuaria:

- La nave se mueve desde aguas relativamente expeditas de la fase costera a otras más restringidas y más utilizadas, cerca y /o dentro de la entrada a una bahía, un río o un puerto; y;
- El navegante se enfrenta con la exigencia de una actualización de la posición más frecuente y de tener que maniobrar la nave para evitar la colisión con otros transportes y con peligro de varada.

El barco se encontrará generalmente dentro de:

- las zonas de cobertura de las Ayudas a la Navegación Marítimas de diversa complejidad (incluyendo luces/faros, Racons, luces de enfilar y luces sectoriales);
- áreas de practicaje; y
- los límites del SRS y VTS.

Los riesgos de seguridad de la navegación que surgen durante la fase de aproximación al puerto imponen requisitos más estrictos en cuanto a precisión posicional, velocidades de actualización de posicionamiento y otra información de navegación en tiempo real que los exigidos durante la fase costera.

El GNSS(GPS, DGPS, GALILEO, etc.)y también en el futuro, en algunas zonas, el Loran mejorado (eLORAN), proporciona un medio para cumplir los requisitos de aproximación a puerto en cuanto a alta precisión posicional y velocidades de actualización de posición a intervalos mejores de 10 segundos cuando se integran con la tecnología del Sistema de Cartas Electrónicas (ECS) y del Sistema de Información de Visualización de Cartas (ECDIS).

### **2.2.4 AGUAS RESTRINGIDAS**

Aunque similar a la fase de aproximación a puerto, en la proximidad de peligros y las limitaciones a la libertad de maniobra, la fase de aguas restringidas también puede desarrollarse durante una fase de navegación costera, como sucede en varios estrechos de todo el mundo.

El práctico o capitán de un gran buque en aguas restringidas, debe gobernar su movimiento con gran exactitud y precisión para evitar varar en aguas poco profundas, golpear con peligros sumergidos o colisionar con otras naves en un canal congestionado. Si una nave de gran tamaño se encuentra en una situación de navegación de emergencia, sin opciones de alterar el rumbo o detenerse, puede verse obligada a navegar hasta límites medidos con una precisión de pocos metros para evitar un accidente.

Los requisitos para la seguridad de la navegación en la fase de aguas restringidas hacen deseable que los sistemas de navegación proporcionen:

- verificación precisa de la posición de forma casi continua;
- información que describa cualquier tendencia del buque a desviarse de la derrota prevista; y
- indicación instantánea de la dirección en la que debe gobernarse el buque para mantener el rumbo previsto.
- Estos requisitos no son fácilmente alcanzables mediante el uso de ayudas visuales y sólo con el radar del buque, pero, al igual que con la navegación de aproximación a puerto, pueden lograrse con una combinación de tecnología GNSS (y, en el futuro, Loran mejorado (eLORAN)) y Sistemas de Cartas Electrónicas (ECS) o Sistema de Información de Visualización de Cartas Electrónicas (ECDIS).

## 2.3 ESTÁNDARES DE PRECISIÓN DE LA NAVEGACIÓN

La Resolución A.915(22) de IMO, hace referencia a la resolución que esboza la política marítima y los requisitos para un futuro GNSS. También invita a los gobiernos y organizaciones internacionales que prestan o tienen previsto prestar servicios para el futuro GNSS a que tengan en consideración las tablas anexas.

La tabla 1 presenta las normas pertinentes adoptadas en los apéndices 2 y 3 de la Resolución A.915(22) de IMO. El Apéndice 2 incluye el requisito de una precisión de 10 m en la navegación oceánica, mientras que la Resolución IMO A.1046 (27) señala que "Cuando se utilice un sistema de radionavegación para asistencia a la navegación de las naves en aguas oceánicas, el sistema deberá proporcionar información de posición con un error no superior a 100 m y una probabilidad del 95%."

Tabla 1. Requisitos mínimos del usuario marítimo

Aplicación	Precisión horizontal absoluta (95%)/(m)
<b>NAVEGACIÓN GENERAL:</b>	
Océano	10-100
En la costa	10
Aguas restringidas	10
Puerto	1
Vías navegables interiores	10
<b>HIDROGRAFÍA</b>	
OCEANOGRAFÍA	1-2
GESTIÓN DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN	10
<b>OPERACIONES PORTUARIAS:</b>	
VTS local	1
Gestión de contenedores/carga	1
Cumplimiento de la ley	1
Manipulación de la carga	0.1

## 2.4 ERRORES DE MEDICIÓN Y PRECISIÓN

Las buenas prácticas en el diseño de la navegación y de las ayudas a la navegación marítimas dictan que debe indicarse el error o la incertidumbre en la medición de un parámetro o en la obtención de una posición fija debe comunicarse junto con el resultado obtenido.

### 2.4.1 ERROR DE MEDICIÓN

El error de medición se define como la diferencia entre el valor real y el valor medido. En general, se reconocen tres tipos de errores:

**Errores sistemáticos:** También conocidos como errores permanentes o de tendencia. Son errores que persisten y se relacionan con la precisión inherente al equipo o resultan de un calibrado inadecuado del mismo. Este tipo de error puede ser previsto y compensarse en cierta medida.

**Errores aleatorios:** Producen lecturas que toman valores aleatorios a ambos lados de un valor medio. Pueden ser debidos al observador/operador o al equipo y se manifiestan al tomar lecturas repetidas. Este tipo de error no puede preverse ni compensarse totalmente.

**Fallas y errores:** Los errores de este tipo se clasifican en muchos documentos como "errores humanos" o "equivocaciones". Estos errores pueden reducirse con una formación adecuada y siguiendo procedimientos definidos.

### 2.4.2 PRECISIÓN

En un proceso en el que se realizan varias mediciones, el término precisión se refiere al grado de conformidad entre el parámetro medido en un momento dado y su parámetro verdadero en ese momento. El término parámetro incluye: posición, coordenadas, velocidad, tiempo, ángulo, etc.

Para efectos de navegación, pueden definirse cuatro tipos de precisión:

**Precisión absoluta (precisión geodésica o geográfica):** La precisión de una posición con respecto a las coordenadas geográficas o geodésicas de la Tierra.

**Precisión predecible:** La precisión con la que se puede definir una posición cuando se han tenido en cuenta los errores previstos. Depende, por tanto, del estado de conocimiento de las fuentes de error.

**Precisión relativa o de relación:** La precisión con la que un usuario puede determinar la posición relativa a la de otro usuario del mismo sistema de navegación al mismo tiempo.

**Precisión repetible:** La precisión con la que un usuario puede volver a una posición cuyas coordenadas se han medido en un momento anterior utilizando mediciones no correlativas mediante el mismo sistema de navegación.

Para la navegación general, las principales preocupaciones son la Precisión Absoluta y la Predecible. La Precisión Repetible es de interés para los pescadores, la industria del petróleo y el gas en alta mar, los buques que realizan viajes regulares a una zona de aguas restringidas y las autoridades a la hora de posicionar ayudas flotantes a la navegación.

**Precisión de la fijación de una posición:** Es necesario un mínimo de dos líneas de posición (LOP) para determinar una posición en el mar. Dado que hay un error asociado a cada LOP, la fijación de la posición tiene un error bidimensional.

Hay muchas formas de analizar el límite de error; sin embargo, el error de posición radial con respecto a la posición verdadera, tomado con un nivel de probabilidad del 95%, es el método preferido.

**Medidas de fijación de la posición de navegación:** La Tabla 2 muestra la precisión típica (95% de probabilidad) lograda utilizando instrumentos o técnicas de navegación comunes.

Tabla 2. Procesos y sistemas de fijación de posición

Proceso	Precisión típica (95% de probabilidad)	Precisión a 1 NM (metros)
Orientación del compás magnético sobre una luz o punto de referencia	$\pm 3^\circ$ La precisión puede deteriorarse en latitudes altas	93
Orientación con girocompás sobre una luz o punto de referencia	$0,75^\circ \times$ latitud secante (por debajo de $60^\circ$ de latitud)	< 62
Radiogoniómetro	$\pm 3^\circ$ a $\pm 10^\circ$	93-310
Orientación por radar	$\pm 1^\circ$ Suponiendo una presentación estabilizada y una embarcación razonablemente estacionaria.	32
Medición de distancia por radar	1% del alcance máximo de la escala en uso o 30 metros, el mayor de los dos valores.	
LORAN-C / CHAYKA	Según las condiciones Loran C era hiperbólico y proporcionaba 477 m en el borde de la cobertura, mejorando hacia las estaciones.	
eLoran	Precisiones Loran diferenciales de 8-10 m experimentadas en la aproximación a puerto, normalmente disponibles a 30-50 km de una estación de referencia diferencial.	
GNSS	Generalmente 3-5m para GPS	
DGNSS (Formato ITU-R M.823/1)	1-3m	
Navegación por estima (DR)	Aproximadamente 1 milla náutica por cada hora de navegación	

## 2.5 CONSIDERACIONES HIDROGRÁFICAS

### 2.5.1 CARTAS

La definición de IMO [8] de carta náutica o publicación náutica es un mapa o libro para fines especiales, o una base de datos especialmente compilada de la que se deriva dicho mapa o libro, que es emitido oficialmente por o bajo la autoridad de un Gobierno, una oficina Hidrográfica autorizada...

.....u otra institución gubernamental pertinente y se diseña para cumplir los requisitos de la navegación marítima.

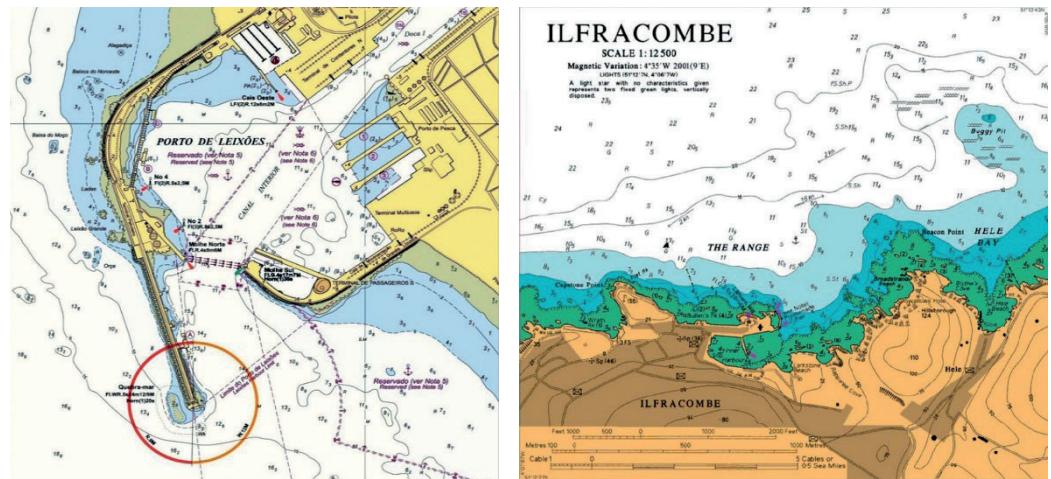


Figura 5. Ejemplos de cartas náuticas

Las cartas náuticas proporcionan una representación gráfica de una superficie plana de una sección de la superficie marítima de la Tierra elaborada para incluir peligros conocidos y Ayudas a la Navegación marítima.

La principal organización internacional en materia de cartografía es la Organización Hidrográfica Internacional (IHO). Uno de los principales objetivos de IHO es garantizar que todos los mares, océanos y aguas naveгables del mundo sean sondeados y cartografiados.

La misión de IHO es crear un entorno mundial en el que los Estados proporcionen datos, productos y servicios hidrográficos adecuados y actualizados y garanticen el más extenso uso posible. La visión de la IHO es ser el organismo hidrográfico mundial autorizado que involucre activamente a todos los Estados ribereños y con intereses para contribuir en la seguridad y eficiencia marítimas y que apoye la protección y el uso sostenible del medio marino. La IMO es el organismo responsable de determinar las normas internacionales para la calidad de los levantamientos hidrográficos y la producción de cartas.

## 2.5.2 DATUM

En su forma más simple, un datum, es un punto de partida supuesto o definido a partir del cual se realizan las mediciones.

Un ejemplo más complejo de datum es el Datum Geodésico utilizado en la representación matemática de la superficie terrestre. Mucha data diferente (plural de datum) se han desarrollado a lo largo del tiempo para definir el tamaño y la forma de la Tierra, y el origen y la orientación de los sistemas de coordenadas para aplicaciones cartográficas y de mapeo. Estos, han evolucionado desde la consideración de una Tierra esférica, pasando por los modelos geoidales y elipsoidales, hasta las proyecciones planas utilizadas para cartas y mapas.

El modelo geoidal considera que la superficie de la Tierra se define como la superficie equipotencial[9] que supondría el nivel del mar en ausencia de mareas, corrientes, variaciones de densidad de agua y efectos atmosféricos.

Otra aproximación consiste en utilizar un elipsoide, que es una superficie matemática uniforme para proporcionar una coincidencia óptima con el geoide. Los primeros modelos de elipsoide se desarrollaron para adaptarse al mapeo y cartografía de regiones locales o países. Sin embargo, no proporcionaban necesariamente una solución satisfactoria en otras partes del mundo. Algunas cartas náuticas todavía llevan una leyenda que hace referencia a un datum local, por ejemplo, Elipsoide Hayford o Internacional - Datum Potsdam, París o Lisboa.

### 2.5.3 DATUM DE LA CARTA

El datum cartográfico se define como el datum o plano de referencia con el que se relacionan todas las batimetrías y altimetrías. Es pertinente para un área determinada y es un nivel, por debajo del cual, la marea generalmente no baja. Suele definirse en términos de Marea Mínima Astronómica (y, en algunos casos, por bajamar de siccias India).

### 2.5.4 DATUM DE NIVELACIÓN O DATUM DE CONTROL VERTICAL

Son términos genéricos para referirse a las superficies de nivelación que se utilizan para determinar niveles o elevaciones. Tomando como ejemplo las cartas náuticas:

- las profundidades de agua se miden desde un Datum de la Carta hasta el fondo marino;
- las elevaciones de las masas de tierra y de estructuras artificiales están referenciadas a la Nivel medio de pleamares de siccias (donde predominan las mareas semidiurnas) o a la Altura Media de las Pleamares Máximas (donde las mareas diurnas son predominantemente); y
- La altura libre de los puentes se referencia generalmente a la Máxima pleamar astronómica.

### 2.5.5 PROBLEMAS CON EL DATUM DE LAS CARTAS

Hasta que se generalizó el uso de la navegación por satélite, las cartas náuticas se elaboraban generalmente con el datum local y nacional.

El posicionamiento GNSS, ampliamente utilizado en la actualidad, utiliza un datum centrado en la Tierra denominado Sistema Geodésico Mundial [11] 1984 (WGS-84), que se considera el mejor sistema para representar la totalidad de la superficie terrestre.

En general, WGS-84 es el sistema geodésico asociado a la información de corrección diferencial emitida por las estaciones marítimas de GNSS usando el formato de señal ITU-R M.823/1.

La Sección 200 de la Parte B de la S-4 de OHI recomienda que todos los países que emiten cartas náuticas nacionales las basen en el sistema geodésico WGS-84. Para muchos países, este sencillo objetivo representa una enorme carga de trabajo y llevará varios años conseguirlo. En consecuencia, muchas cartas náuticas seguirán haciendo referencia a data distinta de WGS-84 y pueden existir discrepancias de varios cientos de metros entre una posición GNSS y la posición cartografiada.

Durante este periodo de transición, es importante para los navegantes y otras personas que utilicen cartas:

- conocer el datum aplicable a la carta en uso;

- incluir el datum de referencia aplicable al comunicar una posición medida;
- determinar si una posición satélite puede o no trazarse directamente en una carta. En algunos casos, una carta incluirá información para ajustar una posición obtenida del satélite para alinearla con el datum de la carta; y
- Tenga en cuenta que algunos receptores GNSS permiten convertir automáticamente (y visualizar en pantalla) posiciones WGS-84 en otros sistemas de coordenadas geodésicas. El usuario debe ser consciente de los ajustes que se han aplicado al receptor.

En la Figura 7 se muestran ejemplos de los tipos de nota que aparecen en algunas cartas náuticas.

Tabla 3. Descripción de algunos niveles comunes relativos a la navegación en aguas restringidas y costeras

Descripción del nivel	Abreviatura
<b>Máxima pleamar astronómica:</b> el nivel de marea más alto que puede predecirse en condiciones meteorológicas medias y bajo cualquier combinación de condiciones astronómicas (Diccionario de la OHI, S-32, 5 <sup>a</sup> Edición, 2244).	HAT
<b>Altura media de las pleamaras máximas:</b> altura media de las pleamaras en un lugar y un período de más de 19 años. (Diccionario de la OHI, S-32, 5 <sup>a</sup> Edición, 3140).	MHHW
<b>Nivel medio de pleamaras de siccias:</b> La altura promedio de las pleamaras de mareas siccias. También llamadas pleamar de siccia (diccionario OHI S 32 5. <sup>a</sup> edición, 3.144).	MHWS
<b>Nivel medio de bajamaras de siccias:</b> La altura promedio de las bajamaras de mareas siccias. (diccionario OHI S 32 5. <sup>a</sup> edición, 3.150).	MLWS
<b>Nivel medio del mar:</b> La altura media de la superficie del mar en un estado de marea para todos los estados de marea en un período de más de 19 años, generalmente determinado por lecturas horarias de alturas, medidas desde un nivel de referencia predeterminado y fijo(CHART DATUM).(Diccionario de la OHI, S-32, 5 <sup>a</sup> Edición, 3150).	MSL
<b>Promedio de la bajamar más baja:</b> altura media de las bajamaras en un lugar durante un período de 19 años. (Diccionario de la OHI, S-32, 5 <sup>a</sup> Edición, 3145).	MLLW
<b>Bajamar de siccia india:</b> Un datum de marea aproximando el nivel del promedio de la bajamar más baja de las mareas de siccia; también se llama plano indio de mareas(diccionario OHI S 32 5. <sup>a</sup> edición, 2.427). ISLW fue definido por GH Darwin para las mareas de la India a un nivel bajo MSL y fue encontrado restando del nivel medio del mar la suma de las componentes armónicas M2, S2, K1 y O1.	ISLW
<b>Marea mínima astronómica:</b> el nivel más bajo de marea que se puede predecir que se producirá en condiciones meteorológicas medias y en cualquier combinación de condiciones astronómicas. (Diccionario de la OHI, S-32,5 <sup>a</sup> Edición, 2936).	LAT

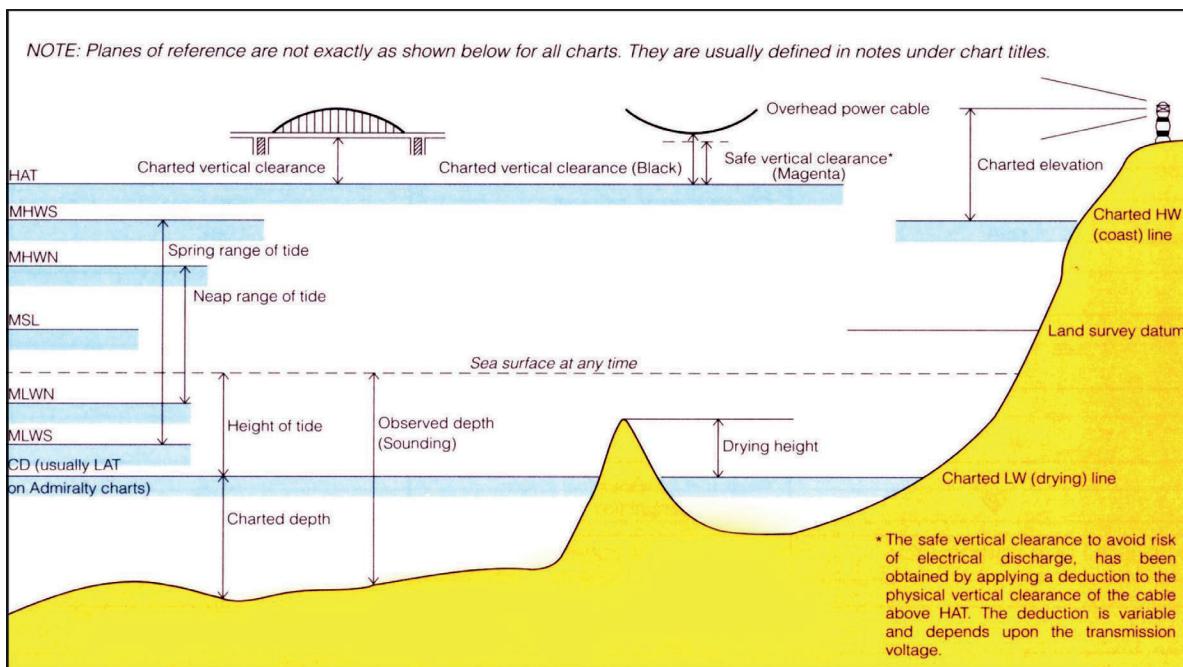


Figura 6. Datum de nivelación o control vertical (OHI)

**POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE**

Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en el datum WGS 1984 Datum, deben desplazarse 0,09 min. hacia el sur y 0,06 min. hacia el oeste para que coincidan con esta carta.

**POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE**

Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en WGS 1984 Datum, pueden ser representadas directamente en esta carta.

**POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE**

Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en WGS 1984 Datum, no pueden ser representadas directamente en esta carta. Las diferencias entre las posiciones GPS y las posiciones de esta carta no pueden determinarse; debe advertirse al navegante que esas diferencias pueden ser significativas y se advierte que deben usar fuentes alternativas de información de la posición, particularmente cuando se encuentren próximos a la costa o navegando cerca de algún peligro.

Figura 7. Ejemplos de notas GNSS en cartas

Tabla 4. Zonas de confianza (IHO)

1	2	3		4	5	
ZOC <sup>[1]</sup>	Precisión de posición <sup>[2]</sup>	Precisión de profundidad <sup>[3]</sup>		Cobertura del fondo marino	Características típicas de los levantamientos <sup>[5]</sup>	
A1	$\pm 5m + 5\% \text{ de profundidad}$	$=0.5 + 1\%d$		Realización de una búsqueda en toda el área. Detección de rasgos significativos del fondo marino <sup>[4]</sup> y medición de profundidades.	Levantamiento batimétrico controlado y sistemático <sup>[6]</sup> alta precisión de posición y profundidad mediante DGPS o un mínimo de tres líneas de posición (LOP) de alta calidad y un sistema multihaz, de canal o de barrido mecánico.	
		Profundidad (m)	Precisión (m)			
		10	$\pm 0.6$			
		30	$\pm 0.8$			
A2	$\pm 20 m$	$= 1.00 + 2\%d$		Realización de una búsqueda en toda el área. Detección de rasgos significativos del fondo marino <sup>[4]</sup> y medición de profundidades.	Levantamiento batimétrico controlado y sistemático <sup>[6]</sup> con una precisión de posición y profundidad inferior a ZOC A1 y utilizando una ecosonda de sondeo moderna <sup>[7]</sup> y un sonar o un sistema de barrido mecánico.	
		Profundidad (m)	Precisión (m)			
		10	$\pm 1.2$			
		30	$\pm 1.6$			
B	$\pm 50 m$	$= 1.00 + 2\%d$		No se ha efectuado la búsqueda en toda la zona; características desconocidas, peligros a la navegación de superficie no son previsibles, pero pueden existir.	Levantamiento batimétrico controlado y sistemático que alcanza profundidades similares, pero precisiones de posición inferiores a las de la ZOC A2, utilizando un ecosonda de prospección moderna <sup>[5]</sup> , pero sin sonar ni sistema de barrido mecánico.	
		Profundidad (m)	Precisión (m)			
		10	$\pm 1.2$			
		30	$\pm 1.6$			
C	$\pm 500 m$	$= 2.00 + 5\%d$		No se ha efectuado la búsqueda en toda la zona, pueden esperarse anomalías de profundidad.	Sondeo de baja precisión o datos recogidos de manera puntual, como sondeos de paso.	
		Profundidad (m)	Precisión (m)			
		10	$\pm 2.5$			
		30	$\pm 3.5$			
D	Peor que ZOC C		Peor que ZOC C		Datos de mala calidad o datos cuya calidad no puede evaluarse por falta de información.	
	Sin evaluar - Aún no se ha evaluado la calidad de los datos batimétricos.					

## 2.5.6 PRECISIÓN DE LAS CARTAS

A nivel nacional, es importante que las Autoridades responsables de las Ayudas a la Navegación Marítima y los servicios hidrográficos trabajen juntos para garantizar que tanto la red como la combinación de Ayudas a la Navegación Marítimas proporcionadas y las cartas disponibles sean adecuadas para que los navegantes puedan navegar con seguridad.

La indicación de la calidad de la fuente se proporciona en las cartas ENC oficiales (ZOC, zonas de confianza). La indicación de la calidad de la fuente también puede aparecer en el reverso de algunas cartas de papel nacionales.

Los navegantes siempre deben tener en cuenta esta información, ya que las cartas oficiales (tanto electrónicas como en papel) podrían basarse en mediciones antiguas de calidad deficiente o desconocida.

Los requisitos de precisión para la navegación en general pueden relacionarse con la escala de la carta necesaria para cada parte de la travesía, que a su vez vendrá determinada por las condiciones locales y el tipo de embarcación.

Las escalas de cartas con los correspondientes requisitos de precisión recomendados por la OHI y la dimensión equivalente de un punto de 0,5 mm en una carta se encuentran en la Tabla 5.

Tabla 5. Escalas de cartas, aplicaciones y consideraciones de precisión relacionadas

Escala de la carta <sup>[13]</sup>	Exigencia de precisión correspondiente	Anchura aproximada del lápiz (0,5 mm) Equivalencia (metros)	Aplicación <sup>[14]</sup>
1:10.000.000	10.000	5.000	Navegación oceánica
1:2.500.000	2.500	1.250	Navegación oceánica
1:750.000	750	375	Navegación oceánica
1:300.000	300	150	Navegación costera
1:100.000	100	50	Navegación costera
1:50.000	50	25	Aproximación
1:15.000	15	7,5	Aproximación
1:10.000	10	5	Aguas restringidas
1:5.000	5	2,5	Planes portuarios

## 2.5.7 POSICIONES CARTOGRÁFICAS DE LAS BOYAS

No se puede confiar en que las ayudas flotantes mantengan siempre su posición exacta. Por lo tanto, las boyas deben considerarse con precaución y no como marcas de navegación infalibles, especialmente cuando se encuentran en posiciones expuestas. Siempre que sea posible, un buque debe navegar por rumbos de objetos fijos o ángulos entre ellos y no por boyas.

## NOTAS PARA EL CAPÍTULO 2

[1] La asignación de una ZOC indica que determinada data cumple los criterios mínimos de precisión de posición y profundidad y de cobertura del fondo marino definidos en esta tabla.

ZOC refleja un estándar cartográfico y no sólo un estándar de levantamiento hidrográfico. Las precisiones de profundidad y posición especificadas para cada categoría de ZOC se refieren a los errores de los sondeos finales representados e incluyen no sólo errores de levantamiento sino también otros errores introducidos en el proceso de producción de la carta. [Nota: el resto de la nota 1 no se aplica a las cartas de papel y, por lo tanto, se omite en la S-4].

- [2] Exactitud de posición de los sondeos representados al 95% CI(2,45 sigma) con respecto al datum dado. Es el error acumulativo e incluye errores de levantamiento, transformación y digitalización, etc. No es necesario calcular rigurosamente la exactitud de la posición para las ZOC B, C y D, pero puede estimarse basándose en el tipo de equipo, el régimen de calibración, la exactitud histórica, etc.
- [3] Precisión de profundidad de los sondeos representados =  $a + (bxd)/100$  con un IC del 95% (2,00 sigma), donde d = profundidad en metros a la profundidad crítica. No es necesario calcular rigurosamente la precisión de la profundidad para las ZOC B, C y D, pero puede estimarse basándose en el tipo de equipo, el régimen de calibración, la precisión histórica, etc.
- [4] Se consideran rasgos significativos del fondo marino aquellos que se elevan por encima de las profundidades representadas en más de:  

Profundidad	Rasgo significativo
a. <40 m	2 m
b. >40 m	10% profundidad

Una búsqueda completa del fondo marino indica que se ha llevado a cabo un levantamiento sistemático utilizando sistemas de detección, sistemas de medición de profundidad, procedimientos y personal capacitado capaces de detectar y medir profundidades en rasgos significativos del fondo marino. Los rasgos significativos se incluyen en la carta en la medida en que la escala lo permite. Es imposible garantizar que ningún elemento significativo quede sin detectar, y es posible que aparezcan elementos significativos en la zona desde la realización del levantamiento.
- [5] Características típicas de los levantamientos - Estas descripciones deben considerarse únicamente ejemplos indicativos.
- [6] Levantamientos controlados y sistemáticos (ZOC A1, A2 y B): levantamientos que comprenden líneas de levantamiento planificadas, sobre un datum geodésico que puede transformarse a WGS 84.
- [7] Ecosonda moderna de levantamiento: equipo de medición de profundidad monohaz de alta precisión, que generalmente incluye todos los ecosondas de sondeo diseñadas después de 1970.
- [8] Regla 2 del Capítulo V del Convenio SOLAS.
- [9] Estos tienen la misma gravedad potencial en cada punto.
- [10] Debe tenerse en cuenta que las elevaciones de los accidentes terrestres en los mapas se refieren generalmente al nivel medio del mar.
- [11] El sistema geodésico mundial (WGS) es un conjunto coherente de parámetros para describir el tamaño y la forma de la tierra, las posiciones de una red de puntos con respecto al centro de masa de la Tierra, las transformaciones a partir de las principales datas geodésicas y el potencial de la Tierra. (Resolución A.860(20) de la OMV).
- [12] Ejemplos extraídos de las cartas australianas.
- [13] La escala de la carta está generalmente referenciada a una latitud particular, por ejemplo 1:3000.000 en la latitud 27° 15'S.
- [14] Esta información puede ser útil para evaluar los requisitos prácticos de precisión para la colocación de amarres de boyas.

## CAPÍTULO 3

### AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍNAs



### 3.1 INTRODUCCIÓN

Una **Ayuda a la Navegación Marítima (AtoN)** es un dispositivo, sistema o servicio, externo al buque, diseñado y operado para mejorar la seguridad y la eficiencia en la navegación de los buques individuales y/o el tráfico marítimo. Una ayuda a la navegación marítima no debe confundirse con una ayuda de navegación. Una **ayuda de navegación** es un instrumento, dispositivo, carta, etc., que se lleva a bordo de un buque con el fin de facilitar la navegación.

Este capítulo describe los principales tipos de Ayudas a la Navegación visuales y físicas que se utilizan en la actualidad y ofrece comentarios sobre la aplicación y el rendimiento de las distintas tecnologías. La IALA también considera que los Servicios de Tráfico Marítimo (Vessel Trafic Services) se ajustan a la definición de Ayuda a la Navegación. Los VTS se tratarán brevemente en un capítulo separado debido a su papel cada vez más importante en la contribución a la seguridad de la navegación. El Manual VTS proporciona información más detallada.

El concepto de navegación electrónica ha cobrado recientemente un gran impulso y se está desarrollando un marco bajo los auspicios de la OMI. La OMI ha solicitado a la IALA que desarrolle los aspectos basados en tierra del marco conceptual y la arquitectura de sistemas para la e-Navegación. Un capítulo aparte de la NAVGUIDE trata de la e-Navegación. Los sistemas de radionavegación constituyen un elemento clave de la infraestructura de navegación electrónica, por lo que también se tratan en un capítulo aparte.

El contexto de las ayudas a la navegación Marítimas se aborda inicialmente en relación con las obligaciones internacionales, especialmente el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS).

### 3.2 OBLIGACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

Los proveedores de AtoN deben adherirse a los Estándares de la OMI y la IALA, cumplir las normativas nacionales y regionales, garantizar la compatibilidad entre los sistemas de navegación globales y regionales, minimizar el impacto medioambiental, llevar a cabo un mantenimiento e inspecciones periódicas para comprobar su eficacia y fiabilidad, e informar e investigar cualquier incidente relacionado con las ayudas a la navegación con el fin de aplicar medidas correctivas.

### 3.3 CRITERIOS INTERNACIONALES

El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974 (enmendado), o SOLAS, es uno de los convenios internacionales más antiguos y tiene su origen en una conferencia celebrada en Londres en 1914 para abordar aspectos de la seguridad en el mar tras el hundimiento del transatlántico White Star Titanic en 1912. Desde entonces, ha habido otros cuatro convenios SOLAS, el último de los cuales es la versión de 1974, que entró en vigor en 1980.

El Convenio SOLAS es administrado por las Naciones Unidas a través de la Organización Marítima Internacional (OMI). El Convenio de 1974 (enmendado) se divide en doce capítulos y dentro de éstos hay una serie de reglamentos. El contenido se resume en la Tabla 6.

Tabla 6. Contenido del Convenio SOLAS

Capítulo	Contenido
Capítulo I	Disposiciones generales
Capítulo II-1	Construcción - Estructura, subdivisión y estabilidad, maquinaria e instalaciones eléctricas
Capítulo II-2	Construcción - Protección, detección y extinción de incendios
Capítulo III	Dispositivos y medios de salvamento
Capítulo IV	Radiocomunicaciones
Capítulo V	Seguridad de la navegación
Capítulo VI	Transporte de mercancías y combustibles petrolíferos
Capítulo VII	Transporte de mercancías peligrosas
Capítulo VIII	Buques nucleares
Capítulo IX	Gestión de la seguridad operacional de los buques
Capítulo X	Medidas de seguridad para las embarcaciones de alta velocidad

### 3.3.1 SOLAS CAPÍTULO V

El Capítulo V del SOLAS, y las Reglas 12 y 13 en particular, definen las obligaciones de los Gobiernos Contratantes de proporcionar servicios de tráfico marítimo y Ayudas a la Navegación e información relacionada. Estas Reglas definen las funciones principales de los Miembros Nacionales de la IALA.

En diciembre de 2000, en el 73º periodo de sesiones del Comité de Seguridad Marítima (CSM) de la OMI se aprobó un Capítulo V del Convenio SOLAS completamente revisado sobre seguridad de la navegación, que entró en vigor el 1 de julio de 2002.

En octubre de 2005, la OMI adoptó las Resoluciones A.973(24) y A.974(24) de la OMI, en las que se esboza el Plan voluntario de auditorías de los Estados miembros de la OMI, que incluye todos los aspectos del Convenio SOLAS, incluidas las reglas 12 y 13 del capítulo V.

El Capítulo V del SOLAS, Regla 13 - Establecimiento y funcionamiento de las ayudas a la navegación, establece que:

Cada Gobierno Contratante se compromete a proporcionar, según considere práctico y necesario, individualmente o en cooperación con otros Gobiernos Contratantes, las Ayudas a la Navegación que el volumen de tráfico justifique y el grado de riesgo requiera.

Con el fin de obtener la mayor uniformidad posible en las Ayudas a la Navegación, los Gobiernos Contratantes se comprometen a tener en cuenta las recomendaciones y guías internacionales (se hace referencia a las de IALA) a la hora de establecer dichas ayudas.

Los Gobiernos Contratantes se comprometen a poner a disposición de todos los interesados la información relativa a las ayudas a la navegación. Los cambios en las transmisiones de los sistemas de fijación de la posición que puedan afectar negativamente al funcionamiento de los receptores instalados en los buques se evitarán en la medida de lo posible y sólo se efectuarán después de haber notificado el oportuno y adecuado aviso.

Para cumplir las obligaciones del Reglamento 13, el Gobierno Contratante tiene que hacer evaluaciones sobre:

- si proporcionar o no determinados tipos de Ayudas a la Navegación;
- el tipo, número y ubicación de las ayudas a la navegación; y
- qué servicios de información son necesarios para informar adecuadamente a todos los interesados, principalmente a los navegantes.

### **3.4 SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO Y OTRAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN (SMB) DE IALA**

El Sistema de Balizamiento Marítimo (SBM) de la IALA representa una de las principales contribuciones de la IALA a la mejora de la seguridad de la navegación. Tan recientemente como 1976 había más de treinta sistemas de balizamiento en uso en todo el mundo aplicándose normas contradictorias. En 1980, las autoridades de faros de cincuenta países y representantes de nueve organizaciones internacionales llegaron a un acuerdo sobre las reglas de un sistema único, aunque con diferencias de color entre la Región A y la Región B. En 2010 se revisó el SBM. Entre los principales cambios introducidos figuraban la introducción de una boya de emergencia para señalización de naufragios y marcas fijas. El nombre completo del sistema revisado es, por tanto, Sistema de Balizamiento Marítimo y otras Ayudas a la Navegación de la IALA, que todavía se conoce como SBM.

El SBM da indicaciones sobre la aplicación de los sistemas AtoN utilizados en todo el mundo para todos los usuarios. El SBM se compone de marcas y dispositivos visuales fijos y flotantes. Se trata principalmente de un sistema físico; no obstante, todas las marcas pueden complementarse con medios electrónicos.

Dentro del SMB hay seis tipos de marcas, que pueden utilizarse solas o en combinación. Los navegantes pueden distinguir estas marcas por el reconocimiento de sus características. Las marcas laterales difieren entre las Regiones de Balizamiento A y B, mientras que los otros cinco tipos de marcas son comunes a ambas regiones.

#### **3.4.1 TIPO DE ATON SMB**

El SBM utiliza diferentes tipos de Ayudas a la Navegación, que pueden utilizarse en combinación. El navegante puede distinguirlas entre ellas por la identificación de sus características. El sistema incluye:

- Marcas laterales;
- Marcas cardinales;
- Marcas de peligro aislado;
- Marcas de aguas segura;
- Marcas especiales;
- Boya de emergencia de señalización de naufragios;
- Ayudas a la navegación marítima móviles; y
- Otras marcas.

Las marcas más tradicionales están bien tratadas en los documentos de la IALA. Mientras que la boya de señalización de emergencia o naufragios y las ayudas móviles a la navegación junto con otras marcas...

....también se tratan en los documentos de la IALA en esta Navguide se incluye una visión general de estos tipos de AtoN.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

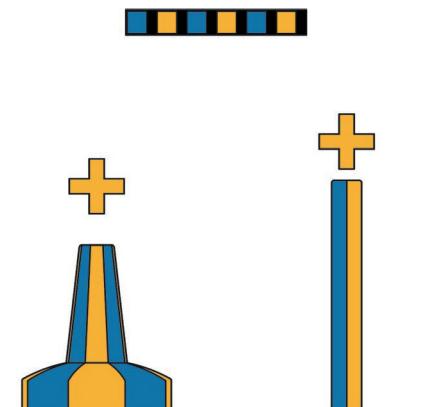
- Recomendación R1001 - Sistema de boyado marítimo de la IALA (con guías de apoyo)

### 3.4.2 BOYA DE EMERGENCIA PARA SEÑALIZACIÓN DE NAUFRAGIOS

La Boya para Señalización de Emergencia o Naufragios (EWMB Emergency Wreck Marking Buoy) está destinada a una respuesta rápida para señalizar nuevos peligros, como un naufragio. Por lo tanto, sólo debe permanecer posicionada hasta que la Autoridad Competente esté segura de que la información relativa al nuevo peligro ha sido suficientemente difundida o hasta que el peligro se haya resuelto de otro modo. Para determinar la duración de la permanencia de la EWMB, deberá efectuarse una evaluación de riesgos adecuada. Si se prevé que el nuevo peligro permanecerá, la Autoridad Competente deberá señalizarlo con un sistema de señalización convencional.

LA EWMB debe estar equipada y tener un tamaño que facilite su detección en todas las condiciones del mar.

Cuando se decida utilizar la EWMB, deberá desplegarse sin demoras innecesarias. Esto puede lograrse mediante el uso de EWMB almacenadas a bordo de un buque listas para su despliegue. Debe considerarse que una boya más pequeña, en algunos casos, puede desplegarse más rápidamente. En caso necesario, podrá sustituirse después por una boya más grande.



Boya de emergencia para señalización de naufragios (EWMB).

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R1015 - Señalización de naufragios peligrosos
- Guía G1046 - Plan de respuesta para la señalización de naufragios nuevos

La IALA también cuenta con una recomendación consolidada y una guía para la señalización de las necesidades específicas para la navegación en determinadas zonas en relación con diferentes tipos de estructuras artificiales, incluidas instalaciones de acuicultura, de producción de recursos y generación de energía en alta mar.

### 3.4.3 AtoN MÓVIL

Una MAtoN se define como una AtoN no está fija o fondeada; no incluye una boyas que normalmente esté fija o fondeada que esté a la deriva de su punto de fondeo, temporalmente o no. Una MAtoN puede estar equipada con un Sistema de Identificación Automática (AIS) transmitiendo el mensaje 21.

Nota: MAtoN no debe utilizarse para marcar buques sin tripulación; las luces mostradas por estos buques deben cumplir con COLREGS, u otras regulaciones de la Autoridad Competente.

Los usos típicos en los que se puede utilizar MAtoN son, entre otros, las siguientes aplicaciones en movimiento/deriva:

- Sistema de Adquisición de Datos Oceánicos (ODAS)(por ejemplo, para recopilar datos sobre corrientes y meteorología);
- Restos (por ejemplo, contenedores, escombros);
- Equipos de control de la calidad del agua y la contaminación;
- Zonas de guardia y convoyes dinámicos;
- Operaciones submarinas;
- Mejora de la seguridad de la navegación durante las operaciones militares (por ejemplo, zonas de prohibición de navegación durante el rastreo de minas, zonas de ejercicios de tiro);
- Aplicaciones remolcadas y desplegadas (por ejemplo, tendido de cables);
- Aplicaciones de búsqueda y salvamento; y
- Eventos especiales (por ejemplo, competiciones de natación).

#### 3.4.3.1. TIPOS DE MAtoN

Las MAtoN pueden desplegarse física o virtualmente. Las Autoridades Competentes deben determinar el tipo de MAtoN más adecuado para cada situación, en función del equipo disponible y de la evaluación del riesgo.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R1016 - Ayudas móviles a la navegación marítima (MAtoN)
- Guía G1154 - Uso de ayudas móviles a la navegación

## 3.5 PLANIFICACIÓN DE ATON

La Norma S1010 de IALA se aplica a los Requisitos de Planificación y Servicio de AtoN. Esta Norma hace referencia a disposiciones normativas e informativas, detalladas en las Recomendaciones de la IALA enumeradas, que cubren el siguiente ámbito.

- Obligaciones y normativa
- Planificación de ayudas a la navegación marítima
- Marcado virtual
- Niveles de servicio
- Gestión de riesgos
- Gestión de la calidad

A la hora de planificar AtoN, es esencial realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos para la navegación, teniendo en cuenta factores como la geografía local, las rutas de navegación y la densidad del tráfico.

Los proveedores de AtoN deben consultar y colaborar con las partes interesadas, entre ellas, las autoridades marítimas y las comunidades locales, para garantizar la ubicación y los tipos de ayudas a la navegación óptimos. Estos factores forman parte de la Ordenación del Espacio Marino (OEM), cuyo principal objetivo es lograr un enfoque equilibrado de la seguridad de la navegación, la protección del medio ambiente, los efectos económicos y la comunicación (gestión de la información).

Además, los gestores de AtoN deben tener en cuenta la compatibilidad de sus sistemas con los sistemas de navegación mundiales y regionales, y garantizar el cumplimiento de las directrices y normativas nacionales e internacionales, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental y manteniendo la fiabilidad del sistema.

En el capítulo 5 de esta publicación se ofrece una visión general de la planificación de las AtoN de la organización en el contexto de la operativa estratégica organizacional global

#### Publicaciones de la IALA relacionadas:

- Recomendación R1001 - Sistema de balizamiento marítimo de la IALA
- Recomendación R1010 - Participación de las autoridades marítimas en la ordenación del espacio marino (OEM)
- Guía G1078 - Utilización de AtoN en el diseño de vías de navegación
- Guía G1033 - provisión de AtoN para diferentes clases de buques, incluidas las embarcaciones de alta velocidad
- Guía G1079 - Establecimiento y realización de consultas de usuarios por las autoridades de la AtoN
- Guía G1121- Seguridad de la navegación dentro de la ordenación del espacio marino

## 3.6 REQUISITOS OPERATIVOS

El objetivo principal de las Ayudas a la Navegación Marítima es mitigar los riesgos de tránsito y promover el movimiento seguro, económico y eficiente de los buques, ayudando a los navegantes a determinar su posición, un rumbo seguro y advirtiéndoles de peligros y obstrucciones, especialmente cuando se utilizan junto con otras ayudas dentro del alcance visual, auditivo o de radar del navegante.

## 3.7 TEORÍA DEL DISEÑO DE AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN

La Norma 1020 de la IALA se aplica al Diseño y Suministro de AtoN. Esta Norma hace referencia a disposiciones normativas e informativas, detalladas en las Recomendaciones de la IALA enumeradas, que cubren el siguiente ámbito.

- Señalización visual
- Alcance y prestaciones
- Diseño, implementación y mantenimiento
- Sistemas de energía
- Ayudas a la navegación flotantes
- Medio ambiente, sostenibilidad y patrimonio

Las marcas visuales para la navegación pueden ser objetos naturales o artificiales. Incluyendo estructuras diseñadas específicamente como Ayudas a la Navegación de corto alcance, así como objetos llamativos.....

....tales como cabos, cimas de montañas, rocas, árboles, torres de iglesias, minaretes, monumentos, chimeneas, etc. Las ayudas a la navegación de corto alcance pueden equiparse con una luz si se requiere para la navegación nocturna, o dejarse sin luz si es suficiente para navegación diurna.

La navegación nocturna es posible, hasta cierto punto, si las ayudas no iluminadas disponen de:

- Un reflector de radar, si el buque que navega tiene radar;
- Material retrorreflectante, y la embarcación dispone de un foco de búsqueda. En general, este enfoque sólo sería aceptable para las embarcaciones pequeñas operando en vías navegables seguras y con la ventaja del conocimiento local.

Las ayudas visuales a la navegación son instalaciones construidas específicamente para comunicar información a un observador capacitado a bordo de un buque con el fin de ayudarle en la tarea de navegar.

El proceso de comunicación se conoce como señalización marítima.

Ejemplos comunes de ayudas visuales a la navegación son los faros, balizas, enfilaciones, boyas (iluminadas o no), buques faro, las señales diurnas y las señales de tráfico.

La eficacia de una ayuda visual a la navegación viene determinada por factores como:

- Tipo y características de la ayuda proporcionada;
- Ubicación de la ayuda en relación con las rutas típicas seguidas por los buques;
- Distancia (alcance) de la ayuda con respecto al observador;
- Condiciones atmosféricas;
- Contraste en relación con las condiciones de fondo (conspicuidad); y
- La fiabilidad y disponibilidad de la ayuda.

Las ayudas visuales a la navegación pueden distinguirse por una amplia gama de características, como:

- Tipo, forma, tamaño, color, nombres, distintivos retrorreflectantes, letras y números;
- Luminosas/ciegas, ritmo de la señal, intensidad de la luz, sectores, inclusión de ayudas complementarias;
- Estructura fija, plataforma flotante, materiales de construcción; y
- Ubicación, elevación, relación con otras ayudas a la navegación y características observables.

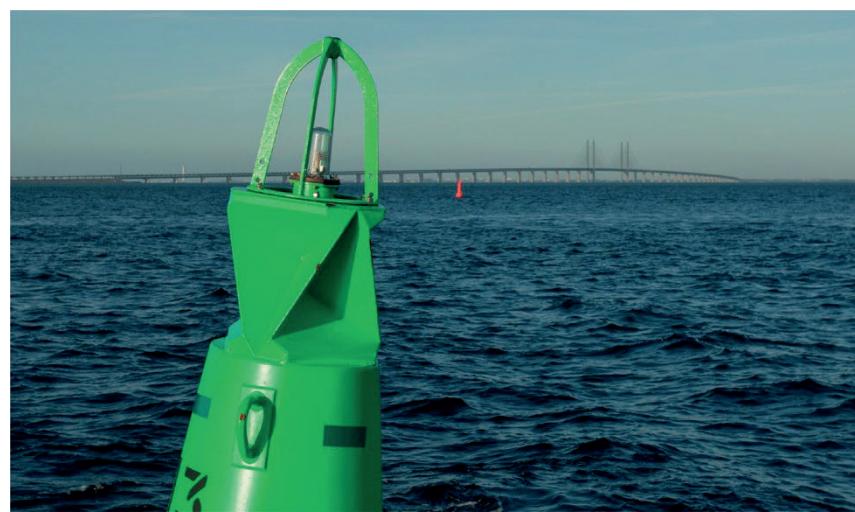


Figura 8. AtoN flotante (Foto - Cortesía de la Autoridad Marítima Danesa)

### 3.7.1 PERCEPCIÓN VISUAL

Cuando un navegante se acerca a una AtoN visual, por ejemplo, una boyas, lo primero que reconocerá será la forma o el color de la boyas, dependiendo de las condiciones de visión.

Posteriormente, el navegante reconocerá la marca de tope y, por último, sus números o letras. Así pues, el proceso de identificación de una AtoN visual pasa por tres etapas distintas de percepción:

**Detección** - El observador es consciente de la existencia de un objeto. El navegante ve un objeto, pero normalmente no podrá deducir su forma o color y no sabrá que se trata de un AtoN.

**Reconocimiento** - El observador es consciente de que el objeto es un AtoN.

**Identificación** - El observador es consciente de que AtoN es el objeto. A esta distancia, el navegante puede discernir perfectamente que tipo de marca es.

Estas tres etapas diferentes de la percepción suelen denominarse DRI.

La percepción visual requiere comprender una serie de factores que afectan a la capacidad de un observador para ver un AtoN. Estos factores se resumen a continuación.

### 3.7.2 COLORES DE LAS SEÑALES

IALA ha hecho recomendaciones sobre los colores de las luces de las ayudas a la navegación y de los colores de la superficie de las de las ayudas visuales a la navegación.

Las luces de señalización marítima de ayuda a la navegación utilizan un sistema de cinco colores que comprende blanco, rojo, verde, amarillo y azul, tal como se define en la Recomendación R0201(E200-1) Luces de señalización marítima - Colores. Las regiones de color definidas en la recomendación de la IALA se derivan de las que figuran en la Norma S 004/E 2001 Colores de las luces de señales de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), con pequeñas variaciones en algunos de los límites. Encontrará más información en la página web de la CIE: [www.cie.co.at/cie](http://www.cie.co.at/cie).

Los colores recomendados para la superficie de las señales visuales de las ayudas a la navegación son los siguientes:

- Los colores ordinarios deben limitarse al blanco, negro, rojo, verde, amarillo o azul.
- Los colores fluorescentes naranja y rojo y, el amarillo, verde o naranja pueden utilizarse para fines especiales que requieran una gran visibilidad.
- Los colores azules de superficie pueden utilizarse en vías naveables interiores, estuarios y puertos donde el color puede verse a corta distancia.

**Publicaciones de la IALA relacionadas:**

- Recomendación R0106 - Uso de material retrorreflectante en las marcas de ayuda a la navegación del sistema de balizamiento marítimo de la IALA
- Recomendación R0108 - Colores de superficie utilizados como señales visuales en las ayudas a la navegación marítima
- Guía G1015 - Pintado de boyas de ayuda a la navegación
- Guía G1134 - Colores de superficie utilizados como señales visuales en AtoN
- Guía G1145 - Aplicación de material retrorreflectante en AtoN
- Guía G1006 - Boyas de plástico

La norma CIE sobre la medición de los colores (colorimetría) se basa en tres colores de referencia (es decir, un sistema triestímulo) que, en combinación variable, pueden generar el espectro visual de colores. La función de un color determinado se describe mediante los símbolos X, Y y Z, que representan las proporciones de los colores de referencia.

Utilizando relaciones de los valores triestímulos, tales que:  $X + Y + Z = 1$ , los colores pueden definirse en términos de cromaticidad utilizando únicamente los valores  $x = X / (X+Y+Z)$  e  $y = Y / (X+Y+Z)$ . La ventaja de esta disposición es que los colores pueden representarse en un diagrama de cromaticidad bidimensional.

Las normas de color CIE para la señalización marítima pueden representarse como áreas en el diagrama de cromaticidad. Estas zonas están definidas por límites expresados como funciones de x e y (ecuaciones).

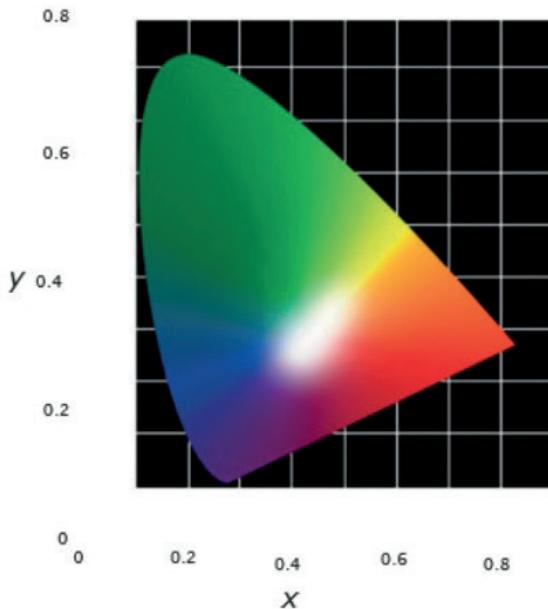


Figura 9. Ilustración de las zonas de color en el diagrama de cromaticidad CIE de 1931.

Nótese que el color representado es meramente indicativo y no debe considerarse totalmente exacto.

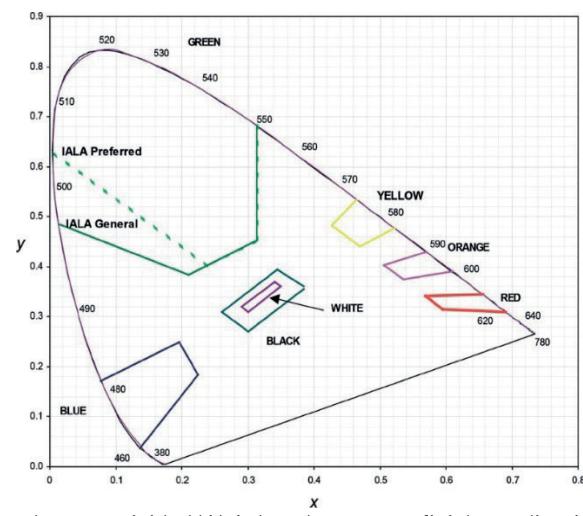


Figura 10. Zonas de cromaticidad IALA de colores superficiales ordinarios - Tal como se representan en el diagrama de cromaticidad CIE de 1983 - cortesía de CIE

Si se conocen las coordenadas cromáticas de una luz de color, un material filtro o un producto de pintura, se puede determinar fácilmente si vale para aplicaciones de señalización marítima.

Encontrará más información sobre los colores de superficie en la Recomendación R0108(E-108) de la IALA sobre los colores de superficie usados en Ayudas visuales a la Navegación. La información sobre los colores de las señales luminosas figura en la Recomendación R0201(E-200-1) de la IALA sobre los colores de las luces de las ayudas a la navegación. Para más detalles sobre este tema, consulte CIE S 004/E- 2001 Colores de las señales luminosas.

### 3.7.3 VISIBILIDAD METEOROLÓGICA

La visibilidad meteorológica (V) se define como la mayor distancia a la que un objeto negro de dimensiones adecuadas puede verse y reconocerse de día contra el cielo del horizonte o, en el caso de observaciones nocturnas, podría verse si la iluminación general se elevara al nivel diurno normal. Suele expresarse en kilómetros o Millas Náuticas.



Figura 11. Fotografía cortesía de la Autoridad Australiana de Seguridad Marítima

### 3.7.4 TRANSMISIVIDAD ATMOSFÉRICA

La transmisividad atmosférica (T) se define como la transmitancia, o proporción de luz procedente de una fuente, que permanece tras atravesar una distancia determinada a través de la atmósfera a nivel del mar. Se expresa como un cociente. Pero como la atmósfera no es uniforme en las distancias de observación de la mayoría de las ayudas visuales, se utiliza un valor representativo:

- Normalmente, la transmisividad atmosférica se toma como  $T = 0,74$  en una milla náutica, lo que significa que el 74% de la luz sigue estando disponible (el 26% de la luz se " pierde") por cada Milla Náutica debido a la transmisividad atmosférica;
- A veces se utiliza el valor  $T= 0,86$  en regiones en las que la atmósfera es muy Clara.

Varios países recopilan datos sobre la transmisividad atmosférica de distintas partes de su litoral. Esto permite determinar el alcance luminoso de las luces:

- calculado con mayor precisión; y
- mejor adaptadas a las condiciones locales y a las necesidades de los usuarios.

### 3.7.4.1. REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA

Este fenómeno es el resultado del normal decrecimiento de la densidad atmosférica desde la superficie terrestre hasta la estratosfera. Esto hace que los rayos de luz que se dirigen oblicuamente a través de la atmósfera se refracten (o se curven) hacia la Tierra de acuerdo con la Ley de Snell.

### 3.7.4.2. CONTRASTE

La capacidad de detectar diferencias de luminancia entre un objeto y un fondo uniforme es un requisito visual básico y se utiliza para definir el término contraste. Se representa mediante la ecuación:

$$C = \frac{(L_o - L_B)}{L_B}$$

Donde: C = Contraste

$L_B$  = Luminancia de fondo(cd/m<sup>2</sup>)

$L_o$  = Luminancia del objeto(cd/m<sup>2</sup>)

El contraste al que un objeto puede ser detectado contra un fondo dado durante el 50% del tiempo, se denomina contraste umbral. En las observaciones meteorológicas, debe utilizarse un umbral más elevado para garantizar el reconocimiento del objeto.

Se ha adoptado un valor de contraste de 0,05 como base para la medición del alcance óptico meteorológico.

### 3.7.4.3. USO DE PRISMÁTICOS

Aunque generalmente se supone que las observaciones se realizan a simple vista, los navegantes suelen utilizar prismáticos. Esto puede permitir:

- Que una luz o sus características se observen, a un alcance luminoso mayor que a simple vista;
- una mejora limitada de la sensibilidad de las luces de enfilación;
- alrededor de un 30% de mejora en la detección de diferencias desde una demora dada; y
- la identificación de una luz que funciona bajo condiciones de luz de fondo.

En general, se considera que los prismáticos más adecuados para su uso en el mar son los de un poder de aumento de 7 y un diámetro de la lente de 50 mm para noche, y prismáticos de 10 x 50 para el día.

## 3.7.5 ALCANCE GEOGRÁFICO

Es la distancia máxima a la que puede verse un objeto o una fuente luminosa en condiciones de visibilidad perfecta, limitada únicamente por la curvatura de la Tierra, la refracción de la atmósfera, la elevación del observador y la del objeto o la luz.

A medida que el observador se aleja del objeto o de la fuente luminosa, llega un momento en que el objeto o la fuente luminosa quedan ocultos por la Tierra. Esto se ilustra en la Tabla 7.

Tabla 7. Tabla de Alcance Geográfico en Millas Náuticas

Altura del ojo del observador(m)	Alcance geográfico (NM)						
	0	1	2	3	4	5	6
1	2.0	4.1	4.9	5.5	6.1	6.6	7.0
2	2.9	4.9	5.7	6.4	6.9	7.4	7.8
5	4.5	6.6	7.4	8.1	8.6	9.1	9.5
10	6.4	8.5	9.3	9.9	10.5	11.0	11.4
20	9.1	11.1	12.0	12.6	13.1	13.6	14.1
30	11.1	13.2	14.0	14.6	15.2	15.7	16.1

Los valores de la tabla 7 se derivan de la fórmula:

$$R_g = 2,03 \times \sqrt{h_o} + \sqrt{H_m}$$

Dónde:  $R_g$  = alcance geográfico (millas náuticas)  
 $h_o$  = elevación del ojo del observador (metros)  
 $H_m$  = elevación de la marca (metros)

El factor 2,03 tiene en cuenta la refracción en la atmósfera. Las variaciones climáticas en el mundo pueden hacer que se recomiendan factores diferentes. El intervalo típico de este factor es de 2,03 a 2,12.

### 3.7.6 MARCAS DIURNAS

Una marca diurna es una estructura con forma y color definidos cuya finalidad es ayudar a la navegación marítima durante el día.

Hay una serie de factores que influyen en la idoneidad y eficacia de una estructura como marca diurna, y que se examinan a continuación.

#### 3.7.6.1. VISIBILIDAD DE UNA MARCA

La visibilidad de una marca se ve afectada por uno o varios de los siguientes factores:

- distancia de observación (alcance);
- curvatura de la Tierra;
- refracción atmosférica;
- transmisividad atmosférica (visibilidad meteorológica);
- altura de la ayuda sobre el nivel del mar;
- percepción visual del observador;
- altura del ojo del observador;
- condiciones de observación (día o noche);
- la visibilidad de la marca (forma, tamaño, color, reflectancia y propiedades del material retrorreflectante);

- contraste (tipo de fondo como luces, vegetación, nieve, etc.);
- la marca está iluminada o no; y
- intensidad y característica.

**Publicaciones de la IALA relacionadas:**

- Recomendación R0106 - Utilización de material retrorreflectante en las marcas de ayuda a la navegación del sistema de balizamiento marítimo de la IALA
- Recomendación R0108 - Colores de superficie utilizados como señales visuales en las ayudas a la navegación marítima
- Guía G1094 - Marcas diurnas para ayudas a la navegación
- Guía G1073 - Visibilidad nocturna de las luces AtoN

### 3.7.6.2. ALCANCE DE UNA MARCA VISUAL

El alcance de una ayuda a la navegación puede definirse a grandes rasgos como la distancia a la que el receptor del observador puede detectar reconocer la señal. En el caso de las marcas visuales, los receptores del observador son sus ojos. Esta definición amplia del alcance da lugar a una serie de definiciones más específicas que se describen más adelante en este capítulo.

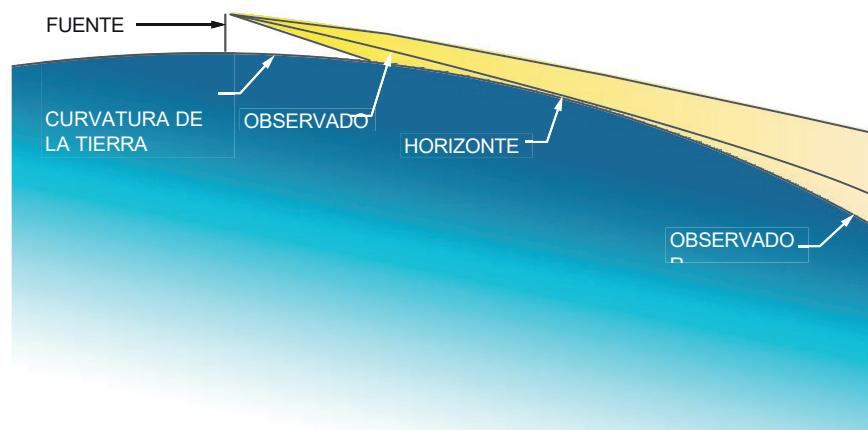


Figura 12. Efecto de la superación del ámbito geográfico

### 3.7.6.3. TAMAÑO DE UNA MARCA DIURNA

El tamaño de un tablero diurno debe determinarse en función de la distancia de visión útil máxima y de las condiciones de visibilidad mínima. Las marcas diurnas utilizadas en las enfilaciones suelen ser rectangulares con el lado largo vertical. Las proporciones del rectángulo suelen ser de 2:1(alto = 2 x ancho).

En la Tabla 8 se muestra el alcance operativo típico de las marcas diurnas bajo diferentes condiciones de visibilidad.

Tabla 8. Alcance operativo típico de las marcas diurnas

Visibilidad mínima (millas náuticas)	Alcance operativo de las marcas diurnas (millas náuticas)				
	Altura de la marca diurna (metros) Proporciones h=2 x Ancho				
	1.8	2.4	3.7	4.9	7.3
1	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1
2	0.6	0.9	1.2	1.4	1.5
3	0.6	1.1	1.5	1.9	2.1
4	0.7	1.3	1.8	2.3	2.7
5	0.8	1.5	2.1	2.7	3.3
6	0.8	1.6	2.3	2.9	3.6
7	0.9	1.7	2.4	3.3	4.0
8	0.9	1.7	2.6	3.5	4.2
9	0.9	1.9	2.8	3.8	4.5
10	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

## 3.8 LUCES DE SEÑALES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS

### 3.8.1 FOTOMETRÍA DE LAS LUCES DE SEÑALES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS

"La ciencia de la observación de la luz visible se denomina fotometría y proporciona las bases para la creación de normas para las luces de señalización de Ayudas a la Navegación Marítima. Generalmente, la radiación electromagnética se describe por su longitud de onda en metros y su potencia en vatios."

Sin embargo, el estudio de la fotometría y el uso de luces para su aplicación en señales ha hecho necesario el desarrollo en paralelo de un conjunto de unidades para explicar los aspectos fisiológicos de cómo el ojo humano evalúa una fuente de luz, según se muestra en la Tabla 9.

La sensibilidad espectral del ojo humano (o la respuesta del ojo a la luz de diferentes colores) se ha evaluado en pruebas realizadas con un gran número de personas. Los resultados se han presentado como una distribución estándar de sensibilidad espectral o curva  $V(\lambda)$  fotóptica (para observadores diurnos) y  $V'(\lambda)$  escotóptica (para observadores nocturnos). La visión fotóptica es la visión del ojo en condiciones de buena iluminación, normalmente la intensidad habitual de la luz diurna. La visión escotóptica es la visión del ojo en condiciones de poca luz o nocturnas. Los conos del ojo no funcionan tan bien como los bastones en condiciones de poca luz, por lo que la visión escotóptica se produce a través de los bastones, que son más sensibles a las longitudes de onda de la luz en las bandas de color azul-verde del espectro electromagnético. Por lo tanto, la sensibilidad del ojo se desplaza hacia los colores azul-verde por la noche.

Tabla 9. Guía sobre la repercusión de la iluminación de fondo y las condiciones meteorológicas en la intensidad luminosa necesaria para conseguir un alcance determinado.

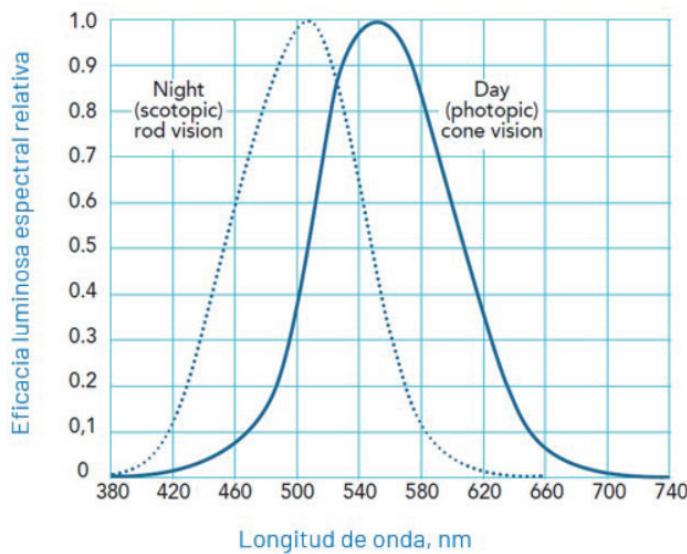


Figura 13. Distribución de la sensibilidad espectral o curvas  $V(\lambda)$  y  $V'(\lambda)$  para el observador humano

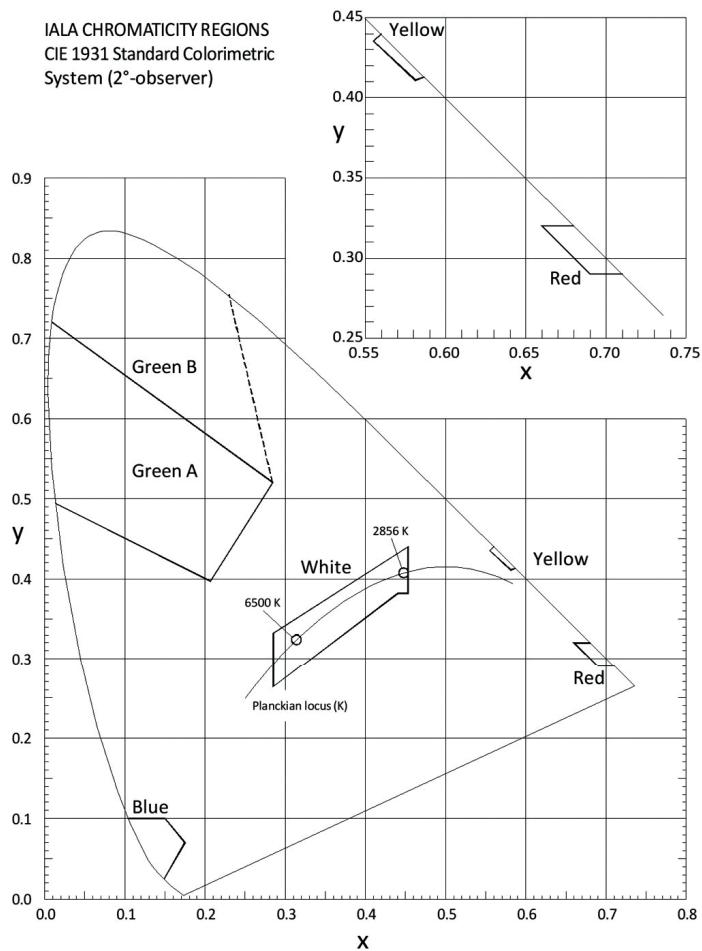


Figura 14. Regiones cromáticas recomendadas por IALA para las luces de colores

### 3.8.2 MEDICIÓN COLORIMÉTRICA DE LAS LUCES (MEDICIÓN DEL COLOR)

La medición del color de las luces se describe en la Publicación CIE nº 15.2 (1986) Colorimetría. Existen dos tipos principales de instrumentos para medir el color de una luz: uno es un colorímetro; el otro es un **espectrorradiómetro**.

Los **colorímetros** suelen constar de tres fotorreceptores, cada uno con un filtro de color. Cada filtro se ajusta a la respuesta de uno de los tres receptores oculares, rojo, verde y azul, y estos dispositivos se denominan colorímetros "triestímulo". El colorímetro da tres salidas, una para cada receptor filtrado, y éstas corresponden a las funciones X, Y y Z del observador humano.

Los **espectrorradiómetros** constan de un monocromador y un fotorreceptor. El monocromador divide la luz en longitudes de onda individuales (de forma parecida a como un prisma forma un arco iris) y suele girar por pasos pasando por una rendija de salida. El fotorreceptor, situado detrás de la rendija de salida, mide las distintas secciones del espectro a medida que gira el monocromador. El resultado es una serie de lecturas que permiten visualizar un gráfico de la potencia en función de la longitud de onda. Los resultados pueden ponderarse con las funciones X, Y y Z del observador humano para obtener información sobre el color.

Los **monocromadores** de pasos del tipo descrito anteriormente funcionan con bastante lentitud y no son adecuados para medir luces intermitentes. En cambio, los **colorímetros triestímulo** permiten medir el color mucho más rápidamente. Actualmente existen nuevos tipos de spectrorradiómetros, conocidos como **espectrorradiómetros "basados en matrices"**. En lugar de un único fotorreceptor y un monocromador giratorio, un monocromador fijo dirige su salida a una matriz de dispositivos de carga acoplada (CCD). Estos dispositivos son capaces de realizar mediciones mucho más rápidas que los monocromadores de pasos.

Los últimos avances en la medición del color se han producido gracias a la tecnología de las cámaras digitales. Los llamados "**fotómetros de imagen**" son poco más que cámaras digitales calibradas, algunas de ellas con filtrado triestímulo. Son capaces de medir rápidamente toda una escena, lo que los hace útiles para el trabajo fuera del laboratorio.

En resumen:

- Los colorímetros triestímulo son rápidos, pero los modelos más baratos sufren errores al medir fuentes de luz de banda estrecha, como los LED;
- Los monocromadores de pasos son caros y lentos, pero muy precisos;
- Los spectrorradiómetros basados en matrices son rápidos y relativamente baratos, pero pueden presentar errores por luz parásita.
- Los fotómetros de imagen son caros y no muy precisos, pero pueden registrar toda una escena y no sólo una luz.

Los datos resultantes de las mediciones del color suelen mostrarse en una carta de cromaticidad, desarrollada por la CIE en 1931. Los tres valores X, Y, Z se reducen a dos valores x, y, como se muestra en la figura 15.

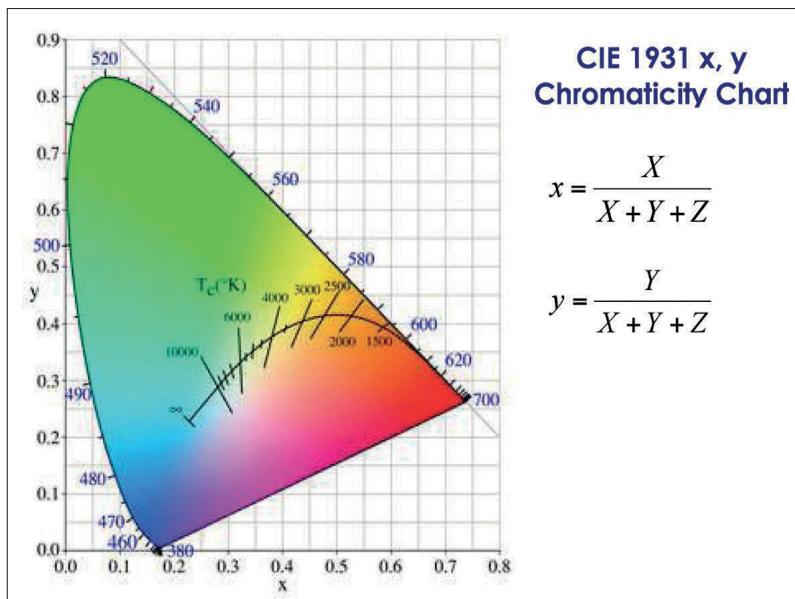


Figura 15. Gráfica de cromaticidad CIE 1931 x, y

### 3.8.3 UNIDADES DE MEDIDA FOTOMÉTRICAS

Tabla 10. Unidades de medida fotométricas

Término	Descripción	Unidad	Abreviatura
Flujo luminoso	Es la luz total emitida por la fuente (p.e. una lámpara) El pico de sensibilidad del ojo humano se produce a unos 555 nanómetros, longitud de onda que corresponde al verde. A esta longitud de onda, el equivalente fotométrico de un vatio se define como 683 lúmenes.	Lúmenes	lm
Intensidad luminosa	Es la parte del flujo luminoso en una dirección determinada. También se expresa como flujo luminoso por ángulo sólido (o estereoradián).	Candela	cd
Luminancia (Brillo)	Es la parte del flujo luminoso emitido en una dirección determinada por la unidad de superficie de un cuerpo luminoso. La luminancia es un término importante para cuantificar la sensación de brillo de las fuentes de luz y los objetos iluminados. La luminancia es el parámetro que provoca la respuesta en el ojo.	Candelas por metro cuadrado y también Candelas por centímetro cuadrado	cd/m <sup>2</sup> cd/cm <sup>2</sup>
Iluminancia	Es la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. Es el cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta está iluminada uniformemente.	Lux (lúmenes/metro cuadrado)	lx
Eficacia luminosa	Es la relación entre la potencia luminosa y la potencia radiométrica de una fuente luminosa. También puede aplicarse a la eficacia con la que la energía eléctrica se convierte en radiación visible.	Lúmenes por vatio de potencia eléctrica consumida	
Temperatura de color	Está relacionado con la temperatura de un cuerpo negro. A medida que un cuerpo se calienta, pasa por una serie de colores diferentes, desde el rojo, pasando por el amarillo y el blanco, hasta el blanco azulado. El color aparente de una lámpara de filamento de tungsteno es similar al de un cuerpo negro a la misma temperatura.	Kelvin	°K
Índice de reproducción cromática	Caracteriza la calidad de reproducción cromática de la luz de una lámpara. Es igual para todas las lámparas incandescentes por definición, es igual al valor máximo de 100.		CRI

### 3.8.4 UMBRAL DE ILUMINANCIA

En términos físicos, el umbral de iluminancia es el nivel más bajo de iluminancia de una fuente puntual de luz, frente a un nivel de luminancia de fondo dado, que provoca una respuesta visual en el ojo. Para las aplicaciones de señalización visual, se considera que el umbral de iluminancia ( $E$ ) necesario en el ojo del observador es de 0,2 microlux. En el caso de las luces de enfilación de alcance limitado y con un alto nivel de iluminación de fondo, las cifras anteriores pueden resultar demasiado bajas. Se recomienda que para observar fácilmente la posición relativa de las luces y obtener la máxima precisión posible de las luces de enfilación y de sectores, por lo general es necesario tener una iluminancia mínima de 1 microlux en el ojo del observador.

Esta condición debe cumplirse en los límites exteriores del segmento útil para la visibilidad meteorológica mínima bajo la cual se utilizarán las luces de enfilación. La Recomendación R0200 de la IALA (R0201, R0202, R0203, R0204 y R0205) y las guías asociadas proporcionan el método de diseño de las luces de AtoN para su uso con luz diurna. Para las luces en ayudas flotantes, se debe tener cuidado de proporcionar una divergencia vertical adecuada para que la iluminancia mínima en el observador se mantenga mientras la ayuda flotante se balancea y cabecea.

#### 3.8.4.1. INTENSIDAD LUMINOSA

La intensidad luminosa de una luz de navegación es directamente proporcional a la luminancia de la fuente luminosa. La luminancia de una fuente luminosa depende de su tamaño y del flujo luminoso en la dirección de observación. La divergencia vertical y horizontal también es directamente proporcional al tamaño de la fuente luminosa.

Candela (cd) es la unidad de medida utilizada para cuantificar la intensidad luminosa de una luz.

#### 3.8.4.2. LEY DEL CUADRADO INVERSO

La luz emitida por una fuente irradia en todas direcciones. Para una fuente puntual, el frente de onda de la luz puede imaginarse como una serie de superficies esféricas. Como en la figura 16, cuanto más se aleja la luz de la fuente, mayor es la superficie de la esfera y, por tanto, menor la iluminancia. Como la iluminancia se mide en lúmenes por metro cuadrado y la superficie de una esfera aumenta proporcionalmente al cuadrado del radio, la iluminancia disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia a la fuente. La disminución de la iluminancia con la distancia se describe como la ley del inverso del cuadrado.

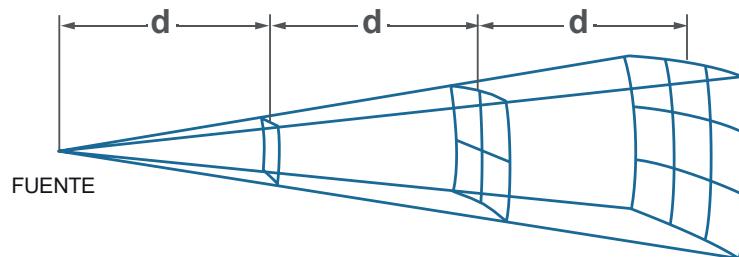


Figura 16. Ilustración del concepto de ley del cuadrado inverso

### 3.8.4.3. LEY DE ALLARD

La iluminancia de una fuente luminosa que llega al ojo de un observador determinará si la luz puede verse. La relación entre la iluminancia producida en el ojo del observador, la intensidad luminosa de la fuente de luz, la distancia al observador y la transmisividad atmosférica se conoce como Ley de Allard:

La ley de Allard sólo se aplica cuando la luminancia del fondo es pequeña en comparación con la iluminancia media de la luz.

$$E(d) = \frac{I}{(3.43 \times 10^6)} \frac{T_M^d}{d^2}$$

Dónde:

$E(d)$  es la iluminancia en el ojo del observador en  $\text{lm/m}^2[\text{l}\text{x}]$

$I$  es la intensidad luminosa de la luz [ $\text{cd}$ ].

$T_M$  es la transmisividad para una Milla Náutica de la atmósfera

$d$  es valor numérico de la distancia en Millas Náuticas

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R0201 - Luces de señalización marítima - colores
- Recomendación R0202 - Luces de señalización marítima - Cálculo, definición y notación del alcance luminoso
- Recomendación R0203 - Luces de señalización marítima - medición
- Recomendación R0204 - Luces de señalización marítima - determinación y cálculo de la intensidad efectiva
- Recomendación R0205 - Luces de señalización marítima - estimación del rendimiento de los aparatos ópticos
- Guía G1148 - Determinación de la intensidad luminosa requerida para las luces de señalización marítima
- Guía G1065 - Divergencia vertical de la luz de señalización AtoN
- Guía G1135 - Determinación y cálculo de la intensidad efectiva

### 3.8.5 RITMOS Y CARACTERÍSTICAS

La IALA ha elaborado una recomendación sobre las características de las luces de las Ayudas a la Navegación. La tabla completa de clasificaciones y especificaciones de los ritmos de ayuda a la navegación se proporciona en la Tabla 12, mientras que los períodos máximos para las características de las luces se muestran en la Tabla 11.

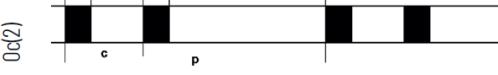
Consulte las publicaciones de la IALA:

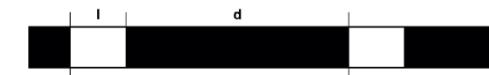
- Recomendación R0110 - Caracteres rítmicos de las luces en AtoN
- Guía G1116 - Selección de caracteres rítmicos y sincronización de luces para AtoN

Tabla 11. Características de los Ritmos de las Luces del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA: Periodos Máximos para las características de las luces

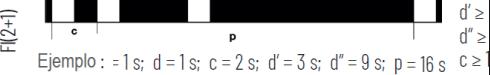
Clase de ritmo	Periodo máximo
Luz isofase	12 s
Luz de ocultaciones aisladas	15 s
Luz de destellos aislados	
Luz de grupo de centelleos rápidos	
Luz de grupo de 2 ocultaciones	20 s
Luz de destellos largos	
Luz de grupo de 2 destellos	
Luz de grupo de centelleos	
Luz de grupo de 3 o más ocultaciones	30 s
Luz de grupo de 3 o más destellos	
Luz de grupo compuesto de destellos	
Luz de código Morse	

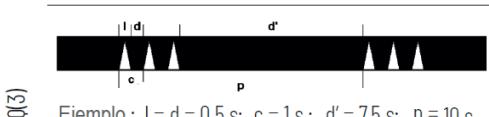
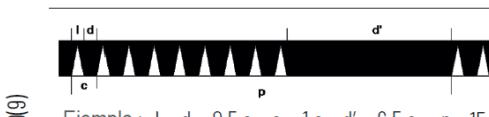
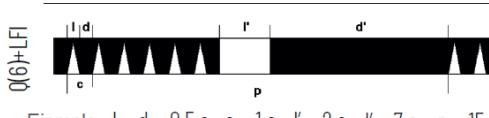
Tabla 12. Característica rítmica de las luces

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto en el Sistema Balizamiento Marítimo IALA
1	Luz fija	F	Una luz que se muestra de forma continua y uniforme.	Una única luz fija debe utilizarse con cuidado porque puede no ser reconocida como una luz de Ayuda a la Navegación. -	No se utilizará una única luz fija.
2	Luz de ocultaciones		Luz en la que la duración total de la luz en un periodo es mayor que la duración total de la oscuridad y los intervalos de oscuridad tienen habitualmente la misma duración.	Luz en la que la duración total de la luz en un periodo es claramente superior a la duración total de la oscuridad y todos los intervalos de oscuridad (ocultaciones) tienen la misma duración.	
2.1	Luz de ocultaciones aisladas	Oc	Luz en la que las ocultaciones se repiten regularmente	<p>La duración de la fase de luz no debe ser inferior a tres veces la duración de la ocultación. El periodo no debe ser inferior a 2 s</p>  <p>Ejemplo : d = 1 s; l = 3 s; p = 4 s</p>	Una única luz blanca ocultaciones aisladas indica una marca de aguas navegables.
2.2	Luz de grupo de ocultaciones	Oc(#) Por ej. Oc(2)	Luz en la que el grupo de un número dado de ocultaciones se repiten regularmente	<p>En general, el número de ocultaciones en un grupo no será mayor de cuatro, y sólo excepcionalmente será de cinco. La duración de una fase de luz dentro de un grupo no debe ser inferior a la duración de una ocultación. La duración de una fase de luz entre los grupos no debe ser inferior a tres veces la duración de una fase de luz dentro de un grupo.</p> <p>En un grupo de dos ocultaciones, la duración de una ocultación junto con la duración de la fase de luz dentro de un grupo no debe ser inferior a 1 s.</p> <p>En un grupo de tres o más ocultaciones, la duración de una ocultación junto con la duración de una fase de luz dentro del grupo no debe ser inferior a 2</p>  <p>Ejemplo : d = 1 s; l = 2 s; c = 3 s; l' = 6 s; p = 10 s</p>	Una luz Amarilla de grupo de ocultaciones indica una marca especial

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto en el Sistema Balizamiento Marítimo IALA
2.3	Luz de grupo compuesto de ocultaciones	Oc(#+#) por ej. Oc(2+1)	Una luz parecida a una luz de grupo de ocultaciones, salvo que los sucesivos grupos en un periodo tienen un número distinto de ocultaciones	No se recomienda esta clase de luz, porque es difícil de reconocer.  Ejemplo : $d=1\text{ s}$ ; $l=1\text{ s}$ ; $c=2\text{ s}$ ; $l'=3\text{ s}$ ; $l''=9\text{ s}$ ; $p=16\text{ s}$	
3	LUZ ISOFASE	Iso	Luz en la que la duración de las fases luz y oscuridad son claramente iguales.	El periodo no será nunca inferior a 2 s, pero preferiblemente no debe ser inferior a 4 s para reducir el riesgo de confusión con las luces de ocultaciones y de destellos de un periodo similar  Ejemplo : $l=d=2\text{ s}$ ; $p=4\text{ s}$	Una luz isofase Blanca indica una marca de aguas navegables.
4	Luz de destellos		Luz en la que la duración total de luz en un periodo es inferior a la duración total de oscuridad y los destellos son de igual duración.	Una luz en la que la duración total de luz en un periodo es claramente inferior a la duración total de oscuridad y todos los destellos son de igual duración.	
4.1	Luz de destellos aislados	Fl	Luz de destellos en la que se repite un destello de forma regular (a una velocidad inferior a 50 destellos por minuto).	La duración de la fase de oscuridad entre dos destellos sucesivos no debe ser inferior a tres veces la duración de un destello. El periodo no debe ser inferior a 2 s (o, en aquellos países en que se utiliza una cadencia rápida de 50 destellos por minuto, no menor que 2,5 s).  Ejemplo : $l=1\text{ s}$ ; $d=3\text{ s}$ ; $p=4\text{ s}$	Una luz Amarilla de destellos únicos indica una marca especial.
4.2	Luz de destellos largos	LFI	Luz de destellos aislados en la cual la duración de la fase de luz es mayor o igual a 2 s (destello largo) 1	 Ejemplo : $l=2\text{ s}$ ; $d=8\text{ s}$ ; $p=10\text{ s}$	Una luz Blanca de destellos largos con un periodo de 10 s indica una marca de aguas seguras

1 El término "destellos largos", que se emplea en las descripciones de la luz de destellos largos y de los caracteres de luz reservados para las marcas cardinales sur, significa la aparición de luz no inferior a 2 segundos de duración. El término "destellos cortos" no se suele utilizar y no figura en la clasificación. Si una Autoridad necesita diferenciar entre dos luces de destellos que sólo difieren por tener destellos de distinta duración, entonces el destello más largo debe describirse como "destello largo" y ser de duración no inferior a 2 segundos. Por su parte, el destello más corto puede describirse como "destello corto" y no debe ser de más de un tercio de la duración del destello más largo.

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto del Sistema de Balizamiento Marítimo IALA
4.3	Luz de grupo de destellos	F(#{}) por ej. F(2)	Luz en la que un grupo de un número determinado de destellos se repite regularmente	<p>Las ocultaciones entre los destellos de un grupo son de igual duración, y dicha duración es claramente inferior a la fase de oscuridad entre los grupos sucesivos.</p> <p>En general, el número de destellos en un grupo no será mayor de cinco, y sólo excepcionalmente será de seis.</p> <p>La duración de una ocultación dentro de un grupo no debe ser inferior a la duración de un destello.</p> <p>La duración de la fase de oscuridad entre los grupos no debe ser inferior a tres veces la duración de una ocultación dentro de un grupo.</p> <p>En un grupo de dos destellos, la duración de un destello junto con la duración de la ocultación dentro del grupo no debe ser inferior a 1 s.</p> <p>En un grupo de tres o más destellos, la duración de un destello junto con la duración de una ocultación no debe ser inferior a 2 s (o, en aquellos países en que se utiliza una cadencia rápida de 50 destellos por minuto, no menor que 2,5 s).</p>  <p>Ejemplo : l = 1s; d = 2s; c = 3s; d' = 6s; p = 10s</p>	<p>Una luz Blanca de grupo de dos destellos, con periodo de 5 s o 10 s, indica una marca de peligro aislado.</p> <p>Una luz Amarilla de grupo de cuatro, cinco o (excepcionalmente) seis destellos indica una marca especial.</p>
4.4	Luz de grupo compuesto de destellos	F(#{+#}) por ej. F(2 + 1)	Luz similar a la de grupo de destellos, salvo que los sucesivos grupos en un período tienen un número distinto de destellos	<p>En general, los caracteres de luz se deben restringir a (2 + 1) destellos, y sólo excepcionalmente será de (3 + 1) destellos.</p>  <p>Ejemplo : l = 1s; d = 1s; c = 2s; d' = 3s; d'' = 9s; p = 16s</p>	<p>Una luz Roja o Verde con un grupo de (2 + 1) destellos indica una marca lateral modificada (de canal preferente).</p> <p>Una luz Amarilla de grupo compuesto de destellos indica una marca especial.</p>
5	LUZ CENTELLEANTE		Luz en la que los destellos se repiten a una velocidad no inferior a 50 destellos por minuto, e inferior a 80 destellos por minuto.	Una luz en la que fases de luz idénticas se repiten con una cadencia de 60 destellos por minuto.	
5.1	Luz centelleante continua	0	Luz centelleante en la que el destello se repite de forma regular.	 <p>Ejemplo : l = d = 0.5s; p = 1s</p>	Una luz Blanca centelleante continua indica una marca cardinal norte.

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto del Sistema de Balizamiento Marítimo IALA
5.2	Luz de grupo de centelleos	Q(#) ej, Q(3) ej, Q(9) ej, Q(6) + LFI	Luz centelleante en la que un grupo específico de destellos se repite de forma regular.	<p>El número de centelleos en un grupo debe ser tres o nueve. Para indicar una marca cardinal sur, se reserva un carácter de luz excepcional en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA.</p>  <p>Q(3)</p> <p>Ejemplo : <math>l = d = 0.5 \text{ s}</math>; <math>c = 1 \text{ s}</math>; <math>d' = 7.5 \text{ s}</math>; <math>p = 10 \text{ s}</math></p>  <p>Q(9)</p> <p>Ejemplo : <math>l = d = 0.5 \text{ s}</math>; <math>c = 1 \text{ s}</math>; <math>d' = 6.5 \text{ s}</math>; <math>p = 15 \text{ s}</math></p>  <p>Q(6)+LFI</p> <p>Ejemplo : <math>l = d = 0.5 \text{ s}</math>; <math>c = 1 \text{ s}</math>; <math>l' = 2 \text{ s}</math>; <math>d' = 7 \text{ s}</math>; <math>p = 15 \text{ s}</math></p>	<p>Una luz blanca rápida con un grupo de tres centelleos, en un periodo de 10 s, indica una marca cardinal este.</p> <p>-----</p> <p>Una luz blanca rápida con un grupo de nueve centelleos, en un periodo de 15 s, indica una marca cardinal oeste.</p> <p>-----</p> <p>Un grupo de luz blanca rápida con un grupo de seis centelleos seguidos de un destello largo de duración no inferior a 2 s, en un periodo de 15 s, indica una marca cardinal sur.</p>
6	LUZ CENTELLANTE RÁPIDA		Luz en la que los destellos se repiten a una velocidad no inferior a 80 destellos por minuto, pero inferior a 160 destellos por minuto.	Una luz en la que las fases de luz idénticas se repiten con una cadencia de 120 destellos por minuto.	
6.1	Luz centelleante rápida continua	VQ	Luz centelleante rápida en la que se repite un destello de forma regular.	 <p>Ejemplo : <math>l = d = 0.25 \text{ s}</math>; <math>p = 0.5 \text{ s}</math></p>	Una luz Blanca centelleante rápida continua indica una marca de cardinal norte.

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto del Sistema de Balizamiento Marítimo IALA
6.2	Luz de grupo de centelleos rápidos	VQ(#) Por ejemplo VQ(3) Por ejemplo VQ(9) Por ejemplo VQ(6) +LFI	Luz centelleante rápida en la que un grupo específico de destellos se repite de forma regular.	<p>El número de centelleos en un grupo debe ser tres o nueve. Para indicar una marca cardinal sur, se reserva un carácter de luz excepcional en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA.</p> <p><b>VQ(3)</b></p> <p>Ejemplo : <math>  = d = 0.25 \text{ s}</math>; <math>c = 0.5 \text{ s}</math>; <math>d' = 3.75 \text{ s}</math>; <math>p = 5 \text{ s}</math></p> <p><b>VQ(9)</b></p> <p>Ejemplo : <math>  = d = 0.25 \text{ s}</math>; <math>c = 0.5 \text{ s}</math>; <math>d' = 5.75 \text{ s}</math>; <math>p = 10 \text{ s}</math></p> <p><b>VQ(6)+LFI</b></p> <p>Ejemplo : <math>  = d = 0.25 \text{ s}</math>; <math>c = 0.5 \text{ s}</math>; <math> ' = 2 \text{ s}</math>; <math>d' = 5 \text{ s}</math>; <math>p = 10 \text{ s}</math></p>	<p>Una luz blanca con un grupo de tres centelleos rápidos, en un periodo de 5 s, indica una marca cardinal este. -----</p> <p>Una luz blanca con un grupo de nueve centelleos rápidos, en un periodo de 10 s, indica una marca cardinal oeste. -----</p> <p>Una Luz blanca con un grupo de seis centelleos rápidos seguidos de un destello largo de duración no inferior a 2 s, en un período de 10 s, indica una marca cardinal sur.</p>
7	LUZ CENTELLEANTE ULTRA RÁPIDA		Luz en la que los destellos se repiten a una velocidad no inferior a 160 destellos por minuto y a no más de 300 destellos por minuto.	Una luz en la que las fases de luz idénticas se repiten con una cadencia de 240 destellos por minuto.	
7.1	Luz centelleante ultra rápida y continua	UQ	Luz centelleante ultra rápida en la que se repite un destello de forma regular.		

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto del Sistema de Balizamiento Marítimo IALA
8	LUZ DE CÓDIGO MORSE	Mo(#) Por ejemplo Mo(A)	Una luz en la que las apariencias de luz de dos duraciones claramente diferentes se agrupan para representar uno o varios caracteres del código Morse.	<p>En general, los caracteres de luz se deben restringir a una sola letra del Código Morse, y sólo excepcionalmente serán de dos letras. La duración de un "punto" será de aproximadamente 0,5 s, y la duración de una "raya" no será inferior a tres veces la duración de un "punto".</p>  <p>Mo(A) Ejemplo: l = 0.5 s; d = 0.5 s; l' = 1.5 s; d' = 4.5 s; p = 7 s</p> <p style="text-align: right;"><math>l = 0.5 \text{ s}</math>  <math>l' \geq 3l</math>  <math>d \geq l</math></p>	<p>Una luz Blanca de señales Morse con un carácter "A" indica una marca de aguas navegables.</p> <p>Una luz Amarilla de señales Morse, pero que no muestre ninguno de los caracteres "A" o "U", indica una marca especial.</p>
9	LUZ FIJA VARIADA POR DESTELLOS	F+ abreviatura del carácter correspondiente, por ejemplo, FFI, Flso	Luz en la que una fase de luz fija de baja intensidad se combina con una fase de destellos de una mayor intensidad luminosa, que cumple con los ritmos establecidos en esta tabla	A continuación, se muestra la implantación de un carácter rítmico FFI. Se podrán implantar otras combinaciones, según proceda	

	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación IALA	Uso concreto del Sistema Balizamiento Marítimo IALA
10	LUZ ALTER NANTE	AI### Por ejemplo, AIWR	Una luz que muestra alternativamente diferentes colores.	<p>Esta clase de carácter luminoso debe utilizarse con cuidado, y hay que procurar que los distintos colores sean de igual visibilidad para un observador.</p> <p><b>AIWR</b></p> <p>Ejemplo : <math>l = d = 2 \text{ s}</math>; <math>p = 4 \text{ s}</math></p>	
11	LUZ ALTER NANTE DE OCULTACIONES	OcAI	Una luz que muestra alternativamente diferentes colores y en la que duración total de la fase de luz en un período es mayor que la duración total de las fases de oscuridad y estos intervalos de oscuridad (eclipses) son de igual duración.	<p>Esta clase de luz es específica para su utilización en la señalización de emergencia de naufragios, y se harán los esfuerzos necesarios para garantizar que los diferentes colores sean de igual visibilidad para un observador..</p> <p><b>OcAI BY</b></p> <p>Ejemplo : <math>l = 1 \text{ s}</math>; <math>d = 0.5 \text{ s}</math>; <math>p = 3 \text{ s}</math></p>	Una luz alternante de ocultaciones Azul y Amarilla indica una marca de boyas de emergencia de señalización de naufragios
12	Luz parpa deante	Fkr	Un carácter que contiene destellos con grupos de centelleos ultrarrápidos . El grupo de centelleos ultrarrápidos debe tener una frecuencia de 5 Hz y un ciclo de trabajo del 50 %.	<p>Esta clase de luz es particular para su uso en una AtoN Movil, y tiene un carácter distintivo que incorpora destellos y grupos de centelleos ultrarrápidos. Los tres primeros destellos consisten en grupo de 5 centelleos ultrarrápidos con una frecuencia de 5 Hz. A esto le siguen dos destellos.</p> <p><b>Fkr(3)+F(2)Y</b></p> <p>Ejemplo : <math>l = 1 \text{ s}</math>; <math>d1 = 0.7 \text{ s}</math>; <math>d2 = 0.5 \text{ s}</math>; <math>d3 = 3 \text{ s}</math>; <math>p = 10.4 \text{ s}</math></p>	Este carácter se utiliza únicamente para la aplicación Mobile AtoN. El color de la luz es siempre amarillo.

Tabla 13. Características de los Ritmos de las Luces del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA

Marca	Característica del ritmo de la luz	Observaciones y recomendaciones adicionales
LATERAL	Cualquier ritmo, pero sólo se asignará el grupo compuesto de destellos con grupo de (2+1) destellos a marcas laterales modificadas que indican los canales preferentes.	Sólo se utilizan los colores rojo y verde.
Lateral modificada (canal preferente)	Luz de grupo compuesto de destellos con un grupo de (2+1) destellos, y periodo no superior a 16s.	La duración de la ocultación tras el destello único no debe ser inferior al triple de la duración de la ocultación tras el grupo de dos destellos.
CARDINAL		Sólo se utiliza el color Blanco.
Cardenal Norte	(a) Luz centelleante rápida continua. (b) Luz centelleante continua.	

Cardinal Este	(a) Luz de grupo de centelleos rápidos con un grupo de tres destellos, en un periodo de 5 s.  (b) Luz de grupo de centelleos con un grupo de tres destellos, en un periodo de 10 s.	
Cardinal Sur	(a) Luz de grupo de centelleos rápidos con un grupo de seis destellos seguidos por un destello largo con una duración no inferior a 2s, en un periodo de 10 s.  (b) Luz de grupo de centelleos con un grupo de seis destellos seguidos por un destello largo con una duración no inferior a 2s, en un periodo de 15 s	<p>La duración de la ocultación antes del destello largo debe ser de igual duración que las ocultaciones entre los centelleos rápidos.</p> <p>La duración del destello largo no debe ser superior a la duración de la fase de oscuridad inmediatamente posterior al destello largo.</p> <p>La duración de la fase de oscuridad inmediatamente anterior al destello largo debe ser igual a la duración de la ocultación entre destellos, a la velocidad centelleante</p> <p>La duración del destello largo no debe ser superior a la duración de la fase de oscuridad inmediatamente posterior al destello largo.</p>
Cardenal Oeste	(a) Luz de grupo de nueve centelleos, rápidos en un periodo de 10s.  (b) Luz de grupo de nueve centelleos, en un periodo de 15s.	
PELIGRO AISLADO	(a) Luz de grupo de destellos con un grupo de dos destellos, en un periodo de 5s.  (b) Luz de grupo de destellos con un grupo de dos destellos, en un periodo de 10s.	<p>Sólo se utiliza el color Blanco. La duración de un destello junto con la duración de la ocultación dentro del grupo no debe ser inferior a 1s ni superior a 1,5 s.</p> <p>La duración de un destello junto con la duración de la ocultación dentro del grupo no debe ser inferior a 2 s ni superior a 3 s.</p>
AGUAS NAVEGABLES	<b>8</b> Luz intermitente larga con un periodo de 10s.  <b>9</b> Luz isofase. (c)Luz ocultaciones aisladas.(d)Luz de código Morse con la letra "A".	Sólo se utiliza el color Blanco.
ESPECIAL	(a)Luz de grupo de ocultaciones.(b)Luz de destellos aislados, pero no destellos largos con un período de 10s. (c) Luz de grupo destellos con un grupo de cuatro, cinco o (excepcionalmente) seis destellos.(d)Luz de grupo de destellos compuestos. (e)Luz de código Morse, pero que no tenga ninguno de las letras "A" o "I".	Sólo se utiliza el color Amarillo. Una luz intermitente de grupo con un grupo de cinco destellos a un ritmo de 30 destellos por minuto, en un periodo de 20s, se asigna a las boyas de los Sistemas de Adquisición de Datos Oceánicos (ODAS).

No se utilizará una única luz fija en una marca dentro del ámbito de aplicación del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA, ya que podría reconocerse como una luz de ayuda a la navegación.

A las estructuras en alta mar se les asigna una luz blanca en código Morse con la letra "U".

### 3.8.5.1. TEMPORIZACIÓN DE EVENTOS ASTRONÓMICOS

Se hace hincapié en la operación nocturna de las Ayudas a la Navegación luminosas, pero el papel diurno es a menudo igual de importante. A continuación, se indican los eventos astronómicos que definen las transiciones del día a la noche.

Tabla 14. Calendario de eventos astronómicos

Evento	Condición	Iluminación Lux	Comentario
Atardecer/Amanecer	El borde superior del disco solar coincide con el horizonte.	600	
Crepúsculo civil (Salida / puesta de sol)	El centro del sol se encuentra en un ángulo de depresión de seis (6) grados por debajo del horizonte.	6	Se ven objetos grandes, pero no se distinguen los detalles. Las estrellas y los planetas más brillantes son visibles y el horizonte marino está claramente definido.
Crepúsculo náutico (Salida / finpuesta de sol)	El centro del sol está en un ángulo de depresión de doce (12) grados por debajo del horizonte.	0.06	Esta oscuro a para actividades normales y el horizonte del mar no suele ser visible.
Crepúsculo astronómico (Salida / finpuesta de sol)	El centro del sol está en un ángulo de depresión de dieciocho (18) grados por debajo del horizonte.	0.0006	La iluminación es menor que la de la luz de las estrellas y otras fuentes de luz natural en el cielo.

### 3.8.5.2. NIVELES DE LUZ DE ENCENDIDO/APAGADO

En el caso de las Ayudas a la Navegación luminosas que sólo operan de noche, el nivel de luz ambiente al que se enciende (o apaga) una AtoN luminosa debe elegirse de forma que la luz AtoN se encienda (o apague) mientras el nivel de luz ambiente sea todavía lo suficientemente alto como para permitir una navegación segura, sin que se encienda en condiciones de cielo nublado cuando la luz de la AtoN no sea necesaria para una navegación segura.

Publicaciones de IALA relacionadas:

- Guía G1038 - Métodos y niveles de luz ambiental para la activación de luces AtoN

### 3.8.6 ALCANCE NOMINAL E INTENSIDAD LUMINOSA

La tabla 15 es un extracto de la recomendación de la IALA para la notación de la intensidad luminosa y el alcance de las luces y proporciona una conversión entre alcance nominal e intensidad luminosa.

Tabla 15. Tabla de conversión IALA para intensidad luminosa y alcance nominal para observaciones nocturnas

Alcance nominal (millas náuticas)	Intensidad luminosa (candela)	Alcance nominal (millas náuticas)	Intensidad luminosa (candela)
1	1-2	14	7,140-11,100
2	3-9	15	11,200-17,100
3	10-23	16	17,200-26,100
4	24-53	17	26,200-39,700
5	54-107	18	39,800-59,900
6	108-203	19	60,000-89,800
7	204-364	20	89,900-133,000
8	365-632	21	134,000-198,000
9	633-1060	22	199,000-293,000
10	1,070-1,750	23	294,000-432,000
11	1,760-2,840	24	433,000-634,000
12	2,850-4,500	25	635,000-962,000
13	4,540-7,130	26	927,000-1,135,000

Esta tabla supone una transmisividad atmosférica de  $T=0,74$  y un umbral de iluminación de 0,2 microlux.

### 3.8.6.1. ILUMINACIÓN DE FONDO

El alcance nominal nocturno se calcula sin tener en cuenta el deslumbramiento provocado por la iluminación de fondo. Una iluminación de fondo excesiva, procedente de farolas, letreros de neón, etc., suele restar eficacia a una luz de ayuda a la navegación y, en algunos casos, se pierde por completo en el resplandor general del fondo. Una luz de este tipo puede hacerse más visible aumentando su intensidad, cambiando su color o variando su ritmo.

### 3.8.6.2. DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento puede ser causado por luces brillantes emitidas desde la costa, como los faros de los coches o la iluminación de seguridad, o por otra embarcación que utilice indiscretamente una luz de búsqueda. Una luz de ayuda a la navegación también puede causar deslumbramiento si es demasiado brillante para distancias de visión cortas, especialmente cuando el plano focal de la luz y el ojo del observador están a la misma altura. Esta situación puede darse con las dos señales de una enfilación. Para las luces de ayuda a la navegación, se acepta generalmente que la iluminancia en el ojo del navegante procedente de la luz:

- no debe superar los 0,1 lux; y
- debe reducirse a 0,01 lux si el fondo es muy oscuro.

Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0112 - Enfilaciones (incluye programa Excel)
- Guía G1023 - Diseño de enfilaciones
- Guía G1073 - Conspicuidad de las luces AtoN de noche

En situaciones en las que el deslumbramiento es un problema, una o más de las siguientes alteraciones pueden conducir a un resultado satisfactorio:

- Elevar el plano focal de la luz para que el marino utilice el halo de la luz o una parte menos intensa de la distribución vertical de la luz;
- Reducir la intensidad de la fuente de luz;
- Reduciendo el tamaño de la óptica;
- Enmascarando la óptica con, por ejemplo, chapa perforada;
- Apantallamiento de los arcos de luz innecesarios; y
- Utilizando dos o más luces de menor intensidad en lugar de una luz de intensidad tan alta.

Sea cual sea el método utilizado, será necesario medir o calcular la intensidad y la distribución de la luz o el sistema luminoso modificados.

En el cuadro 16, se ofrece una guía sobre el impacto de la iluminación de fondo y las condiciones meteorológicas, en la intensidad luminosa necesaria para alcanzar un determinado alcance. En ella, se muestra la iluminancia requerida para luz de la AtoN bajo diferentes condiciones diurnas. Si se pueden indicar las condiciones meteorológicas típicas para la ubicación de la AtoN, entonces se puede utilizar esta tabla para garantizar que la intensidad de la luz será suficiente para ser vista a ese alcance o área utilizable durante esas condiciones.

Tabla 16. Iluminancia requerida en condiciones meteorológicas variables

Abreviatura	Condición metrológica	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminancia requerida (μlx)
Día VDO	Cielo cubierto muy oscuro	100	13
Día D0	Cielo nublado	200	24
Día O0	Cielo nublado ordinario	1,000	107
Día B0	Cielo nublado claro lejos del sol	5,000	506
Día BC	Cielo brillante o nube cerca del Sol	10,000	1000
Día VBC	Nube muy clara	20,000	1980
Día GC	Nube deslumbrante	50,000	4910

Esta tabla es meramente orientativa. No debe utilizarse para la Publicación de Alcance Nominal.

### 3.8.6.3. FACTOR DE PÉRDIDA DE ACRISTALAMIENTO

Algunos equipos luminosos deben instalarse dentro de una linterna o carcasa protectora. A menos que sea posible medir la intensidad luminosa de la instalación completa, lo normal es aplicar un factor de reducción a la intensidad del equipo de alumbrado para tener en cuenta

las pérdidas por reflexión y transmisión en el acristalamiento de la linterna, generalmente conocido como factor de pérdida de acristalamiento.

Las barras o los montantes del acristalamiento pueden reducir la intensidad de la luz en determinadas orientaciones. Las instalaciones de montantes no verticales compensarán en cierta medida esta reducción. El plano focal de la luz debe situarse lejos de las barras o intersecciones horizontales del acristalamiento.

La IALA recomienda que, a falta de información más definitiva, el factor de pérdida de acristalamiento se tome como 0,85 para un sistema en estado limpio.

#### Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0203 - Luces de señalización marítima - medición
- Recomendación R0204 - Luces de señalización marítima - Determinación y cálculo de la intensidad efectiva
- Recomendación R0205 - Luces de señalización marítima - Estimación del rendimiento de los aparatos ópticos
- Guía G1135 - Determinación y cálculo de la intensidad efectiva
- Guía G1148 - Determinación de la intensidad luminosa requerida para las luces de señalización marítima
- Guía G1065 - Divergencia vertical del haz luminoso de la señal AtoN

#### 3.8.6.4. FACTOR DE CONDICIONES DE SERVICIO

En condiciones normales de funcionamiento, es probable que la intensidad luminosa de una luz se degrade entre los intervalos de servicio (mantenimiento). Esta degradación tiene varios componentes:

- Condiciones meteorológicas (que pueden ser sólo temporales);
- Suciedad y depósitos de sal (que pueden reducirse al mínimo mediante un programa eficaz de limpieza periódica del sistema óptico y del acristalamiento de la carcasa/la linterna); y
- Deterioro progresivo de la fuente luminosa a lo largo del periodo de servicio.

Evidentemente, es imposible representar de forma sencilla un conjunto tan complejo de factores, y una evaluación adecuada de los diversos efectos sólo podría realizarse mediante mediciones in situ a intervalos regulares. No obstante, para dar una cifra más realista del rendimiento de la luz en condiciones normales de funcionamiento que cuando se mida la intensidad luminosa en un laboratorio o sobre un fotómetro, puede ser conveniente aplicar un factor de condiciones de servicio a la intensidad medida.

#### Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0202 - Luces de señalización marítima - Cálculo, definición y notación del alcance luminoso
- Guía G1148 - Determinación de la intensidad luminosa requerida para las luces de señalización marítima

### 3.8.6.5. OPERACIONES DIARIAS

Varias autoridades han establecido enfilaciones con iluminación diurna en los principales puertos y vías navegables para lograr un rendimiento más uniforme que el que se consigue con las marcas/tableros diurnos.

#### Alcance nominal diurno e intensidad luminosa

Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0202 - Luces de señalización marítima - Cálculo, definición y notación del alcance luminoso
- Recomendación R0111 - Señales de tráfico portuario

La figura 17 y la tabla 17 son extractos de la Recomendación R0202 sobre el cálculo, definición y notación del alcance luminoso de las luces de señalización marítima y nos da la relación entre alcance nominal diurno y la intensidad luminosa.

El Diagrama de Alcance Luminoso permite al navegante determinar el alcance aproximado al que puede avistarse una luz, por el día en las condiciones meteorológicas reinantes en ese momento, y para diversos niveles de luminancia del cielo.

Valor umbral de iluminancia:  $E_t = 1 \times 10^{-3} \text{ lx}$

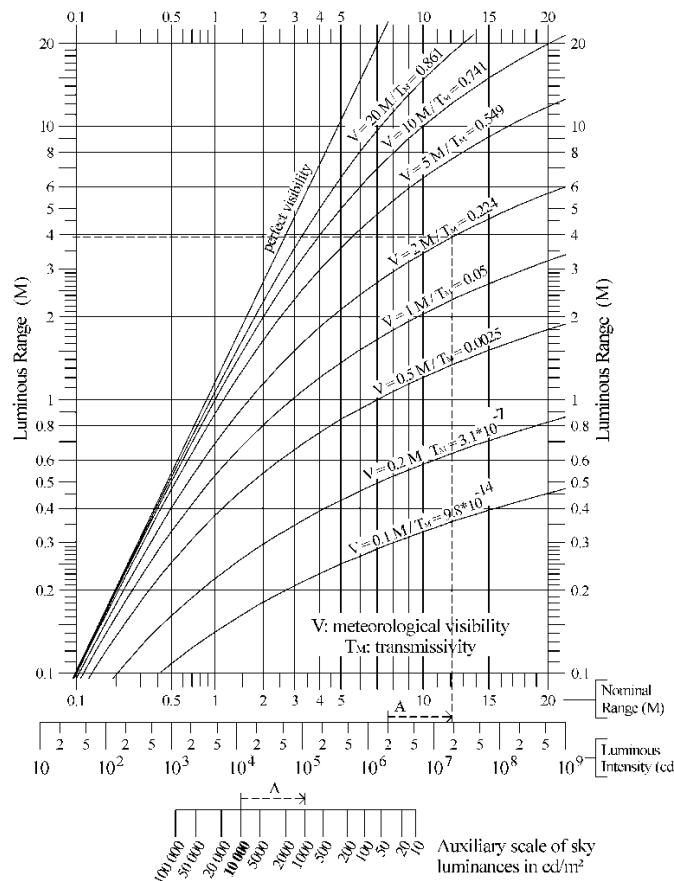


Figura 17. Diagrama de alcance luminoso diurno

El gráfico se ha trazado para una luminancia del cielo de  $10\ 000 \text{ cd/m}^2$ . Para otros valores de luminancia del cielo, marque en la escala de abscisas la distancia entre la luminancia de  $10\ 000 \text{ cd/m}^2$  y la considerada tal como aparece en la escala auxiliar.

**Ejemplo:**

Supongamos que se desea calcular el alcance luminoso de una luz de 2 000 000 cd para una visibilidad meteorológica de 2 Millas Náuticas bajo un cielo cubierto ordinario (luminancia 1000 cd/m<sup>2</sup>).

Medir la distancia "A" que separa las graduaciones 10 000 cd y 1 000 cd en la escala auxiliar de luminancia del cielo. Transferir esta distancia a la escala de abscisas (Intensidad Luminosa) a partir de la graduación correspondiente a 2 000 000 cd (2x106 Cd) en el mismo sentido/dirección. Se obtiene un punto ligeramente a la derecha de la graduación correspondiente a 12 Millas Náuticas. Levantar a partir de este punto una paralela al eje de ordenadas (Alcance Luminoso) hasta encontrar la curva correspondiente a la visibilidad de 2 Millas Náuticas ( $V = 2M$ ). Leer el alcance luminoso en la escala vertical contra el punto así obtenido. Debe indicar aproximadamente 4 Millas Náuticas.

Tabla 17. Tabla de conversión de IALA para intensidad luminosa y alcance nominal diurno

Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)	Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)
kilocandelas (103 cd)	Millas náuticas (NM)	Megacandelas (106 cd)	Millas náuticas (NM)
1 - 12.0	1	1.02 - 1.82	7
12.1 - 45.3	2	1.83 - 3.16	8
45.4 - 119	3	3.17 - 5.32	9
120 - 267	4	5.33 - 8.78	10
268 - 538	5	8.79 - 14.2	11
539 - 1010	6	14.3 - 22.6	12
		22.7 - 35.6	13
		35.7 - 55.5	14
		55.6 - 85.6	15
		85.7 - 130	16
		131 - 198	17

### 3.8.6.6. ALCANCE ÓPTICO METEOROLÓGICO

Es la distancia a través de la atmósfera que se requiere para una atenuar un 95% el flujo luminoso de un haz de luz colimado, utilizando una fuente con una temperatura de color de 2700ºK.

El alcance óptico meteorológico se relaciona con la transmisividad atmosférica mediante la fórmula:

$$V = d \frac{\log 0.05}{\log T} \text{ or } T = 0.05^{\frac{d}{V}}$$

Dónde:  $V$  = alcance óptico meteorológico  
(Millas Náuticas)

$d$  = distancia (Millas Náuticas)

$T$  = transmisividad atmosférica

Suele conveniente simplificar la expresión anterior dando al término de distancia un valor de uno, quedando así:

$$T = 0.05^{\frac{1}{v}} \quad \text{ó} \quad T^v = 0.05$$

### **3.8.6.7. ALCANCE VISUAL**

Es la distancia máxima a la que, el contraste de un objeto contra su fondo queda reducido por la atmósfera al umbral del contraste del observador. El alcance visual puede aumentar si el observador utiliza prismáticos, aunque su eficacia depende de la estabilidad de la plataforma del observador. El alcance visual puede interpretarse como la distancia a la que una determinada luz es vista por un observador.

### **3.8.6.8. ALCANCE LUMINOSO**

Es la distancia máxima a la que una señal luminosa dada puede ser vista por el ojo del observador en un momento dado, determinada por la visibilidad meteorológica reinante en ese momento. No tiene en cuenta la altura de la luz, la altura del ojo del observador ni la curvatura de la Tierra.

### **3.8.6.9. ALCANCE NOMINAL**

El alcance nominal es el alcance luminoso cuando la visibilidad meteorológica es de 10 Millas Náuticas, lo que equivale a un factor de transmisión de  $T = 0,74$ ; se asume que la luz se observa sobre un fondo oscuro, sin iluminación de fondo. El alcance nominal es generalmente la cifra utilizada en la documentación oficial, como cartas náuticas, Listas de Luces, etc.

## **3.8.7 INCREMENTO DE LA NOTORIEDAD**

Esta sección incluye información sobre diferentes opciones para aumentar la notoriedad de las estructuras de ayuda a la navegación.

### **3.8.7.1. ILUMINACIÓN DE ESTRUCTURAS**

La iluminación de estructuras puede desempeñar una importante función AtoN. La iluminación de estructuras fijas suele denominarse iluminación proyectada o de fachadas.

El propósito de la iluminación de estructuras es ayudar al navegante a identificar positivamente el objeto y permitir la estimación de la distancia y la posición relativa al objeto. La iluminación puede ser directa o indirecta y puede utilizarse en estructuras, letreros y marcas diurnas, y se considera complementaria a la luz principal de ayuda a la navegación.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Guía G1061 - Aplicaciones de la luz - Iluminación de estructuras

### 3.8.7.2. MATERIALES RETRORREFLECTANTES

El uso de material retrorreflectante para las ayudas a la navegación está muy extendido en los países escandinavos y otros países de latitudes altas. Con aguas y canales estrechos y complicados, incluso en condiciones de hielo y noches largas y oscuras durante el invierno, el material retrorreflectante es una forma barata y eficaz de obtener un alto nivel de visibilidad nocturna.

El uso de material retrorreflectante para las ayudas a la navegación, especialmente en el caso de las ayudas no iluminadas, mediante el cual la proyección de una luz (que puede ir desde un foco de mano hasta un potente reflector) permite localizar más fácilmente una ayuda a la navegación y, en ocasiones, identificarla.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R0106 - Material retrorreflectante en las marcas de ayuda a la navegación del sistema de balizamiento marítimo de la IALA
- Guía 1145 - Aplicación de material retrorreflectante en AtoN

## 3.9 FUENTES LUMINOSAS

En la actualidad se utilizan diversas fuentes de luz en las ayudas a la navegación, pero gracias a los avances en la tecnología de diodos emisores de luz (LED), el uso de LED está muy extendido. La Tabla 18 compara el rendimiento y otras características de varias fuentes de luz.

Tabla 18. Rendimiento de diferentes fuentes luminosas y otras características

Fuente de luz	Horas de vida útil máx.	Lumen/Watt máx.	¿Destellante?
Lámpara de filamento	2000	16	Sí
Halógena de Tungsteno	4000	25	Sí
Halogenuros metálicos	20,000	120	No
LED	100,000	140	Sí
Sodio de baja presión	10,000	150	No
Xenón	3,000	40	No

### 3.9.1 DIODO EMISOR DE LUZ (LED)

#### 3.9.1.1. LED DE COLOR

Los diodos emisores de luz son dispositivos electrónicos semiconductores que producen luz casi monocromática. La unión semiconductor está encapsulada en un plástico transparente

que suele incorporar una lente. Se pueden agrupar juntos varios LED en un conjunto o matriz para obtener una fuente de luz del tamaño y la intensidad requerida, con redundancia integrada. Los LED funcionan con una alimentación de corriente continua de baja tensión. Su correcto funcionamiento depende de un control preciso de la corriente de alimentación. A veces se dice que las linternas marinas LED tienen colores intensos y alcances mayores de lo que sugiere el actual método de cálculo de la IALA. IALA está investigando esta cuestión.

### **3.9.1.2. LED BLANCO**

Una unión semiconductor que emite luz azul/violeta está encapsulada con fósforo de recubrimiento de tal forma que tanto la luz azul como la amarilla de banda ancha emiten juntas para formar una luz casi blanca.

**Uso típico:**

- Balizas luminosas en boyas y otras AtoN de corto y medio alcance, pero cada vez hay más linternas LED en el mercado de mayor alcance;
- Luces de enfilación formadas por matrices planas de LED o LED individuales de alta potencia; y
- Letreros y señales formados por matrices de LED con forma de letras, números, signos, etc.

**Datos técnicos:**

- Potencia: LED individual: De 1 milivatio a más de 32 vatios, LED agrupados: De 1 a 60 vatios o más
- Eficacia: La eficacia luminosa de los LED mejora constantemente.
- Vida útil: 100.000 horas

**Ventajas:**

- Vida útil muy larga (si la potencia de entrada y la temperatura se controlan cuidadosamente) y, por tanto, bajos costes durante toda la vida útil;
- La vida es tan larga que no se consideran necesarios cambiadores de lámparas;
- Alta eficacia luminosa en rojo y verde;
- Luz produce los colores saturados de la señal, por lo que no se necesitan filtros de color;
- Robustez mecánica en comparación con las lámparas convencionales;
- Los tiempos de comutación de la luz son muy rápidos;
- Funcionamiento relativamente frío; y
- LEDs fáciles de agrupar proporcionando redundancia integrada.

**Desventajas:**

- Para lograr una larga vida útil y un alto rendimiento necesitan un control electrónico complejo;
- Generalmente difícil de adaptar a las ópticas existentes;
- La eficiencia luminosa disminuye lentamente con la vida;
- Los LED blancos son muy ineficaces con filtros rojos y verdes; y
- La vida útil de los LED puede verse gravemente reducida si no se controlan cuidadosamente la potencia de entrada y la temperatura.

**Seguridad:**

- Sin riesgo especial.

**Eliminación:**

- Consultar la normativa local y nacional sobre eliminación

La vida útil dependerá de la temperatura de funcionamiento de la unión del LED y del entorno de funcionamiento.

En las siguientes guías de la IALA se ofrece información detallada sobre las fuentes de luz y sus consideraciones operativas asociadas, vida útil, fiabilidad, costes de funcionamiento y consumo de energía.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Guía G1043 - Fuentes de luz utilizadas en AtoN visuales
- Guía G1048 - Tecnología LED y su uso en las luces de señalización

### 3.10 LINTERNAS CON SISTEMA DE ALIMENTACIÓN INTEGRADO

Una linterna con sistema de alimentación integrado (IPSL) es una unidad independiente que incluye una fuente de energía fotovoltaica y una fuente de luz LED enfocada por una lente, además de otras funciones. Un IPSL tiene ventajas de aplicación para determinadas situaciones. Al incorporar tecnologías modernas, pueden ser pequeñas, duraderas, fiables, rentables y totalmente autónomas. Los avances tecnológicos en diodos emisores de luz (LED), energía fotovoltaica (paneles solares) y baterías se complementan entre sí y facilitan una linterna compacta. Para funcionar eficazmente, estas linternas deben estar diseñadas para una amplia gama de condiciones solares (es decir, luz solar disponible para cargar la linterna), manteniendo al mismo tiempo un rendimiento óptico especificado a lo largo de la vida útil prevista.

Los principales criterios de uso de los IPSL incluyen: alcances luminosos nominales de hasta 5NM; zonas con buena insolación solar; zonas que sufren vandalismo o robos y boyas pequeñas con capacidad de carga limitada. No son adecuados cuando se requieren caracteres rítmicos de alto ciclo de trabajo o en zonas que sufren la formación de hielo. Un dispositivo IPSL aloja en una sola unidad: la fuente de alimentación, el almacenamiento de energía, la fuente de luz LED, la codificación de la característica y el encendido/apagado. Los IPSL pueden aceptar comandos de programación externos e incluyen opciones para GPS, sincronización y módulos de comunicación.

**Publicaciones de IALA relacionadas Consulte:**

- Guía G1064 - Linterna con sistemas de energía integrados (linternas LED solares)



Figura 18. IPSL: Linterna de Sistema de energía integrado (Linternas LED solares)

## 3.11 SEÑALES ACÚSTICAS

A continuación, se ofrece una breve descripción de las señales acústicas de AtoN; para obtener información más detallada, consulte las siguientes publicaciones de la IALA.

### Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0109 - Cálculo del alcance de una señal sonora
- Guía G1090 - Uso de señales acústicas
- IALA Curso Modelo C2004-1 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Señales Sonoras

**Alcance nominal** El alcance de la señal AtoN audible se calcula como nominal y se expresa en Millas Náuticas. El alcance nominal se define como la probabilidad del 90% de oír la señal sometida a un ruido como se define en la Guía G1090 de IALA. Los alcances específicos citados en los párrafos anteriores se refieren al cálculo del alcance nominal.

**Advertencia de Peligro** La política de la IALA desde 1985 es que las señales acústicas, también denominadas señales sonoras, sólo deben utilizarse como advertencia de peligro. Estos peligros se refieren a ciertas estructuras construidas por el hombre, como estructuras en alta mar, infraestructuras de energías renovables, puentes, rompeolas y AtoN aisladas. La Autoridad Competente determinará si un peligro requiere una señal acústica y el nivel de tiempo de visibilidad reducida por año que justifica su instalación (por ejemplo, 10 días de visibilidad inferior a 1 Milla Náutica por año).

Cuando existan señales acústicas para señalizar peligros para la navegación deben tener un alcance nominal de al menos 1 milla náutica. Además, las Autoridades Competentes pueden exigir una señal acústica de reserva de alcance más reducido (no necesariamente tienen que ser unidades separadas); se considera que un alcance nominal de 0,5 Millas Náuticas es adecuado para estas señales acústicas de reserva.

**Refuerzo de las ayudas a la navegación flotantes** También se pueden utilizar señales acústicas para reforzar las boyas, tanto luminosas como ciegas, con el fin de mejorar su eficacia para el navegante en condiciones de visibilidad reducida. Las señales acústicas de las boyas suelen estar impulsadas por el movimiento del mar e incluyen campanas, gongs y silbatos. Las boyas también pueden estar equipadas con sirenas electrónicas. Las señales acústicas de las boyas deben utilizarse para advertir a los navegantes de un peligro particular, como la proximidad de bancos de arena, rocas u otros peligros; o para alertar al navegante de un cambio en los requisitos de navegación, como la entrada a un canal restringido. Cuando se utilicen señales acústicas electrónicas complementarias en las boyas, deben tener un alcance nominal de 0,25 a 0,5 millas náuticas

## 3.12 OTRAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

### 3.12.1 OTRAS MARCAS

Otras marcas son marcas visuales, destinadas a ayudar a la navegación o como información a los navegantes, no necesariamente relacionadas con los límites de canales u obstrucciones.

### 3.12.2 ENFILACIONES, ALINEACIÓN DE TRÁNSITO O LINEAS DIRECCIONALES



Figura 19. Luces de alcance del puerto Margaree - Nueva Escocia - Canadá

Una alineación/enfilación se define como la alineación de dos o más marcas. Una luz de enfilación es una aplicación especializada del tránsito.

Una alineación/enfilación simple puede servir para:

- Proporcione una referencia de giro;
- Definir claramente una línea limitando una zona de navegación segura; y
- Proporcionar una marca a cierta distancia a lo largo de una vía navegable.

### 3.12.3 ENFILACIONES

Una enfilación es un sistema de ayuda a la navegación que comprende dos estructuras separadas con marcas o luces que, cuando se observan desde la línea central de un canal (eje) o lo más profundo de una ruta a lo largo de una sección recta del canal, están alineadas.

En una enfilación de dos marcas, las estructuras se sitúan a lo largo de la prolongación del eje central del canal definido. La estructura posterior debe tener una elevación mayor que la anterior para permitir que ambas marcas o luces se vean simultáneamente.

Una enfilación proporciona a un buque una referencia del rumbo y una indicación visual de la magnitud y dirección de cualquier error en la trayectoria.

#### 3.12.3.1. USOS DE LAS ENFILACIONES

Se puede utilizar una enfilación para:

- Indicar la línea central de una sección recta de un canal navegable;
- Indicar a los buques de gran calado la parte más profunda de la vía navegable;

- Indicar el canal navegable si no se dispone de Ayudas a la Navegación fijas y flotantes o no satisfacen la precisión necesaria para una navegación segura;
- Definir un rumbo de aproximación seguro a la entrada de un puerto o río, especialmente cuando hay corrientes cruzadas; y/o
- Separar dos vías de tráfico (por ejemplo, al pasar un puente).

### 3.12.3.2. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE ENFILACIONES

Una enfilación bien diseñada deberá permitir a los buques, de un determinado tipo y el tamaño, que utilizan el canal:

- Identificar las marcas o luces cuando el buque se encuentre en las secciones de entrada y salida del canal y detectar fácilmente los errores de posición transversal con respecto a la línea central del canal;
- Detectar los errores de desviación con respecto al eje del canal con la sensibilidad suficiente para que pueda utilizarse sin cambios bruscos en el rumbo y la velocidad del buque;
- Observar simultáneamente ambas luces, mediante la selección de ritmos o características luminosas que se solapen adecuadamente funcionando libremente. En algunas situaciones puede ser preferible disponer de equipos adicionales para sincronizar las características luminosas; y
- Observar las luces en todas las condiciones ambientales para las que han sido diseñadas sin deslumbramiento. Si las luces se van a utilizar tanto para operaciones diurnas como nocturnas, habrá que variar la intensidad de la luz.

Las características de los ritmos de las luces de enfilación deben seleccionarse de modo que las luces anteriores y posteriores, en sus funcionando libremente, puedan generalmente, observarse juntas.

En algunas situaciones puede ser preferible prever un equipo adicional para sincronizar los caracteres luminosos. Si las luces van a utilizarse tanto de día como de noche, las intensidades luminosas deberán adaptarse a cada situación para evitar el deslumbramiento nocturno. Los transpondedores de radar (RACON) pueden utilizarse como marcadores de enfilaciones.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R0112 - Luces de enfilación (incluye programa Excel)
- Guía G1023 - Diseño de enfilaciones

### 3.12.4 LUCES DE SECTOR

Una luz de sectores es una ayuda a la navegación que muestra diferentes colores y/o ritmos sobre arcos designados. Una forma habitual de crear un sector es colocar un filtro de color delante de la luz principal. Sin embargo, se están introduciendo en el mercado luces de sector con fuentes de luz LED que reducen la necesidad de filtros, ya que producen la luz ya coloreada. Un sector también puede producirse mediante filtrado o utilizando una luz secundaria (o varias) en la misma estructura. La luz secundaria puede adoptar cualquiera de las siguientes formas:

- Luz direccional;
- Baliza con lente coloreada, en el ángulo necesario para conseguir el sector;

- Baliza equipada con paneles de filtros internos o externos;
- Baliza o balizas con fuentes luminosas de distintos colores, apantalladas para conseguir el ángulo del sector; y/o
- Luz de direccional de precisión.

Los límites o fronteras de un sector no siempre definidos con precisión debido a las características de las fuentes de luz, superposición de colores o variaciones de ritmos entre sectores adyacentes.

En el caso de una baliza equipada con paneles de filtros coloreados, la razón de la falta de precisión en el límite de transición del sector se aprecia fácilmente en la figura 21, que muestra la geometría de la fuente luminosa, la lente y el filtro. La zona de transición está definida por un "ángulo de incertidumbre". Una geometría similar existe con balizas de varios colores y apantalladas

Las demoras, las direcciones de las enfilaciones y los límites de los sectores deben indicarse siempre en términos de demoras vistas desde el mar. Las demoras pueden llevar el sufijo "TBS" (True Bearing from Seaward o Demora verdadera vista desde el mar) como confirmación.

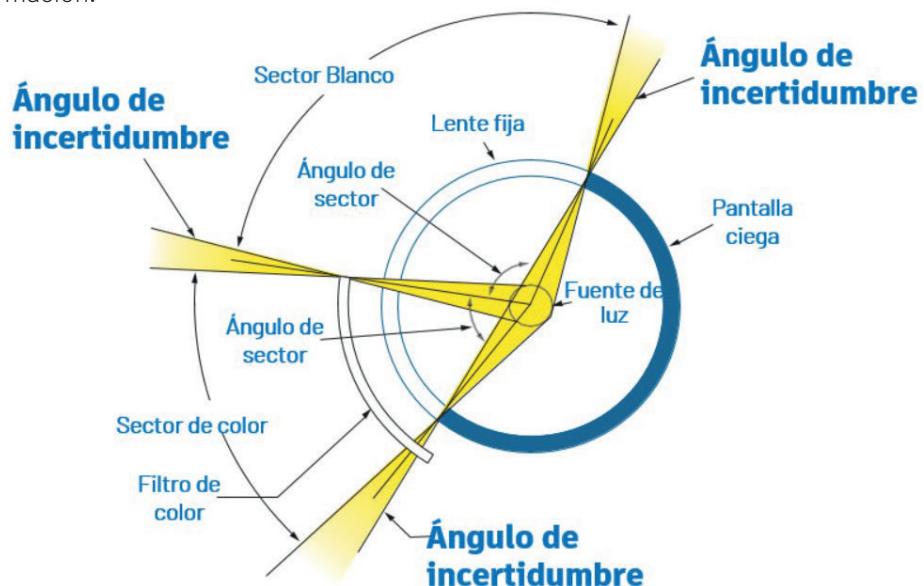


Figura 20. Ángulo de incertidumbre

También puede observarse que:

- El ángulo de incertidumbre observado suele ser inferior al ángulo geométrico debido a las intensidades relativas de los colores del sector (es decir, la mezcla de colores) según el observador va atravesando la zona de transición;
- Si el espacio en la estructura de ayuda a la navegación no es un factor limitante, con este tipo de disposición de los sectores, suele ser posible lograr un ángulo de incertidumbre de unos  $0,25^\circ$ ;
- El ángulo de incertidumbre puede reducirse disminuyendo la anchura física del fuente de luz o aumentando la distancia radial al filtro de color; y
- En situaciones en las que la luz principal tiene una gran área de proyección, como una lente giratoria o de reflectores, es preferible utilizar una luz de sectores independiente en lugar de instalar un filtro de color delante de la luz principal.

Últimamente se han desarrollado luces sectoriales especializadas para mostrar diferentes ritmos sobre sectores en diferentes demoras. Esta capacidad se encuentra en algunas Luces Direccionales de Precisión o PDL (Precision Direction Lights).

Una PDL es una forma especializada de luz sectores que puede generar límites de sectores muy bien definidos. Esta característica es especialmente útil para aplicaciones que requieren uno o varios sectores estrechos o alta precisión en sus límites. El PDL puede utilizar una fuente de luz blanca con filtro de color, pero los diseños más recientes utilizan LED y láser como posible fuente de luz. Un PDL también puede conocerse con el nombre comercial de luz PEL.

Las luces sectoriales PDL son muy precisas, ya que permiten que se produzca un cambio de color completo en el límite de un sector en un ángulo inferior a 1 minuto de arco en la mayoría de los modelos.

### 3.12.4.1. APLICACIONES



Figura 21. Proyector sectorial LED - Fotografía cortesía de Cybernetica AS/ Sabik

El diseño de las luces de sector puede ser una tarea compleja. El proceso debe llevarse a cabo con referencia a una carta precisa de la zona. En algunos casos también es necesario un buen conocimiento local.

Una luz de sector puede indicar uno o más de los siguientes casos:

- Límites de una vía navegable;
- Posición de un cambio de rumbo;
- Bajos, bancos de arena, etc.;
- Una zona o posición (por ejemplo, un fondeadero);
- La parte más profunda de una vía navegable; y/o
- Control de la posición de las ayudas a la flotantes.

Una PDL permite otras aplicaciones que incluyen la capacidad de:

- Producir sectores estrechos con un ángulo de incertidumbre de por debajo de un minuto de arco;
- Definir la zona central de un canal;
- Marcar con precisión un lado de un canal recto (un par de PDL pueden cubrir las combinaciones de canales convergentes, divergentes y paralelos); y/o
- Caracterizar con diferentes ritmos sectores adyacentes

### 3.12.4.2. EJEMPLOS

En las figuras 23 y 24 se ilustran algunos ejemplos de aplicaciones de las luces de sectores.

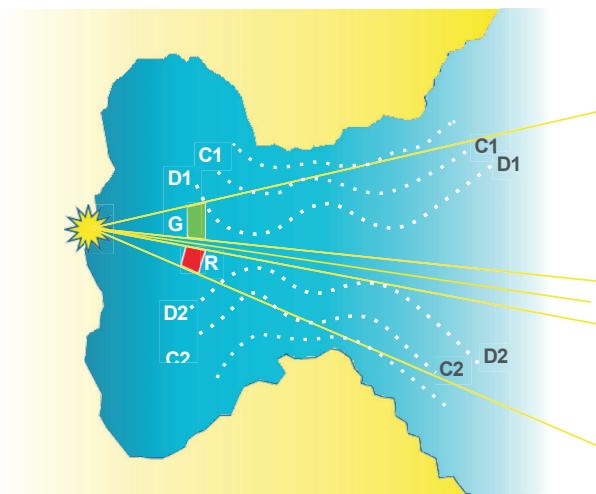


Figura 22. Aplicación de luz de sector

La figura 23 sigue la disposición de colores según el sentido convencional del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA para la Región A ("rojo a babor cuando se aproxime a la ayuda desde el mar"). El sector blanco, si es posible debe ser lo suficientemente ancho como para proporcionar un margen de seguridad a un buque que abandone inadvertidamente el sector blanco. Las curvas C y D indican las líneas de profundidad (batimétricas) o límites de peligros que establecen las fronteras de los sectores.

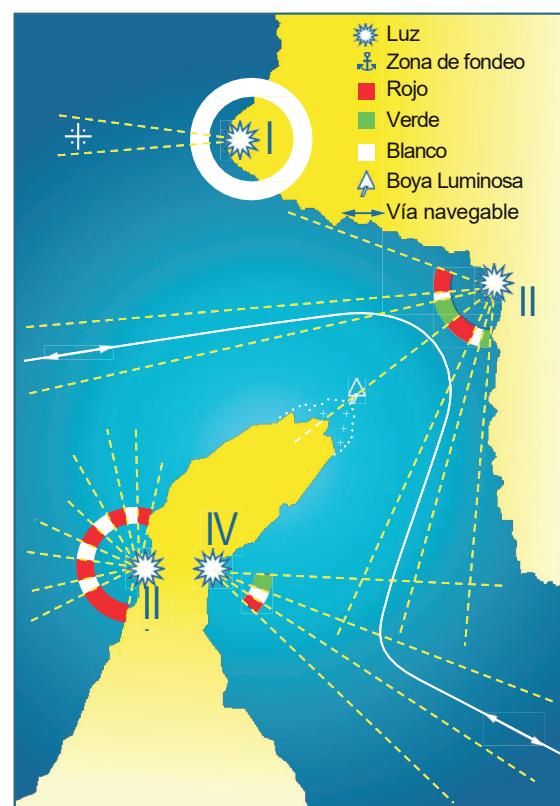


Figura 23. Diversas aplicaciones de las luces de sector

Las luces de sector pueden utilizarse en diversas aplicaciones. A continuación, se describe la función de cada luz de la Figura 24:

- La luz I es una luz costera blanca con un sector rojo que indica peligro.
- La luz II es una luz de sectores ciega hacia tierra, con dos sectores blancos que indican un canal seguro. Cuando se navega hacia la luz de sector, se muestra roja a babor y verde a estribor, disponiendo los colores siguiendo la convención el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA para la Región A y viceversa para la Región B. El límite entre el sector rojo y el verde también indica la posición de una boyas.
- La luz III es una luz de sectores con una luz roja y 4 sectores blancos que indican cuatro posiciones de fondeo. El sector hacia tierra es ciego.
- La luz IV es una luz de sectores con un sector blanco que indica un canal seguro

### 3.12.4.3. CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO DE LUCES DE SECTOR

Cuando define un canal navegable con una única luz de sectores, deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

**Posición lateral:** el buque no tiene referencia de la posición lateral dentro del canal, hasta que se alcanza el límite de un sector. Esto puede causar un problema en canales con fuertes corrientes transversales. Para los buques con conocimientos locales, las zonas definidas por el ángulo de incertidumbre pueden proporcionar a veces una guía útil sobre la proximidad del buque al límite de un sector;

**Margen de seguridad:** Siempre que sea posible, debe haber un margen de seguridad entre el límite del sector y los peligros adyacentes. Si no puede conseguirse un margen de seguridad adecuado dentro del límite del sector, los peligros deberían señalarse por separado.

**Ángulo de incertidumbre:** Las zonas definidas por el ángulo de incertidumbre deben considerarse como un margen adicional de seguridad sobre el límite real del sector.

**Tamaño de los buques:** El proceso de diseño de un sector luminoso debe tener en cuenta el calado y la maniobrabilidad de los buques más grandes que probablemente utilicen el sector, así como, la rapidez con la que pueden responder una vez que cruzan un límite de sector y las situaciones que pueden desarrollarse cuando otros buques se encuentran en las proximidades.

**Luces y filtros:** Cuando se utiliza una fuente de luz incandescente, el diseño del sector debe tener en cuenta la distribución espectral de la fuente de luz y la proporción de esta luz transmitida a través del material del filtro, ya que esto afectará al color resultante y a la intensidad de la luz transferida. En el proceso también se deben comprobar los posibles problemas de deslumbramiento.

**Característica del destello:** El período del destello luminoso debe seleccionarse de modo que proporcione tiempo suficiente para que un navegante reconozca las fases de transición que se producen en la frontera del sector.

**Colores del sector:** Una luz blanca es normalmente la primera preferencia para un faro o baliza. Si se añade un sector de un solo color, se suele utilizar el rojo. Si se utiliza una luz de sector blanca para marcar un canal de navegación, se pueden utilizar sectores de color a ambos lados de la blanca para indicar los límites laterales. En tales casos, es práctica común utilizar sectores rojos y verdes siguiendo la convención del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA

**Posición y tipo de lámpara:** La posición de la fuente de luz dentro del sistema óptico es fundamental para la correcta alineación de los sectores. Al sustituir lámparas o utilizar cambiadores de lámparas, es importante asegurarse de que la posición de la fuente de luz (por ejemplo, el filamento) sea idéntica. Si se incorpora un cambiador de lámparas, el sistema de sectores debe diseñarse para la fuente de luz más ancha utilizada en el cambiador de lámparas.

Tenga en cuenta que la importancia de que la posición y el tipo de lámpara sean correctos, se refiere a todas las fuentes de luz dentro de un sistema óptico.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Guía G1041 - Luces de sectores

## 3.13 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN FIJAS - FAROS Y BALIZAS

El Diccionario Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima de la IALA define una baliza como "una marca artificial fija de navegación" que puede reconocerse por su forma, color, diseño, marca de tope o característica de su luz, o una combinación de éstos. Aunque esta definición funcional incluye faros y otras ayudas fijas a la navegación, los términos faro y baliza se utilizan generalmente para indicar su importancia y tamaño.

**Faro:** Un faro se considera generalmente como una gran estructura conspicua (marca visual) en tierra, cerca de la costa o en el agua que:

- actúa como marca diurna; y
- Generalmente proporciona una plataforma para luces de señalización AtoN marinas de gran alcance.

Otras ayudas a la navegación, como señales acústicas y radioayudas a la navegación, pueden estar situadas en el faro o cerca de él. Un faro puede ser una instalación dotada de personal o automatizada, aunque la dotación de personal en los faros es cada vez menos común. Un faro automatizado puede ser supervisado y, en algunos casos, controlado a distancia.

**Baliza:** Las características visuales de una baliza suelen estar definidas por marcas diurnas, marcas de tope y por números. Una luz de señalización marítima, si está instalada, suele tener un alcance inferior al de los faros. En los canales naveables puede utilizarse una baliza de pilotes como alternativa a una boyá.

### 3.13.1 FINALIDAD DE LOS FAROS Y BALIZAS

Un faro o baliza puede desempeñar una o varias de las siguientes funciones de navegación:

- marcar una posición de recalada;
- marcar un obstáculo o un peligro;
- indican los límites laterales de un canal o vía navegable;
- indican un punto de giro o una unión de vías o canales navegables;
- marcar la entrada de un Dispositivo de Separación del Tráfico (DST);
- forman parte de una enfilación;
- marcar una zona; y
- proporcionar una referencia a los navegantes para tomar una demora o una línea de posición (LOP).

Otros fines para los que puede utilizarse un faro son:

- base para equipos AIS; racon; radar; sistemas de radionavegación; estación de referencia para GNSS;
- funciones de vigilancia costera o guardacostas;
- Funciones VTS;
- base para señales acústicas (niebla);
- recogida de datos meteorológicos y oceanográficos;
- instalaciones de radio y telecomunicaciones; y
- instalaciones turísticas.

### **3.14 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN FLOTANTES - MENORES Y MAYORES**

Una ayuda a la navegación flotante cumple una función similar a la de una baliza o un faro. Sin embargo, las ayudas a la navegación flotantes suelen asociarse a lugares en los que:

- sería poco práctico debido a la profundidad del agua, las condiciones del lecho marino o el coste de establecer una ayuda fija;
- el peligro se desplaza con el tiempo (por ejemplo, bancos de arena, un pecio inestable, etc.);
- la ayuda corre un alto riesgo de sufrir daños o perderse a causa de corrientes de hielo o impactos de buques y, en consecuencia, se considera prescindible;
- se requiere una marca temporal; y/o
- se requiere una marca estacional.

#### **3.14.1 BOYAS**

Las boyas se definen como ayudas flotantes menores y, aunque lo normal es que sean luminosas, a veces, no se instala ninguna luz. Este tipo de ayudas a la navegación están específicamente reguladas por el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA y suelen tener flotadores de forma circular de hasta 3 m de diámetro. Las boyas pueden estar equipadas con señales sonoras. La mayoría de las boyas están equipadas con un reflector de radar.

Además, debido a las limitaciones de la estructura, puede aplicarse lo siguiente:

- Cuando equipan luces, suelen funcionar con energía solar o baterías primarias. Todavía hay algunas boyas alimentadas por gas, aunque normalmente ya no se utilizan en nuevas instalaciones;
- Donde se instalan luces, debido a limitaciones de potencia y/o requisitos de funcionamiento el alcance de las luces suele limitarse de 1 a 5 millas náuticas, aunque en algunas aplicaciones puede requerirse mayores alcances;
- Otros servicios adicionales están restringidos debido a las limitaciones de potencia, pero a veces, además de la luz, se instalan RACON, AIS AtoN, y unidades de control remoto.
- En algunos países se utilizan señales acústicas en las boyas.

### 3.14.2 BUQUES FARO, BARCOS-FARO Y GRANDES BOYAS DE NAVEGACIÓN

Los faros flotantes, buques faro y grandes boyas de navegación (LNB), a veces denominadas LANBY (Large Automatic Navigation Buoy), se definen como grandes ayudas flotantes y pueden llevar uno o varios de los siguientes elementos: RACONs, AIS AtoN o señales acústicas además de la Ayuda a la Navegación luminosa. Un barco-faro también puede mostrar una luz blanca para indicar que es una embarcación fondeada. Todas las grandes ayudas flotantes deberían estar equipadas con un reflector de radar y una unidad de monitorización.

Las grandes ayudas a la navegación:

- suelen tener elevados costes de explotación;
- sólo se despliegan en lugares críticos;
- a menudo se les asigna un objetivo de disponibilidad superior al de una boya; y
- no están específicamente regulados por el Sistema de Balizamiento Marítimo de IALA.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R0104 - Off Station' Signals for Major Floating Aids to Navigation
- Guía G1006 - Boyas de plástico
- Guía G1099 - Diseño hidrostático de boyas
- Guía G1015 - Pintura de boyas de AtoN
- Guía G1098 - Sobre la aplicación del AIS - AIS en boyas



Figura 24. Ejemplos de ayudas flotantes

### 3.14.3 CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS AYUDAS FLOTANTES

La disponibilidad se define como la probabilidad de que una Ayuda a la Navegación o un sistema de Ayudas a la Navegación, según lo definido por la Autoridad Competente, esté realizando su función especificada en cualquier momento elegido al azar.

Se expresa como porcentaje del tiempo total que una Ayuda a la Navegación o un sistema de Ayudas a la Navegación deben estar desempeñando su función especificada.

El objetivo de disponibilidad asignado a las Ayudas a la Navegación flotantes conforme al Sistema de Balizamiento Marítimo de IALA también debe aplicarse a la marca de tope.

Más adelante, en el apartado Objetivos de disponibilidad, se tratarán todos los detalles sobre la disponibilidad

### **3.14.4 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN FLOTANTES**

Hay varias consideraciones técnicas que deben tenerse en cuenta: coste, factores de diseño, posicionamiento, condiciones del agua y señalización.

### **3.14.5 COSTOS**

El coste de establecer una ayuda flotante en un lugar determinado será generalmente inferior al de una estructura fija. La diferencia de coste aumenta al aumentar la profundidad del agua y la exposición al viento y las olas.

En cambio, el coste de mantenimiento de las ayudas a la navegación flotantes tiende a ser elevado en relación con el valor del capital. Esto ha llevado a muchas autoridades a examinar críticamente el ahorro potencial mediante cambios en el diseño, uso de materiales alternativos, la prestación de servicios alternativos (subcontratación) y la modificación de las prácticas de mantenimiento, generalmente con el objetivo de ampliar los intervalos de mantenimiento.

Cuando una Autoridad Competente opere un gran número de ayudas flotantes, puede resultar práctico operar con un buque balizador destinado a boyas con equipamiento especializado para minimizar los tiempos de cambio de boyas y mejorar la seguridad laboral.

#### Publicaciones de IALA relacionadas

- Guía 1047 - Metodología de comparación de costes de las tecnologías de boyas

### **3.14.6 DISEÑO DE AYUDAS FLOTANTES**

El proceso de diseño de una boyá para cumplir requisitos específicos es una tarea especializada. Ello implica, aunque no se limita a ello:

- Definir las características operacionales de funcionamiento;
- Definir el equipo, los requerimientos de energía y la fuente/s de alimentación;
- Definir tipo y capacidades de los buques que se usarán en el servicio de boyas;
- Selección del tipo dimensiones iniciales del fondeo de la boyá;
- Integración de equipos y sistema de alimentación;
- Valoración los requisitos de mantenimiento;
- Identificar las técnicas de fondeo y recuperación;
- Proteger los equipos de posibles daños;
- Dotar de capacidad para corrección de fallos sin tener que izar la boyá;

- Determinar la respuesta de la boyas a las condiciones de oleaje, viento y corriente en el emplazamiento/s;
- optimización del diseño.

**Publicaciones de IALA relacionadas:**

- Recomendación R1001 - Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA (y guías de apoyo)
- Recomendación R0106 - Uso de material retrorreflectante en las marcas de ayuda a la navegación del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA
- Guía G1006 - Boyas de plástico
- Guía G1039 - Diseño de sistemas de energía solar para AtoN
- Guía GG1039-1 - Herramienta de cálculo de sistemas de energía solar (archivo Excel)
- Guía G1039-2 - Manual de datos meteorológicos para la herramienta de cálculo de sistemas de energía solar IALA
- Guía G1036 - Consideraciones medioambientales en la ingeniería de ayudas a la navegación
- Guía G1043 - Fuentes luminosas usadas en las ayudas visuales a la navegación
- Guía G1094 - Marcas diurnas para ayudas a la navegación
- Guía G1099 - Diseño hidrostático de boyas
- IALA Curso Modelo C2001-2 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Introducción al balizamiento de ayudas a la navegación

### 3.14.7 DISEÑO DE TRENES DE FONDEO

El tren de fondeo de una ayuda a la navegación flotante es el conjunto de los elementos que mantienen la ayuda dentro de una zona designada. Estos componentes tienen que resistir las fuerzas del viento, las olas, las corrientes y el hielo sobre la ayuda flotante, así como arrastre (garro) del tren de fondeo.

Los supuestos básicos asumidos son que:

- El sistema de amarre en su conexión al muerto de la boyas normalmente permanecerá tangencial al fondo marino;
- El eje de la boyas permanece vertical en las condiciones más comunes de corriente y viento;
- La relación entre la tensión de rotura del tren de fondeo y la del esfuerzo calculado no será inferior a 5 en las condiciones más desfavorables de corriente y viento; y
- La reserva de flotabilidad de la ayuda flotante totalmente equipada es mayor que la combinación de las cargas de corriente y viento bajo las condiciones más desfavorables.

Un valor aproximado de la longitud mínima de un tren de fondeo de cadena viene dado por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_{\min} &= 3H \text{ para profundidades inferiores a 50 metros;} \\ L_{\min} &= 2H \text{ para profundidades superiores a 50 metros.} \end{aligned}$$

Donde :       $L$  = Longitud del tren de fondeo (m)  
 $H$  = Profundidad del agua (m)

Todos los fondeos deben diseñarse según la Guía G1066 - Diseño de amarres ayuda a la navegación flotantes.

#### Publicaciones de IALA relacionadas:

- Recomendación R0107 - Amarres para ayudas a la navegación flotantes
- Guía G1066 - Diseño de fondeos para ayudas a la navegación flotantes
- IALA Curso Modelo C2001-4 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 – fondeos de Boyas

### 3.14.8 POSICIONAMIENTO DE AYUDAS FLOTANTES

La posición cartografiada de una ayuda flotante define la posición nominal (o verdadera) de su punto de anclaje. En la mayoría de las ayudas flotantes, existe la posibilidad de que el ancla o muerto se desplacen de su posición durante tormentas o debido a corrimiento del hielo. Además, pueden producirse errores de posición durante la operación de fondeo.

En el proceso de posicionamiento de muertos se debe utilizar ayudas de radionavegación o radioposicionamiento. El uso de GNSS para la fijación de posición se considera cada vez más el método preferido. Las ventajas de la fijación de posiciones con GNSS son: comodidad, precisión y fiabilidad. Por lo general, un buque balizador que utilice GNSS puede situarse a menos de 10 metros de la posición nominal de la boyá en el momento de soltar el muerto.

Si se deja que el muerto caiga libremente, su posición final en el fondo dependerá de la corriente predominante, la profundidad del agua, la forma del muerto y la naturaleza del fondo marino. El control del descenso del muerto puede mejorar la precisión de la posición de la boyá.

### 3.14.9 RÓTULOS Y MARCAS DE TOPE

#### Rótulos

Las Ayudas a la Navegación Flotantes suelen identificarse con nombres, abreviaturas de nombres, letras y/o números. Las autoridades deben asegurarse de que la señalización real es idéntica a la descrita en el Libro de Faros y la de las Cartas Náuticas.

#### Marcas de Tope

El tipo, color y disposición de las marcas de tope en una boyá se describen en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA. Las marcas de tope deben ajustarse a la Guía 1094 sobre Marcas Diurnas para Ayudas a la Navegación.

#### Publicaciones de IALA relacionadas:

- Guía G1094 - Marcas diurnas para ayudas a la navegación



## CAPÍTULO 4

### ASPECTOS TÉCNICOS DE ATON



## 4.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

### 4.1.1 TIPOS DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN Y DE ENERGÍA

Para el funcionamiento de faros y ayudas flotantes se han adoptado o contemplado una amplia gama de sistemas de alimentación y fuentes de energía. Habiéndose utilizado desde mecanismos de relojería hasta isótopos radiactivos. En la Tabla 19 se enumeran algunos de los tipos más comunes.

Tabla 19. Fuentes de energía para el funcionamiento de las ayudas luminosas.

Fuentes de energía eléctrica y sistemas de almacenamiento	Fuentes de energía no eléctricas
Red eléctrica convencional	Acetileno
Módulos solares fotovoltaicos	Propano
Generadores eléctricos de motores diésel y de gasolina	Butano
Pilas de batería primarias y secundarias	Queroseno
Generadores eólicos	
Generadores activados por olas	
Pilas de combustible de alcohol o hidrógeno	
Dispositivos termonucleares	

El método más popular para alimentar una AtoN, si se dispone de ella, es la red eléctrica. Si no está disponible, se utilizan células fotovoltaicas alimentadas por energía solar con baterías recargables.

IALA ha creado una serie de documentos para facilitar la selección de los sistemas de energía eléctricos más adecuados para las Ayudas a la Navegación.

#### Consulte las publicaciones de IALA:

- Guideline G1067-0 - Selección de sistemas de alimentación para ayudas a la navegación y equipos asociados
- Guideline G1067-1 - Cargas eléctricas totales de AtoN
- Guideline G1067-2 - Fuentes de alimentación
- Guideline G1067-3 - Almacenamiento de energía eléctrica para AtoN
- Guideline G1039 - Diseño de sistemas de energía solar para ayudas a la navegación (también programa de dimensionamiento solar y manual)

#### Consulte también:

Normas nacionales aplicables para la manipulación segura de gases.

## 4.2 ELECTRICIDAD – FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

### 4.2.1 ENERGÍA SOLAR (CÉLULAS FOTOVOLTAICAS)

La energía solar es una fuente de energía ideal para muchos usos en Ayudas a la Navegación. Ofrece:

- una fuente de energía sin partes móviles;
- no requiere mantenimiento, salvo la limpieza;
- poca degradación de la potencia de salida a lo largo de su vida útil;
- bajos costes de ciclo de vida; y
- mejora la seguridad al trabajar con sistemas de muy baja tensión.

Cuando se utiliza para alimentar una luz, el proceso de recarga de la batería se separa del funcionamiento de la fuente de luz para que el voltaje de recarga pueda optimizarse sin detrimento de su funcionamiento.

Las potenciales dificultades asociadas a la energía solar son:

- Las AtoN expuestas a condiciones de formación de hielo son quizás las únicas aplicaciones inadecuadas para el uso de módulos solares.

#### 4.2.1.1. TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS

En la Tabla 20 se enumeran las tres tecnologías más habituales empleadas en la fabricación de módulos solares de silicio.

Tabla 20. Tecnología de células solares de silicio

Tecnología	Comentarios
Células monocristalinas	<p>Elaboradas a partir de una fina capa cortada de un único gran cristal de silicio, habitualmente producido con forma de barra de sección circular.</p> <p>Generalmente poseen la mayor eficiencia de las tres tecnologías.</p> <p>Si se utilizan obleas de silicio circulares, el factor de llenado del módulo es significativamente inferior al de las células policristalinas. En la actualidad, es habitual recortar las células para aproximarlas a un cuadrado.</p>
Células policristalinas	<p>Se fabrican a partir de una fina capa cortada de una gran pieza de silicio fundido compuesto por muchos cristales.</p> <p>Son ligeramente menos eficientes que la célula monocristalina, pero pueden moldearse para llenar completamente el módulo.</p>
Tecnología de capa fina	<p>Se fabrican depositando finas películas o capas de silicio directamente sobre un sustrato de vidrio o acero inoxidable.</p> <p>La célula tiene un rendimiento menor que cualquiera de las otras tecnologías, pero puede tener varias capas para mejorar su rendimiento. Se han detectado problemas con la vida útil de estas células.</p>

Además de las tecnologías de células de silicio, existen dos configuraciones de módulo opcionales basadas en el número de células conectadas en serie. El módulo estándar suele tener 36 células en serie para dar una tensión de circuito abierto de unos 20 voltios. Esto es ideal para cargar una batería de 12 V o dos módulos conectados en serie para cargar una batería de 24 V.

Módulos o pares de módulos suelen conectarse en paralelo para proporcionar la corriente de carga necesaria (requerimiento de potencia). Para todas las aplicaciones de carga de baterías se considera esencial un regulador de tensión (carga).

Los avances modernos en electrónica han permitido desarrollar reguladores de tensión (carga) que utilizan el seguimiento del punto de máxima potencia (Máximo Power Point Tracking). Esto garantiza que carguen el módulo solar a un nivel operativo, para obtener la máxima potencia para cualquier nivel dado de irradiancia. Este nivel de funcionamiento es independiente del nivel de tensión de carga de la batería. Con esta tecnología se puede obtener hasta un 30% más de potencia que con los reguladores de tensión convencionales y garantizar una carga solar eficaz en los lugares donde la temperatura ambiente es elevada. Hay que tener en cuenta que se consigue un mejor rendimiento cuando la tensión del panel es al menos el doble de la tensión nominal de la batería.

#### **4.2.1.2. ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS O DEL PANEL**

En el hemisferio norte, los módulos solares se instalan normalmente orientados hacia el sur e inclinados en un ángulo respecto a la horizontal, que está relacionado con la latitud del emplazamiento, de modo que se pueda maximizar la producción durante el periodo del año en que la irradiancia es menor. En el hemisferio sur, la instalación se realiza a la inversa. El ángulo de inclinación de los módulos solares suele optimizarse para cada emplazamiento concreto como parte de los cálculos de dimensionamiento.

Uno de los principales problemas de las Ayudas a la Navegación con energía solar son los depósitos de excrementos de las aves. Se han ensayado numerosas soluciones innovadoras generalmente con resultados desiguales. Por lo general, los módulos solares montados en ángulo o verticalmente se benefician del autolavado de la lluvia.

El coste de los módulos solares adicionales necesarios para una instalación vertical puede verse compensado en gran medida por el ahorro derivado de la simplificación del montaje de soportes y bastidores.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Guía G1170 - Módulos solares para entornos marinos
- Guía G1039 - Diseño de sistemas de energía solar para AtoN (también Programa y manual de dimensionamiento solar)
- IALA Curso Modelo C2002-3 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Sistemas Fotovoltaicos (Paneles Solares) y Mantenimiento

## **4.2.2 ENERGÍA EÓLICA**

#### **4.2.2.1. APLICACIONES EN LA AYUDAS A LA NAVEGACIÓN**

Los generadores eólicos (o turbinas eólicas) han sido utilizados por algunos miembros de IALA para cargar las baterías que alimentan sus Ayudas a la Navegación.

El tipo más usado corresponde a máquinas de eje horizontal con una turbina de dos o más palas (tipo hélice).

Los requisitos de mantenimiento, debido al número de componentes móviles.....

.....del generador eólico y su propensión a sufrir daños por tormentas, han limitado el uso generalizado de los generadores eólicos y no se consideran tan fiables como las células fotovoltaicas, pero pueden proporcionar un buen suministro de energía de reserva en aquellos sitios donde la irradiancia sea pobre, debido a la latitud, a que haya niebla, o se necesite una potencia adicional.

#### **4.2.2.2. INSTALACIONES**

Las instalaciones de aerogeneradores en zonas de ayudas a la navegación plantean una serie de problemas:

- Los aerogeneradores suelen requerir un mantenimiento considerable y continuo si funcionan en corrientes de aire turbulentas;
- Si el aerogenerador se instala en un mástil separado a cierta distancia de la Ayuda a Navegación, hay que tener en cuenta la caída de tensión inherente al cable;
- El funcionamiento de los aerogeneradores para alimentar las Ayudas a la Navegación debe tener en cuenta el impacto que puede tener en los factores medioambientales asociados al lugar, como la flora y la fauna, especialmente la mortalidad de las aves.

Consulte la publicación de la IALA:

- IALA Curso Modelo C2002-4 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Generadores Eólicos

#### **4.2.3 ENERGÍA UNDIMOTRIZ (OLAS)**

El generador activado por las olas (Wave Activated Generator) se desarrolló en Japón y se ha utilizado con éxito para alimentar boyas iluminadas. La interacción entre la boya y el movimiento de las olas actúa como una simple bomba de aire que se utiliza para accionar una turbina de aire y un generador eléctrico. El WAG se monta en la prolongación del tubo hueco de la cola que pasa a través del flotador de la boya. Con olas de 0,5 metros de altura, la potencia de salida puede alcanzar los 100 vatios. Los WAG tienen una vida útil limitada y los sistemas actuales sufren un desgaste excesivo.

Las condiciones del lugar determinarán la velocidad a la que el tubo hueco que forma la cola de la boya acumula algas y otras formas de incrustación. Estos aspectos deben tenerse en cuenta a la hora de desarrollar el régimen de mantenimiento de la WAG. Los WAG también pueden ser muy susceptibles a los daños causados por las tormentas.

### **4.3 BATERÍAS**

#### **4.3.1 BATERÍAS PRIMARIAS (NO RECARGABLES)**

Las pilas normales (no recargables) proporcionan energía eléctrica mediante un proceso químico no reversible. Se utilizaron en grandes cantidades hasta los años 80 para el funcionamiento de boyas y balizas automáticas. El uso de pilas no recargables ha disminuido drásticamente desde que existen módulos comerciales de energía solar (fotovoltaica). Un problema relacionado que aceleró el declive de este tipo de pilas fue el endurecimiento de las normas ambientales en varios países, que exigían recuperarlas para eliminarlas de una manera regulada.

Los costos de cumplimiento de estas normativas, junto con los aspectos de salud y seguridad en el trabajo por la frecuente sustitución de las baterías, han jugado a favor de la reconversión a fuentes de energía renovables. Siguen siendo una fuente de energía útil cuando la irradiación solar es baja, o cuando los robos son frecuentes, ya que son menos atractivas para robar.

#### **4.3.1.1. PILAS DE ZINC - AIRE**

La celda primaria de zinc-aire era una fuente de energía común para el funcionamiento de boyas y balizas. La celda utiliza un bloque de carbono poroso para suministrar oxígeno del aire a través de un electrolito alcalino para oxidar un ánodo de zinc. Las celdas primarias individuales tienen un voltaje de circuito abierto de aproximadamente 1,2 voltios y pueden suministrar de 1000 a 2000 Ah a una tasa máxima de aproximadamente 1 amperio.

#### **4.3.1.2. BATERÍA ALCALINA SELLADA**

Este tipo se utiliza comúnmente en algunos países y tiene la ventaja de un buen rendimiento a bajas temperaturas.

### **4.3.2 BATERÍAS SECUNDARIAS (RECARGABLES)**

Existen varios tipos de tecnologías de baterías recargables aplicadas a las Ayudas a la Navegación: las más comunes son las de plomo-ácido, las de iones de litio, y las alcalinas de níquel (normalmente de cadmio).

Recientemente han aparecido nuevas tecnologías de baterías recargables, como las baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH), las baterías de fosfato de litio-hierro (LiFePO<sub>4</sub>) y las baterías de cristal de plomo. Estas baterías ofrecen un buen peso y un mayor ciclo de vida para una capacidad dada, pero tienen un coste superior.

La tecnología de las baterías es un campo en rápido desarrollo en el que la relación entre densidad de potencia, tamaño y peso no deja de mejorar. Esta tecnología está siendo impulsada por el sector del automóvil y, sin duda, migrará a las aplicaciones AtoN.

#### **4.3.2.1. BATERÍAS DE PLOMO - ÁCIDO**

El tipo de batería de plomo-ácido es el preferido por lo general debido a su menor coste, su buena eficiencia en el intercambio de energía (95% frente a 80%), y su fiabilidad y disponibilidad generales. La forma básica de esta batería utiliza una placa positiva de dióxido de plomo y una placa negativa de plomo puro sumergidas en un electrolito de ácido sulfúrico diluido.

Las baterías de plomo-ácido están disponibles en dos diseños principales: las de plomo-ácido inundado y las reguladas por válvula (Valve Regulated Lead Acid). Las VRLA son de dos tipos: las de vidrio absorbido (que utilizan un sistema de micro separadores de vidrio para absorber el electrolito), y las de gel, que emplean un electrolito gelificado y separadores poliméricos para evitar cortocircuitos entre las placas positiva y negativa.

#### **4.3.2.2. BATERÍA ALCALINA DE NÍQUEL**

Estas baterías utilizan compuestos de níquel y, generalmente, cadmio con una solución de hidróxido de potasio como electrolito.

Las celdas de níquel-cadmio utilizan placas de acero perforadas que contienen el material activo, principalmente un hidróxido de níquel en la placa positiva y un compuesto de cadmio en la placa negativa. La construcción se conoce generalmente como celda de "placa de bolsillo".

Una gama de baterías de níquel-cadmio reguladas por válvula que utilizan un proceso de recombinación ahora complementa el diseño tradicional de celda inundada. En condiciones normales de carga flotante, cualquier gas producido se recombina dentro de la batería y la pérdida de agua es insignificante.

Sin embargo, si la batería se sobrecarga, se ventilará, pero se puede agregar agua si es necesario.

La batería de níquel-cadmio puede funcionar a bajas temperaturas y durante un mayor número de ciclos de descarga profunda.

#### **4.3.2.3. BATERÍAS DE IONES DE LITIO**

La batería de iones de litio es una tecnología en rápido desarrollo con muchas variantes establecidas en el mercado que ofrecen un rendimiento probado. Sus ventajas generales son: una alta densidad de energía con potencial para capacidades aún mayores; no necesitan acondicionamiento cuando son nuevas para adquirir la máxima capacidad; tienen una autodescarga relativamente baja; y no requieren una descarga periódica para mantener el rendimiento. También, son adecuadas para aplicaciones de baja y alta potencia.

Las desventajas de las baterías de iones de litio son que requieren un circuito de protección para mantener la tensión y la corriente dentro de unos límites seguros, y que están sujetas a restricciones de transporte por motivos de seguridad. Su fabricación es cara y está surgiendo un debate sobre el impacto social de las materias primas necesarias para fabricarlas.

El ion-litio es cada vez más popular por su mayor densidad de potencia, aunque es más caro de adquirir.

### **4.3.3 ELIMINACIÓN DE BATERÍAS**

En la actualidad, varios países cuentan con normas y reglamentos relativos a los métodos seguros y aceptables desde el punto de vista medioambiental para desechar o reciclar las baterías, así como para las repercusiones medioambientales y sociales de la adquisición de materias primas para baterías. Esto debería ser un factor clave a la hora de seleccionar una batería adecuada para una aplicación AtoN.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- IALA Curso Modelo C2002-1 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Sistemas de Alimentación de CC
- IALA Curso Modelo C2002-2 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Baterías Primarias y Secundarias

## 4.4 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA/GENERADORES ELÉCTRICOS

### 4.4.1 GENERADORES ELÉCTRICOS DIÉSEL

Los grupos electrógenos de diésel se usan a menudo como fuente principal de energía eléctrica cuando el emplazamiento de la ayuda a la navegación es demasiado lejano para suministrar energía eléctrica de red. Los generadores diésel, también, se utilizan para suministrar energía de emergencia o de reserva.

La capacidad del generador para soportar las cargas operativas y domésticas de un faro estándar ronda los 10 kW. En la actualidad existen grupos electrógenos más pequeños, de entre 2 y 5 kW, combinados con baterías y sistemas de inversor-cargador para satisfacer esta carga variable. Esta disposición puede ser la más adecuada y flexible si es más probable que, durante periodos largos, la carga sea ligera, y solo haya grandes cargas en períodos cortos. La necesidad de grupos electrógenos diésel en los faros está disminuyendo como consecuencia de:

- La reducción de la carga eléctrica en las Ayudas a la Navegación;
- La mejora de la eficiencia de las fuentes de energía renovables.
- La reducción, o eliminación, de las cargas domésticas.

### 4.4.2 GENERADORES ELÉCTRICOS CON MOTOR DE GASOLINA

Los grupos electrógenos de gasolina son una fuente de energía útil para los trabajos de mantenimiento, pero son menos habituales en instalaciones permanentes debido a:

- el almacenamiento de combustible y cuestiones de seguridad en el transporte;
- los requisitos de mantenimiento del sistema de encendido por chispa; y
- el motor de gasolina suele considerarse menos duradero que el diésel.

Consulte la publicación de la IALA:

- • Curso modelo IALA C2002-5 - Técnico en ayudas a la navegación nivel 2 - Sistemas de suministro de energía de CA de red; generadores diésel y de gasolina

## 4.5 PILA DE COMBUSTIBLE

Se trata de un dispositivo de estado sólido que utiliza un proceso catalítico para oxidar el combustible y generar una corriente eléctrica. Un combustible habitual es el hidrógeno, o combustibles ricos en hidrógeno, como el metanol. Se puede considerar como una batería alimentada de forma continua, que idealmente prefiere una carga constante.

Las pilas de combustible ya están disponibles comercialmente, aunque la tecnología sigue desarrollándose. Ofrecen una fuente de energía fiable y respetuosa con el medio ambiente para complementar las fuentes de alimentación AtoN.

Las pilas de combustible presentan una solución adecuada desde el punto de vista medioambiental, ya que el metanol puede fabricarse a partir de fuentes sostenibles y los subproductos de la generación de energía eléctrica son calor y agua. Existe cierto interés por el uso de pilas de combustible en sistemas de energía híbridos con energía eólica o solar.

## 4.6 CARGAS ELÉCTRICAS Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

### 4.6.1 CARGAS ELÉCTRICAS

IALA ha preparado una metodología estándar para calcular y definir el perfil de carga de las Ayudas a la Navegación eléctricas.

Algunas de las cargas que cubre esta metodología son:

- fuente de luz y equipamiento óptico;
- RACONs;
- AIS AtoN;
- señales acústicas de advertencia;
- detectores de visibilidad;
- sistemas de monitorización y telecontrol; y
- reguladores de carga.

Consulte la publicación de la IALA:

- Guía 1067-1 - Cargas eléctricas totales de AtoN

### 4.6.2 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Para garantizar un funcionamiento fiable de las Ayudas a la Navegación durante tormentas eléctricas, debe considerarse tanto la protección física contra rayos, como la protección zonificada contra sobretensiones. IALA ha elaborado guías para describir métodos prácticos para el diseño, instalación, inspección y pruebas de sistemas de protección contra rayos. La información cubre la protección contra rayos para estructuras, equipos y sistemas de Ayuda a la Navegación.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía G1012 - Protección de faros y otras AtoN contra los daños causados por el rayo
- IALA Curso Modelo C2002-6 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Protección contra el rayo

## 4.7 FUENTES DE ENERGÍA NO ELÉCTRICAS

Históricamente, las fuentes de energía no eléctrica se han utilizado con frecuencia en las Ayudas a la Navegación; sin embargo, el uso de fuentes de energía eléctrica es, actualmente, la norma y es práctica recomendada para las nuevas instalaciones. Existen diversas fuentes de energía no eléctrica; los principales tipos utilizados en Ayudas a la Navegación son el acetileno y el propano.

### 4.7.1 ACETILENO

El acetileno ( $C_2H_2$ ) se ha utilizado durante muchos años para hacer funcionar las luces de las boyas y las Ayudas a la Navegación desatendidas. El acetileno puede explotar si se comprime directamente, pero puede ser.....

.....contenido de forma segura a baja presión en cilindros especiales cuando se disuelve en acetona. La fabricación del acetileno, las normas para las bombonas y el proceso de llenado suelen estar controlados por normativas gubernamentales.

El acetileno ha sido una fuente de energía cómoda y fiable para las Ayudas a la Navegación.

No obstante, debe prestarse la debida atención a:

- la manipulación segura de las botellas;
- la amplia gama de mezclas explosivas con aire (entre un 3 y un 82% de acetileno);
- la pureza del gas; y
- minimizar las fugas en tuberías y juntas.

## 4.7.2 PROPANO

El gas propano ( $C_3H_8$ ) se ha utilizado como combustible alternativo al acetileno, sobre todo en las boyas. Aunque el propano tiene que consumirse en un quemador con camisa o capilla incandescente para proporcionar una luz blanca, presenta varias ventajas sobre el acetileno:

- Es un subproducto de los procesos de refinado del petróleo;
- Su abundancia y bajo coste;
- El propano se licua a una presión de 6 atmósferas a  $17^{\circ}C$  y puede transportarse en bombonas de bajo peso y coste;
- El propano mantendrá una presión positiva hasta  $-40^{\circ}C$  y no se congelará en condiciones probables en el mar.
- Las botellas pueden ubicarse en compartimentos de la boyas, o rellenando directamente el cuerpo de la misma, o en contenedores a presión;
- Comparando envases, la botella de propano de 20 Kg tiene un peso bruto de 48 kg, y un acumulador de acetileno de 7000 litros pesa 105 kg;
- Además, el coste de la botella de propano es un tercio del acumulador de acetileno;
- El propano es un gas especialmente seguro, ya que sólo un 6% de todas sus posibles mezclas con aire son explosivas frente a una cifra del 80% para el acetileno; y
- Quema limpiamente sin el riesgo de formación del hollín que puede producirse con un quemador de acetileno mal ajustado.

Consulte :

- Normas nacionales aplicables para la manipulación segura de gases.

## 4.8 ESTRUCTURAS Y MATERIALES

### 4.8.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE ATON FIJAS

La complejidad del diseño de un AtoN fijo depende de varios factores, como la altura focal, las condiciones de los cimientos y las cargas ambientales. Es importante que el diseño cumpla los reglamentos, códigos, normas y directrices aplicables a la zona geográfica y que éstas se incorporen al diseño y la construcción de las AtoN.

En los países con condiciones climáticas extremas, como ciclones, olas extremas o actividad sísmica inducida, es especialmente importante que las AtoN estén diseñadas para hacer frente adecuadamente a estos entornos.

La altura de la AtoN determina el alcance geométrico máximo alcanzable y es un parámetro de diseño clave que influye en los elementos estructurales de la AtoN.

La información clave del diseño puede incluir:

- Requisitos de rendimiento funcional y operativo del gestor de las AtoN;
- Códigos de diseño pertinentes para la región;
- Documento de Base de Diseño (Basis Of Design) para confirmar los parámetros y valores del diseñador; y
- Documentos de diseño, como especificaciones, planos de diseño, evaluaciones de riesgos, etc.

Independientemente de la ubicación global, los códigos de diseño regionales suelen abarcar temas comunes para ayudar a los diseñadores, y el cumplimiento de tales normas se considera generalmente una buena práctica.

Las normas regionales suelen incluir los siguientes ámbitos:

- Principios para el diseño;
- Cargas;
- Estructura de acero;
- Hormigón armado;
- Geotecnia;
- Apilamiento; y
- Maderas.

El diseño de ingeniería estructural debe ser realizado por ingenieros debidamente cualificados y competentes que estén debidamente registrados en un organismo profesional apropiado de ingeniería.

Las estructuras AtoN pueden estar hechas de muchos materiales de construcción diferentes, o de un compuesto de diversos materiales. Todas las estructuras y edificios se deterioran con el tiempo, por lo que los métodos para ralentizar o detener el deterioro son una parte importante de cualquier régimen de mantenimiento de una AtoN.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía G1006 - Boyas de plástico
- Guía G1015 - Pintado de boyas de ayuda a la navegación
- Guía G1036 - Gestión medioambiental en las ayudas a la navegación
- Guía G1077 - Mantenimiento de las ayudas a la navegación
- Guía G1091 - Ahuyentadores de aves y soluciones para las incrustaciones de aves
- Guía G1109 - Elementos disuasorios de robo y vandalismo
- Guía G1165 - Diseño estructural sostenible de ayudas a la navegación marítima
- Guía G1175 - Equipos y estructuras de AtoN expuestos a condiciones ambientales extremas
- IALA Curso Modelo C2011-1 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Estructuras Marinas de Ayudas a la Navegación: Materiales, Corrosión y Protección
- IALA Curso Modelo C2011-2 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Conservación de Estructuras

## 4.8.2 TIPOS DE MATERIALES

Existen siete tipos principales de materiales utilizados en la construcción de estructuras AtoN o partes de las mismas. Estos tipos corresponden a las categorías de material con sus usos identificadas en la Tabla 21.

Tabla 21. Materiales utilizados en la construcción de estructuras AtoN.

Material	Uso en la construcción
Madera	Faros, balizas, torres y pilotes
Mampostería (ladrillos/piedra) y hormigón	Faros, balizas y torres
Metales ferrosos (a base de hierro, por ejemplo, acero)	Faros, balizas, torres y boyas
Metales no ferrosos (por ejemplo, aluminio)	Balizas, torres y boyas
Alambre y cable de acero	Sujeciones en balizas y pilotes
Plástico reforzado con fibra de vidrio (Glass Reinforced Plastic )	Balizas y boyas
Plástico y caucho	Boyas y defensas

## 4.8.3 MATERIALES Y ACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS

El acondicionamiento de edificios es un término general que abarca la calefacción, ventilación, deshumidificación y aire acondicionado de un edificio o estructura para evitar su deterioro.

Las condiciones ambientales de las zonas costeras suelen caracterizarse por un aire con alta concentración de humedad y sal, fuertes vientos y temperaturas extremas que varían en función de la ubicación. Se examinan los factores que influyen en el acondicionamiento de los edificios, como el diseño y la historia de los mismos, además de los materiales utilizados en su construcción, junto con los métodos para proporcionar su acondicionamiento.

Consulte la publicación de la IALA:

- Guía G1077 - Mantenimiento de las estructuras de AtoN

Tabla 22. Materiales y amenazas, incluida la corrosión

	Material	Amenazas
1	Fijaciones para madera y metal	Pudrición por hongos, perforadores e insectos marinos, impactos
2	Piedra de cantera y mampostería (albañilería)	Desprendimiento de residuos por gravedad; sal; arena; crustáceos; vegetación
3	Hormigón armado	Problemas con el refuerzo interno
4	Metal - ferroso (a base de hierro)	Corrosión electroquímica, abrasión y desgaste
5	Estructuras y componentes metálicos no ferrosos (aluminio, etc.)	Corrosión galvánica; metales distintos; microbiológica (excrementos de aves - guano)
6	Plástico reforzado con fibra de vidrio	impactos, sol, hielo
7	Plásticos y caucho	

#### 4.8.3.1. METAL FERROSO - AMENAZAS Y PROTECCIÓN

De todos los materiales utilizados en las obras de AtoN, el que sufrirá un rápido deterioro, si no se protege, es el metal ferroso. La principal amenaza es la oxidación del metal, sobre todo cuando se expone al aire salado, mientras que la principal protección consiste en pintarlo periódicamente.

Aunque el acero inoxidable puede utilizarse en la carpintería metálica, este es considerablemente más caro que el acero dulce y requiere técnicas de fabricación especiales. Sin embargo, la diferencia de precio es insignificante en el caso de tuercas, pernos, y arandelas, que deben utilizarse siempre, sobre todo en las boyas. El uso de pernos de acero dulce más baratos (que pueden fallar por oxidación) puede provocar la pérdida del equipo de una boya y, por tanto, el fallo del AtoN. En la Tabla 23 se muestran los diferentes métodos de protección para diversos materiales.

Tabla 23. Protección de estructuras

<b>Material</b>	<b>Métodos de protección</b>
Madera	Conservante de la madera, brea (alquitrán)
Cantería y mampostería	Eliminación de la vegetación; control de la humedad; sustitución del mortero entre los ladrillos y la piedra ("juntas").
Hormigón	
Metales ferrosos	Protección catódica; corriente impresa; disuasores de aves; pintura
Metales no ferrosos	Aislamiento de metales diferentes; disuasores de aves; pintura
Alambre y cable de acero (ferroso)	Grasa
Plástico reforzado con fibra de vidrio	Ninguno
Plástico y caucho	Ninguno (pero las defensas de caucho alrededor de las boyas de plástico pueden ser eficaces)

Como ya se ha señalado, de todos los métodos de protección mencionados, el más importante, y que debe repetirse periódicamente, es el pintado de las estructuras y componentes metálicos. Este es, especialmente, el caso de los elementos metálicos (barandillas, escaleras de acceso, etc.) que están expuestos a las duras condiciones salinas que sufren muchas AtoN ubicadas en el mar o cerca de él.

## 4.9 CONDICIONES AMBIENTALES EXTREMAS

El funcionamiento de AtoN se ve afectado por fuerzas externas, incluidas las condiciones ambientales. Si estas condiciones llegan a ser extremas, pueden afectar negativamente al funcionamiento previsto del AtoN, reduciendo el rendimiento operativo y su vida útil. También, puede ser necesario aumentar y/o modificar el mantenimiento.

Consulte la publicación de la IALA:

- Guía G1175 - Equipos y estructuras de AtoN expuestos a condiciones ambientales extremas

#### **4.9.1 VIENTO Y OLEAJE**

El viento incide especialmente en el rendimiento de la AtoN ya que, en función de su velocidad y dirección, genera un "efecto de oleaje" que modifica el comportamiento de las boyas hidrostáticas. El viento tiene un impacto directo sobre las cargas impuestas al sistema de fondeo, la posición de la boya, la divergencia vertical de la linterna, y la tasa de deterioro de la cadena de fondeo.

En el caso de las AtoN fijas, las cargas del viento también son una consideración importante en el proceso de diseño y selección de materiales.

#### **4.9.2 GEOMORFOLOGÍA**

El aumento de los depósitos de bancos de arena o el hundimiento de la costa, asociados a importantes procesos de sedimentación y erosión, propios del comportamiento fluvial, pueden afectar a la estabilidad de las AtoN fijas instaladas en la línea de costa. El posicionamiento de las AtoN en estas zonas debe ser cuidadosamente considerado y se requiere un plan de mantenimiento para la reubicación proactiva de las AtoN flotantes y fijas, cuando sea necesario, y cuando sea debido a cambios morfológicos.

Concretamente, en los sistemas de amarre de boyas, la abrasión provocada por el movimiento de los sedimentos suele provocar un mayor desgaste del sistema de amarre.

#### **4.9.3 TEMPERATURA**

Las temperaturas extremadamente bajas o altas pueden afectar al rendimiento de los equipos externos; pueden acortar su vida útil y volver más frágil determinados materiales, comprometiendo el índice de protección contra la penetración (IP##) proporcionado por el fabricante e, incluso, la integridad estructural.

Otros ejemplos son las altas y bajas temperaturas que afectan a la vida útil de las baterías y las temperaturas bajo cero que afectan a las piezas móviles como, por ejemplo, los aerogeneradores.

Consulte la publicación de la IALA:

- Guía G1108 - Retos de la prestación de servicios AtoN en las regiones polares
- Guía G1136 - Prestación de servicios AtoN en condiciones de calor y humedad extremos

#### **4.9.4 LUZ ULTRAVIOLETA (UV)**

Los altos niveles de luz ultravioleta (UV) en períodos prolongados de luz solar intensa pueden provocar la degradación de las propiedades de los materiales, incluida la fijación del color, las lentes de plástico, las boyas de acero y plástico, las estructuras, los sistemas de revestimiento y los equipos, y dispositivos eléctricos/electrónicos. La exposición a los rayos UV también puede suponer un riesgo importante para los trabajadores y requiere una gestión cuidadosa y un control de mitigación específico.

El mantenimiento de las linternas debe incluir su inspección para volver a verificar el alcance de la luz, ya que puede verse afectado por los rayos UV elevados.

#### 4.9.5 CONDICIONES DEL AGUA

La salinidad, el contenido de sulfatos, la temperatura, el oxígeno disuelto, y el pH pueden influir, por separado y combinados, en la corrosión del acero de una AtoN.

Por lo general, las temperaturas más altas, como las que se registran en las aguas tropicales, y los niveles más altos de oxígeno disuelto se combinan para aumentar los mecanismos corrosivos.

La corrosión del acero en el agua de mar es un proceso electroquímico que se agrava con el aumento de la salinidad. El pH del agua también tiene un efecto variable sobre la corrosión. El pH de las aguas puede verse afectado localmente por agentes artificiales, como los vertidos de refinerías de petróleo y plantas químicas.

La corrosión acelerada en bajamar (Accelerated Low Water Corrosion) de las estructuras de acero se da en determinadas regiones. La ALWC es una forma agresiva de corrosión por influencia microbiana que puede producirse en el acero de estructuras marinas y de estuario. Los efectos son más prevalentes en aguas de marea y la ALWC se observa a menudo alrededor del nivel de bajamar.

La protección catódica es un medio para reducir la corrosión en estructuras metálicas y componentes principales expuestos al agua de mar. El sistema proporciona ánodos de protección que se corroen en lugar del metal. Esto puede reducir la velocidad de corrosión. Las estructuras AtoN pueden pintarse, envolverse con una cinta bituminosa o revestirse con una funda protectora para minimizar el contacto del agua de mar con la estructura.

Los sedimentos móviles compuestos de arena abrasiva, como el basalto, pueden tener un efecto abrasivo sobre todos los materiales sumergidos, incluidos los cimientos de las AtoN fijas al lecho marino y las cadenas de amarre de las AtoN flotantes. Las operaciones de mantenimiento deben recopilar información a lo largo del tiempo sobre la velocidad de corrosión de las cadenas de acero y otros componentes de amarre. Esto permite dimensionar el espesor del material en consecuencia, teniendo en cuenta la pérdida sacrificial de material.

#### 4.10 VEGETACIÓN

La vegetación es una amenaza para las estructuras de las AtoN, así como para la propia AtoN, que a menudo tiende a pasar desapercibida. Los árboles y arbustos tienden a crecer en altura y anchura, y las raíces pueden introducirse en los cimientos o muros de las estructuras y deteriorarlas.

El agua de mar muy caliente, asociada a climas extremadamente cálidos y húmedos, puede provocar el rápido crecimiento de densas poblaciones de organismos marinos, y a veces destructivos, tanto en los amarres de las boyas como en los cimientos de las estructuras fijas. Esto puede aumentar la frecuencia y el coste del mantenimiento, repercutir negativamente en la flotabilidad, y acelerar la corrosión.

Una amenaza más urgente es que la vegetación pueda ocultar la AtoN. El control remoto mostrará que la luz funciona, sin embargo, el navegante no podrá verla.

También, puede existir un factor de salud y seguridad si el personal visitante tiene que cortar la vegetación para acceder a la AtoN o tiene que caminar sobre la vegetación que puede ser resbaladiza.

La limpieza de la vegetación debe incluirse siempre en el mantenimiento planificado.

## 4.11 AVES; GUANO (EXCREMENTOS DE AVES) Y ELEMENTOS DISUASORIOS

La suciedad de la instalación de una AtoN debida a las aves (guano o excrementos de aves) tiene efectos perjudiciales sobre su disponibilidad y fiabilidad, sobre la salud y la seguridad en el lugar de trabajo y, en general, provoca un deterioro estructural acelerado.

Los excrementos de pájaros tienen una serie de efectos perjudiciales sobre la AtoN:

- Una cobertura excesiva de guano en las internas, o en las ópticas, puede causar la obstrucción parcial o total de la fuente de luz;
- Una cobertura excesiva de guano en los paneles solares reduce la superficie activa del panel;
- Una capa de guano en los faros u otras marcas diurnas puede provocar un cambio de color; y
- El guano es altamente cáustico pudiendo aumentar la corrosión en las estructuras, accesorios y componentes de una AtoN, así como dañar los equipos eléctricos, incluidos los "interruptores solares".

La forma más eficaz de mitigar la acumulación de guano es disuadir la llegada y el asentamiento de aves marinas, o de intentar hacerlo, en un emplazamiento AtoN. Esto se puede conseguir instalando y manteniendo espigas para aves, alambres u otras medidas como pintura anti-grafiti. En las zonas donde esto no disuada por completo a las aves marinas, las zonas deben lavarse regularmente como parte de los procedimientos de mantenimiento.

**Consulte la publicación de la IALA:**

- Guía G1091 - Ahuyentadores de aves y soluciones para las incrustaciones de aves

## 4.12 ROBO Y VANDALISMO

El robo puede definirse como el acto de sustraer o llevarse ilícitamente cualquier elemento, componente o pieza de equipo de la instalación de una AtoN.

El vandalismo puede definirse como una acción que implica la destrucción o el daño deliberado de una AtoN. Los daños no notificados a las AtoN flotantes o fijas causados por embarcaciones de paso también pueden incluirse en esta categoría.

El robo y el vandalismo pueden variar mucho, pero en general, provocan una disminución de la disponibilidad de una AtoN, en algunos casos hasta el punto de que la AtoN deja de ser operativa o funcional, lo que plantea graves implicaciones para la seguridad de la navegación y la protección del medio marino.

Si se aplican eficazmente las medidas disuasorias contra el robo y el vandalismo pueden ser una valiosa herramienta para ahorrar costes y mejorar la disponibilidad de una AtoN. Por tanto, la seguridad del emplazamiento debe incluirse siempre en el diseño de una AtoN.

Consulte la publicación de la IALA:

- Guía G1109 - Elementos disuasorios de robo y vandalismo
- IALA Curso Modelo C2011-1 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 1- Estructuras Marinas de Ayudas a la Navegación: Materiales, Corrosión y Protección
- IALA Curso Modelo C2022-2 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 1- Conservación de estructuras

Los técnicos reciben orientación detallada a través de los siguientes cursos modelo:

- IALA Curso Modelo C2011-1 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 1- Estructuras Marinas de Ayudas a la Navegación: Materiales, Corrosión y Protección
- IALA Curso Modelo C2022-2 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 1- Conservación de estructuras

## 4.13 MATERIALES PELIGROSOS

### 4.13.1 MERCURIO

Algunos faros históricos siguen utilizando lentes de cristal giratorias y pedestales flotantes de mercurio. Se trataba de un método ingenioso para dotar a una lente pesada de un cojinete casi sin fricción, de modo que pudiera girar mediante un mecanismo de relojería. Sin embargo, dadas las propiedades tóxicas y corrosivas del mercurio, la siguiente información puede ayudar a las Autoridades Competentes a aplicar los procedimientos de seguridad adecuados.

El pedestal flotante de mercurio de una lente giratoria de primer orden contiene unos 13 litros de mercurio. También, se pueden encontrar cantidades de mercurio en las unidades de anillos colectores eléctricos de una amplia gama de equipos de iluminación de lámparas giratorias, en algunos interruptores basculantes, en interruptores de contacto de alta intensidad, y en manómetros y termómetros. En la actualidad, algunas autoridades lo están eliminando progresivamente debido a restricciones legislativas más estrictas sobre su uso y transporte.

#### 4.13.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

El mercurio es un metal pesado que tiene la inusual propiedad de permanecer líquido a temperaturas normales (por encima de - 38°C).

#### 4.13.1.2 RIESGO DE VERTIDO

El mercurio de un sistema óptico de un faro no representa un peligro significativo, a menos que el personal entre en contacto con mercurio "no confinado" como resultado de vertidos accidentales. Tales sucesos suelen ser el resultado de un accidente durante los trabajos de mantenimiento, o como consecuencia de un desastre natural como un temblor de tierra que desplaza el mercurio de su bañera de contención. Si se derrama, el mercurio puede penetrar por las grietas de los suelos y se absorbe fácilmente en superficies porosas como el hormigón, la mampostería y la madera.

Cuando se rompe en pequeños glóbulos o gotitas, la superficie y la velocidad de vaporización aumenta rápidamente. Las pequeñas gotas se adhieren fácilmente al polvo y pueden formar partículas inhalables.

El mercurio es una sustancia corrosiva si entra en contacto con metales como el zinc y el aluminio.

#### **4.13.1.3. RIESGO LABORAL**

El riesgo laboral asociado al mercurio está relacionado con:

**Inhalación de vapores:** Se producirá cierta vaporización desde una superficie de mercurio libre a temperatura ambiente normal y éste es el primer contacto más probable que el personal del faro podrá tener con el mercurio. A menos que se hayan medido los niveles de vapor de mercurio, es poco probable que el personal sea consciente del peligro. Si el espacio de trabajo alrededor de los equipos del faro que contienen mercurio no está bien ventilado, los niveles de concentración pueden elevarse por encima de los límites recomendados y existe la posibilidad de intoxicación por mercurio. El vapor de mercurio es más pesado que el aire y en el aire en calma tenderá a concentrarse en las partes bajas del espacio de trabajo. Una ventilación bien diseñada permitirá que dichas concentraciones se dispersen.

**Ingestión:** Puede provocar una intoxicación aguda por mercurio.

**Absorción cutánea:** El mercurio no se absorbe fácilmente a través de la piel.

**Precauciones:** Es esencial que la Autoridad disponga de procedimientos de trabajo detallados y estrictamente gestionados para todo el personal que trabaje con mercurio o en estrecha proximidad con él.

El personal debe recibir formación sobre estos procedimientos de trabajo y someterse a controles médicos periódicos para garantizar que no se contamine con mercurio.

Los procedimientos de trabajo deben ajustarse a la normativa nacional sobre salud y seguridad y deben ser redactados por un experto en la materia.

Para los trabajos en ópticas, el procedimiento cubrirá el vaciado, la limpieza y el rellenado de la bañera de la óptica. Los procedimientos de limpieza detallarán los métodos para recuperar todas las partículas visibles de mercurio y el uso de productos químicos para neutralizar los derrames más pequeños.

Deben suministrarse equipos de protección individual (EPI) diseñados específicamente para su uso con mercurio. Estos incluirán monos, guantes, cubre-calzado, máscaras de gas y protectores oculares. Deben establecerse procedimientos seguros para el almacenamiento y la eliminación de estos equipos.

Debe disponerse de un medidor de vapor de mercurio para controlar el entorno de trabajo, así como de procedimientos de comprobación y calibración periódicos.

#### **4.13.1.4. TRANSPORTE**

El mercurio es una sustancia peligrosa y deben seguirse las normativas nacionales e internacionales pertinentes en relación con el tipo de recipiente que debe utilizarse, el embalaje de este recipiente para el transporte y el marcado de este embalaje.

Tanto la OMI como la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) disponen de normas que regulan el transporte de mercurio.

## 4.13.2 PINTURAS

Las autoridades de Ayudas a la Navegación utilizan una cantidad y variedad significativas de pinturas y materiales de revestimiento relacionados. Existe la posibilidad de que se produzcan situaciones peligrosas y de contaminación ambiental. Por ejemplo:

- Almacenamiento de pinturas y disolventes inflamables;
- Durante la preparación de la superficie y la eliminación de la pintura antes del repintado;
- Contacto con vapores y disolventes durante la aplicación; y/o
- Limpieza y eliminación de residuos.

### 4.13.2.1. PLOMO E ISOCIANATO

Las pinturas a base de plomo e isocianato se han utilizado mucho en el pasado, pero ahora están restringidas o prohibidas en algunos países. Es probable que las autoridades encargadas del mantenimiento de los faros más antiguos se enfrenten, en algún momento, a la necesidad de retirar la pintura a base de plomo y eliminar los residuos. Se insta a los miembros a evaluar los riesgos y a adoptar las medidas adecuadas para proteger al personal de mantenimiento y al medio ambiente.

### 4.13.2.2. REVESTIMIENTOS ANTIINCRUSTANTES

Las pinturas antiincrustantes contienen biocidas y se aplican a los buques y a las Ayudas a la Navegación flotantes para reducir la acumulación de organismos marinos. En los buques de servicio, la pintura antiincrustante ayuda a minimizar el consumo de combustible.

En boyas y embarcaciones ligeras, la acumulación de crecimiento marino no es especialmente perjudicial. Habida cuenta de la concentración de este tipo de Ayudas a la Navegación en los accesos a los puertos y en las vías navegables interiores, pueden preferirse sistemas de pintura menos tóxicos para minimizar la contaminación ambiental.

Se ha prohibido el uso de un grupo concreto de pinturas antiincrustantes que utilizan Tributilo de estaño (TBT, TriButylTin). Para más información, consulte el Convenio internacional sobre el control de los sistemas antiincrustantes perjudiciales en los buques, publicado por la Organización Marítima Internacional (OMI).

### 4.13.2.3. ASBESTOS

El amianto es una sustancia cancerígena que se utilizaba (y en algunas zonas se sigue utilizando) en la construcción de edificios. El amianto tiene excelentes propiedades y, gracias a su resistencia al fuego, al moho, a la putrefacción y al aislamiento eléctrico, se convirtió en un material de elección a principios del siglo XX, y muchas autoridades tienen ahora la obligación reglamentaria de gestionar la conservación o eliminación segura de todo el amianto de su propiedad. El amianto es muy peligroso para cualquier persona que inhale sus fibras microscópicas y los síntomas pueden tardar muchos años en manifestarse en forma de mesotelioma, que suele ser mortal. El amianto debe tratarse con cuidado y deben seguirse las directrices reglamentarias pertinentes sobre su manipulación y eliminación.

## 4.14 BOYAS DE ACERO, PLÁSTICO Y COMPONENTES

Muchas boyas antiguas son de acero y pueden pesar varias toneladas. Es posible que las autoridades de AtoN sigan utilizando algunas con más de 100 años, lo que demuestra su gran robustez. Sin embargo, necesitan un mantenimiento periódico, especialmente el repintado. Debido a su peso, para instalar estas boyas de acero suele ser necesaria una embarcación especializada.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- IALA Curso Modelo C2001-3 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Manejo de Boyas y Prácticas de Trabajo Seguras
- IALA Curso Modelo C2001-4 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Amarres en Boyas
- IALA Curso Modelo C2001-5 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Limpieza de Boyas
- IALA Curso Modelo C2001-7 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Boyas de Plástico
- IALA Curso Modelo C2001-8 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Boyas de Acero

Las boyas más modernas suelen ser de plástico y mucho más ligeras, por lo que su instalación suele ser más sencilla. Sin embargo, no son tan robustas como las de acero y pueden perder color. Suelen tener algún tipo de acero compuesto para el lastre, las argollas de amarre, etc.

## 4.15 IMPACTO MEDIAMBIENTAL

IALA anima a todos sus miembros a prestar servicios de AtoN de forma responsable con el medio ambiente, en consonancia con su lema "Viajes exitosos, planeta sostenible".

Las Ayudas a la Navegación desempeñan un papel fundamental en la protección del medio ambiente al prevenir catástrofes marítimas que podrían tener consecuencias ecológicas catastróficas en el mar y en tierra. Sin embargo, los propios equipos y actividades de las ayudas a la navegación pueden causar importantes daños al medio ambiente debido a la contaminación, la generación de residuos y la alteración de los ecosistemas. Es esencial minimizar estos impactos negativos para que los beneficios de las Ayudas a la Navegación no se vean contrarrestados por daños no intencionados al medio ambiente, y eliminar el potencial de contaminación y despilfarro de los limitados recursos de la Tierra.

La norma internacional ISO 14001 proporciona un marco para la prestación de servicios responsables con el medio ambiente.

IALA se compromete a alinear sus actividades y las de sus miembros con los 17 Objetivos de Sostenibilidad de las Naciones Unidas.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R1004 - Sostenibilidad en el suministro de ayudas a la navegación marítima
- Guía G1036 - Gestión medioambiental en las ayudas a la navegación
- Guía G1137 - Gestión de AtoN en áreas protegidas

## 4.16 CONSERVACIÓN DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN HISTÓRICAS

El Órgano Asesor de IALA para la Conservación de Faros, Ayudas a la Navegación y Equipos Relacionados de Interés Histórico (PHL) fue creado por el Consejo de IALA en 1996 en respuesta al interés de los miembros por el valor patrimonial de los faros. En 2002, este Órgano pasó a formar parte del Comité de Ingeniería, Medio Ambiente y Conservación (EEP) de IALA, actualmente Comité de Ingeniería y Sostenibilidad (ENG) de AtoN. Este trabajo fue respaldado, además, por la Declaración de Incheon firmada en la Asamblea General de IALA en Incheon, República de Corea, en 2018.

Los objetivos de la Declaración de Incheon son:

- Ser conscientes de la necesidad de la conservación y gestión sostenible de los faros históricos como patrimonio cultural;
- Reconocer que la importancia de los faros históricos va más allá del valor arquitectónico y para la navegación, e incluye la cultura y la historia marítimas, la historia social y los aspectos medioambientales, y que, documentarlos, investigarlos e interpretarlos tiene un gran valor para beneficio e inspiración de las generaciones futuras;
- Conservar y desarrollar las zonas con faros históricos y los espacios culturales marítimos asociados para que personas de todas las edades y procedencias puedan apreciar y disfrutar de la contribución marítima y la cultura de sus respectivas naciones;
- Apoyar los esfuerzos de IALA para fomentar la gestión sostenible de los faros mediante proyectos de intercambio de conocimientos, formación y cooperación internacional, que reforzarán la capacidad de las naciones costeras para gestionar sus faros de forma coordinada y fomentarán las buenas prácticas de conservación y el interés por el patrimonio de los faros en todo el mundo; y
- Destacar el lanzamiento del Proyecto Incheon, diseñado para que IALA y sus miembros proporcionen asistencia a las naciones en desarrollo a través de la educación, la formación, la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades, así como contribuir al avance de las Ayudas a la Navegación a nivel mundial mediante diversos programas y la gestión de manera eficiente y coordinada, como un legado importante de la 19<sup>a</sup> Conferencia de IALA en Incheon, Corea, en 2018.

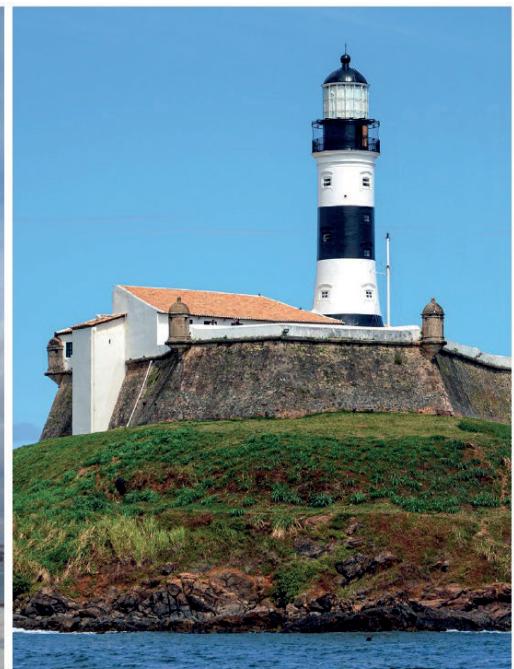
Ejemplos del trabajo realizado hasta la fecha:

- La realización del esquema de una base de datos de IALA para registrar los detalles de los faros históricos;
- La creación del premio "Faro del Año", basado en nominaciones internacionales y que se otorga cada año en el Día Mundial de Ayudas a la Navegación;

- Planificación de un taller sobre patrimonio para compartir ideas y experiencias sobre el patrimonio de los faros;
- La aprobación de la Recomendación R1005 sobre la conservación del patrimonio edificado de Faros y otras AtoN; y
- Publicación del Manual de Usos Complementarios de Faros.



Restauración de un faro patrimonial - Foto cortesía del Instituto Hidrográfico (Portugal)



Faro de Santo Antônio da Barra - Faro patrimonial del año de IALA - Foto de Tunisio Alves Filho

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Manual de conservación de faros
- Recomendación R1005 - Conservar el patrimonio construido de faros y otras ayudas a la navegación
- Guía G1093 - Gestión de los bienes sobrantes de los faros
- Guía G1063 - Acuerdo de uso gratuito de la propiedad del faro
- Guía G1049 - Utilización de fuentes luminosas modernas en la óptica de los faros tradicionales
- Guía G1074 - Marca y comercialización de faros históricos
- Guía G1075 - Plan de negocio para el uso complementario de un faro histórico
- Guía G1080 - Selección y exposición de objetos patrimoniales
- IALA Curso Modelo C2003-4 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Ópticas Giratorias de Mercurio

## 4.16.1 TAMAÑO DE LAS ÓPTICAS Y TERMINOLOGÍA

En la Tabla 24 se ofrece información sobre la terminología de los sistemas históricos de lentes de vidrio y la cantidad típica de mercurio contenida en los pedestales flotantes de mercurio (para sistemas de lentes giratorias).

Tabla 24. Terminología de los sistemas históricos de lentes de vidrio y cantidades asociadas de mercurio

<b>Descripción</b>	<b>Distancia focal</b>	<b>Cantidad típica de mercurio para el flotador</b>	
	mm	kilogramos	litros
Hiper-radial	1330		
Meso-radial	1125		
Primer orden	920	175	12.9
Segundo orden	700	126	9.3
Tercer orden	500	105	7.7
Pequeño tercer orden	375	96	7.0
Cuarto orden	250		
Quinto orden	187.5		
Sexto orden	150		



Consulte las publicaciones de la IALA:

- Manual de conservación de faros
- Guía G1049 - Utilización de fuentes luminosas modernas en la óptica de los faros tradicionales
- IALA Curso Modelo C2003-3 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Balizas Rotativas y Lentes Clásicas
- IALA Curso Modelo C2003-4 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Opticas Giratorias de Mercurio



## CAPÍTULO 5

# GESTIÓN DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN



## 5.1 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

### 5.1.1 PRINCIPIOS ORIENTADORES DEL MANTENIMIENTO

Se requiere de mantenimiento para garantizar que los equipos y sistemas de ayuda a la navegación (AtoN) se mantengan funcionando a los niveles requeridos por los navegantes para transitar con seguridad por las vías navegables del mundo.

Se debe adoptar un sistema de mantenimiento para garantizar que los activos de AtoN ofrezcan el rendimiento deseado y, al mismo tiempo, minimicen el costo total de propiedad. Este rendimiento se define normalmente como el nivel de disponibilidad requerido. Dependiendo de la criticidad o la categoría de la AtoN, un mismo tipo de AtoN puede requerir diferentes enfoques de mantenimiento para ofrecer el resultado de disponibilidad requerido en una ubicación determinada.

Los siguientes principios rectores pueden ayudar a las Autoridades a desarrollar su estrategia general de mantenimiento de las AtoN.

#### 5.1.1.1. MINIMIZAR EL COSTO DE PROPIEDAD

Los proveedores de servicios de AtoN son responsables ante las partes interesadas de proporcionar una red de ayuda a la navegación fiable y que cumpla con los estándares internacionales a un costo razonable. Las estrategias de mantenimiento adoptadas por las autoridades deben procurar reducir el costo total de propiedad de sus ayudas a la navegación.

#### 5.1.1.2. DISEÑO DEL MANTENIMIENTO

La mayoría de los costos de mantenimiento están determinados por el diseño del equipo en sí mismo. Los costos de mantenimiento suelen ser el componente más significativo del costo total de propiedad del equipo o sistema; por lo tanto, es fundamental tener en cuenta el mantenimiento a largo plazo y el soporte logístico desde el comienzo del proceso del diseño.

El objetivo debe ser reducir la necesidad de mantenimiento, extender el intervalo de tiempo entre los períodos de mantenimiento, permitir el mantenimiento cuando exista evidencia de necesidad (mantenimiento basado en la condición), facilitar la tarea de mantenimiento por parte del personal de servicio y reducir la "huella logística" requerida para el mantenimiento y el soporte.

Todos estos factores contribuirán a reducir el costo total de propiedad durante todo el ciclo de vida del equipo o sistema.

## 5.1.2 MEJORAR LA EFICIENCIA

Las autoridades han podido lograr importantes ahorros de costos a través de una serie de medios:

#### 5.1.2.1. AUTOMATIZACIÓN

La automatización puede reducir la carga de trabajo de los fareros (operadores) o permitir la reducción total del personal.

Esto reduce:

- Los costos en personal;
- El consumo de energía;

- La frecuencia de reposición de los suministros;
- Los compromisos en materia de infraestructura, como casas o instalaciones de alojamiento, almacenamiento de agua y combustible y, en algunos casos, embarcaderos y equipos de manipulación de carga;}
- Los requisitos para los vehículos y equipos de la estación.

### **5.1.2.2. EQUIPAMIENTO**

Es posible utilizar equipos más fiables y mejores diseños de sistemas, con características "a prueba de fallos" o de "falla por etapas" junto con:

- Intervalos más largos entre visitas de mantenimiento;
- Una revisión de los procedimientos de gestión del mantenimiento.

Además, es posible utilizar equipos estandarizados para simplificar la gestión de piezas de repuesto.

Esto también podría:

- Beneficiar el poder adquisitivo de la organización;
- Reducir la gama de habilidades requeridas por el personal de mantenimiento (y, por lo tanto, la carga de capacitación);
- Dar más flexibilidad en la elección de la calificación básica al contratar personal de mantenimiento; y
- Brindar más oportunidades para comprender las deficiencias inherentes en piezas particulares del equipo e implementar acciones correctivas.

### **5.1.2.3. MATERIALES**

El introducir materiales que requieran poco mantenimiento, como polietileno de alta densidad, plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), acero inoxidable, etc., puede reducir los requisitos de mantenimiento y tiempo de operación en el sitio. También puede reducir los tiempos de envío o traslado del material y la necesidad de habilidades especiales de construcción (o mantenimiento estructural).

### **5.1.2.4. MONITOREO Y CONTROL REMOTO**

Un sistema de control y monitoreo remoto (SCMR) en ayudas a la navegación distantes o aisladas puede ahorrar el costo de responder a lo que luego se descubra que es un reporte falso de falla. También puede permitir el análisis de los sistemas de ayuda a la navegación mediante técnicas de Análisis de Riesgos o Gestión de Riesgos que pueden generar un ahorro de los costos a partir de una reorganización o reducción de los Sistemas de Ayuda a la Navegación dentro de un área determinada. Si se aplica correctamente, el monitoreo permitirá que el personal viaje a la señal con los repuestos necesarios para reparar un problema sin tener que volver a visitarla. Proporcionar una función de control permite realizar un reinicio remoto que puede evitar la necesidad de concurrir a la señal.

Refiérase a la publicación de la IALA:

- Directriz 1008 - Control y Monitoreo Remoto de AtoN.

### 5.1.3 TENDENCIAS DE MANTENIMIENTO

Los documentos de las Conferencias de la IALA, los artículos del Boletín de la IALA y los comentarios de los miembros de la IALA demuestran una tendencia creciente de aumentar los intervalos de mantenimiento en las ayudas a la navegación. La lucha constante por lograr una mayor eficiencia en la prestación de Ayudas a la Navegación, reflejada en medidas como la automatización de los faros, ha hecho que los intervalos de mantenimiento hayan pasado de ser una actividad diaria a regímenes significativamente menos frecuentes.

El intervalo óptimo de mantenimiento de las ayudas a la navegación se determina teniendo en cuenta las prioridades nacionales y las limitaciones administrativas, técnicas y ambientales de la Autoridad.

En aquellos casos en que la eficiencia en función de los costos y la eficacia son aspectos principales en la organización, las Autoridades están:

- Utilizando la automatización, materiales estructurales alternativos, revestimientos más duraderos y fuentes de energía renovables para contener o reducir los costos;
- Abordando el potencial de las nuevas tecnologías para reducir los costos de adquisición y operación;
- Ampliando los intervalos de mantenimiento;
- Implementando en el diseño el mantenimiento y control remoto para evitar visitas adicionales; y
- Se encuentran revisando las opciones en la utilización de los servicios de transporte.

El aumento en los intervalos de mantenimiento en ubicaciones expuestas a condiciones climáticas más extremas puede dar lugar a trabajos de mantenimiento más prolongados en cada visita, lo que puede contrarrestar en parte los ahorros obtenidos por medio del aumento entre los intervalos del servicio de mantenimiento.

### 5.1.4 INTERVALOS DE MANTENIMIENTO

Los intervalos de mantenimiento de las ayudas a la navegación varían desde el mantenimiento diario en el caso de un faro habitado hasta quizás cinco años en el caso de una boyta luminosa. Es difícil establecer una visión clara del intervalo de mantenimiento adecuado, ya que varía de una autoridad a otra. Esto cambiará en función de la calidad de la instalación, las condiciones ambientales predominantes y el funcionamiento de la Ayuda a la Navegación.

Los avances en balizas autónomas, lámparas, fuentes de alimentación solar y monitoreo remoto hacen que sea relativamente fácil para un sistema bien diseñado en una estructura fija lograr intervalos de mantenimiento anuales o bianuales. Los sistemas que requieren mantenimiento varias veces al año, se pueden configurar para aprovechar las épocas del año en que se minimiza el riesgo meteorológico en los horarios de trabajo y se reducen las perturbaciones a la flora y la fauna silvestre.

Sin embargo, es necesario encontrar un equilibrio, ya que los intervalos de mantenimiento más prolongados afectan el conocimiento de la autoridad sobre los daños causados por tormentas, el deterioro general de las Ayudas a la Navegación y el control sobre el crecimiento de la vegetación o presencia de suciedad en la óptica de la linterna, lo que podría aumentar el riesgo de incendio, obstrucción o disminución del alcance luminoso respectivamente, entre otros efectos no deseados. También puede haber un efecto perjudicial en el nivel de conocimiento detallado que posee el personal de mantenimiento.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R1018: Responsabilidades en el Diseño, Operación y Mantenimiento para la Provisión de Ayudas a la Navegación Marítima.
- Directriz 1077: Mantenimiento de las Ayudas a la Navegación.
- Directriz G1151: Mantenimiento de Estructuras de Ayudas a la Navegación.
- Cursos modelo de la IALA: Capacitación de Técnicos Nivel 2: Descripción General del Curso Modelo (varios cursos de mantenimiento).

## 5.2 OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD

La medición de la "Disponibilidad" proporciona una medida cuantitativa del rendimiento o servicio al navegante.

La disponibilidad es un indicador útil del nivel de servicio proporcionado por una ayuda a la navegación individuales o grupos definidos, ya que es representativa de todas las consideraciones, dentro del control de la autoridad competente que se han tenido en cuenta para proporcionar y mantener la instalación.

Estas incluyen:

- Procedimientos de Control de Calidad;
- Diseño e ingeniería de sistemas;
- Adquisición;
- Instalación y puesta en servicio;
- Procedimientos de mantención;
- Respuesta ante fallos; y
- Logística.

Para obtener una representación real de la disponibilidad, es necesario medir el rendimiento a largo plazo de una Ayuda a la Navegación. Para lograrlo, se debe recopilar datos sobre todas las interrupciones o fallas de la AtoN, así como los tiempos de reparación. Se recomienda que en los cálculos se utilice un intervalo de tiempo mayor a 2 años.

Refiérase a la publicación de la IALA:

- Directriz G1140 – Puesta en servicio de equipos y sistemas AtoN.

### 5.2.1 CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de una ayuda a la navegación se puede calcular utilizando una de las siguientes ecuaciones y normalmente se expresa como un porcentaje:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{MTBF})}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})} \circ \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo total}} \circ \frac{\text{Tiempo}}{\text{Tiempo total} - \text{inoperativo}}$$

MTBF = Tiempo Medio Entre Fallas

MTTR = Tiempo Medio de Reparación

## 5.2.2 DEFINICIÓN Y COMENTARIOS DE LOS TÉRMINOS

### **Confiabilidad**

Capacidad de un dispositivo o sistema para satisfacer los requisitos de su uso previsto dentro de límites definidos y durante un período de tiempo establecido.

### **Disponibilidad**

Probabilidad de que una ayuda a la navegación o un sistema de Ayudas a la Navegación, según la definición de la autoridad competente, esté realizando su función específica en cualquier momento elegido al azar. Se expresa como el porcentaje del tiempo total que una Ayuda a la Navegación o un sistema de ayudas debería estar realizando su función específica.

El porcentaje de tiempo que una ayuda o un sistema de ayudas está realizando una función requerida en condiciones establecidas. La falta de disponibilidad puede deberse a interrupciones programadas o no programadas.

- Disponibilidad de la señal. La disponibilidad de una señal de radio en un área de cobertura especificada.
- Disponibilidad del sistema. La disponibilidad de un sistema para un usuario, incluida la disponibilidad de la señal y el rendimiento del receptor del usuario.

También se define en la resolución A.1046 (27) de la OMI para WWRNS como: "Se considera que el sistema está disponible cuando proporciona la integridad requerida para el nivel de precisión dado". La IALA generalmente utiliza el término como una medida histórica del porcentaje de tiempo en que una Ayuda a la Navegación estuvo cumpliendo su función específica. La falta de disponibilidad puede deberse a interrupciones programadas o no programadas.

### **Continuidad**

Es la probabilidad de que, asumiendo un receptor libre de fallas, un usuario pueda determinar la posición con una precisión específica y pueda monitorear íntegramente la posición determinada durante el intervalo de tiempo (corto) aplicable para una operación particular dentro de una parte limitada del área de cobertura.

Por ejemplo, si una estación GNSS funciona correctamente cuando un buque está a punto de aproximarse a un puerto, el factor de continuidad es la probabilidad de que el servicio GNSS no se interrumpa durante el tiempo que tarda el buque en llegar a su atracadero. En cuanto a los sistemas GNSS, la IALA ha propuesto que el intervalo de tiempo para los cálculos de continuidad se base en un marco temporal de 15 minutos de conformidad con la norma OMI A.1046 (27) para WWRNS.

### **Redundancia**

Es la existencia de más de un medio para llevar a cabo una función determinada. Los distintos medios para llevar a cabo la función no tienen por qué ser necesariamente idénticos. El concepto es tal que un fallo total sólo puede producirse cuando todos los medios han fallado.

### **Integridad**

Es la capacidad de proporcionar a los usuarios advertencias dentro de un tiempo específico en el que el sistema no debe utilizarse para la navegación.

La Resolución A.1046 (27) de la OMI para WWRNS establece que este tiempo de alarma debe ser de 10 segundos.

Monitoreo de integridad. Proceso de determinar si el rendimiento del sistema (o las observaciones individuales) permiten su uso para fines de navegación. La integridad general del sistema GNSS se describe mediante tres parámetros: el valor umbral o límite de alerta, el tiempo para que suene la alarma y el riesgo de integridad.

El resultado del monitoreo de integridad es que las observaciones individuales (erróneas) o el resultado del GNSS en su conjunto no pueden utilizarse para la navegación.

- El monitoreo de integridad interna se realiza a bordo de una embarcación.
- El monitoreo de integridad externa lo proporcionan estaciones externas.
- Riesgo de integridad. Probabilidad de que un usuario experimente un error de posición mayor que el valor umbral sin que se active una alarma dentro del tiempo especificado para que suene la alarma en cualquier instante de tiempo en cualquier ubicación en el área de cobertura.

#### Falla

Es suspensión (no intencional) de la capacidad de un sistema o de parte de un sistema para realizar la función requerida.

#### Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el tiempo medio entre fallas sucesivas de un sistema o parte de un sistema. Es una medida de fiabilidad. En el caso de componentes como las lámparas, es habitual determinar estadísticamente el MTBF (o vida útil) probando una muestra representativa de componentes hasta su destrucción. En el caso de un sistema como una estación GNSS, el MTBF se determina a partir del número de fallos que se han producido en un intervalo determinado. Por ejemplo, si se producen cuatro fallos en un intervalo de dos años, el MTBF sería de 4380 horas (es decir,  $= 24 * 365 * 2 / 4$ ).

#### Tiempo medio de reparación (MTTR)

El tiempo total de mantenimiento correctivo dividido por el número total de acciones correctivas durante un período de tiempo determinado.

Se trata de una medida de las disposiciones administrativas, los recursos y la capacidad técnica de una Autoridad Competente para rectificar una falla. En el caso de un puerto pequeño, los tiempos de MTTR pueden ser de tan solo unas horas. Mientras tanto, una autoridad competente con una red más distribuida de Ayudas a la Navegación puede tener tiempos de MTTR equivalentes a varios días debido las limitaciones por las distancias y en la movilización para el traslado.

#### Tiempo de respuesta ante fallas

Este es un subconjunto del MTTR y se relaciona con el tiempo que lleva recibir una notificación de una falla, confirmar los detalles y movilizar al personal para que se traslade hacia la Ayuda a la Navegación.

#### Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R0130: Categorización y Objetivos de Disponibilidad para Ayudas a la Navegación de Corto Alcance.
- Directriz G1035: Disponibilidad y Fiabilidad de las Ayudas a la Navegación: Teoría y Ejemplos.
- Directriz G1037: Recopilación de Datos para el Cálculo del Rendimiento de las Ayudas a la Navegación.

## 5.3 CATEGORÍAS IALA PARA AYUDAS A LA NAVEGACIÓN TRADICIONALES

La IALA proporciona un método para categorizar y calcular la disponibilidad de las Ayudas a la Navegación, tanto para las ayudas individuales como para los Sistemas de Ayuda a la Navegación, tal como se observa en la Tabla 25. La Recomendación 0-130 de la IALA no considera otras ayudas a la navegación consideradas en la combinación de ayudas a la navegación, tal como los Sistemas de Radionavegación o los Servicios de Tráfico Marítimo (VTS).

Sin embargo, proporciona orientación sobre los niveles adecuados y realistas de rendimiento operativo que deben adoptar las autoridades competentes.

Tabla 25. Objetivos de disponibilidad por categoría

Categoría	Objetivo de disponibilidad	Período de cálculo
1	99.8%	Los objetivos de disponibilidad se calculan durante un período continuo de tres años, a menos que se especifique lo contrario.
2	99.0%	
3	97.0%	

#### Categoría 1

Una ayuda a la navegación (AtoN) o un sistema de AtoN que la Autoridad Competente considera de *vital* importancia para la navegación. Por ejemplo, las ayudas a la navegación iluminadas y los RACONES que se consideran imprescindibles para la señalización de recaladas, rutas principales, canales, vías navegables, nuevos peligros o para la protección del medio ambiente marino.

#### Categoría 2

Es una Ayuda a la Navegación o un Sistema de Ayuda a la Navegación que la Autoridad Competente considera de *importancia* significativa para la navegación. Por ejemplo, puede incluir cualquier ayuda a la navegación iluminada y RACONES que marquen rutas secundarias y/o las utilizadas para complementar la señalización de rutas primarias.

#### Categoría 3

Es una ayuda a la navegación o un sistema de ayudas a la navegación que la Autoridad Competente considera de importancia *necesaria* para la navegación. La Recomendación también establece que el nivel mínimo absoluto de disponibilidad de una ayuda a la navegación individual debe establecerse en el 95 %.

La disponibilidad de un Racon es la principal medida de rendimiento determinada por la IALA, a falta de consideraciones específicas, la IALA recomienda que la disponibilidad de un Racon sea al menos del 99,8 %.

## 5.4 DISPONIBILIDAD Y CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS DE RADIONAVEGACIÓN

Los objetivos de disponibilidad de los Servicios de Radionavegación se han abordado de forma algo diferente a los de las Ayudas a la Navegación tradicionales. Esto refleja un proceso más amplio de formulación de políticas que incluye la Resolución A.1046 (27) de la OMI sobre un Sistema Mundial de Radionavegación y la Recomendación R0121 de la IALA.

Consulte la publicación de la IALA:

- Recomendación R0121 - Rendimiento y supervisión de los servicios DGNSS en la banda 283,5 – 325 kHz.

La Recomendación R0121 mantiene una definición previa de disponibilidad, pero añade una declaración sobre la "no disponibilidad".

La no disponibilidad es equivalente a "tiempo de inactividad", pero, tal como se propone, incluye tanto las interrupciones programadas como las no programadas (es decir, el mantenimiento preventivo y correctivo). La ecuación revisada queda así:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{MTBO})}{(\text{MTBO} + \text{MTSR})}$$

MTBO = Tiempo medio entre interrupciones; basado en un período promedio de 2 años.

MTSR = Tiempo medio hasta la restauración del servicio; basado en un período promedio de 2 años.

Si el servicio está disponible al inicio de la operación, entonces la probabilidad "P" de que todavía esté disponible en un momento "t" posterior es:

$$P = \exp\left(-\frac{t}{\text{MTBF}}\right)$$

Esta es la expresión estándar para Confiabilidad y excluye las interrupciones programadas. Utiliza MTBF y presupone que las interrupciones programadas serán notificadas.

La Continuidad o Probabilidad de que el servicio esté disponible después de un Intervalo de Tiempo de Continuidad (CTI), es entonces:

$$C = \exp\left(-\frac{\text{CTI}}{\text{MTBF}}\right)$$

La OMI utiliza una definición de Continuidad más elaborada que la que se ofrece más arriba. En ella se afirma que: "La continuidad es la probabilidad de que, suponiendo que el receptor no presente fallas, un usuario pueda determinar la posición con la precisión especificada y pueda monitorear la integridad de la posición determinada durante el intervalo de tiempo (corto) aplicable para una operación particular dentro de una parte limitada del área de cobertura. Esta es la misma definición de "Continuidad".

Si el MTBF es mucho mayor que el CTI, la ecuación se aproxima a:

$$C = 1 - \left( \frac{\text{CTI}}{\text{MTBF}} \right)$$

Dónde:

MTBF = Es el Tiempo medio entre fallos basado en un período promedio de 2 años.

CTI = Es el Intervalo de tiempo de continuidad, en el caso de los cálculos de radionavegación, es igual a 15 minutos (descrito en A1046(27)).

No es necesario incluir la disponibilidad al comienzo del período de tiempo de la operación porque si no hay servicio, la operación no comenzará.

**Ejemplo 1:** Utilizando las cifras del ejemplo anterior para un sistema con un MTBF de 2 años, la continuidad durante un período de 15 minutos es  $1 - (15/1.051.200)$ , o 99,9986%.

**Ejemplo 2:** Utilizando las cifras del ejemplo anterior para un sistema con un MTBF de 1000 horas, la continuidad durante un período de 15 minutos es  $1 - (15/60.000)$ , o 99,9750%.

## 5.5 EXCESO E INSUFICIENCIA DE RENDIMIENTO

La disponibilidad real lograda por una ayuda a la navegación individual es un reflejo de la calidad de los procesos logísticos, el régimen de mantenimiento y la habilidad del personal involucrado. Existe un costo asociado con la prescripción de un nivel más alto de disponibilidad para un sistema como una ayuda a la navegación. Esto es independiente de si el navegante requiere o no la mayor disponibilidad. También existe un costo asociado con el mantenimiento de sistemas poco confiables. La interrelación es compleja, pero el objetivo es encontrar la solución de costo mínimo, como se ilustra en la Figura 25.

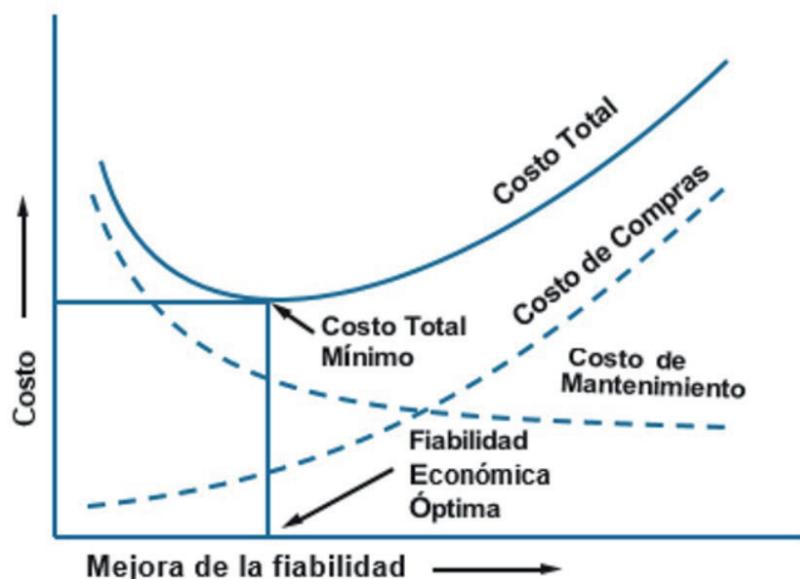


Figura 25. El costo de la confiabilidad.

### 5.5.1 SOBREINGENIERÍA VS FALTA DE FIABILIDAD

En el caso de un faro situado en una ubicación remota, el costo de tiempo y transporte para corregir las fallas del equipo puede ser muy alto.

Desde esta perspectiva:

- El costo único de sobre diseño no suele ser tan elevado a largo plazo como el costo continuo de atender equipos poco fiables o diseños de sistema deficientes; y
- Un enfoque de diseño conservador también tiene sus ventajas.

Si la ayuda a la navegación no está logrando su objetivo de disponibilidad, la Autoridad debe determinar las razones de ello e implementar medidas destinadas a corregir la situación. La IALA ha recomendado que si una instalación no puede lograr una disponibilidad del 95% (es decir, 50 días de inactividad por cada 1000 días) después de esfuerzos razonables, se debe considerar la posibilidad de retirar la instalación (como ayuda a la navegación).

Si solo una ayuda a la navegación dentro de un grupo está funcionando por encima de su objetivo de disponibilidad, podría deberse a razones técnicas o ambientales. Si la diferencia de rendimiento se produce entre sitios que utilizan equipos similares, y esta tendencia se ha establecido durante algún tiempo, la Autoridad debe investigar las razones de la diferencia.

Si se descubre que un grupo de ayudas a la navegación funciona por encima de lo esperado durante un período de tiempo relativamente largo, existe la oportunidad de revisar las prácticas de mantenimiento con miras a determinar las razones y, posiblemente, considerar la posibilidad de ampliar los intervalos de mantenimiento o reducir el esfuerzo de mantenimiento. Esto podría dar lugar a menores costos operativos y problemas relacionados con la capacidad de mantenimiento excesivo.

## 5.6 GESTIÓN DE RIESGOS

Afrontar el “riesgo” es un aspecto intrínseco de la existencia humana. La construcción de los primeros faros representó una forma tangible de abordar algunos de los problemas que surgieron cuando los humanos decidieron aventurarse en el mar y luego en el comercio global y el transporte masivo de personas en barcos.

La definición tradicional de riesgo (R) es la probabilidad de que ocurra un evento no deseado (P), multiplicada por el impacto o consecuencia (C) de ese evento.

$$R = P \cdot C$$

Los eventos no deseados incluyen privaciones, pérdidas o lesiones a personas, bienes o el medio ambiente.

La gestión de riesgos es un término que se aplica a un proceso estructurado (lógico y sistemático) que se ilustra más adelante.

El resultado correcto, eficiente y útil de la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y el establecimiento de medidas de control de riesgos puede verse afectado por factores humanos. El concepto de Factores Humanos y las referencias a modelos relevantes se incluyen en la Guía 1018 de la IALA sobre Gestión de Riesgos. Se recomienda que las organizaciones y las personas involucradas en un proceso de Evaluación de Riesgos tengan conocimientos adecuados en la aplicación de las disciplinas de Factores Humanos.

Con los avances de la navegación electrónica, el navegante recibirá información adicional en tiempo real para ayudar con la navegación. El impacto positivo en el control y la navegación de los buques debe incorporarse al proceso formal de evaluación de riesgos. Para las opciones de control de riesgos, el desarrollo continuo de la navegación electrónica y las interfaces hombre-máquina pueden brindar nuevas posibilidades. Sin embargo, las medidas físicas de control de riesgos de las AtoN seguirán siendo importantes para abordar las necesidades de todos los grupos de usuarios.

El enfoque de gestión de riesgos funciona igualmente bien para identificar los riesgos a un nivel detallado o amplio. También puede abordar los riesgos desde diferentes perspectivas.

### Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R1002 - Gestión de riesgos de las ayudas a la navegación marítima
- Guía G1018 - Gestión de riesgos
- Recomendación R1009 - Recuperación en caso de catástrofe
- Guía G1120 - Recuperación en caso de catástrofe

Por ejemplo, si el problema es la automatización y la reducción de personal de un faro, es probable que existan diferentes tipos de riesgos para:

- Los proveedores de servicios (Autoridad Competente en materia de Ayudas a la Navegación, fareros, etc.);

- Los usuarios del servicio (marineros); y
- Los grupos externos (políticos, comunidad local, grupos conservacionistas, etc.).

### **5.6.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE RIESGOS IALA**

La IALA desarrolla continuamente su caja de Herramientas de Gestión de Riesgos, que incluyen herramientas capaces de:

- Evaluar el riesgo en los puertos o vías navegables en comparación con el nivel de riesgo considerado aceptable por las Autoridades y las partes interesadas. Los elementos que se pueden tener en cuenta incluyen los relacionados con las condiciones de los buques, las condiciones del tráfico, las condiciones de navegación, las condiciones de las vías navegables, las consecuencias inmediatas y las consecuencias posteriores;
- Identificar las opciones adecuadas de control de riesgos para reducir el riesgo al nivel considerado aceptable. Las opciones de control de riesgos disponibles incluyen una mejor coordinación y planificación; capacitación; reglas y procedimientos, incluida la aplicación de las normas; información náutica, meteorológica e hidrográfica; comunicaciones por radio; gestión activa del tráfico y cambios en las vías navegables; practicaje; y,
- Cuantificar el efecto sobre el Nivel de Riesgo de un puerto o vía navegable existente que puede resultar de un cambio o reducción de cualquiera de las opciones de control de riesgos en uso.

Las Herramientas de Gestión de Riesgos también pueden ayudar a evaluar el nivel de riesgo de los puertos y vías navegables existentes, así como a determinar el nivel de riesgo probable de los nuevos puertos y vías navegables propuestas o si se están planificando cambios sustanciales en los puertos y vías navegables existentes.

La Caja de herramientas de gestión de riesgos de la IALA incluye tres enfoques diferentes:

1. PAWSA Mk II (Evaluación de seguridad de puertos y vías navegables), que es un enfoque de evaluación de riesgos cualitativa;
2. IWWRAP Mk II (Programa de evaluación de riesgos de vías navegables de la IALA), que es un enfoque de evaluación de riesgos cuantitativo;
3. SIRA (Evaluación de riesgos simplificada), que utiliza un enfoque de matriz de riesgos básica.

Los tres enfoques se pueden utilizar de forma individual o combinada, de forma secuencial o en paralelo. La Caja de herramientas de gestión de riesgos de la IALA se utiliza actualmente para las evaluaciones de riesgos junto con las presentaciones a la OMI. Además de estas tres herramientas básicas de la IALA, en la actualidad también se utilizan ampliamente diversas herramientas de simulación para evaluar el riesgo en puertos y vías navegables. La Academia Mundial de la IALA ofrece formación sobre el uso de la Caja de Herramientas de Gestión de Riesgos a través de cursos de formación regulares. Se proporciona información de fondo sobre los elementos de la Caja de Herramientas en una wiki accesible a través del sitio web de la IALA. Si necesita más orientación o asistencia, comuníquese con la Academia Mundial de la IALA.

Se anima a las autoridades a que proporcionen copias de las evaluaciones de riesgos realizadas con la Caja de Herramientas de Gestión de Riesgos de la IALA a la Secretaría de la IALA.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía G1123 - Utilización del Programa de Evaluación de Riesgos en Vías Navegables de la IALA (IWRAP Mk II)
- Guía G1124 - Uso de la herramienta de evaluación de la seguridad en puertos y vías navegables (PAWSA Mk II)
- Guía G1138 - Utilización del método simplificado de evaluación de riesgos de la IALA (SIRA)
- Guía G1104 - Aplicación de la imagen de la superficie marítima para el análisis en la evaluación de riesgos y el suministro de AtoN

## 5.6.2 PROCESO DE DECISIÓN EN MATERIA DE GESTIÓN DE RIESGOS

El Proceso de Gestión de Riesgos descrito en la Guía 1018 de la IALA, comprende cinco pasos que siguen un enfoque de análisis de sistemas o gestión estandarizado:

- Identificar los peligros;
- Evaluar los riesgos;
- Especificar las opciones de control de riesgos;
- Tomar una decisión; y
- Actuar.

El diagrama de la Figura 26 proporciona una guía de los pasos involucrados en el Proceso de Evaluación y Gestión de Riesgos de la IALA.

**Peligro** - un evento o suceso no deseado, una fuente de daño potencial o una situación con potencial para causar daño, en términos de lesiones humanas; daño a la salud, la propiedad, el medio ambiente y otras cosas de valor; o alguna combinación de estos.

**Riesgo** - el riesgo es una medida de la probabilidad de que ocurra un evento indeseable junto con una medida de la consecuencia resultante dentro de un tiempo específico, es decir, la combinación de la frecuencia y la gravedad de la consecuencia. Puede ser una medida cuantitativa o cualitativa.



Figura 26. Proceso de evaluación y gestión de riesgos

La parte central de la Figura 26 ilustra los cinco pasos del proceso de gestión de riesgos. Además, la figura sugiere un elemento de consulta y presentación de informes a lo largo de todo el proceso.

Las partes interesadas, incluidos los profesionales y los usuarios, deben ser consultados y recibir retroalimentación de forma continua para garantizar la mejor información posible para los responsables de la toma de decisiones, validar las decisiones y garantizar la apropiación de los resultados y las medidas adoptadas. La parte de seguimiento y revisión en el lado derecho del modelo es vital para garantizar una verificación de las decisiones, comprobar si las condiciones iniciales han cambiado y supervisar constantemente si las medidas de control se aplican de forma eficaz.

### 5.6.3 NIVEL DE RIESGO Y ACEPTABILIDAD

Una vez identificados y descritos los posibles escenarios de riesgo no deseados, se deben clasificar en función de su probabilidad y las consecuencias asociadas. Esto genera un valor de riesgo, lo que permite la priorización colocando cada escenario de riesgo en una matriz similar a la que se muestra a continuación. Esto permite asignar recursos para mitigar primero los riesgos más graves.

		Probabilidad / (Posibilidad)				
		Muy Rara (1)	Rara (2)	Ocasional (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
Consecuencia (Impacto)	Catastrófica (5)	5	10	15	20	25
	Mayor (4)	4	8	12	16	20
	Severo (3)	3	6	9	12	15
	Menor (2)	2	4	6	8	10
	Insignificante (3)	1	2	3	4	5

Figura 27. Matriz del Valores de Riesgo.

El método SIRA proporciona escalas de puntuación adecuadas para la Probabilidad (frecuencia de ocurrencia) y las Consecuencias/Impacto. Debe tenerse en cuenta que las consecuencias pueden incluir impactos tanto a corto como a largo plazo.

Los riesgos con un valor de riesgo bajo (verde) pueden ser totalmente aceptables y no requerir ninguna acción, mientras que los riesgos con un valor alto (rojo) necesitan atención urgente. Los valores de riesgo intermedios (amarillo y ámbar) deberán abordarse en algún momento, siendo esencial que todos los valores de riesgo sean "Tan bajos como sea razonablemente posible" (ALARP), considerando el costo y la eficacia de las opciones de control de riesgo identificadas.

### 5.7 PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Las autoridades responsables de proporcionar las Ayudas a la Navegación suelen ser de nivel estatal o nacional. Usualmente, son el único regulador a nivel nacional de la infraestructura y los servicios de Ayudas a la Navegación marítima, pero no son necesariamente los únicos proveedores de estos servicios.

En algunos países existe una división de responsabilidades entre la autoridad que representa al gobierno nacional y otras organizaciones que incluyen:

- Autoridades Estatales y Territoriales;
- Organizaciones Gubernamentales locales;
- Autoridades Portuarias, de bahías o de vías navegables; y
- Organizaciones Privadas locales.



Figura 28. Buque de boyas - Foto cortesía de CEREMA

### **5.7.1 REQUISITOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS**

Cuando más de una Autoridad Local proporciona servicios de Ayuda a la Navegación, el Gobierno Contratante tiene la responsabilidad última de cumplir con las obligaciones bajo el Convenio SOLAS.

### **5.7.2 SUBCONTRATACIÓN**

Durante varias décadas, las autoridades nacionales han recurrido a proveedores de servicios para la prestación y el mantenimiento de los Servicios de Ayudas a la Navegación Marítima (AtoN).

Toda organización que esté considerando contratar Servicios de Ayudas a la Navegación debe tener una comprensión clara de lo que se logrará al proporcionar el servicio a través de medios alternativos contratados en lugar de entregarlo directamente la Autoridad Nacional. Las mejores prácticas, ventajas, desventajas y las claves para gestionar con éxito un programa de Servicios de Ayudas a la Navegación contratado se describen en detalle en la Guía 1005 de la IALA "Subcontratación de Servicios de Ayudas a la Navegación". Se recomienda que las Autoridades Nacionales revisen esta Guía si están considerando la contratación externa de sus responsabilidades de Servicio de Ayudas a la Navegación y sean conscientes de la necesidad de conservar sus propios expertos para comprender las tecnologías y los requisitos de la gestión y prestación de Servicios de Ayudas a la Navegación.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Guía G1005 - Contratación de servicios de ayuda a la navegación
- Guía G1168 - Control de calidad de terceros proveedores de servicios de AtoN

## 5.8 NIVEL DE SERVICIO

El Nivel de Servicio (LOS) es el compromiso de servicio que asume la Autoridad Competente con los usuarios que navegan u operan en una zona, así como con los clientes o los Gobiernos Responsables de financiar la prestación del servicio pertinente.

El nivel de servicio se puede articular mediante una declaración de nivel de servicio que debe ser clara, fácil de entender y estar disponible para todos los interesados.

### 5.8.1 BENEFICIOS

Un nivel de servicio establecido es fundamental para una planificación y entrega eficiente y permite a los usuarios comprender claramente los servicios que recibirán. Además, garantiza que los servicios se proporcionen de manera coherente, integrada, predecible, mensurable y justa a nivel nacional.

### 5.8.2 COMPONENTES

Una declaración de nivel de servicio debe incluir, como mínimo, los siguientes componentes:

#### **Tipo**

Debe describir lo que proporcionará la Autoridad Competente. Es una descripción del servicio proporcionado, como Ayudas a la Navegación Visuales, Sistemas de Radionavegación o Servicios de Tráfico Marítimo.

#### **Extensión**

Debe describir dónde y por qué la Autoridad Competente proporcionará el servicio. La mayoría de las Autoridades competentes están obligadas por el Convenio Internacional sobre la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), de 1974 en su forma enmendada, Capítulo 5, Regla 13, que establece que cada Gobierno Contratante se compromete a proporcionar, según lo considere práctico y necesario, ya sea individualmente o en cooperación con otros Gobiernos Contratantes, las Ayudas a la Navegación que el volumen de tráfico justifique [dónde] y el grado de riesgo lo requiera [por qué]. La extensión del servicio proporcionado también puede variar según las Autoridades Competentes para áreas específicas, categoría de usuarios o debido a obligaciones nacionales.

#### **Calidad**

Debe abordar hasta qué nivel la Autoridad Competente proporcionará un servicio. Se trata de un estándar mínimo que los clientes pueden esperar del servicio que reciben, también conocido como estándar de rendimiento. Un estándar de rendimiento es un parámetro con el que se puede medir el rendimiento real de un servicio. Puede expresarse en forma de objetivo, como el porcentaje de disponibilidad de un servicio o los tiempos de respuesta del servicio.

### 5.8.3 NIVELES DE SERVICIO

Los distintos tipos de AtoN tienen ventajas y desventajas tanto para el usuario como para el proveedor, como se indica en la Tabla 26.

Tabla 26. Comparación de diferentes tipos de ayudas a la navegación

	<b>Usuarios</b>		<b>Proveedores</b>	
<b>Sistema</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Visual</b>	Se puede utilizar para posicionarse	El rango depende del sitio, la altura, el color, el fondo	Para advertencias de peligro, regulación del tráfico, orientación, etc.	Costo de mantenimiento elevado
	Transmite información inmediata	Limitada por la visibilidad		La planificación del mantenimiento depende de las condiciones climáticas.
	Se puede utilizar sin una carta si el usuario tiene un buen conocimiento local	La posición de las ayudas flotantes no siempre es precisa	Punto de instalación flexible	Requiere de un Sistema Logístico
			El mantenimiento de sistemas simples requiere poca capacitación	El mantenimiento de sistemas complejos requiere capacitación
<b>Radar</b>	La identificación con Racon es posible incluso en condiciones de visibilidad reducida	Equipo necesario a bordo	Puede sustituir las ayudas visuales	Se necesitan reflectores de radar
		El Racon puede interferir si no se coloca en una configuración adecuada,	Advertencias de peligros	Algunas embarcaciones no tienen Radar
		los dispositivos equipados con reflectores de radar son difíciles de identificar.	(Nuevos peligros)	La inversión en Racon es cara.
	Identificación de Racon de líneas costeras bajas			
	Sólo se requiere una ayuda			
	Despliegue rápido			Capacitación para el mantenimiento de los Racons
<b>Radio-navegación</b>	Cobertura a gran escala	Equipo necesario a bordo	Mantenimiento reducido	Puede no estar bajo el control de la Autoridad de Ayudas a la Navegación
	Uso para todo tipo de clima		Monitoreo automático	Requisito de monitoreo
	Navegación automática		Posible reducción de ayudas visuales	Capacitación del personal de mantenimiento
	Precisión posible			Gran inversión

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía 1004 - Nivel de servicio
- Guía 1079 - Establecimiento y realización de consultas de usuarios por las autoridades de ayudas a la navegación

## 5.9 REVISIONES Y PLANIFICACIÓN

### 5.9.1 REVISIONES

En muchos países, la red de Ayudas a la Navegación se ha ido construyendo a lo largo de un tiempo considerable, en algunos casos, siglos.

Se debe reconocer que la naturaleza del transporte marítimo cambia continuamente y esto significa que las infraestructuras de las Ayudas a la Navegación deben revisarse periódicamente.

El ritmo de cambio varía de un lugar a otro, pero sería razonable adoptar un proceso de revisión utilizando una de las herramientas de gestión de cambios que proporciona:

- Un plan estratégico con una perspectiva mínima sugerida de 10 años;
- Un plan operativo con un programa de trabajo renovable sugerido de 5 años.

La creciente disponibilidad de datos de buques derivados del AIS (tipo, posición, velocidad, carga, etc.) está demostrando ser una herramienta muy útil para revisar la pertinencia de las Ayudas a la Navegación existentes e identificar nuevos requisitos.

El uso eficaz de los datos del AIS requiere una estrategia de gestión de datos y una tecnología apropiada para almacenar y manipular de manera eficiente grandes cantidades de datos y poder integrarlos con otros datos electrónicos, por ejemplo, cartas náuticas electrónicas para obtener patrones de navegación.

### 5.9.2 PLAN ESTRATÉGICO

Un plan estratégico es el resultado de un proceso informado y consultivo que establece las metas y objetivos a largo plazo de una organización.

En el caso de una Autoridad Competente, incluiría:

- El rol de la Autoridad, por ejemplo: promover un alto nivel de seguridad marítima; proporcionar infraestructura y servicios de información para apoyar la seguridad de la navegación en un área particular;
- Cómo la autoridad llevará a cabo sus responsabilidades, por ejemplo: descripción de los valores corporativos de la autoridad; acuerdos de gobernanza corporativa; acuerdos de financiación; revisiones de las tendencias de la industria; y
- Una comprensión de los usuarios y los requerimientos para la navegación.

Debido a su importancia y su efecto sobre los navegantes, cualquier plan estratégico debe desarrollarse en la medida de lo posible en plena consulta con los navegantes y otras partes interesadas.

### 5.9.3 PLAN DE OPERACIÓN

El plan operativo podría abarcar:

- La implementación del plan estratégico y puede incluir declaraciones sobre cuestiones de política actuales, como:
  - Mantenimiento;
  - Actual y nuevas tecnologías;
  - Vida útil de nueva infraestructura, monitoreo y control remoto;
  - Faros históricos;
  - Cultura ambiental y seguridad;
  - Programa de revisión de las Ayudas a la Navegación;
  - Servicios contractuales (básicos y no básicos);
  - Servicios de transporte;
  - Fuentes de ingresos;
  - Relaciones externas; y
  - Gestión de la información, comunicación y consulta.
- Una lista de cambios en las Ayudas a la Navegación individuales, incluidas las nuevas instalaciones. La lista reflejaría:
  - Decisiones resultantes de consultas con usuarios y partes interesadas;
  - Revisiones, incluidas aquellas que utilizan:
    - ◆ Análisis de Riesgos, Procedimientos de Gestión de Riesgos;
    - ◆ Un Nivel de Proceso del Servicio;
    - ◆ Procedimientos de Gestión de Calidad de la Autoridad; o
    - ◆ Las Políticas Técnicas y de Mantenimiento de la Autoridad, etc.
  - Cronogramas de proyectos que reflejen prioridades conocidas, como: políticas gubernamentales; requisitos de los usuarios; recursos disponibles; pronósticos y limitaciones presupuestarias (de ingresos).

### 5.9.4 USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PLANIFICACIÓN DE LAS ATON

El uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) puede ayudar a una planificación eficaz de las Ayudas a la Navegación, incluida la evaluación y validación, y garantizar que el dinero se invierta de forma inteligente en nuevas tecnologías.

Las vías navegables costeras están cada vez más congestionadas por el tráfico de buques y por proyectos como parques eólicos marinos, turbinas de mareas y zonas de acuicultura, que pueden requerir señalización.

Además, la contaminación lumínica causada por el desarrollo costero, la llegada de buques más grandes y rápidos y el crecimiento continuo del uso de pequeñas embarcaciones hacen que el diseño de Sistemas de Ayudas a la Navegación adecuados sea cada vez más complejo.

El uso de los GIS permite diseñar y proporcionar sistemas de ayudas a la navegación con precisión, así como una simulación adecuada, que puede resultar muy útil y puede reducir la posibilidad de que se cometan errores costosos.

Las Ayudas a la Navegación están claramente vinculadas a ubicaciones físicas y su uso por parte de los navegantes implica invariablemente el uso de más de una Ayuda a la Navegación a la vez, es decir, redes o sistemas de ayudas a la navegación.

Estos vínculos únicos e interdependientes entre las Ayudas a la Navegación y sus ubicaciones físicas.....

.....significan que la tecnología GIS puede proporcionar a las Autoridades encargadas de las Ayudas a la Navegación, mejoras en muchas de sus áreas de competencia, lo que en última instancia puede resultar beneficioso para los navegantes.

Un GIS captura, muestra, almacena, analiza y gestiona datos espacialmente referenciados. Una característica clave del GIS, es su funcionalidad analítica, que permite al usuario interactuar con datos espaciales para determinar relaciones entre diferentes tipos de datos y producir resultados cualitativos (diagramas/gráficos) y cuantitativos (numéricos/tabulares).

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R0138 - Utilización de SIG y simulación por las autoridades de ayuda a la navegación
- Guía 1057 - Utilización de sistemas de información geográfica por las autoridades de ayuda a la navegación
- Guía 1058 - Utilización de la simulación como herramienta para el diseño de vías navegables y la planificación de ayudas a la navegación

## 5.10 GESTIÓN DE CALIDAD

Numerosas empresas han desarrollado e introducido Sistemas de Gestión de Calidad, pero cada vez más se basan en la serie de normas ISO 9000. Estas normas proporcionan un marco ampliamente aceptado para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad. Un Sistema de Gestión de Calidad genérico se centra en los procesos y define los procedimientos sobre cómo se deben hacer las cosas y qué recursos son necesarios.

Aborda:

- ¿Quién hace qué?
- ¿Qué habilidades y calificaciones son necesarias?
- ¿Qué procesos se deben seguir para obtener resultados consistentes?
- ¿Qué recursos son necesarios para hacer el trabajo de manera eficiente? El equipo de los Sistemas de Ayuda a la Navegación se puede dividir en dos aspectos: el aspecto específico de las Ayudas a la Navegación y el aspecto más genérico.

Cada aspecto debe cumplir con las normas y regulaciones aplicables. Las Recomendaciones y Guías de la IALA proporcionan una base para el aspecto específico de las Ayudas a la Navegación, mientras que las regulaciones internacionales, nacionales o regionales se aplican a los aspectos más genéricos.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R0132 - Gestión de calidad para las autoridades de ayudas a la navegación
- Guía G1052 - Gestión de calidad en la prestación de servicios de ayuda a la navegación
- Guía G1133 - Trazabilidad de los requisitos
- Guía G1168 - Control de calidad de terceros proveedores de servicios de AtoN
- Guía G1005 - Contratación del servicio AtoN
- Guía G1054 - Preparación para una auditoría voluntaria de la OMI sobre los procedimientos de prestación de servicios de ayuda a la navegación

## 5.10.1 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO

La medición del desempeño es el proceso de recopilación, análisis y/o presentación de informes sobre el desempeño de un individuo, grupo, organización, sistema o componente. Es muy importante establecer una medición continua del desempeño como base para la Gestión de Calidad.

La información obtenida se puede utilizar para:

- Mostrar responsabilidad ante el Gobierno y las partes interesadas;
- Demostrar la eficiencia y eficacia del servicio que se presta;
- Supervisar y mejorar el desempeño en materia de salud y seguridad ocupacional; y
- Comparar el desempeño de:
  - Sistemas o equipos similares en diferentes ubicaciones;
  - Servicios contratados y prestados internamente;
- Modificar:
  - Diseños de sistemas;
  - Decisiones de adquisición;
  - Opciones de equipos;
  - Procedimientos y prácticas de mantenimiento;
  - Aumentar o reducir el esfuerzo de mantenimiento; y
  - Ajustar los intervalos de mantenimiento.

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía 1037 - Recogida de datos para el cálculo del rendimiento de las ayudas a la navegación
- Guía 1035 - Disponibilidad y fiabilidad de las ayudas a la navegación - teoría y ejemplos

## 5.10.2 NORMAS INTERNACIONALES

### Serie ISO 9000

La serie ISO 9000, es un conjunto de normas de Gestión de Calidad. Se actualizó en 2015 con la fusión de las versiones de 1994 de las normas ISO 9001, 9002 y 9003 en la versión revisada ISO 9001-2015. La nueva serie ISO 9000 incluye:

- ISO 9000 Sistemas de Gestión de Calidad: Fundamentos y Vocabulario.
- ISO 9001 Sistemas de Gestión de Calidad: Requisitos.
- ISO 9004 Sistemas de Gestión de Calidad: Guía para la Mejora del Rendimiento.

La norma ISO 9001-2015 se centra en especificar los requisitos de un Sistema de Gestión de Calidad que pueda utilizarse internamente por las organizaciones o con fines contractuales y de certificación. La norma hace hincapié en la eficacia del Sistema de gestión de Calidad para cumplir los requisitos del cliente.

La norma ISO 9004-2009 proporciona orientación sobre una gama más amplia de objetivos para un Sistema de Gestión de Calidad en comparación con la norma ISO 9001, en particular para la mejora continua del rendimiento, la eficiencia y la eficacia generales de una organización.

Se recomienda para organizaciones cuya alta dirección busca ir más allá de los requisitos de la norma ISO 9001 en pos de la mejora continua del rendimiento. Sin embargo, no está destinada a fines contractuales ni de certificación.

La serie ISO 14000 es una colección de normas de consenso voluntarias desarrolladas para ayudar a las organizaciones a lograr beneficios ambientales y económicos mediante la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental eficaces. La serie incluye tres normas centradas en los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA): ISO 14001, 14002 y 14004. Entre ellas, solo la ISO 14001 está destinada a la acreditación de terceros, mientras que las demás sirven como orientación.

La norma ISO 14001 especifica los requisitos de un Sistema de Gestión Ambiental, que permite a una organización:

- Formular una política y unos objetivos teniendo en cuenta los requisitos legislativos y la información sobre los impactos ambientales significativos;
- Aplicar los requisitos a aquellos aspectos ambientales que la organización puede controlar y sobre los que se puede esperar que tenga influencia;
- Demostrar a sí misma y a otras partes interesadas la conformidad con su política ambiental establecida;
- Solicitar la certificación/registro de su Sistema de Gestión Ambiental por parte de una organización externa; y
- Gestionar y medir un programa de mejora continua.

Es importante señalar que la norma ISO 14001 no establece criterios específicos de desempeño ambiental.



Figura 29. ISO 9001 Sobre el Énfasis en la Satisfacción de los Requerimientos del Cliente

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R1004 - Sostenibilidad en el suministro de ayudas a la navegación marítima
- Guía G1036 - Gestión medioambiental en las ayudas a la navegación
- Guía G1137 - Gestión de AtoN en áreas protegidas

## 5.11 ACCESO A TERCEROS A INSTALACIONES DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN

La IALA reconoce que las autoridades se enfrentan a una mayor demanda de compartir las instalaciones de Ayudas a la Navegación con "terceros". Si bien es importante garantizar que se mantengan la integridad y la seguridad de las Ayudas a la Navegación, la presencia de un tercero puede ser beneficiosa:

- Para reducir el riesgo de vandalismo;
- Como fuente de ingresos o para compartir los costos operativos (por ejemplo, energía, mantenimiento de carreteras, etc.); y
- Como un medio para monitorear el funcionamiento de la ayuda.

Si una Autoridad recibe una solicitud de instalación de un equipo por parte de un tercero, debe determinar primero si su legislación permite dicha participación. Si no existen impedimentos, la Autoridad puede considerar la posibilidad de negociar un acuerdo con el posible tercero para establecer claramente las responsabilidades y obligaciones de cada parte. El acuerdo también puede abordar:

1. Las condiciones que se aplicarán a la instalación y operación por parte de un tercero para garantizar que el equipo no comprometa la integridad y seguridad de las Ayudas a la Navegación y otros bienes de propiedad de la Autoridad;
2. El acceso a la energía eléctrica. En los lugares con suministro de energía eléctrica principal, puede ser aconsejable que la Autoridad exija una medición independiente por el suministro de energía proporcionada a un tercero para poder recuperar los costos de electricidad;
3. Si no hay suministro de energía principal, es razonable exigir que el tercero proporcione su propia fuente de energía; y
4. Cuando sea posible, la instalación del equipo de un tercero debe tener en cuenta y preservar el valor patrimonial de las Ayudas a la Navegación.

El acceso de terceros también puede implicar la cooperación con un grupo local de turismo o patrimonio. Esto puede incluir el uso de las antiguas casas de los fareros como casas de vacaciones o la conversión de edificios abandonados en centros de visitantes. Además de los beneficios mencionados anteriormente, estas iniciativas de turismo y patrimonio también pueden servir para informar al público sobre aspectos importantes de las Ayudas a la Navegación y la seguridad marítima, así como para aumentar el perfil de la Autoridad.

Las autoridades deben reservarse el derecho de cancelar cualquier acuerdo con terceros, si el uso continuado pone en peligro el rendimiento o la funcionalidad de la Ayuda a la Navegación.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Guía G1063 - Acuerdo de uso complementario de la propiedad del Faro
- Guía G1075 - Plan de negocio para el uso complementario de un faro histórico



## CAPÍTULO 6

# SERVICIOS DE RADIONAVEGACIÓN (PNT)



El Estándar S1030 de la IALA se aplica a los Servicios de Radionavegación. Este estándar hace referencia a disposiciones normativas e informativas, detalladas en las Recomendaciones enumeradas de la IALA, que cubren el siguiente ámbito:

- Posicionamiento y temporización por satélite.
- Posicionamiento y temporización terrestre.
- Posicionamiento por Radar y Racon.
- Servicios de aumentación.

## 6.1 POSICIONAMIENTO, NAVEGACIÓN Y TEMPORIZACIÓN

La información sobre Posicionamiento, Navegación y Temporización (PNT) se utiliza ampliamente en el sector marítimo. Sirve de apoyo a la navegación de los buques y a los servicios de e-Navegación, proporcionando información de temporización y posicionamiento para las ayudas a la navegación marítima.

En la última década ha quedado claro que la dependencia del PNT ha aumentado drásticamente, al tiempo que ha crecido la amenaza de interrupción o corrupción de la señal. Existe una clara necesidad de resiliencia en el suministro de información PNT, ya que es la base de muchos aspectos de la navegación y las comunicaciones marítimas, así como de las operaciones AtoN marítimas.

La resiliencia puede tener distintos aspectos y significados según la operación de que se trate, la amenaza a la que se enfrente y las opciones locales disponibles.

Se reconoce generalmente que una solución no puede mitigar todas las amenazas en todos los lugares, y lo que se necesita son soluciones escalables y configurables a través de lo que a menudo se denomina un enfoque de "sistema de sistemas".

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) se utilizan ampliamente como principal medio de navegación en la actualidad y se espera que siga siendo así en el futuro. La resiliencia se consigue cuando la información PNT GNSS está respaldada por datos de otras fuentes PNT independientes y se combina de forma que se mantenga la integridad de los datos y el navegante o el proveedor de servicios AtoN puedan conservar su solución PNT en caso de que falle alguna de las fuentes PNT.

Hay muchos sistemas diferentes que pueden proporcionar información PNT y este capítulo presenta los más destacados.

### Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R1017 - Posicionamiento, navegación y temporización (PNT) resilientes
- Recomendación R0129 - Vulnerabilidad del GNSS y medidas paliativas

## 6.2 POSICIONAMIENTO Y TEMPORIZACIÓN SATELITAL

Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) es el término genérico para los sistemas de navegación por satélite que proporcionan señales de temporización que permiten al receptor del usuario calcular su posición, velocidad y tiempo.

Un GNSS consta de tres segmentos: una constelación de satélites (segmento espacial), un segmento terrestre (o segmento de control) y el receptor del usuario (segmento de usuario). Los satélites transmiten continuamente señales codificadas en una o varias bandas de frecuencia. El receptor del usuario, situado en cualquier punto de la superficie terrestre, puede utilizar estas señales para determinar la posición y la velocidad en tiempo real, basándose en mediciones de rango de distancias.

Si un GNSS es reconocido por la OMI como componente de su Sistema Mundial de Radionavegación (WWRNS), tal como se establece en la Resolución A.1046 (27) de la OMI, se considera que los receptores de dicho GNSS cumplen los requisitos de transporte a bordo de la OMI para el equipo de fijación de la posición a que se refiere el capítulo V del Convenio SOLAS.

Los receptores GNSS, en combinación con otros equipos, pueden utilizarse para obtener:

- posicionamiento absoluto;
- posicionamiento relativo (puede procesarse posteriormente para obtener la velocidad sobre el terreno (SOG), el rumbo sobre el terreno (COG), etc.); y
- temporización.

Esta información puede referirse a un observador estacionario (posicionamiento estático) o a un observador en movimiento (posicionamiento cinemático).

En la actualidad hay varios GNSS disponibles, con GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo reconocidos como componentes del WWRNS de la OMI. Existen también componentes GNSS regionales como QZSS y NAVIC.

### **6.2.1 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) entró en pleno funcionamiento en 1995. El sistema está gestionado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos (DOD) en nombre del Gobierno de ese país.

El GPS ofrece dos niveles de servicio. El Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) proporciona un posicionamiento preciso a todos los usuarios, ya que está disponible para uso civil, comercial y científico con fines pacíficos. Por otro lado, el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) proporciona precisión completa del sistema a usuarios designados y autorizados de los sistemas de seguridad nacional de EEUU y sus aliados.

El segmento espacial del GPS consta de una constelación mínima de 24 satélites operativos en seis planos orbitales. Los satélites operan en órbitas circulares de 20.200 km (10.900 Millas náuticas) de altura, con un ángulo de inclinación de 55 grados y un periodo de 12 horas.

El SPS GPS está disponible de forma no discriminatoria, libre de tasas directas, para todos los usuarios que dispongan de un receptor adecuado. El servicio satisface los requisitos de navegación general y aproximación a puertos con una precisión de posición horizontal de 9 metros (95% de probabilidad).

Un programa de modernización pretende mejorar la precisión y disponibilidad para todos los usuarios e implica estaciones terrestres, nuevos satélites y cuatro señales de navegación adicionales: tres señales civiles conocidas como L2C, L5 y L1C y un código militar denominado M-Code. Para más información sobre el GPS, consulte el sitio web NAVCEN de la USCG ([www.navcen.uscg.gov](http://www.navcen.uscg.gov)). El sitio web también contiene un enlace al último Plan Federal de Radionavegación de Estados Unidos, que ofrece una descripción exhaustiva de la evolución actual y futura del GPS.

### **6.2.2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GLONASS)**

GLONASS es un sistema tridimensional de posicionamiento, velocidad y tiempo gestionado por la Agencia Espacial Rusa en nombre de la Federación Rusa.

Está disponible de forma no discriminatoria y libre de tasas directas para todos los usuarios que dispongan de un receptor adecuado. Con una dotación completa de 25 satélites, el servicio satisface los requisitos de la navegación general y ofrece un error medio de rango del usuario (URE) de 1-6 m (95%).

Los satélites recientes han introducido una segunda señal civil, y se espera que los futuros satélites proporcionen una tercera señal civil en la frecuencia L3.

Los satélites GLONASS utilizan Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA). Sin embargo, los nuevos satélites proporcionarán señales adicionales utilizando Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) para ser interoperables con otros GNSS.

Equivalente al Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) y al Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) del GPS, GLONASS proporciona una señal de navegación de precisión estándar (SP) y una señal de navegación de alta precisión (HP), a saber, el Canal de Precisión Estándar (CSA) y el Canal de Alta Precisión (CHA), respectivamente. El Servicio Abierto (OS) proporciona un servicio de posicionamiento y temporización con el acceso abierto proporcionado por las señales de rango agregadas FDMA generadas por el Centro de Operaciones (OC) de GLONASS, transmitidas en L1 y L2, y cuyo rendimiento está asociado al del CSA (Canal de Precisión Estándar) en el volumen de servicio GLONASS. El OS con el rendimiento CSA asociado está disponible para cualquier usuario a nivel mundial y de forma continua.

La señal GLONASS de alta precisión se emite en cuadratura de fase con la señal SP, lo que proporciona una precisión total del sistema a los usuarios autorizados por las Fuerzas Armadas rusas.

Más información sobre GLONASS y su evolución futura está disponible en la página web del Centro de Información y Análisis (<https://www.glonass-iac.ru/en/>).

### **6.2.3 BEIDOU**

El Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS) es un sistema GNSS chino construido y operado de forma independiente. Puede ser compatible con otros GNSS del mundo. BDS puede proporcionar servicios PNT en todo momento y en cualquier condición meteorológica, con gran precisión y fiabilidad para todo tipo de usuarios.

BDS consta de tres componentes principales: la constelación espacial, el segmento de control en tierra y el segmento de usuario. La constelación global consta de 3 satélites GEO, 3 satélites IGSO y 24 satélites MEO. Actualmente, BDS puede prestar los siguientes servicios.

#### **El Servicio Abierto(OS)**

Con una precisión de posicionamiento de 10 metros en todo el mundo y de 5 metros en la región Asia-Pacífico, sin cargo para el usuario. El OS puede utilizarse en una frecuencia (B1C o B1I) y se recomienda prioritariamente la B1C, que ofrece mejores prestaciones. También se recomienda utilizar dos frecuencias (B1C y B2a).

#### **El Servicio de Mensajes.**

En cuanto a los servicios de mensajes en China y sus alrededores, la capacidad de servicio aumentará a 10 millones de veces por hora y la potencia de transmisión del receptor se reducirá a 1-3W, con capacidad para transmitir 1.000 caracteres chinos por mensaje (14.000 bits). En cuanto a los servicios de mensajes globales, la capacidad de servicio es de 40 caracteres chinos por mensaje (560 bits).

El servicio de Búsqueda y Rescate (SAR) es una contribución de BDS al programa MEOSAR de Cospas-Sarsat a través de la prestación de un Servicio de Alerta de Enlace Avanzado (FLS). Además, el Servicio de Enlace de Retorno (RLS)/BDS se proporciona a través de la señal B2b.

La señal PPP-B2b del Servicio de Posicionamiento de Punto Preciso (PPP) de BDS es transmitida por los satélites GEO de BDS. La señal PPP-B2b sirve como canal de difusión de datos para los parámetros de corrección, como la órbita precisa del satélite y los parámetros de desfase del reloj de BDS y otros GNSS, y proporciona servicios PPP para los usuarios de China y sus alrededores, con la precisión del servicio de posición precisa dinámica a nivel decimétrico y el servicio de posición precisa estática a nivel centimétrico.

Puede encontrar más información sobre BDS en el sitio web ([www.beidou.gov.cn](http://www.beidou.gov.cn)).

## 6.2.4 GALILEO

Galileo es el GNSS europeo diseñado para ser interoperable con otros GNSS, gestionado y operado bajo control civil. Galileo utiliza una constelación de 24 satélites para alcanzar sus objetivos de posicionamiento, pero aspira a tener una constelación de 30 satélites cuando sea plenamente operativo (incluidos los de repuesto en órbita).

Los servicios iniciales de Galileo se declararon en 2016 junto con el reconocimiento de la OMI como parte del Sistema Mundial de Radionavegación. Galileo ofrece actualmente los siguientes servicios:

- **Un servicio abierto (OS):** Con una precisión de posición horizontal de 2 metros (95%), libre de tarifas de usuario y proporcionando información sobre posicionamiento, tiempo y sincronización.
- **Servicios de búsqueda y rescate (SAR):** Contribución de la UE al sistema MEOSAR de COSPAS-SARSAT. El servicio de búsqueda y rescate de Galileo envía desde 2017 señales de socorro a los Centros de Control de Misión de Cospas-Sarsat detectando señales de emergencia de las balizas y retransmitiéndoles mensajes en tiempo casi-real que luego se envían a los Centros de Coordinación de Salvamento (Forward Link Service). Galileo también envía desde 2020 un mensaje de acuse de recibo a las balizas con capacidad de enlace de retorno para informar al usuario de que se ha recibido la alarma (Return Link Service);
- **Servicio de Alta Precisión (HAS):** Un servicio de acceso gratuito que complementa al OS ofreciendo datos de alta precisión y proporcionando una mayor precisión de rango, lo que permite a los usuarios alcanzar una precisión de posicionamiento de nivel submétrico. Con HAS, Galileo es la primera constelación capaz de proporcionar un servicio PPP de alta precisión a escala mundial directamente a través de la señal en el espacio. Los datos de alta precisión se transmiten utilizando un formato abierto en la señal E6-B de Galileo y a través de Internet para Galileo y GPS (monofrecuencia y multifrecuencia) con el fin de lograr en tiempo real mejores prestaciones de posicionamiento del usuario (error de posicionamiento inferior a dos decímetros en condiciones nominales); y
- **Servicio Público Regulado (PRS):** Servicio de navegación encriptado restringido a usuarios autorizados por los gobiernos, para aplicaciones sensibles que requieren un alto nivel de continuidad del servicio. El PRS está destinado principalmente a usuarios militares o civiles autorizados por los gobiernos de los Estados miembros de la UE, por ejemplo, servicios de emergencia y policía.

## 6.2.5 SISTEMAS REGIONALES

### 6.2.5.1 SISTEMA DE SATÉLITES QUASI - ZENITH

Japón está desarrollando un sistema de satélites cuasi cenitales (QZSS). QZSS se basa en tres satélites en órbitas elípticas elevadas inclinadas y un satélite geoestacionario. Se espera que la constelación final conste de 7 satélites, cada uno transmitiendo 6 señales en la banda L: 3 en L1, 1 en E6, 1 en L2 y 1 en L5. La señal en E6(L6) pretende dar soporte a un servicio comercial con alta velocidad de datos (2 kbps). La plena implantación también proporcionará servicios de aumentación a GPS y QZSS.

Más información disponible en <http://QZSS.go.jp/en/>.

### 6.2.5.2 SISTEMA REGIONAL INDIO DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

El Sistema Regional Indio de Navegación por Satélite (IRNSS), cuyo nombre operativo es NAVIC (Navigation with Indian Constellation), es un sistema de navegación independiente que cubre la región india mediante un segmento espacial de 3 satélites GEO y 4 satélites IGSO. La inclinación del plano orbital de los satélites IGSO es baja, de modo que todos los satélites pueden verse simultáneamente sobre la India.

Los tres servicios NAVIC son:

- Servicio Abierto que utiliza señales en las bandas L5 y S;
- Servicio de Posicionamiento Preciso que utiliza señales en las bandas L5 y S; y
- Servicio de Acceso Restringido que sólo utiliza señales en la banda L5.

Los servicios Abierto y Preciso se dirigen a los usuarios de doble frecuencia, pero también se pretende calcular y difundir correcciones ionosféricas para apoyar a los usuarios de una sola frecuencia. Debido a la cobertura limitada de la red NAVIC de estaciones de referencia, los satélites incluirán, además de la carga útil de navegación, una carga útil dedicada de enlace ascendente/descendente en banda C para la determinación precisa de la órbita de los satélites.

## 6.3 POSICIONAMIENTO Y TEMPORIZACIÓN TERRESTRE

En esta sección se consideran diferentes sistemas de navegación y temporización terrestres.

### 6.3.1 LORAN - C

Loran-C es un sistema hiperbólico de radionavegación desarrollado en los años sesenta para cumplir los requisitos del Departamento de Defensa de Estados Unidos. La Federación Rusa opera un sistema de radionavegación similar llamado CHAYKA.

Las cadenas Loran-C comprenden entre tres y cinco estaciones que tienen una separación de 600 a 1000 Millas Náuticas. El formato de la señal es una secuencia estructurada de pulsos de radio especialmente diseñados en una frecuencia de onda portadora centrada en 100 kHz. Una de las estaciones se denomina "maestra" y transmite grupos de 9 impulsos. Las demás estaciones se denominan "secundarias" y transmiten grupos de 8 impulsos.

La separación entre los grupos de impulsos "maestros" de una misma cadena es una característica exclusiva de esa cadena y se denomina Intervalo de Repetición de Grupo (GRI).

La frecuencia de la onda portadora de 100 kHz favorece la propagación de una onda terrestre estable a largas distancias. Un cuidadoso diseño de la señal permite a los receptores Loran determinar posiciones utilizando la onda terrestre y rechazar la onda celeste retardada que potencialmente distorsionaría la señal recibida.

Las transmisiones de cada cadena se supervisan y controlan continuamente. Los indicadores de anomalías del sistema están integrados en el formato de la señal y pueden ser identificados por el receptor proporcionando avisos de integridad inherentes.

### 6.3.2 eLORAN

El Loran mejorado, "Enhanced Loran" (eLoran), es un sistema de navegación terrestre desarrollado a partir de Loran-C. Se trata de un servicio de posicionamiento, velocidad y temporización (PVT) para uso de la navegación terrestre, marítima y aérea, así como otras aplicaciones que dependen de datos de temporización.

eLoran es independiente de GNSS y tiene modos de fallo distintos, por lo que complementa al GNSS en apoyo de un PNT resiliente. eLoran proporciona una precisión posicional de entre 8 y 20 metros y unas prestaciones de tiempo y frecuencia (a nivel de estrato 1) similares a los GNSS actuales.

eLoran se diferencia de Loran-C en que utiliza un método de funcionamiento "todo a la vista", calculando la distancia a todas las estaciones eLoran a la vista. Las estaciones eLoran están sincronizadas con la hora GNSS, pero son independientes de ella. La sincronización con una fuente de tiempo común permite a los receptores utilizar una mezcla de eLoran y otros sistemas, como el GNSS.

Los receptores eLoran calculan la distancia desde cada estación suponiendo, en primer lugar, que toda la superficie terrestre está cubierta de agua de mar. Conociendo la velocidad de la señal sobre el agua de mar, junto con los tiempos de transmisión y recepción, se puede calcular una pseudodistancia. Esta pseudodistancia se ajusta para tener en cuenta los retrasos de propagación debidos al paso de la señal por tierra. Estos retardos se denominan retardos del factor secundario adicional (ASFs). Los ASFs son medidos por el proveedor del servicio y suministrados a los usuarios como una base de datos integrada en sus receptores. Los ASFs pueden cambiar ligeramente debido a efectos meteorológicos o estacionales, lo que reduce la eficacia de la corrección y afecta a la precisión. Sin embargo, esto se resuelve instalando cerca una estación de referencia diferencial Loran, que es capaz de medir la diferencia y calcular una corrección. La información de la corrección se transmite entonces a la estación eLoran para su difusión al usuario a través del canal de datos eLoran.

La inclusión de un canal de datos como parte de la transmisión principal es una de las características inherentes de eLoran. Puede utilizarse para proporcionar otros servicios de datos además de las correcciones diferenciales.

La señal eLoran está normalizada por SAE dentro de su estándar de señal Loran mejorada transmitida (eLoran) (SAE9990).

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R1011- Rendimiento y supervisión de los servicios eLoran en la banda de frecuencias 90-110 kHz
- Guía G1125 - Enfoque técnico para el establecimiento de un servicio eLoran marítimo

### 6.3.3 RANGING MODO (MODO-R)

R-Mode es un sistema de posicionamiento terrestre en fase de desarrollo. Utiliza las bandas de frecuencia de la infraestructura de radiocomunicaciones marítimas ya existente para el suministro de señales de temporización que permiten la estimación de la posición y el tiempo independientes de GNSS. En la actualidad, la banda MF del sistema de radiofaros IALA y las bandas VHF AIS, ASM y VDE-TER del VDES se utilizan en bancos de pruebas de R-Mode en Europa, Asia y Norteamérica.

Al proporcionar información de tiempo a través de transmisiones MF o VHF, un receptor a bordo puede calcular la distancia (rango) a cada transmisor. Calculando el rango a varias estaciones, el usuario puede calcular la posición del barco. Algunos problemas de cobertura, geometría e interferencias todavía necesitan mayor investigación.

Es necesario recibir tres transmisores para realizar el posicionamiento basado en R-Mode en el mar. Debido al diferente alcance del transmisor, de unos 250 km para MF y varias decenas de km para VHF, que depende en gran medida de la altura de la torre de la antena, la cobertura del servicio R-Mode MF y VHF puede diferir notablemente. Ambas señales están sujetas a diferentes efectos de atenuación, interferencia y distorsión de la señal, lo que disminuye su rendimiento. La combinación de señales R-Mode MF y VHF puede aumentar notablemente el rendimiento del posicionamiento R-Mode.

Todos los transmisores R-Mode están sincronizados con el tiempo del sistema R-Mode. Dependiendo de la fuente de sincronización y la tecnología para realizar la sincronización, el tiempo del sistema se refiere a una escala de tiempo que es trazable a UTC. Por lo general, hoy en día se utiliza GNSS para la sincronización en los bancos de pruebas. Sin embargo, para reducir la dependencia o ser completamente independiente del GNSS, las estaciones R-Mode requerirían la disponibilidad de una fuente de sincronización precisa no GNSS en el transmisor.

Los relojes de alta estabilidad, como los atómicos, podrían ser una opción cara y es más probable que el tiempo proceda de un reloj de radio de baja frecuencia o de eLoran.

El uso de señales de R-Mode transmitidas por sistemas de comunicación en tierra como alternativa a las señales GNSS se trata en el capítulo 9.5.

**Consulte la publicación de la IALA:**

- Guía G1158 - VDES Modo R

### 6.4 SERVICIOS DE AUMENTACIÓN

El objetivo de los servicios de aumentación GNSS, como los sistemas globales de navegación por satélite diferenciales (DGNSS), es mejorar el posicionamiento basado en GNSS en un área determinada.

En este contexto, pueden aplicarse diversos métodos para aumentar la precisión del posicionamiento basado en GNSS y verificar la integridad de los componentes aplicados (sistemas, servicios) y de los datos proporcionados. Una base esencial para la prestación del servicio DGNSS son las mediciones GNSS propias recogidas en tiempo real en estaciones de referencia individuales o en una red de estaciones.

Existen dos enfoques principales:

- servicios diferenciales basados en tierra, como el sistema DGNSS de radiofaros de la IALA; y
- servicios basados en el espacio, como los Sistemas de Aumentación Basados en Satélite (SBAS).

En las siguientes secciones se presenta cada sistema con más detalle, aunque funcionan de manera similar: ambos comparan el rendimiento de los receptores GNSS de alta calidad con la ubicación conocida de la antena para observar los errores de posición introducidos por la atmósfera terrestre y otras fuentes similares.

En las aplicaciones críticas para la seguridad, los servicios DGNSS deben incluir también funciones de control de la integridad para garantizar que las señales son válidas y aptas para su uso. Este control puede realizarse mediante pruebas de verosimilitud y coherencia, así como métodos de estimación del comportamiento y límites de errores, para proporcionar alertas de integridad en tiempo real al usuario final, informándole de si no debe utilizar uno o varios satélites concretos o si no debe utilizar el sistema.

La prestación del servicio DGNSS se realiza mediante señales de radio que transportan datos de aumentación, corrección e integridad. Los usuarios que operan en zonas de servicio y están equipados con receptores adecuados pueden utilizar estos datos de aumentación para:

- mejorar la precisión del posicionamiento basado en GNSS;
- notificar satélites defectuosos o fallos del GNSS;
- detectar señales de satélite con mayores errores de propagación;
- excluir del posicionamiento las señales perturbadas; y
- recibir información sobre la facilidad de uso de los servicios u otra información.

En la actualidad, se prestan servicios DGNSS para sistemas de navegación por satélite como GPS y GLONASS operativos. En principio, pueden prestarse servicios DGNSS similares para GNSS mediante GALILEO, BeiDou y QZSS.

Cada servicio DGNSS puede dividirse en dos partes: la generación y la distribución de los datos de aumentación. La generación de datos de aumentación DGNSS requiere mediciones GNSS propias recogidas en una única estación de referencia o en una red de estaciones. Los distintos mensajes y servicios DGNSS pueden utilizar diferentes métodos de generación y medios de difusión. En la actualidad, determinados canales de comunicación utilizados para el suministro de datos de aumentación DGNSS están asignados a servicios DGNSS específicos. Por ejemplo, el suministro de datos de aumentación DGNSS se realiza mediante SBAS.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R1022 - Prestación del servicio de aumentación GNSS para aplicaciones de navegación marítima
- Recomendación R0135 - Futuro del DGNSS

## 6.4.1 SISTEMAS TERRESTRES DE AUMENTACIÓN

### 6.4.1.1 RADIOFAROS DGNSS IALA

Los radiofaros DGNSS IALA proporcionan correcciones diferenciales, así como información de integridad, a los usuarios marítimos cercanos para mejorar la precisión e integridad de la determinación de datos de posición, velocidad y tiempo (PVT) basada en GNSS.

El método de posicionamiento diferencial se desarrolló en la década de 1990, está aceptado internacionalmente y cuenta con apoyo en la mayoría de las aguas costeras, especialmente en zonas de alta densidad de tráfico. Colocando receptores GNSS de alta calidad en ubicaciones topográficas conocidas, es posible calcular la diferencia entre la posición GNSS estimada y la verdadera ubicación topográfica. Se observa la diferencia para el pseudorango de cada satélite, a partir de la cual se determinan las correcciones y se comparten con los usuarios cercanos, lo que permite a sus receptores mejorar su posición estimada.

Además, las funciones de control de la integridad evalúan la utilidad de las señales GNSS, garantizando que los navegantes que emplean este servicio de radiofaros marítimos DGNSS utilicen señales de satélite válidas y en buen estado.

El radioenlace utilizado para el suministro de datos de corrección e integridad del DGNSS está definido por la ITU (Recommendation ITU-R M.823-3). Para estos servicios, la transmisión de la señal DGNSS se realiza en la banda de radionavegación marítima (283,5 a 325 kHz). En los emplazamientos de los usuarios, son necesarios receptores de radiofaro DGNSS homologados (que cumplan las normas de ensayo y rendimiento IEC 61108-4) para permitir el uso de los servicios DGNSS desde el barco con el fin de mejorar la determinación de los datos PVT.

La lista completa de estaciones DGNSS basadas en radiofaros (notificadas a la IALA por las autoridades de Ayudas a la Navegación) se encuentra en el sitio web de la IALA ([www.iala-aism.org/technical/positioning-navigation-and-timing/](http://www.iala-aism.org/technical/positioning-navigation-and-timing/)). Esta lista se actualiza periódicamente.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R0115 - Prestación de servicios de radionavegación marítima en la banda de frecuencias 283,5-315 kHz en la Región 1 y 285-325 kHz en las Regiones 2 y 3
- Recomendación R0121 - Prestaciones y seguimiento de un servicio DGNSS en la banda de frecuencias 283,5-325kHz
- Guía G1112 - Prestaciones y supervisión de los servicios DGNSS en la banda de frecuencias 283,5-325 kHz)

### 6.4.1.2 AIS PARA TRANSMISIONES DGNSS

El Sistema de Identificación Automática (AIS) es un sistema de transmisión e intercambio de datos entre buques y entre buques y tierra que opera en la banda marítima VHF. Se describe con más detalle en el Capítulo 5.

El AIS tiene la capacidad de proporcionar correcciones DGNSS a los equipos de a bordo mediante transmisiones normalizadas (Mensaje nº 17), tal y como se describe en la Recomendación A-124 de la IALA.

#### **6.4.1.3 EL SISTEMA DE AUMENTACIÓN TERRESTRE BEIDOU**

BDS utiliza las redes de comunicaciones móviles o Internet para proporcionar a los usuarios, dentro de la zona de cobertura de la red de estaciones de referencia, servicios de posicionamiento de alta precisión a niveles métrico, decimétrico, centimétrico y milimétrico.

### **6.4.2 GBAS MARÍTIMO BASADO EN FASE (MGBAS)**

#### **6.4.2.1 POSICIONAMIENTO BASADO EN RTK (REAL TIME KINEMATIK)**

En las últimas décadas, el desarrollo de técnicas de medición basadas en fase se vio impulsado por las necesidades de la topografía, para lograr precisiones de posicionamiento con GNSS a nivel centimétrico. En la Recomendación de la IALA sobre el futuro del DGNSS (R-135), la técnica RTK se menciona como un enfoque para satisfacer los requisitos marítimos de posicionamiento de alta precisión en zonas portuarias y para el atraque. Varios fabricantes de equipos GNSS/DGNSS marítimos ofrecen soluciones compatibles con el posicionamiento basado en RTK.

#### **6.4.2.2 RTK SOBRE AIS**

En las aplicaciones topográficas, la información de correcciones RTK suele distribuirse a los usuarios mediante radiomódems VHF/UHF o a través de Internet comercial de banda ancha. Sin embargo, cuando se utiliza en mediciones hidrográficas más alejadas de la costa, estas opciones de comunicación podrían no estar siempre disponibles. Las opciones de comunicación en estas zonas serían entonces vía satélite o vía AIS (este último también está disponible sólo dentro de la cobertura VHF costera, normalmente hasta 50 - 70km de la línea de costa).

RTK sobre AIS está en uso operativo para grupos de usuarios seleccionados en algunos países y se ha informado de que funciona sin mayores problemas proporcionando la precisión de posicionamiento requerida.

Cuando se utiliza RTK sobre AIS, debe tenerse en cuenta que supone una gran demanda en el enlace de datos VHF. Otras limitaciones de esta técnica son que, en algunas aplicaciones, sólo un usuario móvil puede ser atendido por una estación base AIS a la vez, que se reduce la comprensión de la precisión debido a las rápidas fluctuaciones atmosféricas y que puede no ser aplicable en zonas de alta carga en los canales. El problema de la carga de canales puede resolverse en el futuro utilizando los canales adicionales asignados al VDES.

Se señala que RTK es un sistema de corto alcance, y que es necesario introducir la supervisión y evaluación de la integridad de los servicios RTK y del posicionamiento basado en RTK en el contexto de las aplicaciones críticas para la seguridad.

### **6.4.3 SISTEMAS DE AUMENTACIÓN BASADOS EN SATÉLITES (SBAS)**

Los SBAS permiten aumentación regional o de área amplia mediante la recopilación de datos de estaciones de referencia situadas en una región, con datos diferenciales proporcionados al usuario a través de mensajes transmitidos por satélite. La solución básica consiste en utilizar un conjunto de estaciones de monitorización (en posiciones conocidas con precisión) para recibir señales GNSS.

Los datos de estas estaciones se procesan para obtener estimaciones de los errores que también son aplicables a los usuarios (es decir, errores ionosféricos, errores de posición/reloj del satélite, etc.). Una vez calculadas estas estimaciones, se transmiten a los usuarios mediante un satélite GEO.

Hay muchos SBAS actuales en funcionamiento o previstos, como se muestra en la Figura 30.

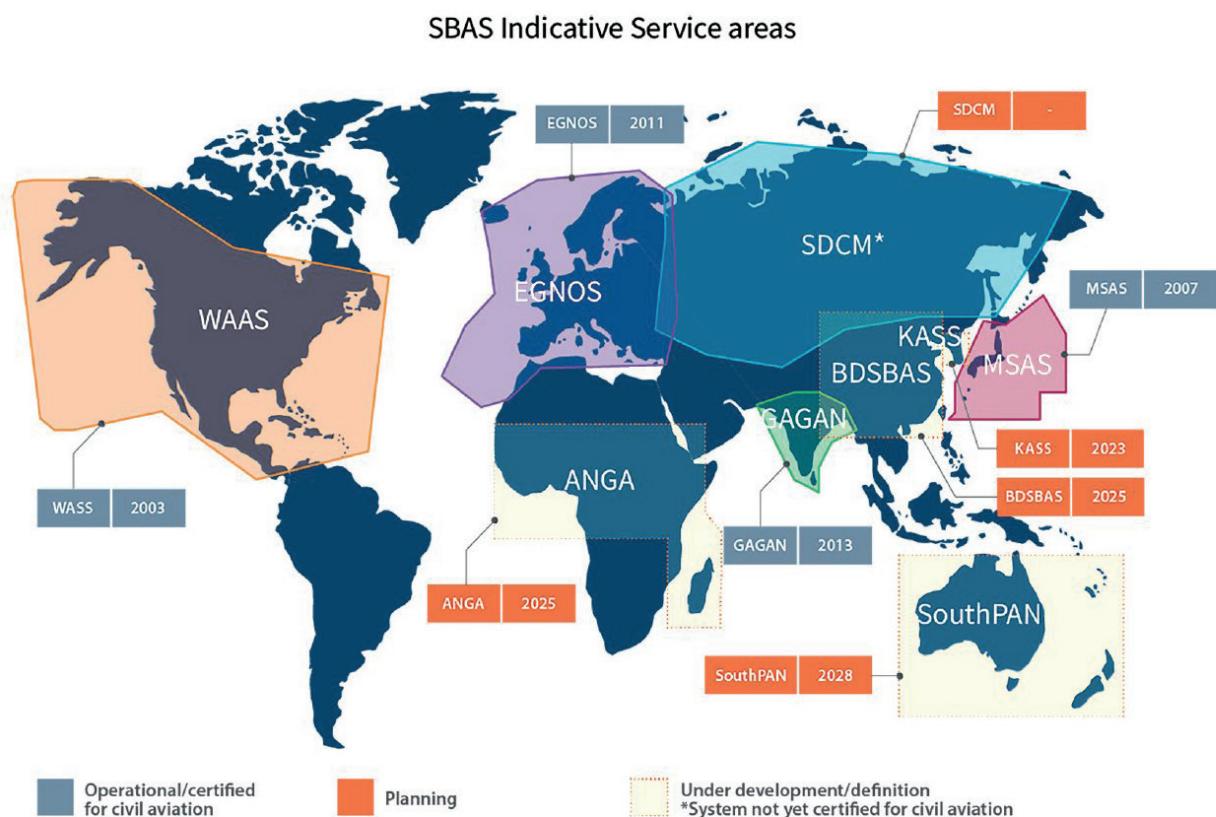


Figura 30. Sistemas SBAS existentes y en fase de definición  
(Fuente: 09b sbas image noviembre 2022)

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Guía G1129 - La retransmisión de correcciones SBAS mediante radiofaros MF y AIS
- Guía G1152 - Servicio marítimo SBAS

#### 6.4.3.1 SISTEMA DE AUMENTACIÓN DE ÁREA AMPLIA (WAAS)

WAAS ha sido implantado por la Autoridad Federal de Aviación de Estados Unidos (FAA) para apoyar el uso del GPS en la aviación general y comercial sobre el territorio continental de Estados Unidos. También se ha ampliado para cubrir partes de México y Canadá. En la actualidad, la arquitectura WAAS incluye 38 estaciones de referencia, 3 estaciones maestras, 3 satélites geoestacionarios, 6 estaciones de enlace ascendente GEO y 2 centros de control operativo. Para más información sobre WAAS, consúltese el sitio web de la Administración Federal de Aviación ([www.faa.gov](http://www.faa.gov)).

#### **6.4.3.2 SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO (EGNOS)**

EGNOS es el sistema europeo de aumentación basado en satélite que proporciona servicios de navegación críticos para la seguridad a usuarios de aviación, marítimos y terrestres en la mayor parte de Europa. EGNOS aumenta la señal civil GPS L1 Coarse/Acquisition (C/A) proporcionando correcciones e información sobre la integridad.

EGNOS ofrece tres servicios:

- **Servicio Abierto (OS)**, disponible gratuitamente para cualquier usuario. El principal objetivo del OS EGNOS es lograr una mayor precisión de posicionamiento mediante la corrección de varias fuentes de error que afectan a las señales GPS (EGNOS-SDD).
- **El Servicio de Seguridad de la Vida (SoL)** ofrece el nivel más estricto de rendimiento de la señal en el espacio desarrollado principalmente para apoyar la aviación (EGNOS-SDD); Ya está operativo un servicio en el sector marítimo, denominado ESMAS, con una capa específica de prestación de servicios que incluye la supervisión de las prestaciones y la promulgación de información sobre seguridad marítima (MSI). Se han publicado normas CEI para las pruebas de receptores SBAS (PNW 80-996 ED1)
- **El Servicio de Acceso a Datos EGNOS (EDAS)** es el servicio de datos terrestres de EGNOS que ofrece acceso desde tierra a los datos de EGNOS en tiempo real y también en un archivo histórico FTP a usuarios autorizados (por ejemplo, proveedores de aplicaciones de valor añadido) (EGNOS-SDD). El segmento espacial de EGNOS consta de 3 satélites geoestacionarios (GEO). El segmento terrestre de EGNOS comprende una red de estaciones de control de integridad de rangos (RIMS), dos centros de control de misión (MCC), seis estaciones terrestres de navegación (NLES) y la red de área amplia de EGNOS (EWAN), que proporciona la red de comunicaciones para todos los componentes del segmento terrestre.

Se puede encontrar más información sobre EGNOS en [www.egnos-portal.eu](http://www.egnos-portal.eu).

#### **6.4.3.3 SISTEMA DE AUMENTACIÓN BASADO EN SATÉLITES BEIDOU (BDSBAS)**

BDSBAS es una parte importante de BDS. La constelación de BDSBAS incluye 3 satélites GEO que operan a una altitud de 35.786 km y están situados a 80°E, 110,5°E y 140°E. Estos satélites utilizan el código de Ruido Pseudo Aleatorio (PRN) 144, 143 y 130, respectivamente. El sistema de coordenadas de BDSBAS es WGS-84.

La desviación del tiempo de la red del servicio BDSBAS con respecto al tiempo GPS no supera los 50 nanosegundos. BDSBAS ofrece el servicio de Frecuencia Única (SF) a través de la señal BDSBAS-B1C y el servicio Multi-Constelación de Doble Frecuencia (DFMC) a través de la señal BDSBAS-B2a para los usuarios de China y sus alrededores.

Se puede encontrar más información sobre BDSBAS en el sitio web ([www.beidou.gov.cn](http://www.beidou.gov.cn)).

#### **6.4.3.4 SISTEMA DE AUMENTACIÓN MULTISATÉLITE (MSAS)**

En Japón, Multi-Satellite Augmentation System (MSAS) es un SBAS similar a EGNOS y WAAS. MSAS se ha puesto en servicio para uso aeronáutico, con dos enlaces GEO que utilizan la banda L1 a través de satélites dedicados, compartidos con misiones de comunicaciones y meteorológicas.

El sistema funciona desde 2007 y está previsto añadir más servicios en el futuro. Encontrará más información sobre MSAS en el sitio web: ([https://www.mlit.go.jp/koku/15\\_hf\\_000105.html](https://www.mlit.go.jp/koku/15_hf_000105.html)).

#### **6.4.3.5 SISTEMA DE NAVEGACIÓN GEOAUMENTADA ASISTIDA POR GPS (GAGAN)**

India ha desarrollado su propio SBAS, llamado "GPS-Aided Geo Augmented Navigation system" (GAGAN). El sistema ha sido desarrollado conjuntamente por la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) y la Autoridad Aeroportuaria de la India (AAI). El sistema proporciona correcciones de la señal GPS principalmente para usuarios de aviación sobre la masa continental india y es el primero que cubre la región ecuatorial. Dos GEO transmiten simultáneamente la señal GAGAN en el espacio. La huella de GAGAN se extiende desde África hasta Australia y el sistema tiene capacidad de expansión a los países vecinos. Al ajustarse a las normas de la ICAO, el sistema es interoperable con otros SBAS y sirve de enlace entre EGNOS y MSAS.

Más información sobre GAGAN en <https://gagan.aai.aero/gagan>

#### **6.4.3.6 SISTEMA DE CORRECCIONES DIFERENCIALES Y MONITORIZACIÓN (SDCM)**

Rusia está desarrollando un sistema de aumentación para proporcionar correcciones a GLONASS y GPS denominado "System for Differential Corrections and Monitoring" (SDCM). Este sistema constará de 3 satélites geoestacionarios, con los códigos PRN asignados 125, 140 y 141.

#### **6.4.3.7 SISTEMA DE AUMENTACIÓN POR SATÉLITE DE COREA (KASS)**

La República de Corea ha desarrollado el "Korea Augmentation Satellite System" (KASS), un SBAS independiente similar a WAAS y EGNOS. KASS incluye 7 estaciones de referencia, 2 GEOS, 3 estaciones de enlace ascendente, 2 centros de control y 2 estaciones de procesamiento. KASS ha sido sometido a una serie de procesos de certificación del sistema antes de su prestación del servicio de seguridad de la vida (SoL) en el sector de la aviación, ya operativo. Puede obtenerse más información sobre KASS en el sitio web [www.kass-re.kr](http://www.kass-re.kr).

### **6.4.4 OPCIONES DE INTEGRIDAD**

Los sistemas de aumentación comprueban los datos proporcionados por cada satélite y constelación, para asegurarse de que son válidos y funcionan dentro de los rangos normales. Cualquier satélite o constelación que funcione fuera de la norma, se marca como defectuoso y no se utiliza en la estimación de posición del usuario.

Esta comprobación o prueba se conoce como integridad. La integridad GNSS se define como la medida de confianza que puede depositarse en la corrección de la información suministrada por el sistema de navegación. Existen dos enfoques diferentes, la integridad a nivel de sistema y la integridad a nivel de usuario.

La integridad a nivel de sistema comprueba el funcionamiento del sistema en una ubicación determinada, normalmente estática, como las estaciones de referencia utilizadas en los radiofaros marítimos DGNSS y las soluciones SBAS.

Estos sistemas son capaces de identificar fallos a nivel de sistema, aspectos como datos erróneos de posición del satélite, errores de reloj o efectos atmosféricos. Las pruebas a nivel de sistema son incapaces de determinar o captar cualquier error de integridad en la ubicación de los usuarios.

Se denomina integridad a nivel de usuario a las comprobaciones de integridad que tienen lugar en el receptor del usuario, ya que pueden incluir no sólo efectos de fallos a nivel de sistema, sino también efectos locales como interferencias y trayectorias múltiples cerca del receptor del usuario. Se prevé que la integridad a nivel de usuario y la integridad a nivel de sistema serán necesarias en el futuro a medida que aumente la dependencia de la información PNT.

#### **6.4.4.1 MONITORIZACIÓN AUTÓNOMA DE INTEGRIDAD DEL RECEPTOR**

La monitorización autónoma de integridad del receptor (RAIM) es una tecnología desarrollada para evaluar la integridad de las señales GNSS y, por tanto, la integridad a nivel de usuario del posicionamiento basado en GNSS. Este tipo de supervisión de la integridad se realiza de forma autónoma en el receptor del usuario, lo que reviste especial importancia en aplicaciones críticas para la seguridad, como la navegación aérea y marítima.

Se necesitan mediciones de rango de al menos cuatro satélites GNSS para poder determinar los datos de posición, velocidad y tiempo. Sin embargo, la aplicación de RAIM en un receptor de navegación requiere redundancia en las mediciones de rango. Es decir, cuando se dispone de más satélites de los necesarios para fijar una posición, los pseudorangos adicionales o redundantes se pueden comprobar para asegurarse de que todos son coherentes con la posición calculada.

Los algoritmos RAIM críticos para la seguridad pueden utilizar únicamente la "Detección de Fallos" (FD) o la "Detección y Exclusión de Fallos" (FDE), que permite continuar el funcionamiento en presencia de fallos de la señal de un único satélite GNSS. Para detectar un satélite defectuoso se necesitan al menos cinco mediciones de rango, mientras que para aislar y excluir un satélite defectuoso se necesitan al menos seis mediciones de rango. Aunque RAIM puede detectar muchos modos de fallo, no puede detectar algunos fallos que afectan a múltiples satélites.

La próxima disponibilidad de varios GNSS aumentará el número de señales de navegación utilizables para el posicionamiento basado en RAIM. Los GNSS nuevos y modernizados admiten el suministro de señales GNSS en dos o más bandas de frecuencias y, por tanto, mejoran la capacidad de medición de rangos basadas en GNSS.

Los futuros avances en los algoritmos RAIM deberían mejorar la disponibilidad y continuidad del posicionamiento basado en RAIM.

Estas técnicas RAIM mejoradas - denominadas RAIM Avanzado (ARAIM) - pueden llegar a estar a disposición de los usuarios marítimos (<https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/ARAIM>).

## **6.5 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN POR RADAR**

Las ayudas a la navegación por radar son dispositivos que proporcionan señales de retorno al radar de un buque que ayudan a localizar y/o identificar una ayuda a la navegación. Los requisitos de transporte de la OMI contenidos en el Capítulo V, Regla 19 del Convenio SOLAS 1974 (enmendado), establecen que todos los buques de:

- A partir de 300 toneladas brutas deben llevar un radar de 9 GHz;

- Los de arqueo bruto igual o superior a 3.000 toneladas deberán estar equipados con un radar de 3 GHz o, cuando la Administración lo considere oportuno, con un segundo radar de 9 GHz.

Algunas administraciones pueden imponer otros requisitos de transporte.

La Resolución de la OMI MSC.192 (79) Adopción de las normas de funcionamiento revisadas para equipos de radar (diciembre de 2004) establece que los radares de 9 GHz deben ser capaces de detectar balizas radar (Racones), SART y potenciadores de blancos de radar. Por omisión, los radares de 3GHz no están obligados a detectar balizas radar y SART. Con la eliminación del requisito de detección de balizas radar en 3GHz, los armadores tienen libertad para utilizar radares de estado sólido de mayor rendimiento (anteriormente conocidos como radares de nueva tecnología (NT)), que se comentan a continuación.

Los radares de 9 GHz también son ampliamente instalados en buques no incluidos en SOLAS o la normativa local. Debido a este elevado índice de transporte a bordo, las ayudas a la navegación por radar en la banda de 9 GHz son especialmente útiles.

### 6.5.1 REFLECTORES DE RADAR

Un reflector de radar es un dispositivo pasivo diseñado para devolver hacia la fuente los pulsos radar de energía electromagnética incidentes, mejorando así la respuesta en la pantalla del radar. Por su diseño, un reflector de radar intenta minimizar los efectos de absorción y dispersión aleatoria. Un reflector de radar se instala generalmente como dispositivo suplementario en lugares que también estarían marcados con una luz. Los principales objetivos son mejorar:

- la detección de objetivos a larga distancia (por ejemplo, para la recalada);
- detección de objetivos en zonas de ecos parásitos por oleaje o lluvia; y
- visibilidad por radar de las ayudas a la navegación para reducir el riesgo de daños por colisión.

El rendimiento de un reflector de radar puede definirse en términos de su sección transversal de radar efectiva (RCS). Se trata de un valor que se determina comparando la intensidad de las señales de radar devueltas por el reflector con el retorno equivalente de una esfera reflectante de radar de 1 m<sup>2</sup> de área reflectante.

El alcance al que puede detectarse un blanco reflector de radar depende de las alturas de la antena del radar y del reflector, de la RCS del reflector y de las características del transmisor, el receptor y la antena del radar. Las incidencias meteorológicas como la lluvia intensa, la nieve y el granizo también influyen en la probabilidad de detección de un reflector de radar. Existen analogías con el alcance geográfico de las marcas visuales. El rendimiento radar de los reflectores angulares puede variar considerablemente de una marca a otra.

El uso de pequeños reflectores de radar también puede estar sujeto a efectos de desvanecimiento por trayectos múltiples. Para más información sobre el desvanecimiento multirayectoria, consulte la Guía G1010 de la IALA sobre el comportamiento del alcance de los Racones.

La mayoría de los reflectores de radar están diseñados para ser utilizados por radares de 9 GHz. Los reflectores también pueden utilizarse con radares de 3 GHz; sin embargo, la sección transversal efectiva de radar es aproximadamente un orden de magnitud inferior.

En la guía G1174 sobre reflectores de radar figura una descripción detallada de los reflectores de radar y su uso en AtoN.

## 6.5.2 INTENSIFICADORES DE BLANCOS DE RADAR

Un intensificador de blanco radar (RTE) es un dispositivo electrónico alimentado que amplifica y devuelve el pulso del radar de un buque para ofrecer una imagen realzada en la pantalla del radar. La señal devuelta por un RTE no está codificada. El RTE se diseñó principalmente para boyas y embarcaciones pequeñas que normalmente podrían llevar un reflector de radar pasivo. Las pruebas con RTE han demostrado que los RTE han proporcionado una sección transversal de radar (RCS) efectiva de unos 100m<sup>2</sup>, en comparación con la RCS de 20 a 30m<sup>2</sup> de los reflectores de radar pasivos que suelen llevar las boyas.

Actualmente, los RTE disponibles comercialmente pueden operar en las bandas de 3 y 9 GHz. El uso de RTE está sujeto a efectos de desvanecimiento por multirayectoria (consulte la Guía G1010 sobre el comportamiento del alcance de los Racones).

Mientras que los reflectores de radar pasivos no necesitan fuente de alimentación, los intensificadores de blancos de radar son dispositivos activos que necesitan alimentarse con batería.

## 6.5.3 BALIZAS RADAR (RACON)

Las balizas radar (Racon) son dispositivos receptores/transmisores que operan en las bandas de frecuencia de radar marítimo (9 y 3 GHz) y mejoran la detección e identificación de ciertos blancos de radar. Como se ha indicado anteriormente, la MSC.192 (79) de la OMI ha suprimido el requisito de que el radar de 3 GHz detecte los Racones.

Un Racon responde a la presencia del radar de un buque enviando un tren de impulsos característico. La respuesta aparece como una marca codificada (o "traza") en la pantalla del radar del barco (véase la Figura 31) que resalta la posición y la demora del Racon. La traza de la pantalla puede fijarse a una longitud determinada o depender del ajuste de alcance del radar. Utiliza una letra del Código Morse para su identificación.



Figura 31. Un Racon (izquierda) y una pantalla de radar con y sin la característica del Racon (derecha).

## 6.5.4 APPLICACIONES DE RACON

### 6.5.4.1 APPLICACIONES

En general, se considera que el Racon es una ayuda complementaria a la navegación instalada en lugares que también estarían señalizados con una luz. El número de embarcaciones que pueden utilizar un Racon es ilimitado.

Un Racon se puede utilizar para:

- localización e identificación de posiciones en condiciones de hielo o en costas poco visibles o sin accidentes geográficos;
- identificación de las ayudas a la navegación, tanto marítimas como terrestres;
- identificación de la recalada;
- indicación de centro y puntos de giro en zonas de precaución o Esquemas de Separación del Tráfico (TSS);
- señalización de peligros;
- indicación de los vanos naveables bajo los puentes; y
- identificar enfilaciones.

### 6.5.4.2 RACON DE FRECUENCIA ÁGIL

Un Racon de frecuencia ágil responde en la frecuencia en la que se le interroga, y la respuesta se puede volver a representar en cada barrido del radar. El propósito de la agilidad de frecuencia es proporcionar una señal al radar que esté dentro del ancho de banda del receptor del radar.

Los Racons operan en la banda de 9 GHz con polarización horizontal, y/o en la banda de 3 GHz, con polarización horizontal y vertical opcional.

Tabla 27. Terminología utilizada para la descripción de las frecuencias de funcionamiento de los Racons

Terminología Preferida	Alternativas		
9 GHz	9300 9500 MHz	X-BAND	3 CM
3 GHz	2900 3100 MHz	S-BAND	10 CM

## 6.5.5 CRITERIOS DE RENDIMIENTO DEL RACON

La disponibilidad de un Racon es la principal medida de rendimiento determinada por IALA. En ausencia de consideraciones específicas, IALA recomienda que la disponibilidad de un Racon sea como mínimo del 99,8%.

### 6.5.5.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL RACON

Hay una serie de consideraciones técnicas en el uso de los Racons para ayudar a la navegación de un barco:

- Para evitar enmascarar otras características en la pantalla del radar, la respuesta de los Racones suele activarse y desactivarse en un ciclo preestablecido;
- La precisión angular del rumbo entre el barco y Racon depende totalmente del radar interrogador, mientras que la precisión de la medición de la distancia depende tanto del radar como del Racon;
- Cuando los Racones se utilizan en aplicaciones de enfilación, se puede esperar una precisión de alineación de unos 0,3 grados; y
- Cuando un barco está muy cerca de un Racon, los lóbulos laterales de la antena de radar pueden activar el Racon. Las múltiples respuestas resultantes en la pantalla del radar pueden ser una distracción y enmascarar otros objetivos. Las técnicas de supresión de lóbulos laterales son prestaciones de serie de los Racones de frecuencia ágil.

#### **6.5.5.2 USO CON RADARES DE ESTADO SÓLIDO**

Todos los Racones actualmente disponibles e instalados están diseñados para su uso con radares de impulsos de alta potencia(magnetrón). En comparación, los radares de estado sólido (anteriormente denominados radares de nueva tecnología o radares NT) utilizan transmisiones de baja potencia con pulsos largos. Debido a la baja intensidad de la señal de pico recibida, al pulso largo en el Racon y a la técnica de modulación, es posible que los Racones actuales no detecten los radares de estado sólido y no transmitan una respuesta utilizable por dichos radares. Los estudios han demostrado que los radares pulsados de estado sólido son capaces de activar de forma fiable los Racones a distancias más cortas que las que se habrían conseguido con un radar pulsado de magnetrón. Las normas de la OMI relativas a los radares de 9 GHz y los Racones no han cambiado y, aunque el alcance de detección y activación pueda reducirse, es responsabilidad de los fabricantes de radares de estado sólido de 9 GHz destinados a satisfacer los requisitos de transporte de SOLAS mantener la funcionalidad de los Racones.

A pesar de los cambios en la normativa de la OMI relativa a los Racones de 3 GHz, los Racones existentes con capacidad de 3 GHz seguirán siendo útiles para los radares de pulsos de 3 GHz, tanto de las variantes de magnetrón como de estado sólido pulsado. Las técnicas avanzadas de los radares de estado sólido no significan automáticamente que los Racones dejen de ser utilizables. Algunos fabricantes siguen ofreciendo compatibilidad con Racones en sus radares de estado sólido de 3 GHz.

Consulte la Recomendación eNAV-146 "Strategy for Maintaining Racon Service Capabilty" para obtener más información sobre los radares de estado sólido.

#### **6.5.6 POSICIONAMIENTO REFERENCIADO POR RADAR**

Pueden desarrollarse algoritmos que permitan superponer la visualización del radar a la carta electrónica utilizando elementos de navegación reconocidos y detectables(Racones, balizas de radar pasivas o patrones de bordes terrestres, etc.). Esta técnica, aunque es poco probable que pueda desafiar la precisión del posicionamiento basado en GNSS, podría adoptarse como parte de una evaluación de la integridad PNT y/o como reserva en caso de avería o corrupción del servicio o equipos GNSS.

## 6.5.7 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO POR RADAR MEJORADO

Un nuevo sistema conocido como Sistema de Posicionamiento por Radar Mejorado (ERPS) ha estado en fase de prueba durante muchos años y los resultados se han presentado en las conferencias de la IALA de 2014 y 2018. ERPS utiliza Racons mejorados (eRacons) que emiten su ubicación codificando su identidad y posición topográfica en las señales de respuesta devueltas a los radares. Los radares mejorados (eRadars) utilizan entonces los datos codificados para calcular soluciones de posición. Durante las pruebas se han medido precisiones de posición dinámica superiores a 28 metros con una disponibilidad superior al 87%. El ERPS es independiente del GNSS y puede utilizarse como sistema de reserva en apoyo de un PNT resistente.

### Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R0101 - Balizas de radar marítimo (Racons)
- Recomendación R0146 - Estrategia para mantener la capacidad de servicio de Racon
- Recomendación R0113 - Señalización de puentes fijos y otras estructuras sobre aguas navegables
- Guía G1010 - Rendimiento de la gama Racon
- Guía G1147 - Utilización de sistemas de posicionamiento por radar mejorados
- IALA Curso Modelo C2007- - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Mantenimiento de Radar Bea- con (Racon)

## 6.6 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO NO RADIOELÉCTRICO

### 6.6.1 SISTEMAS INERCIALES

Se han realizado numerosos estudios sobre la integración de GNSS con Unidades de Medición Inercial (IMU) para la navegación marítima. Existen varios tipos de IMU, desde las muy caras de grado navegacional hasta las de uso táctico y las unidades de bajo coste basadas en el Sistema Micro Electro Mecánico (MEMS). El grado de la IMU caracteriza el rendimiento alcanzable del suministro de datos que cubren velocidades y orientaciones. Un grado IMU pequeño se asocia a índices de deriva más elevados. Dependiendo de los distintos índices de deriva, una IMU puede ser un sistema de contingencia para distintas duraciones de cortes del GNSS y apoyar un PNT resistente.

En combinación con una brújula GNSS, una IMU puede proporcionar datos de rumbo precisos y estables durante interrupciones prolongadas del GNSS. Ninguno de los sistemas inerciales disponibles actualmente es capaz de mantener todos los niveles de precisión de navegación durante una interrupción prolongada del GNSS. Para las zonas oceánicas, tanto las IMU de grado navegacional como las de nivel táctico proporcionarán protección durante interrupciones apreciables de más de 15 minutos y las IMU de grado navegacional durante aproximadamente 1 hora. En zonas costeras, la precisión necesaria de 10 metros podría obtenerse durante 3,5 minutos con una IMU navegacional y 1,5 minutos con una IMU de grado táctico.

### 6.6.2 ePELORUS

Un taxímetro o “pelorus” electrónico (ePelorus) es un dispositivo para tomar rumbos de marcas visuales y convertirlos a un formato electrónico para introducirlos en cartas electrónicas. Un dispositivo de este tipo permitiría integrar las AtoN visuales con la e-navegación.

Se está investigando la viabilidad de construir un ePelorus de bajo coste a partir de componentes comerciales para demostrar su eficacia como reserva y evaluar el potencial de integración de las AtoN visuales con la e-Navegación.

## 6.7 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA (AIS) - SÍNTESIS

El AIS se desarrolló para proporcionar información automática entre buques y también a tierra, lo que contribuye a la seguridad de la navegación y facilita la gestión del tráfico mediante el intercambio de información marítima digital, como identidad, posición, tiempo, rumbo y velocidad; de forma autónoma y continua.

El AIS es una tecnología de transmisión e interrogación de datos en VHF digital de 2 canales, con base en el buque y en tierra, para la supervisión y el seguimiento. Los datos se intercambian automáticamente con otros buques en el radio de alcance (no necesariamente a la vista) y centros VTS/AtoN. Estos datos proporcionan la identificación del buque, su posición, rumbo y velocidad, tipo de buque, dimensiones, cargamento y destino.

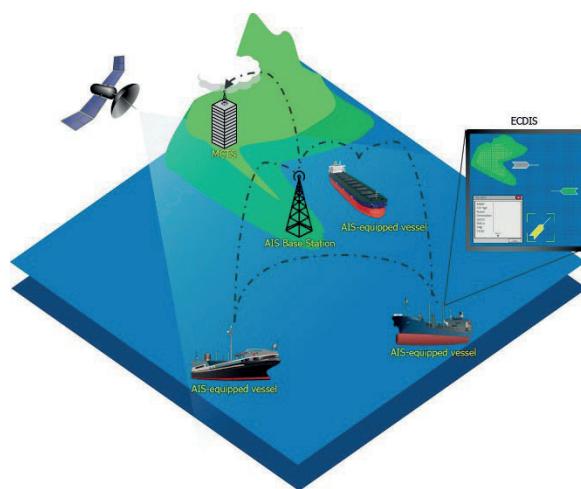


Figura 32. Visión general de AIS

El AIS también podría utilizarse para "AtoN marítimas móviles" con el fin de marcar pecios temporales para cumplir el Convenio de Nairobi.

Los aspectos de la Comunicación AIS se describen con más detalle en el Capítulo 9.

### 6.7.1 APLICACIONES ESTRATÉGICAS DEL AIS

El AIS mejora el conocimiento de la situación proporcionando información sobre los buques cercanos: visibles o justo fuera de alcance visual (a la vuelta de un recodo en un canal de navegación, por ejemplo).

Mejora la seguridad y rapidez de la navegación, contribuyendo a la protección del medio ambiente. También aumenta la eficiencia marítima al proporcionar información para gestión de flotas.

El AIS también contribuye a evitar peligros y a la asistencia a la navegación.

Un aspecto importante para la gestión de AtoN es que los Estados ribereños obtengan información sobre el tráfico costero. Esta característica es esencial para la gestión de riesgos y, por consiguiente, para el despliegue de AtoN. El diagrama siguiente muestra el tráfico de buques a partir de datos AIS. Las principales rutas marítimas muestran el volumen de tráfico

con un color más intenso que significa el mayor volumen, por ejemplo, en el Canal de Dover y alrededor de muchos de los puertos más activos, el color es rojo en lugar de verde o amarillo.

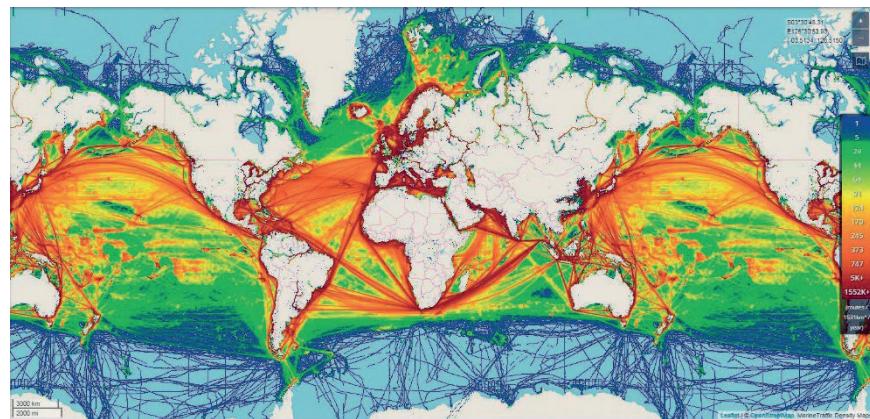
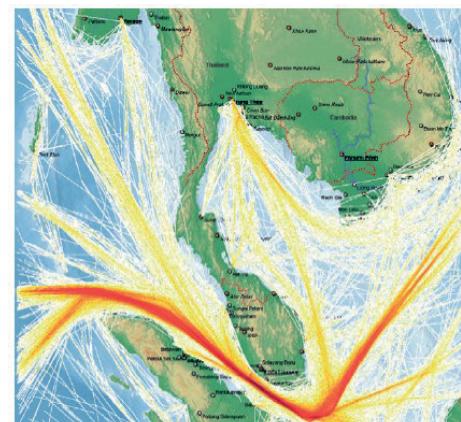


Figura 33. Ejemplos de trazas AIS

El diagrama del estrecho de Malaca muestra también el volumen de tráfico marítimo en esta zona. Un programa informático adecuado puede analizar las trazas AIS para determinar el tipo de navegación, por ejemplo, embarcaciones de alta velocidad (HSC), embarcaciones de prácticos, buques de salvamento y rescate, remolcadores, petroleros con mercancías peligrosas, etc.

Además, se puede controlar el cumplimiento de la normativa nacional e internacional (notificación obligatoria; PSSA; TSS; MARPOL, etc.).



### 6.7.2 REQUERIMIENTO DE TRANSPORTE OMI

El requerimiento de transporte obligatorio de la OMI desde diciembre de 2004 (SOLAS V. 19; 2.4) establece que los buques de 300GT o más deben llevar un transceptor de clase A (unidad AIS). Las diferentes clases de unidades AIS se explican más adelante. SOLAS V.19 también aconseja a las Autoridades Competentes que proporcionen estaciones costeras AIS.

Los buques más pequeños (pesca/recreativos) pueden llevar voluntariamente unidades de clase B, pero algunos Estados exigen llevar a bordo equipos de clase B.

Sea cual sea la clase de unidad transportada, todas las unidades deben cumplir la especificación UIT-R M.1371.

Este documento puede descargarse de la página web de la UIT.

La pantalla de teclado mínimo (MKD) es esencial, pero tiene importantes limitaciones.

Los radares y ECDIS posteriores a 2004 deben mostrar los blancos AIS utilizando símbolos acordados. El "blanco" puede ser un buque (de una determinada clase, por ejemplo, carguero, draga, etc.) o una estación costera o una AtoN. El desarrollo del AIS es un buen ejemplo de cooperación entre la OMI/UIT/CEI y la IALA.

### 6.7.3 AIS A BORDO

- Una unidad AIS a bordo tendrá transmisión automática de sus propios datos (identidad, posición, hora, rumbo y velocidad, etc.), así como recepción automática de datos AIS de otros buques y estaciones costeras dentro de su alcance VHF.

Los principales componentes de la unidad AIS son:

- Transmisor VHF;
- 2 x Receptores VHF;
- Procesador;
- Receptor DSC VHF;
- Receptor GNSS;
- Interfaz de comunicaciones con pantallas y sensores.



Figura 34. Ejemplos de visualización de datos AIS

Como ya se ha indicado, una Pantalla de Teclado Mínimo (MKD: mostrada arriba a la derecha) tiene limitaciones significativas y los datos AIS se muestran mejor en el radar y/o ECDIS (mostrado arriba a la izquierda).

La información sobre el buque que se muestra incluye:

- Fijo o estático (es decir, el buque u otro objetivo está fondeado o navegando);
- Relacionados con el viaje (es decir, destino, carga, etc.);
- Dinámica (es decir, rumbo y velocidad); y
- Mensaje corto relacionado con la seguridad.

### 6.7.4 AIS EN EL MAR - PRECAUCIONES Y CONTROL DE RIESGOS

Todos los usuarios de AIS deben ser conscientes de que los buques de menos de 300GT pueden no llevar AIS. Si no llevan AIS, no se transmiten/reciben datos y, por lo tanto, ese buque no aparecerá en un ECDIS.

Por consiguiente, el AIS no debe utilizarse como medio principal anticolisión.

Los usuarios de AIS también deben ser conscientes de que no todas las tripulaciones de los buques configuran su AIS correctamente. Algunos de los datos se introducen manualmente en la unidad AIS y existe la posibilidad de que se introduzca información incorrecta o de que no se actualice.

Un ejemplo de información incorrecta podría ser el "destino", en el que un buque puede informar de que su destino es un puerto situado al oeste, mientras que el puerto de destino real puede estar al este, lo que da una idea incorrecta de la dirección de navegación.

El control del Estado Rector del Puerto puede utilizarse para detectar incumplimientos.

### 6.7.5 AIS EN TIERRA

SOLAS V 19 establece que el AIS debe proporcionar y recibir información de "estaciones costeras debidamente equipadas".

Las Autoridades Competentes deben considerar la necesidad de una infraestructura costera AIS para maximizar sus beneficios estratégicos, como se ha indicado anteriormente. La clara implicación de tal consideración es que las Autoridades Competentes deben proporcionar AIS terrestre.

El AIS es una herramienta vital para la prestación del Servicio de Tráfico Marítimo y la evaluación obligatoria de riesgos. El AIS es también una valiosa herramienta complementaria, como la señalización de los principales faros y boyas.

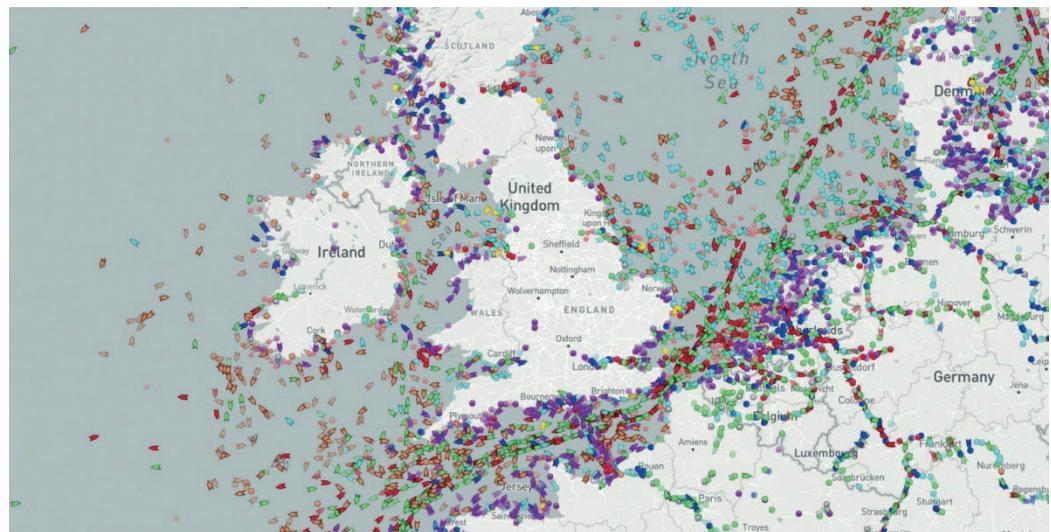


Figura 35. Información AIS(tipos de buques, faros, boyas, etc.)

### 6.8 AIS COMO AtoN DE CORTO ALCANCE

En una AtoN (fija o flotante) pueden instalarse unidades AIS especiales que controlan y/o transmiten una serie de mensajes, como se indica a continuación:

- Identidad: Mensaje 21;
- Posición desde un sensor GNSS/DGNSS con aviso de boyas fuera de posición (si procede): Mensaje 21;
- Control del rendimiento de AtoN: Mensaje 21 o Mensaje 6;

- Estado AtoN (por ejemplo, batería) y control: Mensaje 6; y
- Datos meteorológicos e hidrológicos: Mensaje 6 (dirigido) o Mensaje 8 (difusión). Estos AIS AtoN pueden utilizarse para marcar una ruta, un canal o una zona. El AIS es, por tanto, un valioso AtoN complementario de corto alcance.

### 6.8.1 AIS REAL, VIRTUAL Y SINTÉTICO

El uso de AIS AtoN puede variar desde la disposición de una unidad real en una AtoN física (o "real") hasta la transmisión de una AtoN "sintética" o "virtual" por una estación base AIS, cuando se encuentren dentro de la huella de la estación base.

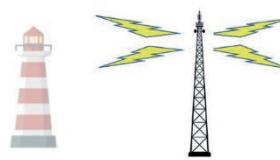
### 6.8.2 AIS AtoN REAL

Un AIS AtoN real es una unidad AIS que se encuentra en una AtoN que existe físicamente. En este caso, el Mensaje 21 se transmite directamente desde la AtoN.



### 6.8.3 AtoN VIRTUAL

La definición de la IALA establece: "Una AtoN virtual no existe físicamente, sino que es un objeto de información digital promulgado por un proveedor de servicios autorizado que puede presentarse en los sistemas de navegación."



La información digital se transmite a través de AIS, lo que resulta en que la AtoN virtual sea visible en los MKD y ECDIS, aunque no exista físicamente. Hay una serie de escenarios en los que se desplegaría una AtoN Virtual como, por ejemplo:

- Empleada para marcar nuevos peligros;
- Donde sea imposible desplegar una AtoN física (por ejemplo, campos de hielo);
- Cuando una AtoN que marque los peligros físicos se encuentre fuera de servicio a raíz de una catástrofe natural u otro suceso; y
- Identificación de rutas y peligros para los buques de mayor calado que deben llevar ECDIS.

Una AtoN virtual sólo debería desplegarse de forma permanente allí donde no fuera posible desplegar una AtoN física. Sin embargo, esta situación está siendo revisada por IALA/IMO. (Referencia: IMO MSC.1-Circ.1473).

Las AtoN virtuales se utilizan principalmente cuando el tiempo es un factor crítico, por ejemplo, cuando es necesario desplegar rápidamente la señalización de emergencia de un naufragio. Sin embargo, no se pretende que sustituyan a las AtoN físicas.

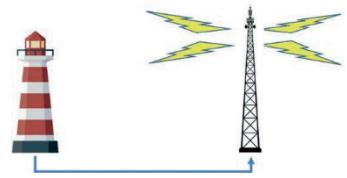
Para alertar a los usuarios, se activa el indicador Virtual en el Mensaje 21.

## 6.8.4 AtoN SINTÉTICO

Un AIS AtoN sintético transmite el Mensaje 21 desde una estación AIS situada a distancia de la AtoN, por ejemplo, desde una Estación Base cercana. La AtoN existe físicamente pero no transmite el AIS. Hay dos tipos de AIS AtoN sintético:

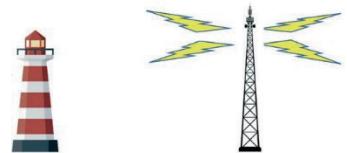
### AIS AtoN Sintético (monitorizado)

Un "AIS AtoN Sintético Monitorizado" se transmite como un mensaje 21 desde una Estación AIS que está situada remotamente de la AtoN. La AtoN existe físicamente y hay un enlace de comunicación entre la estación AIS y la AtoN. La comunicación entre la AtoN y el AIS confirma la ubicación y el estado de la AtoN.



### AIS AtoN Sintético (predictivo)

Un "AIS AtoN Sintético Predictivo" se transmite como Mensaje 21 desde una Estación AIS que está situada remotamente de la AtoN. La AtoN existe físicamente, pero la AtoN no se supervisa para confirmar su ubicación o estado.



Un AIS AtoN sintético predictivo no garantiza la integridad del Mensaje 21, por lo que no se recomienda su uso en AtoN flotantes. El uso de emisiones AIS AtoN sintéticas predictivas para AtoN fijas es aceptable, ya que la ubicación no cambiará, pero no se verifica el estado de la AtoN.

#### Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R0123 - Suministro de AIS en tierra
- Recomendación R0124 - El Servicio AIS
- Recomendación R0126 - Utilización del AIS en los servicios de ayuda a la navegación marítima
- Recomendación R0143 - Suministro de ayudas virtuales a la navegación
- Recomendación R1016 - Ayudas móviles a la navegación marítima (MAtoN)
- Guía G1050 - Gestión y seguimiento de la información sobre AIS
- Guía G1062 - Establecimiento del AIS como ayuda a la navegación
- Guía G1081 - Ayudas virtuales a la navegación
- Guía G1082 - Visión general de la AIS
- Guía G1086 - Intercambio mundial de datos marítimos
- Guía G1098 - Sobre la aplicación del AIS - AtoN en boyas

## CAPÍTULO 7

# SERVICIOS DE TRÁFICO DE NAVES



## 7.1 INTRODUCCIÓN

La norma IALA S1040 se aplica a los servicios de tráfico marítimo. Esta norma hace referencia a normas y disposiciones informativas, detalladas en las Recomendaciones de la IALA enumeradas, que cubren el siguiente alcance.

- Implementación del VTS
- Operaciones VTS
- Comunicaciones VTS
- Auditoría y evaluación de VTS
- Gestión de datos e información del VTS
- Tecnologías VTS
- Servicios adicionales VTS

Este capítulo proporciona un primer punto de referencia, información básica y orientación sobre donde se puede obtener orientación más detallada relacionada con los servicios de tráfico marítimo.

## 7.2 ANTECEDENTES

La Regla 12 del Capítulo V del Convenio SOLAS (Servicios de tráfico marítimo) establece, entre otras cosas, que:

Los servicios de tráfico marítimo (VTS) contribuyen a la seguridad de la vida en el mar, la seguridad y la eficiencia de la navegación y protección del medio marino, zonas costeras adyacentes, lugares de trabajo e instalaciones marinas de posibles efectos adversos del tráfico marítimo.

Los Gobiernos Contratantes se comprometen a disponer el establecimiento de VTS cuando, a su juicio, el volumen de tráfico o el grado de riesgo justifique dichos servicios.

Los Gobiernos Contratantes que planifiquen e implementen VTS deberán, siempre que sea posible, seguir las directrices elaboradas por la Organización. La Guía actual es la Resolución de la OMI. A.1158(32), Directrices para los servicios de tráfico marítimo (VTS).

## 7.3 DEFINICIÓN DE VTS

Un VTS, según lo definido por la Resolución A.1158(32) de la OMI, Servicios de tráfico marítimo (VTS) significa servicios implementados por un gobierno con la capacidad de interactuar con el tráfico marítimo y responder desarrollar situaciones dentro de una zona de VTS para mejorar la seguridad y la eficiencia de la navegación, contribuir a la seguridad de la vida en el mar y apoyar la protección del medio ambiente.

## 7.4 FINALIDAD DEL VTS

El objetivo del VTS es contribuir a la seguridad de la vida en el mar, la seguridad y la eficiencia de la navegación y la protección del medio ambiente dentro del área de VTS mitigando el desarrollo de situaciones inseguras a través de:

- Suministro de información oportuna y relevante sobre factores que pueden influir en los movimientos del barco y ayudar en la toma de decisiones a bordo.
- Seguimiento y gestión del tráfico marítimo para garantizar la seguridad y eficiencia de los movimientos de barcos.
- Responder al desarrollo de situaciones inseguras.

## 7.5 BENEFICIOS DEL VTS

Los beneficios de implementar un VTS son que permite identificar y monitorear buques, planificación estratégica de los movimientos de los buques y suministro de información de navegación y asistencia. También puede ayudar en la prevención de la contaminación y la coordinación de la contaminación / respuesta de emergencia.

## 7.6 MANUAL DEL VTS DE LA IALA

El Manual VTS de la IALA es reconocido por la comunidad VTS como el más completa guía de VTS, así como un punto de referencia para estudios más detallados.

El Manual VTS ayuda a los Gobiernos Contratantes, las Autoridades Competentes y los VTS proveedores en la armonización de la entrega de VTS en todo el mundo al proporcionar una solución integral descripción general de todos los aspectos relacionados con el suministro de VTS. En particular, el Manual proporciona orientación sobre:

- El marco regulatorio y legal para la implementación y operación del VTS;
- Las obligaciones de los Gobiernos Contratantes y los Estados del pabellón; y
- Estándares IALA relacionados con la implementación y operación de VTS y sus Recomendaciones, guías y cursos modelo asociados.

El Manual también está dirigido a un público amplio para abarcar a todos aquellos que de alguna manera involucrados con la política de provisión, operación y efectividad de los VTS, incluidos aquellos con responsabilidad de gestión a nivel nacional y aquellos que prestan servicios al navegante.

- El Manual VTS proporciona más información sobre, por ejemplo:
- Marco regulatorio y legal de VTS;
- Implementación del VTS;
- Operaciones VTS;
- Comunicaciones VTS;
- Auditoría y Evaluación en VTS;
- Servicios Adicionales;
- Gestión de Datos e Información;
- Tecnologías VTS; y
- Formación y Evaluación del Personal VTS.

El Manual VTS está destinado a complementar la documentación de la IALA relacionada con VTS.

No pretende replicar la información y orientación de estos documentos ni ser prescriptivo sobre las prácticas descritas en ellos. Más bien, proporciona una hoja de ruta para ayudar a las autoridades a cumplir sus obligaciones para el establecimiento y funcionamiento del VTS en una manera consistente.

El Manual VTS está disponible en formato digital y se actualizará periódicamente cuando haya se han aprobado documentos revisados. La última versión del Manual VTS puede ser descargado del sitio web de la IALA.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Manual del STB de la IALA

Tenga en cuenta que existen muchas publicaciones de la IALA relacionadas con el STB. Se enumeran en el Manual de STB.



# CAPÍTULO 8

## FORMACIÓN Y CERTIFICACIÓN



## 8.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la IALA es fomentar el movimiento seguro y eficiente de los buques mediante la armonización de los servicios de ayudas a la navegación marítima en todo el mundo. En el capítulo V de la regla 13 del Convenio SOLAS (edición de 2004) se establece que, "a fin de lograr la mayor uniformidad posible en las ayudas a la navegación, los Gobiernos Contratantes se comprometen a tener en cuenta las recomendaciones y guías internacionales al establecer ayudas a la navegación". La IALA define estándares internacionales para la propia AtoN a través de la publicación de documentos que incluyen Normas, Recomendaciones y Guías.

La Norma IALA 1050 se aplica a la Capacitación y Certificación. Esta Norma hace referencia a las disposiciones normativas, es decir, a las disposiciones que deben observarse, detalladas en las Recomendaciones de la IALA enumeradas, que abarcan el siguiente alcance.

- Capacitación y evaluación;
- Acreditación, competencia, certificación y revalidación y
- Desarrollo de capacidades.

El éxito de la prestación de los servicios de AtoN depende de un personal competente y experimentado para implementar y mantener dichas ayudas. El reclutamiento, la selección, la capacitación y la evaluación del personal competente son requisitos previos para la provisión de personal profesionalmente calificado y certificado, capaz de contribuir a operaciones seguras y eficientes de AtoN. La certificación y la revalidación de dicho personal deben proceder de organizaciones acreditadas.

Además, la Resolución 10 del Código de Normas de Capacitación y Certificación para Vigilantes (STCW) establece que la contribución del personal de los servicios de tráfico de buques contribuye a la seguridad de la vida y la propiedad en el mar y a la protección del medio ambiente marino.

La IALA aborda el objetivo de una formación adecuada de varias maneras, una de las cuales es recomendar que las Ayudas a la Navegación Marítima y las Autoridades Competentes pertinentes para VTS y proveedores de VTS garanticen que su personal reciba un alto nivel de formación. Para ayudar con este enfoque, se desarrollaron la Recomendación E-141 de la IALA sobre Capacitación y Certificación de Ayudas Marítimas al Personal de Navegación y R0103(V-103) sobre Capacitación y Certificación del Personal VTS, junto con los cursos modelo asociados y las guías de apoyo. Tanto el Comité ARM como el Comité ENG continúan desarrollando los requisitos de capacitación para el personal de gestión e ingeniería de AtoN a través de la Academia Mundial (WWA).

Las autoridades competentes deben velar por que todos los empleados tengan los conocimientos, las aptitudes y la formación necesarios para desempeñar sus funciones de forma eficaz, eficiente y segura. Además del personal permanente, el término "empleados" incluye a los empleados recién contratados, a tiempo parcial y temporales.

La norma de gestión de calidad ISO 9001 pone un énfasis considerable en la competencia, la concienciación y la formación.

## 8.2 ACADEMIA MUNDIAL IALA

### 8.2.1 INTRODUCCIÓN

La Academia Mundial de la IALA (WWA, por sus siglas en inglés) es el vehículo por el cual la IALA imparte Educación, Capacitación y Desarrollo de Capacidades. El objetivo de la Academia no es tanto cumplir formación por sí misma,

sino más bien para desarrollar y promover el uso y la impartición de cursos modelo de la IALA en todo el mundo. Muchos de los cursos modelo de la IALA se imparten a través de una red global de Organizaciones de Formación Acreditadas (ATO) con el apoyo de la Academia Mundial de la IALA.

## 8.2.2 ORGANIZACIONES DE ENTRENAMIENTO ACREDITADAS

Las organizaciones de formación acreditadas (ATO) han sido sometidas a una auditoría por parte de una autoridad competente de acuerdo con el Plan de Acreditación de la IALA para garantizar que cuentan con los sistemas de gestión de la calidad y la formación necesarios para impartir una formación de alta calidad de acuerdo con las normas de la IALA.

La Academia imparte una serie de cursos, en particular aquellos que no son impartidos por ninguna organización de formación acreditada o en los que la demanda supera la capacidad existente en una región o idioma determinados.

## 8.2.3 PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

Sobre la base de los cursos modelo de la IALA, se han desarrollado una serie de programas de formación que se ilustran a continuación:



- El programa AtoN Technician proporciona un marco para la formación y educación del personal encargado de llevar a cabo la instalación, el servicio, el mantenimiento o la sustitución de las ayudas a la navegación marítimas y sus componentes.
- El programa AtoN Manager cubre los principios fundamentales de una gestión, haciendo especial hincapié en la aplicación de las normas de la IALA, para permitir que los Estados ribereños cuenten con profesionales debidamente calificados para cumplir eficazmente sus obligaciones en virtud del Convenio SOLAS.
- El programa de maestría de AtoN cubre principios más profundos de gestión con énfasis en la buena gobernanza y la estrategia.
- El programa de Servicios de Tráfico Marítimo cubre los aspectos de la prestación de un Servicio de Tráfico Marítimo descritos en la serie C0103 de cursos modelo. Los cursos modelo IALA VTS C0103 son impartidos por una red global de organizaciones de formación acreditadas.
- El programa de Gestión de Riesgos proporciona formación sobre el uso de Herramientas de Gestión de Riesgos de la IALA, incluyendo SIRA, PAWSA, IWRAP y simulación.

### **8.2.4 CURSOS MODELO WWA**

El contenido de todos los cursos de Modelismo tiene en cuenta las Recomendaciones y Guías de la IALA y el Manual NAVGUIDE. Aquellos que describen las funciones técnicas para la formación de técnicos de Nivel 2 también se pueden utilizar para la formación de gerentes de Nivel 1, si procede.

Los Cursos Modelo están diseñados para producir estándares universalmente comunes. Corresponde a la autoridad competente pertinente aprobar los cursos de AtoN realizados en organizaciones de formación acreditadas. Los cursos modelo son desarrollados por los comités técnicos de la IALA y aprobados por el Consejo de la IALA para su publicación. La Academia trabaja en estrecha colaboración con los comités; sus Grupos de Trabajo y, en su caso, con los Miembros Industriales de la IALA, para garantizar que los cursos modelo y otra documentación de formación se mantengan de la manera más eficiente en beneficio de los Miembros de la IALA, los Miembros potenciales y las organizaciones de formación acreditadas.

Los proveedores de servicios de ayudas a la navegación deben basar su formación técnica en estos cursos modelo. En algunos casos, los cursos pueden desarrollarse aún más para abordar temas particulares relacionados con el mantenimiento y la operación de sistemas y equipos específicos utilizados por el proveedor de servicios de AtoN.

Por lo general, la Academia no imparte estos cursos modelo directamente. Los cursos se imparten en inglés, francés y español, con programas de árabe y portugués en desarrollo a largo plazo. La gama de idiomas está en continua revisión y es posible que se soliciten otros idiomas, aprovechando la experiencia de la red mundial de organizaciones de formación acreditadas.

### **8.2.5 DESARROLLO DE CAPACIDADES DE WWA**

Muchos Estados ribereños necesitan desarrollar y/o reforzar su capacidad nacional e institucional para prestar servicios de ayudas a la navegación marítima de conformidad con las normas internacionales. Por lo tanto, la Academia lleva a cabo el desarrollo de capacidades mediante:

- Realización de talleres y seminarios para sensibilizar a los responsables de la adopción de decisiones de alto nivel con respecto a sus obligaciones internacionales;
- Llevar a cabo misiones analíticas para identificar las brechas entre las prácticas actuales y las normas internacionales y proporcionar asesoramiento sobre cómo cerrar estas brechas;
- Organizar actividades de seguimiento para examinar los progresos realizados en la conformidad con las normas internacionales; y
- Brindar oportunidades para que las personas participen en capacitaciones y eventos de IALA para aumentar su nivel de experiencia e interactuar con otros profesionales de Ayudas a la Navegación Marina.

Más información sobre la IALA World-Wide Academy está disponible en el sitio web de la WWA en <https://academy.iala-aism.org/wwa/>.

## **8.3 CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL DE AYUDAS MARÍTIMAS**

Se alienta a las Autoridades Nacionales Competentes en materia de AtoN a que adopten la Recomendación R0141 de la IALA - Formación y Certificación del Personal Marino de AtoN junto con los asociados.

Cursos modelo como base para la capacitación obligatoria de manera coherente con su marco jurídico interno.

Los objetivos de la Recomendación R0141 son proporcionar una base:

- Para las Autoridades de AtoN a la hora de contratar personal potencial de AtoN;
- Para los cursos modelo utilizados para desarrollar un programa de formación sobre los requisitos específicos de conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para cualificar al personal de la AtoN;
- Para garantizar que el personal de la AtoN adquiera el nivel adecuado de competencia para realizar las tareas requeridas;
- Evaluar periódicamente la capacidad del personal de AtoN para cumplir con las normas establecidas y reconocidas;
- Proporcionar una base para una progresión estructurada para el personal de AtoN;
- Fomentar el profesionalismo y el orgullo en el personal de AtoN;
- Apoyar, en la medida de lo posible, la aplicación coherente de las normas de AtoN en todo el mundo; y
- Para que las autoridades de AtoN cumplan con sus obligaciones internacionales.

### **8.3.1 TÉCNICO DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS**

La serie de cursos modelo de Técnico de Ayudas a la Navegación Marítima de la IALA proporciona un marco para la capacitación y educación del personal encargado de realizar la instalación, el servicio, el mantenimiento o el reemplazo de las Ayudas a la Navegación Marítimas y sus componentes. Un documento general describe con más detalle los objetivos de esta formación.

Los 30+ cursos modelo para la formación de técnicos de AtoN de nivel 2 cubren una variedad de áreas temáticas, que incluyen:

- Introducción a las Ayudas a la Navegación
- Introducción a las Ayudas a la Navegación a Baliza
- Amarres de boyas, manipulación y limpieza
- Fuentes de alimentación
- Luces y farolillos marinos
- Señales sonoras
- Pinturas y revestimientos
- Embarcaciones auxiliares y boyas de servicio AtoN
- Balizas de radar (RACONS)
- Sistemas de Identificación Automática (AIS)
- Sistemas de radionavegación y sistemas diferenciales de navegación por satélite por satélite (DGNSS)
- Monitoreo y control remoto
- Mantenimiento de estructuras, materiales y AtoN

Estos cursos modelo de L2 no están pensados para ser utilizados directamente como material didáctico, sino que son guías que pueden adaptarse para permitir que el diseño del curso se ajuste a los requisitos de cada una de las autoridades competentes de la AtoN.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R0141 - Formación y certificación del personal de las AtoN marinas
- Guía G1020 - Formación relacionada con la AtoN
- Guía G1169 - Formación y certificación del personal de ayudas a la navegación marítima
- IALA Curso Modelo C2000 - Técnico de Ayudas a la Navegación Nivel 2 - Visión General del Curso Modelo
- Cursos modelo de la IALA (como se detalla más arriba)
- Recomendación R0149 - Acreditación de las organizaciones de formación
- Guía G1100 - Proceso de acreditación y aprobación de la formación del personal de AtoN

### 8.3.2 CAPACITACION DE ADMINISTRADORES DE AYUDAS A LA NAVEGACION MARÍTIMAS

La formación de los Gestores de Ayudas a la Navegación se establece en el siguiente modelo de curso de la IALA:

- Curso Modelo IALA C1001 – Ayudas a la Navegación Marítimas - Formación de Gerentes

Esta formación remunerada está destinada a los responsables de la gestión operativa y de la implementación de los servicios de AtoN. Los candidatos podrán ser empleados por las autoridades competentes encargadas de la prestación de servicios de AtoN, así como por las autoridades portuarias, los fabricantes de AtoN y los consultores.

La formación está disponible a través de una red mundial de Organizaciones de Formación Acreditadas y mediante el aprendizaje a distancia.

El curso consta de tres módulos:



- **Módulo Uno – Aspectos Náuticos**

Presenta el entorno marítimo y la AtoN, así como los conocimientos marítimos requeridos por un gestor de la AtoN.

- **Módulo Dos – Aspectos Técnicos**

Se centra en el conocimiento técnico y operativo de los servicios visuales, radiofónicos y sonoros de AtoN y de tráfico de buques requeridos por un gerente de AtoN.

- **Módulo Tres – Gestión de AtoN**

Se centra en los aspectos teóricos y prácticos de la provisión, el diseño y la gestión de AtoN.

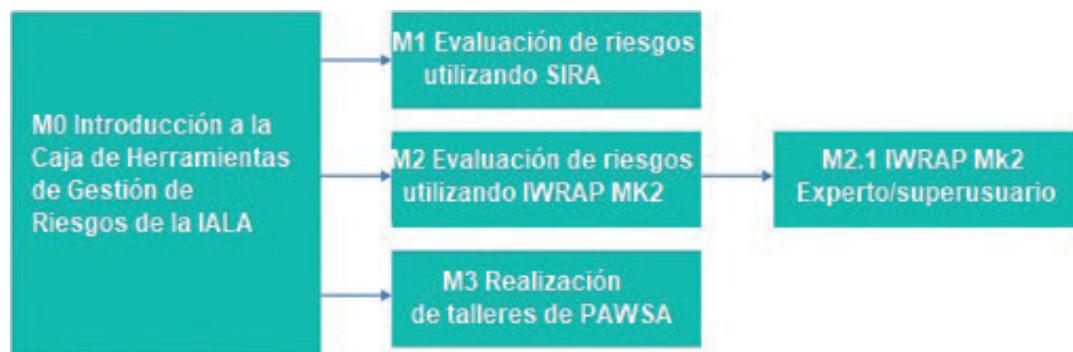
Los candidatos tendrán acceso a material tutorial en línea para los módulos 1 y 2, mientras que el módulo 3 puede ser un curso residencial. Los libros de texto que acompañan a cada módulo están disponibles.

La formación en el uso de las herramientas de Gestión de Riesgos de la IALA se establece en el siguiente curso modelo de la IALA:

- Curso Modelo IALA C1003 – Ayudas a la Navegación Gerente Nivel 1 - Uso de las Herramientas de Gestión de Riesgos IALA.

Esta capacitación está dirigida a los responsables de garantizar la provisión de una gestión de riesgos de seguridad de la navegación adecuada y basada en evidencias, según lo requerido por las Reglas 12 y 13 del Capítulo V del Convenio SOLAS. La capacitación está disponible a través de la Academia Mundial de IALA en lugares de todo el mundo y también por medio de la educación a distancia.

El curso consta de 4 módulos:



Cada módulo incluye estudios de casos, discusiones en grupos pequeños con expertos internacionales, investigación de temas individuales y ejercicios prácticos, y garantiza que los participantes adquieran un conocimiento operativo de la gestión de riesgos de las vías fluviales. El Programa de Gestión de Riesgos es de carácter modular. Los participantes deberán realizar el módulo introductorio (M0) sobre los conceptos y obligaciones de la gestión de riesgos, y las capacidades de cada herramienta de gestión de riesgos, antes de pasar a los módulos más avanzados. Despues de este módulo introductorio (M0), los participantes pueden optar por tomar los cursos avanzados sobre el uso de una o más de las herramientas de gestión de riesgos de IALA.

También están disponibles otros cursos de AtoN Manager.

#### Consulte las publicaciones de la IALA:

- IALA Curso Modelo C1004 - Gestor de Ayudas a la Navegación Nivel 1 - Sistemas Globales de Navegación por Satélite y e-Navegación
- IALA Curso Modelo C1005 - Gestor de Ayudas a la Navegación Nivel 1 - Proyectos de Faros Históricos
- El curso GNSS y el curso sobre proyectos de faros históricos son impartidos por la Academia a petición de los interesados.
- IALA Curso Modelo C1003 - Gestor de Ayudas a la Navegación Nivel 1 - Uso de las Herramientas de Gestión de Riesgos de la IALA

Estos cursos modelo de L2 no están pensados para ser utilizados directamente como material didáctico, sino que son guías que pueden adaptarse para permitir que el diseño del curso se ajuste a los requisitos de cada una de las autoridades competentes de la AtoN.

### 8.3.3 CAPACITACIÓN DE EXPERTO EN AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMAS

La formación para el Máster en Gestión de Ayudas a la Navegación Marítima se establece en el siguiente curso modelo de IALA:

- Curso Modelo IALA C1002 - Maestría en Gestión de Ayudas a la Navegación Marítimas.

La WWA ofrece este título de Maestría en Gestión de Ayudas a la Navegación Marítima que aborda aspectos clave de la gobernanza de AtoN desde una perspectiva estratégica y está dirigido al personal de alta dirección preocupado por la prestación de servicios de AtoN o su supervisión. Esta formación está dirigida a personas responsables de la gestión estratégica y la implementación de los servicios de AtoN. La formación está disponible a través de la Academia Mundial de la IALA en cooperación con una red mundial de Organizaciones de Formación Acreditadas y mediante el aprendizaje a distancia.

Este curso consta de dos módulos:



#### **Módulo uno**

Cubre áreas de conocimiento en las que se requiere que los altos directivos de AtoN tengan conocimientos y habilidades relacionados con la gobernanza y la gestión estratégica.

#### **Módulo dos**

Una tarea grupal para producir un análisis estratégico específico de una autoridad AtoN.

### **8.3.4 CURSOS CORTOS COMPLEMENTARIOS**

Además de los programas de cursos modelo de la IALA, la IALA ofrece cursos cortos complementarios a la carta, basados en las publicaciones de la IALA y en las conferencias de los programas de cursos modelo de la Academia. A continuación, se enumeran algunos de los posibles cursos cortos disponibles (los números después de los nombres de los cursos se refieren a las publicaciones relevantes de IALA):

- Sistema de Boya Marítima (R1001)
- Contratación de servicios de ayuda a la navegación (G1005)
- Objetivos de categorización y disponibilidad para AtoN de corto alcance (R0130)
- Nivel de servicio (G1004)
- Registro de Posiciones de Ayudas a la Navegación (R0118)
- Ayudas virtuales a la navegación (G1081)
- Selección de caracteres rítmicos y sincronización de luces para ayudas a la navegación Marítimas (G1116)
- Serie de cursos de adquisición de ayudas a la navegación marítima que incluyen temas como la preparación de un caso de negocio, la gestión de las partes interesadas, la redacción de especificaciones y la evaluación de ofertas.

### **8.4 CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN PERSONAL VTS**

Un factor importante en la prestación eficaz de un servicio de tráfico marítimo (VTS) es la competencia y experiencia de su personal para:

- información oportuna y pertinente sobre los factores que pueden influir en el tránsito de un buque y para ayudar en la toma de decisiones a bordo;
- supervisar y gestionar el tráfico para garantizar la seguridad y la eficiencia de los movimientos de los buques; y
- Responder al desarrollo de situaciones inseguras para ayudar en el proceso de toma de decisiones a bordo.

La Resolución A.1158(32) de la OMI sobre las Directrices para los servicios de tráfico marítimo establece, entre otras cosas, que:

- a) El nivel de seguridad y eficiencia en la circulación del tráfico marítimo dentro de una zona cubierta por un servicio de tráfico marítimo depende de una estrecha cooperación entre los explotadores del servicio de tráfico marítimo y los buques participantes.
- b) El Gobierno Contratante debe designar y autorizar una Autoridad Competente para el VTS.
- c) La autoridad competente en materia de VTS debe asegurarse de que la formación en VTS esté aprobada y que el personal de VTS esté certificado.
- d) El proveedor de VTS debe asegurarse de que las instalaciones de VTS cuenten con el personal adecuado y que el personal de VTS esté debidamente capacitado y calificado.

La Recomendación R0103(V-103) de la IALA proporciona el marco para ayudar a las autoridades competentes y a los proveedores de VTS a reclutar, formar y evaluar al personal de VTS para garantizar la prestación armonizada de servicios de tráfico marítimo en todo el mundo.

**Consulte las publicaciones de la IALA:**

- Recomendación R0103 (V-103) - Formación y certificación del personal de STB
- Guía G1156 - Contratación, formación y certificación del personal de STB
- Guía G1014 - Acreditación de las organizaciones de formación STB y autorización para impartir cursos modelo STB
- Guía G1027 - Simulación en la formación VTS
- Guía G1103 - Formación de formadores
- Guía G1017 - Evaluación de la exención de formación previa para los cursos modelo STB
- IALA Curso Modelo C0103-1 (V-103/1) Formación de Operador del Servicio de Tráfico Marítimo
- IALA Curso Modelo C0103-2 (V-103/2) Formación de Supervisor del Servicio de Tráfico Marítimo
- IALA Curso Modelo C0103-3 (V-103/3) Servicio de Tráfico Marítimo Formación en el puesto de trabajo
- IALA Curso Modelo C0103-4 (V-103/4) Instructor en el Puesto de Trabajo del Servicio de Tráfico Marítimo
- Curso modelo de la IALA C0103-5 (V-103/5) El proceso de revalidación de cualificaciones y certificaciones VTS

Para obtener más información sobre los problemas de VTS, consulte el Manual de VTS de IALA, disponible en el sitio web de IALA.

## 8.5 EJEMPLOS DE OTRAS OPORTUNIDADES DE CAPACITACIÓN PARA EL PERSONAL ATON Y VTS

La capacitación en el trabajo (OTJ, por sus siglas en inglés) es una instrucción para los empleados que se lleva a cabo en su lugar de trabajo. Por lo general, esto implica una combinación de observar a los demás, combinada con experiencia práctica en la realización del trabajo. La formación de OTJ se lleva a cabo normalmente bajo la supervisión de un director de formación, un compañero de trabajo o un formador profesional subcontratado.

Durante el OJT, el personal aprende los procesos y procedimientos que utiliza su empleador. El personal también puede aprender a operar cualquier equipo, herramienta o maquinaria requerida para su función. La instrucción y la práctica completadas como parte de la formación pueden ayudar a desarrollar las habilidades, competencias y conocimientos necesarios para llevar a cabo tareas en la empresa u organización. Parte de OJT puede incluir la observación del trabajo o la observación de un empleado experimentado realizar ciertas tareas laborales.

**La observación del trabajo** es una forma de aprendizaje en el trabajo que permite a los empleados interesados seguir, observar y, a veces, realizar de cerca las tareas de otro empleado más experimentado que desempeña la función.

**La mentoría** es la influencia, orientación o dirección dada por un mentor. Un mentor es alguien que enseña o da ayuda y consejo a una persona menos experimentada y, a menudo, más joven. En un entorno organizacional, un mentor influye en el crecimiento personal y profesional de un aprendiz. La mayoría de las mentorías tradicionales implican que los empleados senior sean mentores de los empleados más jóvenes (o recién incorporados), pero los mentores no necesariamente tienen que ser más senior que las personas a las que asesoran. Lo que importa es que los mentores tengan experiencia de la que otros puedan aprender. Por lo general, este es un tipo de oportunidad de capacitación más formal que la capacitación en el trabajo o la observación del trabajo.

Una "**charla sobre la caja de herramientas**" es una breve presentación sobre un solo aspecto de la salud y la seguridad. La charla suele tener lugar antes del inicio del trabajo. Las charlas de la caja de herramientas son discusiones de seguridad rápidas, sencillas y fáciles de entender. Lo ideal es una charla informal de unos 5-10 minutos con los trabajadores para charlar sobre la concienciación sobre los riesgos para la salud y la seguridad asociados a sus tareas. Una charla eficaz sobre la caja de herramientas ayuda a promover una cultura de seguridad en el lugar de trabajo y facilita el intercambio de conocimientos y mejores prácticas de seguridad entre los trabajadores.

Ejemplos de charlas de Toolbox son:

- Prevención de resbalones, tropiezos y caídas
- Trabajos en altura de forma segura
- Trabajar cerca o sobre el agua
- Manipulación manual
- Sustancias peligrosas como:
  - a) Concienciación sobre el amianto
  - b) Concienciación sobre el mercurio
- Seguridad eléctrica
- Seguridad contra incendios
- Conciencia ambiental.

Es posible que ciertos empleados requieran **capacitación especializada** formal para obtener la certificación para operar equipos específicos, como conductor de grúa, operador de montacargas, soldador, etc. Es posible que esta certificación deba actualizarse periódicamente.

**La capacitación en seguridad** debe realizarse antes de que los empleados accedan a ciertos sitios o estaciones de trabajo. Esto puede ser un requisito según las regulaciones locales y es posible que deba actualizarse periódicamente.

## CAPÍTULO 9

# TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL



## 9.1 SISTEMAS DE COMUNICACIONES DIGITALES

El estándar S1060 de IALA se aplica a la Tecnología de Comunicación Digital. Este estándar hace referencia a disposiciones normativas e informativas, detalladas en las Recomendaciones de IALA relacionadas, que cubren el siguiente ámbito.

- Sistemas de amplitud de banda ancha y media
- Sistemas de amplitud de banda estrecha
- Conectividad marítima armonizada

En esta era de comunicación casi instantánea, las tecnologías digitales se integran progresivamente en el entorno marítimo. Las limitaciones de la comunicación, como el alcance de la transmisión, la velocidad de los datos y el costo de acceso, se resuelven y superan constantemente.

Se espera que en los próximos años aumente la disponibilidad de sistemas de comunicación digital marítima más robustos y rentables. IALA ha desempeñado un papel importante en el desarrollo de tales sistemas, con contribuciones clave a tecnologías como el AIS y, más recientemente, VDES.

## 9.2 PLAN DE RADIOCOMUNICACIONES MARÍTIMAS DE IALA (MRCP)

El Plan de Radiocomunicaciones Marítimas (MRCP) es un marco integral diseñado para facilitar el uso eficiente y coordinado de los sistemas de radiocomunicación en el ámbito marítimo desde la perspectiva de IALA.

El MRCP pretende garantizar una comunicación fluida entre las distintas partes interesadas, como buques, estaciones costeras y autoridades portuarias, mediante la estandarización de las frecuencias de radio, los procedimientos operativos y de los equipos. Esto, a su vez, mejora la seguridad de la navegación, la protección del medio ambiente y la eficacia general de las operaciones marítimas.

## 9.3 AIS (ASPECTOS DE LAS COMUNICACIONES)

En el anterior capítulo 6.7 se presentó una visión general del Sistema de Identificación Automática (AIS). Para recapitular, se trata de un sistema móvil marítimo de VHF diseñado como herramienta para transmitir datos de navegación para evitar colisiones entre buques y para los VTS, y como medio para que los Estados ribereños obtengan información sobre los buques y su carga. El AIS también permite el intercambio de datos relacionados con la seguridad entre buques, de buque a costa y de costa a buque. Existen numerosos tipos de dispositivos AIS, conocidos como estaciones, que se identifican mediante una identidad única del servicio móvil marítimo (MMSI) y utilizan la norma abierta internacional AIS para comunicarse. AIS permite el intercambio automático de datos a bordo procedentes de los sensores del buque (datos dinámicos), así como de datos estáticos y relacionados con el viaje introducidos manualmente, entre un buque y otro, y entre un buque y una autoridad costera mediante comunicaciones terrestres o por satélite. AIS ha sido obligatorio como requisito de equipamiento a bordo para buques según el Capítulo V revisado del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974 (enmendado) (SOLAS 74), sección 19.2.4. Además, algunas administraciones exigen que se lleve AIS en embarcaciones que no sean SOLAS. A continuación, se resumen las principales ventajas del AIS:

- Intercambio de datos, como identificación y rumbo, entre buques dentro del alcance VHF entre sí, lo que aumenta el reconocimiento sobre la situación;

- Intercambio de datos entre un buque y las autoridades costeras, como un VTS, para mejorar la gestión del tráfico en vías naveables, zonas costeras y remotas donde el AIS es a veces el único medio de intercambiar datos;
- Notificación automática en áreas de notificación obligatoria y voluntaria;
- Intercambio de información relacionada con la seguridad entre buques, y entre buques y estación(es) costera(s).

El desarrollo de AIS se ha ampliado hasta abarcar dispositivos como el AIS para ayudas a la navegación (AIS AtoN), el AIS en aeronaves de búsqueda y salvamento, y los transmisores AIS de búsqueda y salvamento (EPIRB-AIS, AIS-SART y AIS-MOB). El éxito del AIS ha llevado a su creciente adopción y expansión, lo que ha suscitado preocupación por la fiabilidad del sistema a medida que se sobrecarga. Como resultado, la Organización Marítima Internacional (IMO) emitió la Resolución MSC.347(91) Anexo 15 para proteger el AIS. Esta preocupación también sirvió como factor impulsor para el desarrollo del Sistema de Intercambio de Datos VHF (VDES), que se analiza en la siguiente sección (8.4).

Además, IMO y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) han restringido el uso de Dispositivos Autónomos de Radiocomunicación Marítima (AMRD) en las frecuencias AIS, únicamente a aquellos dispositivos que mejoran la seguridad de la navegación. Estos dispositivos se denominan AMRD grupo A. Para los equipos que no cumplen el criterio de mejorar la seguridad de la navegación, AMRD grupo B, se asignó un nuevo canal (2006) en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (WRC-19), en el que se puede utilizar la tecnología AIS. Los documentos pertinentes que abordan los AMRD incluyen la Resolución MSC.441(99) de IMO y las recomendaciones ITU-R M.1371-5 y ITU -R M.2092 de ITU.

La Guía IALA G1082 ofrece en su anexo una descripción completa del AIS y una extensa lista de toda la documentación relacionada con AIS de diversas organizaciones internacionales. Es importante señalar que AIS no proporciona ninguna protección de ciberseguridad.

## 9.4 VDES

El Sistema de Intercambio de Datos en VHF (VDES) es un sistema de radiocomunicación que opera en la banda móvil marítima de VHF. El VDES consta de 4 componentes:

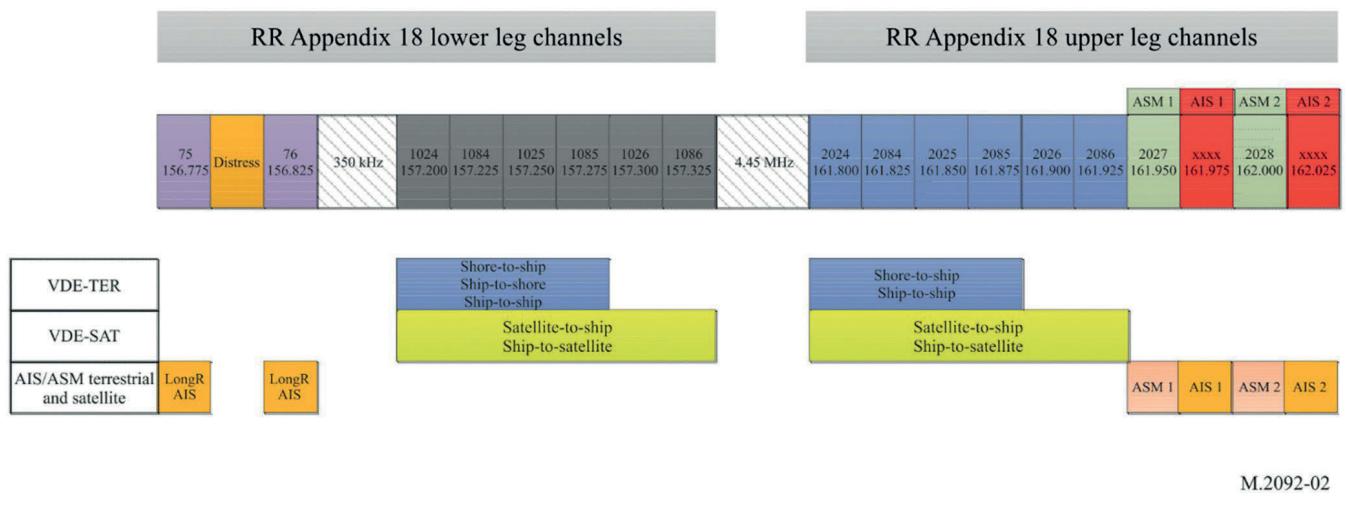
- El AIS utiliza los canales AIS 1, AIS 2, CH75 y CH76. AIS 1 y AIS 2 son para comunicaciones terrestres mientras que los enlaces ascendentes por satélite pueden utilizar todos los canales, AIS 1, AIS 2, CH75 y CH76;
- El componente de Mensajes de Aplicación Específica (ASM) de VDES utiliza los canales ASM 1 y ASM 2, tanto para comunicaciones terrestres como para enlaces ascendentes por satélite.
- El componente terrestre de intercambio de datos VHF (VDE-TER) de VDES utiliza los canales 1024, 1084, 1025, 1085, 2024, 2084, 2025 y 2085 para las comunicaciones terrestres.
- El sistema satelital de intercambio de datos VHF (VDE-SAT) del VDES utiliza canales 1024, 1084, 1025, 1085, 1026, 1086, 2024, 2084, 2025, 2085, 2026 y 2086, tanto para comunicaciones por satélite de enlace ascendente y descendente (uplink y downlink).

En las secciones siguientes se ofrece una breve introducción a cada uno de los componentes del VDES, salvo el AIS, que ya se ha tratado anteriormente. Existen 3 documentos de IALA que ofrecen información adicional sobre el VDES y sus subsistemas:

- Recomendación R1007 - Sistema de Intercambio de Datos VHF (VDES) para Infraestructura Costera
- Guía G1117 - Visión general del sistema de intercambio de datos VHF (VDES)
- Guía G1139 - La especificación técnica del VDES será sustituida por la Recomendación UIT.R M.2092-1.

Además, estos documentos de ITU proporcionan información técnica importante para VDES:

- ITU-R M.2092, Características técnicas para un sistema de intercambio de datos VHF en la banda móvil marina VHF.
- Informe ITU-R M.2231, Utilización del Apéndice 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones para el servicio móvil marítimo.
- Informe ITU-R M.2435-0 [VDE-SAT]



M.2092-02

Figura 36. Uso de la frecuencia VDES

#### 9.4.1 ¿POR QUÉ VDES INCLUYE AIS?

El Sistema de Intercambio de Datos VHF (VDES) comprende un conjunto de canales en la banda móvil marítima de VHF y forma un bloque contiguo de frecuencias que incluye las dos frecuencias AIS internacionales, como se muestra en la figura anterior. Por este motivo, el VDES se diseñó de tal forma que simplificara la complejidad de los equipos de radio, permitiendo que una única caja de radio "inteligente" realizara todas las funcionalidades del VDES, incluido el AIS. El diseño del VDES se basa en la protección de AIS y en el conocimiento de la situación que proporciona a los navegantes y a las autoridades costeras. Por ello, todas las funcionalidades AIS forman parte del VDES, del mismo modo que estarían disponibles en un dispositivo AIS independiente. En principio, una unidad VDES podría sustituir al equipo AIS utilizando la misma antena, alimentación y conectividad. Para que las autoridades costeras puedan aprovechar todas las capacidades del VDES, podría ser necesario mejorar la infraestructura.

### **9.4.2 COMPONENTE ASM DE VDES**

El componente de Mensajes de Aplicación Específica del VDES utiliza 2 canales (ASM1 y ASM2). El propósito de ASM es liberar los canales AIS del creciente uso de varios mensajes para intercambiar datos relacionados con la seguridad, pero no directamente relevantes para evitar colisiones. El despliegue de ASM en todo el mundo eximirá a las frecuencias AIS de este uso y garantizará la disponibilidad de AIS para evitar colisiones y con fines de seguridad, aumentando su efectividad. Algunos ejemplos de datos ASM que se transmiten actualmente a través de las frecuencias AIS son los datos meteorológicos/hidrológicos, los obstáculos en las vías navegables, las rutas recomendadas, etc. Los canales ASM utilizan una modulación de señal más eficiente que las frecuencias AIS originales, lo que permite transportar más datos, casi el doble, en el mismo intervalo tiempo/trama. Los mensajes AIS existentes podrían reutilizarse en los canales ASM o VDE.

IALA mantiene una lista de todos los Mensajes de Aplicación Específicos disponibles en todos los enlaces físicos (AIS, VDES-ASM y VDES-VDE) que se han creado y se utilizan en todo el mundo con fines ASM. La lista puede consultarse en el sitio web de IALA <https://www.iala-aism.org/asm/> donde también pueden registrarse los nuevos ASM propuestos. Es importante tener en cuenta que el VDES no proporciona ninguna protección de ciberseguridad y debe implementarse como ASM.

### **9.4.3 COMPONENTE VDE-TER DE VDES**

El propósito del componente VDE-TER es proporcionar un sistema de comunicación capaz de sustentar los requisitos de desarrollo de la e-Navigation dentro del rango VHF (aprox. 40 a 60 km). Se espera que ASM no sea capaz de satisfacer los requisitos de transferencia de los datos originales de la serie de productos de la **data S-100** (S-1xx, S-2xx, S-4xx, etc.). A medida que la e-Navigation se estandarice con los productos de datos S-100, los datos de seguridad marítima necesitarán un sistema de comunicación con capacidad ampliada para transportar esta información desde y hacia los buques en las vías navegables y las zonas costeras. Este es el vacío que se cubre con VDE-TER.

VDE-TER utiliza 4 canales dúplex para lograr un ancho de banda de 100 kHz disponible para transportar datos de barco a barco, de tierra a barco y de barco a tierra. La capacidad máxima total del canal es de aproximadamente 230kbps que se dividen entre los usuarios (estaciones de barco o de tierra) del sistema en un área específica. Por ejemplo, puede haber una estación costera y 5 buques que utilicen VDE-TER simultáneamente para intercambiar datos, cada uno de los cuales obtendrá unos 38kbps de caudal transferencia.

El VDE-TER proporciona mucha más capacidad que el AIS y el ASM, pero sigue siendo de un orden de magnitud menor que otros sistemas de comunicación comerciales, como los teléfonos móviles 3G/4G/5G. Esta limitación exigirá que el VDES sea gestionado cuidadosamente por las autoridades costeras para garantizar que se da prioridad a la data relacionada con la seguridad pertinentes para el contexto del buque.

### **9.4.4 COMPONENTE VDE-SAT DE VDES**

El propósito del VDE-SAT es extender la cobertura VDE más allá de la cobertura terrestre del VDE-TER y ofrecer una cobertura global. Como tal, VDE-SAT es un complemento esencial a la cobertura VDE terrestre proporcionada por VDE-TER en apoyo de los servicios de e-Navigation.

VDE-SAT utiliza 2x150kHz, de los cuales 2x100kHz se comparten con VDE-TER y 2x50kHz se identifican sólo para VDE-SAT. El enlace descendente de VDE-SAT admite velocidades de data que oscilan entre 2 kbps y 48 kbps, dependiendo de la calidad del enlace. El enlace ascendente VDE-SAT admite velocidades de data que oscilan entre aproximadamente 1 kbps y 95 kbps, dependiendo de la calidad del enlace y del entorno de interferencias observado por el satélite. Estas velocidades de data son velocidades totales del sistema para un canal de 50 kHz que puede asignarse y compartirse entre 1 y 6 usuarios.

VDE-SAT es capaz de soportar los mismos servicios previstos para VDE-TER. Sin embargo, las velocidades de datos reducidas y el modo de operaciones de almacenamiento y envío inherente a VDE-SAT pueden no ser adecuados para todos los servicios. Como en el caso de VDE-TER, los recursos disponibles en VDE-SAT deben ser gestionados cuidadosamente por los operadores de satélites para garantizar que se da prioridad a los servicios adecuados.

## 9.5 R-MODE

Como las señales GNSS no siempre son fiables y están sujetas a interferencias y suplantación (jamming y spoofing), se recomienda disponer de medios alternativos de navegación marítima. Uno de ellos es equipar los sistemas de comunicación en tierra con la opción de transmitir señales de alcance (R-Mode), que los buques pueden utilizar para determinar su posición cuando se encuentran dentro del alcance de estas estaciones. El sistema de intercambio de datos VHF (VDES), actualmente en proceso de estandarización, puede utilizarse para esta aplicación R-Mode.

La demanda de una solución eficaz de posicionamiento, navegación y temporización (PNT) quedó reflejada en el proyecto ACCSEAS y está siendo desarrollada por el proyecto R-Mode Baltic, que investiga secuencias de alcance adicionales en las bandas MF y VHF.

La propuesta de este sistema alternativo se denomina Ranging-Mode (R-Mode). El R-Mode pretende utilizar la infraestructura de comunicación en tierra, como DGPS (balizas IALA), Sistema de Identificación Automática (AIS) o estaciones base VDE [2] [9] con la infraestructura de alojamiento existente.

La precisión de los alcances entre la estación base en tierra y el buque en el mar, medidos mediante la señal de radio recibida, depende del ancho de banda utilizado y de la potencia de la señal recibida frente a la potencia de otras fuentes de ruido.

## 9.6 LTE-M COMO INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

El objetivo de LTE-Marítimo o (LTE-M) es proporcionar altas velocidades de data del orden de megabits por segundo dentro de la cobertura de comunicación de 100 km desde la costa.

En 2017, con el fin de confirmar la viabilidad de la tecnología LTE en el ámbito marítimo, se desarrolló un banco de pruebas en la República de Corea y se llevaron a cabo varios ensayos de terreno. Los resultados de los ensayos muestran que, aunque existen problemas de interferencias con otras señales de comunicación, LTE-Maritime puede proporcionar velocidades de data superiores a Mbps y una cobertura de comunicación de unos 100 km.

### 9.6.1 LTE-M

LTE-M se basa en la tecnología LTE, que es una solución prometedora para las redes marítimas inalámbricas.

Para satisfacer los requisitos de los distintos servicios de data, es necesario desarrollar comunicaciones marítimas que proporcionen velocidades de transmisión de data de alta velocidad y una cobertura de comunicación ampliada. Lamentablemente, los sistemas de comunicación marítima convencionales, como VHF, MF/HF, funcionaban en la radiofrecuencia terrestre especificada en las asignaciones marítimas del convenio GMDSS. En el caso de satélites como Inmarsat, la capacidad del canal y el costo operativo no son razonables para los usuarios privados. Podrían ser un buen sistema de comunicación para las asignaciones de GMDSS a nivel mundial, pero no una buena solución para ser utilizado como sistema de comunicación para los diversos servicios como la e-Navegación, especialmente en determinados espacios acuáticos locales que requieren altas velocidades de data para sus propios servicios.

LTE es capaz de proporcionar una mayor velocidad de datos, capacidad y eficiencia espectral incluso en entornos de propagación dinámica con el apoyo de técnicas avanzadas como la entrada múltiple salida múltiple (MIMO) y la adición de portadoras (CA). Además, tiene el potencial de proporcionar una cobertura de comunicación de unos 100 km en función de los distintos entornos, aunque LTE para la comunicación móvil comercial está diseñada con una cobertura de celda relativamente corta. Esta superioridad de LTE nos lleva a desarrollar una red de salto único que permita la comunicación de data barco-costera basada en la tecnología LTE.

En general, las redes de ciberenlaces inalámbricas son vulnerables a fallas de enlace causados por interferencias de radio y no pueden garantizar fiabilidad. A diferencia de las redes marítimas existentes, que amplían la cobertura de las comunicaciones mediante transmisiones multisalto, LTE-Maritime permite a los buques comunicarse directamente con las estaciones base en tierra y mejorar la confiabilidad. Por lo tanto, es más adecuado especialmente para los servicios marítimos relacionados con la seguridad que requieren alta fiabilidad y baja demora.

## 9.7 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN BASADOS EN EL PROTOCOLO DE INTERNET

Existen sistemas propietarios y basados en el conjunto de protocolos de Internet (TCP/IP) (la mayoría en órbitas terrestres bajas (LEO)) disponibles y parcialmente aprobados por GMDSS.

Especialmente las constelaciones de satélites LEO ofrecen una cobertura de comunicaciones de gran ancho de banda para amplias zonas marítimas y costeras. Esto permite cubrir muchas necesidades de comunicación. Al proporcionar un ancho de banda suficiente, se puede implementar una protección de ciberseguridad adecuada. Ya se utiliza para la supervisión de flotas, el mantenimiento predictivo y aplicaciones como la actualización de cartas. Se están elaborando estándares para la provisión de información sobre seguridad marítima (MSI).

## 9.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE BAJA POTENCIA

Los sistemas de comunicación de baja potencia, como LoRa (largo alcance), Sigfox y NB-IoT (IoT de banda estrecha), son tecnologías emergentes que tienen el potencial de influir significativamente en la comunicación marítima. Estos sistemas están diseñados para proporcionar conectividad inalámbrica de largo alcance y bajo consumo, lo que los hace ideales para diversas aplicaciones IoT (Internet de las cosas) en el sector marítimo.

IALA reconoce la importancia de explorar y evaluar el potencial de los sistemas de comunicación de baja potencia para uso marítimo. Estas tecnologías podrían emplearse para diversos fines, como el seguimiento y la supervisión de activos, la vigilancia medioambiental, y la mejora de la seguridad y eficiencia en las operaciones portuarias.

IALA podría animar a sus miembros y a la comunidad marítima a estudiar y evaluar la viabilidad de estas tecnologías para aplicaciones marítimas. Además, IALA podría facilitar la colaboración entre sus miembros, colaboradores industriales y otras organizaciones pertinentes para identificar las mejores prácticas, desarrollar normas y promover la interoperabilidad de los sistemas de comunicación de baja potencia en el ámbito marítimo.

## 9.9 DISPOSITIVOS DE RADIO MARINOS AUTÓNOMOS

Existen numerosos dispositivos de radio marítimos que funcionan de forma autónoma. Estos incluyen, entre otros: de dispositivos instalados en buques y barcazas remolcados o sin propulsión, dispositivos de "hombre al agua", dispositivos de localización, alerta y radiotelefonía de buceadores, boyas de señalización de redes de pesca, boyas de seguimiento de vertidos de petróleo, boyas oceanográficas y otras boyas a la deriva.

Algunos tipos de dispositivos de radio marítimos autónomos (AMRD) utilizan la tecnología AIS o de llamada selectiva digital (DSC). También pueden transmitir mensajes de voz sintéticos o emplear una combinación de estas tecnologías. Estos dispositivos se han desarrollado y funcionan en el entorno marítimo, y se prevé que su número aumente.

Algunos dispositivos no mejoran la seguridad de la navegación ni sirven para la comunicación entre estaciones costeras y estaciones de barco, o entre estaciones de barco, o entre estaciones de comunicación a bordo asociadas, o estaciones de embarcaciones de supervivencia y estaciones de radiobalizas indicadoras de posición de emergencia. No obstante, ocupan el espectro y las identidades del servicio móvil marítimo.

Es necesario categorizar y regular el uso de dispositivos autónomos de radiocomunicación marítima. En 2019, la ITU adoptó el anteproyecto de definición de AMRD. La categorización de los AMRD y la información pertinente figuran en el proyecto de nueva recomendación ITU-R M.2135 y funcionarán en un nuevo canal (2006). En principio, estos dispositivos utilizarán la tecnología AIS, pero no se limitarán a ella. La nueva recomendación podría publicarse en 2022.

La posición generalmente aceptada de IMO establece que:

- Debe protegerse la integridad de AIS y del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (GMDSS);
- dispositivos autónomos de radio marítima que mejoran la seguridad (de la navegación) deben ser regulados en cuanto al uso de frecuencias e identidades del servicio móvil marítimo; y
- para dispositivos de radio marítimos autónomos que no mejoren la seguridad (de navegación), la regulación del uso de las frecuencias y de las características técnicas y operativas, deberían beneficiar tanto al usuario de los dispositivos como a la seguridad marítima.

### **9.9.1 AMRD GRUPO A**

Este grupo está formado por las ayudas móviles a la navegación (MAtoN) y de hombre al agua de clase M (MOB). Sus características técnicas y operativas se describen en las versiones más recientes de las Recomendaciones ITU-R M.1371 y ITU-R M.493.

Los servicios móviles AtoN y MOB deben utilizar el esquema de numeración definido en ITU-R M.585 "Identidades en el servicio móvil marítimo", es decir, para MAtoN, es 99MIDXXXX.

### **9.9.2 AMRD GRUPO B**

Todos los demás AMRD que no mejoran la seguridad de la navegación se clasifican como AMRD Grupo B. Las características de los AMRD Grupo B se desarrollaron más y se recogen en dos anexos, uno para los dispositivos que utilizan la tecnología AIS y otro para los dispositivos que utilizan otras tecnologías.

El esquema de numeración del Grupo B del AMRD está aún en estudio. Se propone la identidad 979YYYYYY (sin incluir el ID del fabricante) para la versión revisada de ITU-R M.585-7. Sin embargo, es necesario seguir trabajando en ello y se trasladará a las reuniones del ITU WP 5B.

## **9.10 3GPP**

IALA se centra en la evaluación de diversas tecnologías de comunicación para uso marítimo. Algunas de las tecnologías evaluadas son 3GPP, LTE-M y otras.

IALA coopera con 3GPP como una de las industrias verticales y contribuye a su desarrollo compartiendo puntos de vista marítimos. Sin embargo, IALA reconoce que no puede representar a toda la industria marítima. Esta colaboración ayuda a establecer un puente entre el sector marítimo y las telecomunicaciones, garantizando que las necesidades específicas del entorno marítimo se tengan en cuenta en el desarrollo de los estándares de 3GPP.

Uno de los principales intereses de la IALA es el componente satelital de 3GPP, que tiene el potencial de cambiar significativamente el entorno de las comunicaciones marítimas al resolver los problemas de cobertura en zonas remotas y en alta mar. Este avance permitirá una conectividad sin obstáculos y mejores capacidades de comunicación para el ámbito marítimo. Además, IALA también está interesada en explorar tecnologías de enlace lateral en el marco de 3GPP, que pueden facilitar la comunicación directa entre dispositivos sin depender de la infraestructura de red. Estas tecnologías pueden mejorar la seguridad y la eficiencia operativa en diversos escenarios marítimos.

La posición de IALA es que la comunicación basada en la tecnología 3GPP (actualmente 4G) es una tecnología emergente para IALA y el ámbito marítimo.

Puede ser beneficioso describir los requisitos 5G de los miembros de IALA, identificar otros segmentos más grandes con requisitos similares, unir fuerzas con los custodios de estos segmentos y trabajar conjuntamente con 3GPP y CIRM, según proceda, para adoptar los requisitos.

### **9.10.1 ¿QUÉ ES EL 3GPP?**

El uso de las comunicaciones móviles se reconoce cada vez más como un valioso medio de comunicación para los buques en el mar.

El 3GPP (3rd Generation Partnership Project) se creó en 1998 con la firma de "Acuerdo de Proyecto de Asociación de 3era Generación". El 3GPP reúne a siete organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA y TTC), conocidas como "Colaboradores Organizativos". Proporciona a sus miembros un entorno estable para elaborar los informes y especificaciones que definen las tecnologías 3GPP.

El objetivo original del 3GPP era elaborar especificaciones técnicas e informes técnicos para un sistema móvil 3G basado en redes básicas GSM evolucionadas y las tecnologías de acceso radioeléctrico que soportan (es decir, acceso radioeléctrico terrestre universal (UTRA) en los modos dúplex por división de frecuencia (FDD) y dúplex por división de tiempo (TDD)). El ámbito de aplicación se amplió posteriormente para incluir el mantenimiento y desarrollo de las especificaciones técnicas y los informes técnicos del Sistema Mundial de Comunicaciones Móviles (GSM), incluidas las tecnologías de acceso radioeléctrico evolucionadas.

El proyecto abarca las tecnologías de redes de telecomunicaciones celulares, incluyendo el acceso radioeléctrico, las redes centrales de transporte y las capacidades de servicios como códecs, seguridad y calidad de servicio. Ofrece especificaciones completas del sistema, así como ganchos para el acceso no radioeléctrico a la red central y el interfuncionamiento con redes Wi-Fi.

Encontrará información más detallada sobre el 3GPP en <http://www.3gpp.org/about-3gpp>.

## **9.11 DIGITALIZACIÓN DE CANALES DE VOZ MARINOS VHF**

La digitalización de los canales de voz VHF marítimos es un avance significativo en el panorama de las comunicaciones marítimas. Esta transformación pretende mejorar la claridad de las comunicaciones, aumentar la capacidad de los canales y mejorar la eficacia general de las comunicaciones. Existen varias opciones para implementar la voz por VHF, entre ellas:

- radio móvil privada digital (dPMR) que utiliza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y
- Radio móvil digital (DMR) que utiliza la tecnología de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

IALA ha observado que la voz digital sobre VHF, utilizando el ejemplo de dPMR, es un candidato adecuado para su consideración de satisfacer las necesidades de los miembros de IALA. Sin embargo, es necesario identificar un vocoder adecuado como estándar de uso marítimo para garantizar la interoperabilidad.

IALA podría apoyar y promover activamente la transición a la comunicación de voz digital, garantizando al mismo tiempo que la tecnología elegida se ajuste a las necesidades de sus miembros y de la comunidad marítima en general. Para lograrlo, IALA podría trabajar para fomentar la colaboración entre sus miembros, organizaciones de interés y colaboradores de la industria para identificar y adoptar estándares de vocoder adecuados, así como facilitar la integración sin problemas de las tecnologías de voz digital en la infraestructura de comunicación marítima existente.

## **9.12 RADIO DIGITAL DE ALTA FRECUENCIA**

La transferencia de datos de archivos y correos electrónicos a un costo razonable para el navegante es ahora posible con la digitalización de las frecuencias de HF que se ha estudiado en el WP5B de ITU-R. Los protocolos disponibles de transferencia de datos en HF que se utilizan actualmente en el servicio móvil marítimo (MMS).....

Los protocolos disponibles de transferencia de datos en HF que se utilizan actualmente en el servicio móvil marítimo (MMS) para el intercambio de datos y correo electrónico en frecuencias MF/HF se describen en la Recomendación ITU-R M.1798 (Características de los equipos radioeléctricos HF para el intercambio de datos digitales y correo electrónico en el servicio móvil marítimo). En esta Recomendación se proponen tres sistemas de correo electrónico HF y un sistema de intercambio de datos HF de banda ancha para la comunicación punto a punto.

## 9.13 TECNOLOGÍAS EMERGENTES

IALA reconoce la importancia de mantenerse informada sobre las tecnologías emergentes que podrían ser beneficiosas para sus miembros y la industria marítima. Como organización proactiva, IALA ha desarrollado una Guía, G1153, titulada "Plantilla para la revisión de tecnologías emergentes para su posible uso por parte de los miembros de IALA", para revisar y evaluar sistemáticamente estas tecnologías en términos de sus ventajas, limitaciones y aplicabilidad al ámbito marítimo.

El objetivo de esta guía es fomentar la identificación de tecnologías existentes o emergentes que puedan ser de interés para los miembros de IALA. Mediante la evaluación de estas tecnologías, IALA pretende garantizar que sus miembros conozcan los últimos avances y puedan tomar decisiones justificadas sobre su adopción y aplicación.

La Guía G1153 proporciona un marco estructurado para evaluar las nuevas tecnologías y considerar su posible impacto en los requisitos de los usuarios y las necesidades de los miembros de IALA. Constituye un valioso recurso para los miembros de IALA que deseen mantenerse al día de los últimos avances en tecnología marítima y explorar posibles oportunidades de innovación y mejora en sus operaciones.

### 9.13.1 EJEMPLOS DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Entre las tecnologías emergentes que IALA ha estado examinando figuran:

- Redes de área extensa de baja potencia (LP-WAN) - Estos sistemas permiten transmisiones a largas distancias con un consumo de energía limitado. Tienen aplicaciones potenciales en sistemas de seguimiento y monitorización de embarcaciones ligeras y estudios experimentales de transmisión sobre el mar.
- Constelaciones de satélites de órbita terrestre baja (LEO) - Con el crecimiento de las capacidades de comunicación de diferentes satélites de órbita terrestre baja, las constelaciones LEO ofrecen oportunidades prometedoras para la comunicación marítima.
- Sistemas alternativos de transmisión de data: IALA también sigue de cerca la evolución de la situación en sistemas alternativos de transmisión de datos presentados en diversas organizaciones internacionales, entre ellas la OMI y UIT.
- Comunicación inalámbrica basada en la luz - Tecnologías como LiFi, que se basa sobre comunicación visual por luz (VLC) y utiliza LED para conectar en red un sistema inalámbrico, ofrecen oportunidades únicas para la comunicación marítima.

## 9.14 COMUNICACIONES DIGITALES EN VTS

La adopción de las comunicaciones digitales en los Servicios de Tráfico Marítimo (VTS) va en aumento como medio de mejorar la calidad de la comunicación y reducir los malentendidos causados por errores de audición o barreras lingüísticas entre las comunicaciones de buque a tierra y de buque a buque. Los VTS han ido implantando diversos sistemas de comunicación digital, como satélite, Internet y redes de telefonía móvil, para comunicarse no sólo con los buques, sino también con otras partes interesadas. Por ejemplo, algunos VTS utilizan Servicios Marítimos Integrados (IMS) para ofrecer servicios de comunicación centralizados, incluida la llamada selectiva digital (DSC), comunicaciones por satélite y correo electrónico.

Además, existe un interés creciente por adoptar tecnologías de comunicación digital emergentes como el sistema de intercambio de datos VHF (VDES), sistemas alternativos de transmisión de datos y redes 5G para las comunicaciones marítimas. Estas tecnologías ofrecen la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de datos, reducir la demora y mejorar la cobertura, lo que puede aumentar aún más la eficiencia y la eficacia de las operaciones de VTS.

Se espera que el creciente uso de las comunicaciones digitales en los VTS facilite un intercambio de información más eficiente, proporcione un mejor conocimiento de la situación y respalde el desarrollo de futuros servicios de navegación electrónica(e-Navigation).

## 9.15 ASUNTOS IALA Y GMDSS

IALA se interesa activamente por los servicios móviles marítimos, incluidos el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (GMDSS) y los servicios de radiodeterminación. La organización sigue de cerca los actuales esfuerzos de modernización del GMDSS dirigidos por la Organización Marítima Internacional (IMO), con el objetivo de adaptar el sistema a las necesidades cambiantes del sector marítimo e incorporar nuevas tecnologías e innovaciones.

Como parte de estos esfuerzos, IALA hace hincapié en el desarrollo del Sistema de Intercambio de Datos VHF (VDES), el VDE-SAT (VDES por satélite), el AIS y los Dispositivos Autónomos de Radio Marítima (AMRD) que operan en la banda móvil VHF marítima. Se espera que estas tecnologías mejoren significativamente las capacidades de comunicación, el intercambio de datos y la eficacia general del GMDSS.

El plan de modernización del GMDSS, iniciado por la IMO, abarca diversos aspectos, como la incorporación de nuevos sistemas de satélite, la actualización de los requisitos funcionales de los equipos del GMDSS, la revisión de las directrices operativas y la incorporación de nuevas tecnologías digitales de comunicación. Estas actualizaciones pretenden garantizar que el GMDSS siga siendo pertinente, eficaz y capaz de satisfacer las necesidades de la industria marítima moderna.

Al participar activamente en asuntos relacionados con el GMDSS y mantenerse informada sobre sus esfuerzos de modernización, IALA apoya a sus miembros y a la comunidad marítima en general a aprovechar los últimos avances en tecnologías y servicios de comunicación marítima.

# CAPÍTULO 10

## SERVICIOS DE INFORMACIÓN



## 10.1 INTRODUCCIÓN

La iniciativa de navegación-e, liderada por la Organización Marítima Internacional (OMI), tiene como objetivo mejorar la seguridad y la eficiencia en el sector marítimo proporcionando información electrónica armonizada a los sistemas de navegación a bordo de los buques, así como agilizar el intercambio de información entre las autoridades marítimas, las agencias y las partes interesadas en tierra. Esta iniciativa abarca múltiples disciplinas y busca crear un enfoque más integrado y estandarizado para el uso de herramientas electrónicas de navegación.

El desarrollo de la Navegación-e comenzó en 2006 cuando siete Estados Miembros de la OMI propusieron la creación de una visión estratégica para la utilización de las herramientas de navegación, en particular las electrónicas, de manera holística y sistemática. La propuesta fue impulsada por la preocupación de que la falta de coordinación en la introducción de nuevas tecnologías pudiera conducir a una mayor complejidad y a una falta de normalización a bordo de los buques, lo que podría poner en peligro la seguridad.

En respuesta a esta propuesta, la OMI colaboró con otras organizaciones internacionales como la IALA y la OHI para desarrollar una estrategia para la Navegación-e en 2008. Esta estrategia se perfeccionó aún más con la finalización del Plan de Implementación de la Estrategia (SIP) en 2014 y su posterior revisión y actualización en 2018.

El objetivo final de Navegación-e es reducir los accidentes relacionados con la navegación y mejorar la seguridad y la prevención de incidentes en el sector marítimo. Al proporcionar un acceso fluido, personalizado y eficiente a la información electrónica, la Navegación-e permite contar con sistemas de navegación mejor diseñados a bordo de los buques y agilizar la forma en que las autoridades marítimas y las partes interesadas recopilan e intercambian información. El continuo desarrollo y la implementación de la Navegación-e desempeñarán un papel crucial en la mejora de la seguridad y la eficiencia en la industria marítima en el futuro.

En 2014 se completó un plan para implementar la estrategia, denominado Plan de Implementación de la Estrategia (SIP), (NCSR1/28 Anexo 7). Esto se revisó y actualizó en 2018 (MSC.1/Circ.1595).

## 10.2 ESTRATEGIA OMI PARA EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA e-NAVEGATION

La estrategia de la OMI para la Navegación-e (MSC 85/26/Add.1, Anexo 20) establece que alrededor del 60% de las colisiones y encallamientos son causados por errores humanos directos. A pesar de los avances en la capacitación en la gestión de recursos de puentes, parece que la mayoría de los oficiales de guardia toman decisiones críticas para la navegación y la prevención de colisiones de forma aislada. Esto se debe en parte a una reducción general de la dotación, afirma el documento.

La estrategia de la OMI también establece que en el análisis de la fiabilidad humana, la presencia de alguien que controle el proceso de toma de decisiones mejora la fiabilidad en un factor de 10. Si la Navegación-e puede ayudar a mejorar este aspecto, mediante sistemas a bordo bien diseñados y una cooperación más estrecha con los sistemas de gestión del tráfico marítimo (VTM) en tierra, el riesgo de colisiones y encallamiento (y sus responsabilidades y costes inherentes para las administraciones) puede reducirse drásticamente.

La visión de la OMI para la Navegación-e incluye las siguientes expectativas generales para los elementos a bordo, en tierra y de comunicaciones.

### 10.2.1 DEFINICIÓN DE e-NAVIGATION

La estrategia de la OMI define la Navegación-e como la "la recopilación, integración, intercambio, presentación y análisis de manera armonizada de la información marítima a bordo y en tierra por medios electrónicos para mejorar la navegación de punto de atraque a punto de atraque y los servicios conexos, en pro de la seguridad y la protección marítimas y la protección del medio marino".

En otras palabras, Navegación-e significa:

- El intercambio y la presentación armonizados de información de navegación en formatos electrónicos;
- Intercambio de datos armonizado y mejora de las comunicaciones;
- Creación de un "equipo de navegación de área amplia", que permite al Oficial de Guardia (OOW) y al Operador de Servicios de Tráfico de Buques (VTS) compartir información táctica y de planificación; y
- Mejora del diseño de los equipos de navegación y comunicación

### 10.2.2 A BORDO Y EN TIERRA

Sistemas de navegación que se benefician de la integración de sensores propios del buque, información de apoyo, una interfaz de usuario estándar y un sistema integral para la gestión de zonas de guardia y alertas. Los elementos centrales de un sistema de este tipo incluirán la activa participación del navegante en el proceso de navegación, para llevar a cabo sus funciones de la manera más eficiente, evitando al mismo tiempo la distracción y la sobrecarga.

La gestión del tráfico marítimo y los servicios conexos desde tierra, mejorada mediante un mejor suministro, coordinación e intercambio de datos completos en formatos que sean más fáciles de entender y utilizar por los operadores en tierra en apoyo de la seguridad y la eficiencia de los buques.

### 10.2.3 COMUNICACIONES

Una infraestructura que proporciona una transferencia de información autorizada y fluida a bordo de un buque, entre buques, entre un buque y costa y entre las autoridades costeras y otras partes, con numerosos beneficios relacionados.

### 10.2.4 ¿QUÉ SIGNIFICA LA "e" EN e-NAVIGATION?

Es generalmente aceptado que el concepto de Navegación-e de la OMI puede considerarse como una marca, sin necesidad de que se defina específicamente la "e". El concepto de Navegación-e fue propuesto por primera vez por siete Estados Miembros de la OMI en 2006 como un proceso para la armonización, recopilación, integración, intercambio y presentación de información marítima. Como tal, la 'e' podría haber significado 'mejorado' o 'electrónico' (al igual que la 'e' en el comercio electrónico), pero esto limitaría lo que se podría hacer dentro de la navegación-e. Hay que tener en cuenta que el término genérico de navegación marítima electrónica ya existe en muchas formas. No debe confundirse con esta iniciativa particular de la OMI.

## 10.2.5 ELEMENTOS CLAVE

Los elementos clave de la estrategia de la OMI para la navegación-e, basada en las necesidades de los usuarios, incluyen:

- Arquitectura
- Elemento humano
- Convenios y normas
- Fijación de posición
- Tecnología de la comunicación y sistemas de información
- Cartas Náuticas Electrónicas (ENC)
- Estandarización de equipos
- Escalabilidad

De acuerdo con la estrategia, la implementación de la Navegación-e debe ser un proceso iterativo y gradual de desarrollo continuo, teniendo en cuenta la evolución de las necesidades de los usuarios y las lecciones aprendidas de las fases anteriores.

Como parte de los requisitos básicos para la implementación de la Navegación-e, se acordó que esta debería basarse en los requisitos y necesidades de los usuarios y no en la tecnología.

## 10.2.6 SOLUCIONES DE e-NAVIGATION

La pieza central del SIP actual (2018) son las siguientes cinco soluciones de Navegación-e:

- S1: diseño de puente mejorado, armonizado y fácil de usar;
- S2: medios para la elaboración de informes normalizados y automatizados;
- S3: mejora de la fiabilidad, la resistencia y la integridad de los equipos de puente y de la información de navegación;
- S4: integración y presentación de la información disponible en pantallas gráficas recibidos a través de equipos de comunicación; y
- S5: mejora de la comunicación del portafolio de servicios VTS (no limitada a las estaciones VTS).

Las soluciones S1 y S3 promueven el uso viable y práctico de la información y los datos a bordo. Por lo que se refiere a S1, la OMI finalizó:

- Guía sobre Aseguramiento de la Calidad del Software y Diseño Centrado en el Ser Humano para Navegación-e (MSC.1/Circ.1512)
- Guías para la normalización del diseño de interfaces de usuario para equipos de navegación (MSC.1/Circ.1609)
- Guías provisionales para la visualización armonizada de la información de navegación recibida a través de equipos de comunicación (MSC.1/Circ.1593)
- Guías para la presentación de símbolos, términos y abreviaturas relacionados con la navegación (SN.1/Circ.243/Rev.2)
- Enmiendas a las normas de desempeño para la presentación de información relacionada con la navegación en las pantallas de a bordo (resolución MSC.191(79))
- Orientaciones sobre la definición y armonización del formato y la estructura de los servicios marítimos en el contexto de la navegación-e (Resolución MSC.467(101) de la OMI).

Las soluciones S2, S4 y S9 se centran en la transferencia eficiente de información y datos marinos entre todos los usuarios apropiados (buque-buque, buque-costa, costa-buque y costa-costa).

El proceso en la OMI condujo a la especificación de los servicios marítimos en el contexto de la Navegación-e.

## 10.3 EL TRABAJO DE IALA EN LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL, SERVICIOS DE INFORMACIÓN Y EN e-NAVIGATION

Hasta ahora, la IALA se ha centrado en tres grandes vertientes:

### Sistemas de Información Digital

- Elaboración de orientaciones sobre la descripción e implementación de los "Servicios Marítimos en el contexto de la Navegación-e"
- Facilitar la armonización en el desarrollo de modelos de datos, servicios técnicos y plataformas.
- Definición de conceptos, procedimientos, servicios y plataformas para nuevas iniciativas tales como gestión de identidades.

### Tecnologías Digitales Emergentes

- Evaluación de las nuevas tecnologías relacionadas con la Navegación-e, en particular las comunicaciones marítimas digitales
- Buques Marítimos Autónomos de Superficie (MASS)
- Ventanilla Única de Intercambio de Datos

### Sistemas de Comunicación Digital

- Plan de Radiocomunicaciones Marítimas de la IALA
- Características técnicas y funcionamiento del Sistema de Intercambio de Datos VHF (VDES)
- Dispositivos de radio marítimos autónomos (AMRD), Sistema de Identificación Automática (AIS) y otras tecnologías de comunicación digital

## 10.4 SERVICIOS MARÍTIMOS EN EL CONTEXTO DE LA e-NAVIGATION

La norma IALA S1070 se aplica a los servicios de información. Esta Norma hace referencia a disposiciones normativas e informativas, detalladas en las Recomendaciones de la IALA enumeradas, que cubren el siguiente alcance.

- Modelos de datos y codificación de datos
- Sistemas de intercambio de datos
- Terminología, simbología y representación

### 10.4.1 ANTECEDENTES

El objetivo principal de la Navegación-e es proporcionar información armonizada en formatos electrónicos para mejorar el diseño de los sistemas de navegación a bordo y agilizar la comunicación y el intercambio de datos entre las autoridades marítimas, los organismos y las partes interesadas. Hay 16 servicios marítimos digitales reconocidos por la OMI en este momento, formando el núcleo de los servicios de navegación en los próximos años. Estos servicios incluyen tres servicios VTS (información, organización del tráfico y asistencia a la navegación), un servicio de cartas y un servicio de información de seguridad marítima(MSI). IALA está tratando de actualizar los servicios VTS y agregar el servicio de Ayudas a la Navegación Marítima en la lista de servicios marítimos.

## 10.4.2 TERMINOLOGÍA Y DIRECTIVAS

Los servicios marítimos en el contexto de la Navegación-e se refieren al suministro y el intercambio de información y datos relacionados con el sector marítimo en un formato armonizado y unificado. La Resolución MSC.467(101) de la OMI proporciona orientación sobre la definición y armonización del formato y la estructura de los servicios marítimos en el contexto de la Navegación-e. IALA en colaboración con la OMI, es reconocida como un organismo coordinador para el desarrollo del servicio marítimo en VTS.

## 10.4.3 ARMONIZACIÓN DEL FORMATO Y LA ESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS MARÍTIMOS

De acuerdo con la Resolución MSC.467(101) de la OMI, todos los servicios marítimos deben adherirse a la norma S-100 como línea de base. La IALA ofrece recomendaciones y guías para el desarrollo y la evaluación de plataformas armonizadas que proporcionan servicios de Ayuda a la Navegación Marítima (AtoN), incluido el VTS, en el contexto de la Navegación-e.

En la Recomendación R1019 se reconocen los avances en curso en el ámbito de los servicios marítimos, y se describen los requisitos generales para estos servicios en el contexto de la Navegación-e. Esta recomendación sirve como Guía para la creación de nuevos documentos de orientación sobre el tema.

La Guía G1161 ofrece información para evaluar plataformas armonizadas y adecuadas para la prestación de servicios de Ayudas a la Navegación Marítima (AtoN), incluido el VTS, en el contexto de la Navegación-e, tal como se sugiere en la R1019. A medida que el ámbito de la navegación electrónica continúa evolucionando con nuevas soluciones de plataforma digital, es esencial una comprensión común de los requisitos. Este documento ayuda a los miembros de IALA y a la industria a identificar las plataformas adecuadas y alienta a los proveedores de plataformas a alinear sus soluciones con los requisitos compartidos.

## 10.4.4 SERVICIOS TÉCNICOS

Consulte las publicaciones de la IALA:

- Recomendación R1019 - Prestación de servicios marítimos en el contexto de la navegación electrónica en el ámbito de la IALA
- Guía G1161 - Evaluación de plataformas para la prestación de servicios marítimos en el contexto de la navegación electrónica.

Un servicio técnico comprende un conjunto de soluciones técnicas, basadas en un modelo de datos y medios de comunicación acordados, para proporcionar un Servicio Marítimo según la OMI MSC.467(101). Basado en los conceptos de arquitecturas orientadas a servicios, un Servicio Técnico también se refiere a un conjunto de funcionalidades de software relacionadas que pueden ser reutilizadas para diferentes propósitos, junto con políticas que rigen y controlan su uso. Por lo tanto, la armonización y la interoperabilidad de los modelos de datos y las interfaces de los Servicios Técnicos desempeñan un papel clave en la realización de los Servicios Técnicos.

Los servicios técnicos también deben diseñarse de forma modular. De esta manera, los servicios ofrecidos por un dispositivo electrónico pueden ser utilizados directamente por otro dispositivo electrónico sin ninguna modificación. A menudo, los servicios operativos se implementan mediante dispositivos electrónicos o componentes de software que dependen de uno o más servicios técnicos.

IALA está trabajando en el desarrollo de los aspectos operativos y técnicos del servicio marítimo en las Ayudas a la Navegación Marítima, incluido el VTS.

La Guía G1128 de la IALA sobre la especificación de los servicios técnicos de Navegación-e permite a los proveedores de servicios, los consumidores y las autoridades reguladoras tener una comprensión común de un servicio técnico y su implementación. La Guía distingue entre la especificación del servicio real (funcionalidad e interfaces), los diseños técnicos (consideraciones específicas de la tecnología) y las descripciones de las instancias (configuración específica de una sola instancia de servicio). Todas las secciones de la Guía se caracterizan por un esquema fijo. Esto permite la especificación estandarizada de servicios en una arquitectura orientada a servicios.

Un Servicio Técnico debe estar formalmente especificado y documentado, como se describe en la Guía G1128 de la IALA. En el momento de redactar el presente documento, esta Guía tiene como objetivo mejorar la visibilidad y la accesibilidad de los servicios técnicos disponibles y de la información proporcionada por ellos. Los modelos de datos de los Servicios Técnicos deben implementarse utilizando el Modelo Universal de Datos Hidrográficos S-100.

Los Servicios Técnicos también deben diseñarse modularmente. De esta manera, los servicios ofrecidos por un dispositivo electrónico pueden ser utilizados directamente por otro dispositivo electrónico sin ninguna modificación. A menudo, los Servicios Operativos son implementados por dispositivos electrónicos o componentes de software que dependen de uno o más Servicios Técnicos.

#### **10.4.5 ARQUITECTURAS PARA LA e-NAVIGATION**

El ámbito marítimo es un ecosistema complejo de múltiples partes interesadas y una combinación de infraestructuras digitales nuevas y existentes. Se requieren arquitecturas seguras, confiables y eficientes para cumplir con los requisitos de una red armonizada de servicios técnicos. El Marco de Arquitectura Marítima (MAF) es un marco para el diseño de arquitecturas marítimas. Se puede utilizar para describir el contexto de las arquitecturas digitales de Navegación-e e implementarlas.

En los últimos años, se han establecido soluciones de plataforma para conectar servicios descentralizados y bases de datos en gran parte del transporte y otros sectores. IALA reconoce que las plataformas son un componente esencial para implementar la estrategia de Navegación-e, ya que pueden facilitar la armonización, la interoperabilidad y la colaboración entre diferentes proveedores de servicios y respaldar arquitecturas orientadas a servicios (SOA). Las SOAs permiten que los servicios interactúen con otros servicios y, además, permiten construir servicios basados en servicios existentes. Además, la comunicación basada en IP y los servicios web abren posibilidades para una comunicación eficiente y más detallada. Sin embargo, dado que esto introduce una forma relativamente nueva de interactuar con los servicios marítimos en un contexto digital, existen nuevos requisitos y riesgos que los arquitectos y desarrolladores de servicios deben tener en cuenta. IALA está elaborando actualmente una Guía para abordar estas cuestiones (G1161: Guía sobre plataformas para apoyar la prestación de servicios marítimos en el contexto de la Navegación-e).

En cuanto al contenido de NAVGUIDE, algunas secciones siguen siendo pertinentes y pueden integrarse en las discusiones sobre la arquitectura de la Navegación-e. Estas secciones abordan aspectos cruciales como la infraestructura técnica, el intercambio de datos y los protocolos de comunicación, todos los cuales son vitales para la implementación y el funcionamiento exitosos de los sistemas de Navegación-e.

Mediante la combinación de los conocimientos del MAF, las soluciones de plataforma existentes y las secciones relevantes de la NAVGUIDE, se puede desarrollar una comprensión integral de las arquitecturas para la Navegación-e. Este conocimiento permitirá a la comunidad marítima diseñar e implementar infraestructuras digitales efectivas que mejoren la seguridad, la eficiencia y la colaboración entre las partes interesadas en el dominio marítimo.

## 10.5 DESCRIPCIÓN DE LA e-NAVIGATION PARA NO EXPERTOS

La Navegación-e se basa en los principios de intercambio de datos que se utilizan en las aplicaciones que funcionan en los teléfonos inteligentes.

Por ejemplo, una aplicación meteorológica proporciona información a un usuario, esto podría llamarse un "Servicio Meteorológico". Este servicio meteorológico satisface la necesidad del usuario de información sobre el tiempo. Del mismo modo, un servicio marítimo, en el contexto de la navegación electrónica, satisface la necesidad de un usuario de información relativa a la navegación de buques y otras consideraciones marítimas, incluidas la seguridad, la eficiencia y la protección del medio marino. Nuestra aplicación de servicio meteorológico tiene que comunicarse con un servidor que ejecuta software que puede proporcionar información meteorológica.

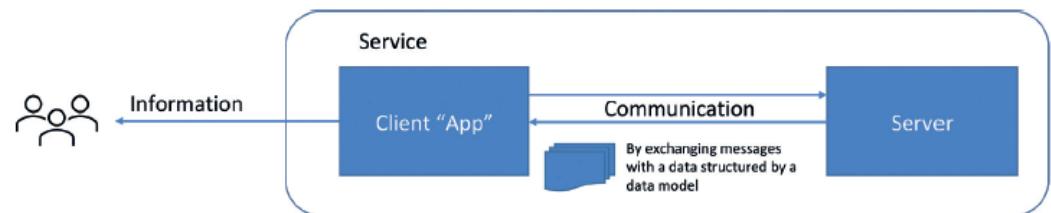


Figura 37. El concepto de un servicio marítimo basado en cliente-servidor.

La interacción entre la aplicación y el servidor está definida por una especificación de servicio técnico, que describe el intercambio de mensajes estandarizados y el lenguaje que se utiliza en el contenido de los mensajes. El lenguaje se describe mediante un modelo de datos.

El software que se ejecuta en el hardware del servidor se describe como una instancia del servicio técnico.

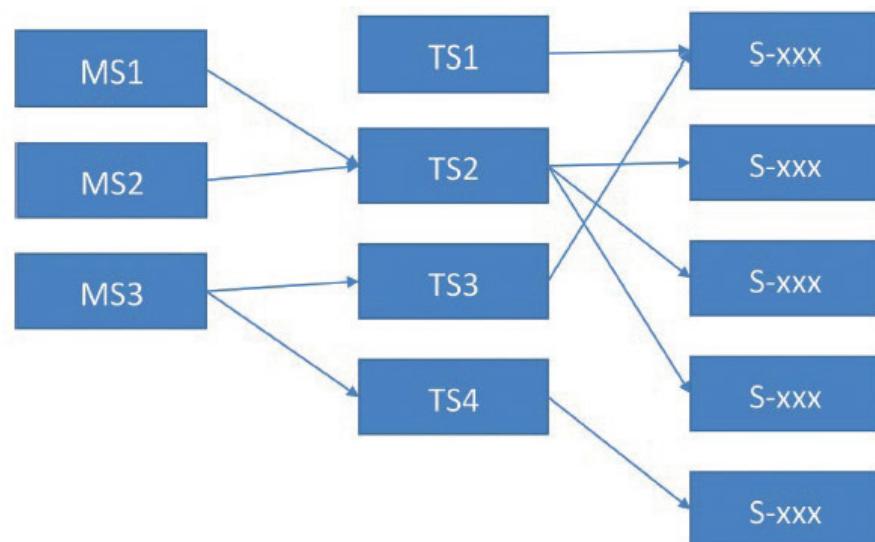


Figura 38. La relación entre las especificaciones de los Servicios Marítimos, los Servicios Técnicos y los modelos de datos de e-Navigation

Si alguien desea desarrollar una aplicación que pueda comunicarse con el servidor o desarrollar un servidor para que lo use la aplicación, el desarrollador debe consultar la especificación del servicio técnico y los modelos de datos a los que se hace referencia.

Del mismo modo, un Servicio Marítimo de Navegación-e reúne información a través de una combinación de una o más instancias en ejecución de un servicio técnico. Un servicio técnico facilita el intercambio de datos, mediante la recepción de mensajes, el procesamiento de los datos y el envío de un resultado. El formato de los datos se ajusta a la Estructura Común de Datos Marítimos, que se basa en la serie de modelos de datos S-100 de la OHI, lo que garantiza la armonización y la interoperabilidad.

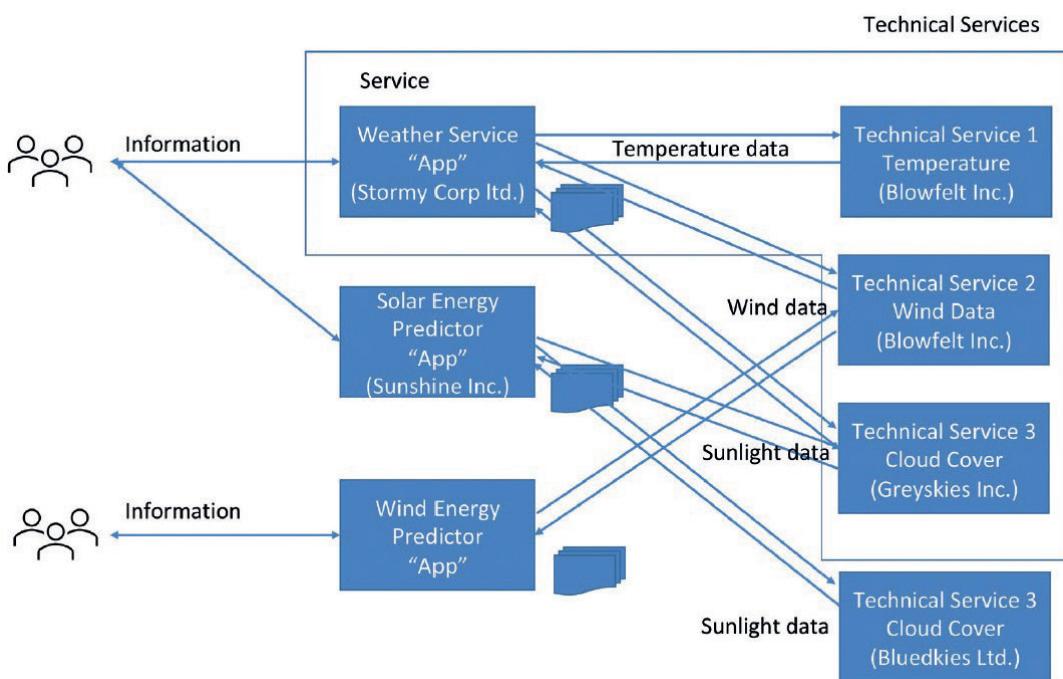


Figura 39. El flujo de datos entre los servicios marítimos, los servicios técnicos y el intercambio de datos.

La relación entre los Servicios Marítimos, los Servicios Técnicos y los Modelos de Datos se puede analizar más a fondo con referencia a la Figura 37, que desarrolla el ejemplo de una aplicación de servicios meteorológicos. En este escenario, se supone que la aplicación de servicios meteorológicos forma parte de un conjunto de servicios marítimos de Navegación-e, lo que establece paralelismos con la Figura 39. La aplicación del Servicio Meteorológico Marítimo, desarrollada por Stormy Corp Ltd., comprende varios servicios técnicos. Cada servicio técnico se comunica con servidores que contienen diversos datos relacionados con el clima, como la temperatura, el viento y la nubosidad. Estos conjuntos de datos se recopilan de sensores dispersos por una región geográfica y se almacenan en bases de datos. Los servicios técnicos son responsables de extraer datos relevantes en función de la entrada del usuario en la interfaz de la aplicación Weather Service.

La aplicación Servicio meteorológico se conecta a las instancias del Servicio Técnico 1 para la temperatura, el Servicio Técnico 2 para el viento y el Servicio Técnico 3 para la nubosidad (o la luz solar). Al examinar la arquitectura presentada en la Figura 39, se pueden observar varias características:

- Un mismo Servicio Marítimo puede utilizar múltiples Servicios Técnicos, exemplificando una 1:N relación entre los Servicios Marítimos y los Servicios Técnicos.
- Las instancias de Servicios Técnicos pueden ser implementadas por una organización o por varias organizaciones. Por ejemplo, BlowFelt Inc. organiza un Servicio Técnico de

Temperatura en sus servidores y proporciona sus datos de temperatura. También ofrecen un Servicio Técnico Eólico con su base de datos de vientos. Sin embargo, la aplicación de servicio meteorológico de StormyCorp Ltd. opta por utilizar datos de cobertura de nubes de GreySkies Inc. Los servidores de BlowFelt y GreySkies pueden estar geográficamente distantes.

- Las instancias de Servicios Técnicos pueden ser reutilizadas por otros Servicios Marítimos. Figura 39 representa un servicio marítimo que estima la cantidad de energía solar recolectable utilizando la aplicación Solar Energy Predictor, desarrollada por SunShine Inc. Los usuarios pueden ingresar una ubicación geográfica en la interfaz de la aplicación para determinar el potencial de recolección de energía de un buque autónomo remoto alimentado por energía solar en su ubicación actual. La aplicación de SunShine podría utilizar la misma instancia del servicio técnico de cobertura de nubes de GreySkies que emplea la aplicación meteorológica de StormyCorp o elegir la alojada por BlueSkies. Las decisiones sobre qué instancia de servicio técnico del proveedor de servicios utilizar pueden depender de factores como la calidad de los datos percibida, los costos de suscripción u otras consideraciones.

### **10.5.1 UN EJEMPLO DE LA VISIÓN DE UN MIEMBRO NACIONAL DE IALA**

En 2019, la Autoridad Australiana de Seguridad Marítima publicó Servicios de Navegación en Aguas Australianas: perspectivas para 2030. Este trabajo proporciona una visión de la prestación de servicios de navegación (no solo de ayudas a la navegación) en los próximos años. En él se describen las tendencias y los impulsores emergentes de la tecnología de navegación y las comunicaciones. También se describen los impactos previstos que tendrán en la industria marítima. Es importante destacar que enumera las respuestas políticas de AMSA a estos cambios.

Se puede encontrar aquí:

<https://www.amsa.gov.au/user/login?destination=/safety-navigation/navigation-systems/navigation-services-australian-waters-outlook-2030>

### **10.5.2 PLANIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMES DE BANCOS DE PRUEBAS EN EL ÁMBITO MARÍTIMO**

Varios proyectos (finalizados y en curso) han hecho avances notables en el desarrollo de aspectos de la navegación electrónica. El sitio web de la IALA (<https://www.iala-aism.org/technical/planning-reporting-testbeds-maritime-domain/>) proporciona más detalles sobre los bancos de pruebas conocidos y sus resultados.

La OMI y la IALA tienen guías para ayudar a informar sobre los resultados de los bancos de pruebas.

- Guías sobre la armonización de los informes sobre los bancos de pruebas (MSC.1/Circ.1494)
- Guía G1107 de la IALA – Planificación e informes de bancos de pruebas en el ámbito marítimo

## **10.6 NOMBRES DE RECURSOS MARÍTIMOS**

El Maritime Resource Names (MRN) es un sistema de identificación único desarrollado por IALA para apoyar las iniciativas de navegación electrónica. El MRN está diseñado para facilitar la identificación, la gestión y el intercambio de recursos digitales en la industria marítima.

La estructura MRN se basa en el concepto de Nombre Uniforme de Recursos (URN), que forma parte de los estándares del Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF).

En el sector marítimo, ya existen numerosos sistemas de identificación, como el número OMI para los buques, la Identidad del Servicio Móvil Marítimo (MMSI) para la comunicación con los buques y el número de Ayuda a la Navegación (AtoN). Si bien estos sistemas de identificación cumplen sus propósitos específicos, a menudo tienen un alcance limitado y no proporcionan una solución integral para identificar todos los tipos de recursos marítimos.

El sistema MRN aborda este problema al ofrecer un enfoque global y unificado para identificar diversos recursos marítimos, independientemente de su naturaleza o propósito. Al adoptar el concepto URN del IETF, el sistema MRN garantiza que los identificadores sean globalmente únicos, persistentes e independientes de la ubicación, lo cual es fundamental para una comunicación y colaboración eficientes entre las diversas partes interesadas marítimas, como operadores de buques, autoridades portuarias, estados costeros y proveedores de servicios.

El MRN consta de varios componentes que siguen una estructura jerárquica, similar a la URN:

- Prefijo de espacio de nombres: Este es un código corto que representa la organización de normalización responsable del mantenimiento del sistema MRN. Para IALA, el prefijo es 'urn'.
- Dominio: Este componente indica la organización o autoridad específica que es responsable del recurso. Algunos ejemplos son 'mmsi' para la identidad del servicio móvil marítimo, 'imo' para la Organización Marítima Internacional o 'ais' para el sistema de identificación automática.
- Subdominio: Este es un componente opcional que especifica con más detalle el tipo de recurso dentro del dominio. Por ejemplo, dentro del dominio "ais", podría haber subdominios como "mensaje" o "informe" para diferenciar entre los distintos tipos de recursos AIS.
- Identificador de recurso: es un código alfanumérico único que distingue al recurso de otros dentro del mismo dominio y subdominio. El identificador de recurso suele ser generado por la organización o autoridad responsable.

Al implementar el sistema MRN, la industria marítima puede optimizar el intercambio de datos, evitar confusiones o problemas de comunicación y mejorar la seguridad y eficiencia generales de las operaciones marítimas. El MRN es un componente clave de la Plataforma de Conectividad Marítima (MCP), un marco de comunicación abierto e independiente de los proveedores que respalda el intercambio continuo de información entre los actores marítimos de una manera segura y confiable. Para obtener más información sobre los MRN, los URN y sus aplicaciones prácticas, puede consultar el sitio web de la IALA, explorar los documentos RFC del IETF o revisar las pautas y las mejores prácticas relacionadas con la Navegación-e<sup>1</sup>.

## 10.7 MODELO UNIVERSAL DE DATOS HIDROGRÁFICOS S-100 DE LA OHI

La Norma IHO S-100 es un documento marco integral diseñado para el desarrollo de productos y servicios digitales dentro de las comunidades hidrográficas, marítimas y SIG.

---

<sup>1</sup> Nombre del recurso marítimo (MRN), consulte: <http://mrnregistry.org>.

El modelo S-100 comprende varias partes basadas en las normas geoespaciales ISO. La OHI ha desarrollado el Modelo Universal de Datos Hidrográficos (UHDM) para satisfacer las futuras demandas de productos y servicios digitales.

El Registro de Información Geoespacial S-100 alberga bases de datos en línea de conceptos, características, información de representación, atributos, metadatos y otros recursos pertinentes para las comunidades que desarrollan productos y servicios basados en el S-100. Un registro centralizado facilita la armonización entre las especificaciones de productos en el sector marítimo.

### **10.7.1 EL ROL DEL S-100 EN LA e-NAVIGATION**

La OMI supervisa el concepto de Navegación-e, que tiene como objetivo mejorar la seguridad y la protección del transporte marítimo comercial mediante una mejor organización de los datos en los buques y en tierra, así como un mejor intercambio de datos y comunicación entre ellos.

La OHI ya había establecido un sistema de métodos estandarizados para codificar, encapsular, transferir y distribuir datos hidrográficos y cartográficos mediante su norma S-57 sobre cartas náuticas electrónicas. Este concepto puede integrarse en todo el concepto de Navegación-e garantizando que las normas fundamentales estén en vigor desde el principio mediante la familia S-100 de especificaciones de productos y el registro centralizado de información. La OHI mantiene el control únicamente sobre sus propias normas. Los principios se describen en la publicación S-99 de la OHI, Procedimientos operativos para la organización y gestión del registro de IG S-100, disponible en [www.ihoh.int](http://www.ihoh.int). Está previsto introducir productos S-100 finalizados en los próximos años, inicialmente con el uso simultáneo de los productos S-57. Más adelante, está prevista una transición completa a S-101 y otros productos S-100.

### **10.7.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO DEPENDIENTES DEL S-100**

Para gestionar el desarrollo de productos basados en la S-100 y minimizar la duplicación, fomentando al mismo tiempo la conformidad, el Comité de Normas y Servicios Hidrográficos (HSSC) de la OHI asigna números S-XXX para el desarrollo de productos dependientes de la S-100. El HSSC ha asignado los siguientes números de especificación de producto:

- Organización Hidrográfica Internacional (OHI)(S-101 a S-199)

Algunos ejemplos:

- S-101 Carta electrónica de navegación (ENC)
- S-102 Superficie batimétrica
- S-104 Información sobre el nivel del agua para la navegación de superficie
- S-111 Corrientes superficiales
- S-121 Límites y fronteras marítimas
- S-122 Áreas Marinas Protegidas (MPAs)
- S-123 Servicios de radio marina
- S-124 Advertencias de navegación
- S-125 Servicios de Navegación Marítima
- S-126 Medio físico marino
- S-127 Gestión del tráfico marítimo

- S-128 Catálogo de Productos Náuticos
- S-129 Gestión de la holgura bajo la quilla

IALA (S-201 to S-299)

Algunos ejemplos:

- S-201 Información sobre Ayudas a la Navegación
- S-211 Formato de mensaje de llamada portuaria
- S-212 Servicio de información digital VTS
- S-230 Mensajes específicos de la aplicación
- S-240 Almanaque de la estación DGNSS Station
- S-245 Datos de eLoran ASF
- S-246 Almanaque de la estación eLoran
- S-247 Almanaque de estación de referencia diferencial de eLoran

Comisión Técnica Mixta de Oceanografía y Meteorología Marina (WMO/IOC JCOMM) (S-411 to S-414)

- S-401 ENC interior
- S-402 Superposición de contorno batimétrico para ENC interior
- S-411 Información sobre hielo de la JCOMM
- S-412 Superposición meteorológica de la JCOMM
- S-413 Condiciones meteorológicas y de oleaje
- S-414 Observaciones meteorológicas y de oleaje

### 10.7.3 DESARROLLO DE LA IALA Y S-100

IALA desempeña un papel importante en el desarrollo de la norma IHO S-100, contribuyendo a su perfeccionamiento, pruebas e implementación. IALA colabora estrechamente con la OHI para garantizar que la norma satisfaga las necesidades de la comunidad marítima, en particular en lo que respecta a las ayudas a la navegación y los servicios relacionados.

IALA se centra en la creación de guías y recomendaciones para productos y servicios basados en S-100 para promover la interoperabilidad técnica, la armonización y el intercambio seguro, confiable y eficiente de información marítima. En consecuencia, IALA participa en el desarrollo y prueba de nuevas propuestas para S-100, abordando cualquier problema o desafío que pueda surgir.

Este esfuerzo de colaboración entre la IALA y la OHI garantiza que la norma S-100 satisfaga las necesidades cambiantes de la comunidad marítima y respalde los objetivos más amplios de la Navegación-e.

La edición actual de la S-100 incluye una sección para el intercambio de datos en línea. La OHI está trabajando activamente para perfeccionar la S-100 a fin de incorporar el concepto de comunicaciones en línea. Se han abordado los desafíos iniciales que surgieron durante las pruebas de la primera propuesta, aportada por la IALA.

A medida que el estándar S-100 adquiere cada vez más importancia para el intercambio de información marítima, es esencial garantizar el intercambio seguro, confiable y eficiente de datos S-100. La estandarización de una interfaz de servicio web común (basada en tecnología IP) para el intercambio de productos basados en S-100 permitirá una mayor interoperabilidad técnica, permitiendo....

.....que se utilice la misma interfaz de servicio para el intercambio de información, independientemente del uso operativo, y haciéndola común para varios Servicios Marítimos. Como resultado, la IALA está trabajando activamente en el desarrollo de una guía para los servicios web basados en S-100, conocida como G1157 Web Service-Based S-100 Data Exchange. La guía ofrece una introducción general al tema y una descripción general de los documentos de normalización y orientación existentes.

## 10.8 CIBERSEGURIDAD

A medida que los dominios de IALA están experimentando cambios rápidos en lo que respecta a la digitalización, así como el dominio marítimo en su conjunto, la ciberseguridad se convierte en un aspecto importante. El cibercrimen y los riesgos asociados se han expandido desde los entornos de Tecnologías de la Información (TI) hasta la tecnología operativa como AtoN, VTS y embarcaciones. Por lo tanto, la ciberseguridad debe tenerse en cuenta en todos los dominios marítimos para proporcionar resiliencia para la seguridad, la continuidad y la confiabilidad de los sistemas y los datos.

La ciberseguridad no es solo un tema tecnológico. El comportamiento humano es igualmente importante. Además, la ciberseguridad no debe considerarse una característica o un complemento de una tecnología (digital), sino que debe incorporarse desde el primer desarrollo y durante toda la vida útil de la tecnología. Esto es lo que comúnmente se conoce como "seguridad por diseño".

Es una buena práctica proteger todo, a menos que sea explícitamente indeseado por una razón válida. Esto hará que una tecnología sea más resistente a los riesgos cambiantes (y aún desconocidos) en el futuro. Con "seguridad", se debe considerar al menos el cifrado y la validación de la autenticidad de los datos. Además, se recomienda seleccionar un estándar normativo adecuado para la ciberseguridad que se aplique al desarrollo o uso de una tecnología.

La IALA ha creado la recomendación R1024. El documento proporciona información valiosa para los desarrolladores y usuarios de tecnologías digitales en los dominios de la IALA e incluye referencias a las normas normativas más aplicables que pueden aplicarse a la tecnología para las ayudas a la navegación, los servicios de transmisión de datos y los servicios marítimos.

## NOTAS DEL CAPÍTULO 10

- [1] Un registro es simplemente un dispositivo de contabilidad donde se guardan definiciones/especificaciones en lugares organizados conocidos como registros. El registro facilita las tareas de desarrollo de nuevos elementos, al proporcionar una fuente centralizada para encontrar definiciones/especificaciones
- [2] GPS Performance Standards, 2008
- [3] Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre, "Current and Planned Global and Regional Navigation Satellite Systems and Satellite-based Augmentations Systems", 2011
- [4] En el momento de redactar este artículo, se puede encontrar más información sobre BeiDou en Internet <http://www.en.beidou.gov.cn/csnclist.html>
- [5] Se puede encontrar más información sobre Galileo en el siguiente sitio web: <http://ec.europa.eu/growth/industries/space/galileo/>
- [6] Un transmisor de 1 kW generalmente permitirá fijar la posición a más de 10 metros en un radio de aproximadamente 200 millas náuticas
- [7] Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre

## ABREVIACIONES



AIS	Sistema de Identificación Automática
AISM	Asociación Internacional de Señalización Marítima (Título de la IALA en francés)
AMRD	Dispositivos Autónomos de Radiocomunicación Marítima
ASM	Mensajes de Aplicación Específica
ATO	Organización de Entrenamiento Acreditada
AtoN	Ayuda a la Navegación Marítima
CA	Autoridad competente
CIE	Comisión Internacional de Iluminación (CIE de título francés, Comisión Internacional de Iluminación)
COLREGS	Reglamento internacional para prevenir los abordajes en el mar
CTI	Intervalo de Tiempo de Continuidad
DGNSS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite Diferencial
dGPS	Sistema de Posicionamiento Global Diferencial
DRI	Detección, Reconocimiento, Identificación
ECDIS	Sistemas de Información de Visualización de Cartas Electrónicas
ECS	Sistemas de Cartas Electrónicas
EGNOS	Servicio europeo de navegación por complemento geoestacionario
ENC	Cartas Náuticas Electrónicas
EWMB	Boya para Señalización de Emergencia o Naufragios
GALILEO	Sistema Mundial de Navegación por Satélite (UE)
GIS	Sistemas de Información Geográfica
GLONASS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite (Rusia)
GNSS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite
GPA	Sistema Global de posicionamiento (EE.UU.)
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles
IALA	Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros
OHI	Organización Hidrográfica Internacional
OMI	Organización Marítima Internacional
INMARSAT	Organización Marítima Internacional por Satélite
IPSL	Linterna con sistema de alimentación integrado
ISO	Organización Internacional de Normalización
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Oficina de Radiocomunicaciones
LOP	Líneas de posición
LORAN	Navegación de largo alcance

LOS	Nivel de Servicio
MARPOL	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques
MAtoN	Ayuda a la navegación móvil
SMB	Sistema de boyado marítimo (IALA)
MKD	Pantalla de teclado mínimo
MOB	Hombre al agua
MRCP	Plan de Radiocomunicaciones Marítimas de la IALA
MSC	Comité de Seguridad Marítima (OMI)
MTBF	Tiempo medio entre fallas (en horas)
MTBO	Tiempo medio entre cortes
MTSR	Tiempo medio de restablecimiento del servicio
MTTR	Tiempo medio de reparación (en horas)
NM	Milla náutica
PDL	Luz direccional de precisión
PNT	Posicionamiento, navegación y cronometraje
PSSA	Zona marítima especialmente sensible
Racon	Baliza transpondedor de radar
RAIM	Receptor autónomo de control de integridad
RTE	Realzador de blancos por radar
RTK	Cinemática en tiempo real
SAR	Búsqueda y salvamento
SBAS	Sistema de aumento basado en satélites
SOLAS	Convenio para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar 1974
SRS	Sistema de notificación de buques
TSS	Sistema de separación del tráfico
UTC	Hora universal coordinada
Vdes	Sistema de intercambio de datos VHF
VHF	Muy Alta Frecuencia (radio en la banda de 30-300 MHz)
VTM	Gestión del tráfico de buques
VTS	Servicio de tráfico de nave o servicios de tráfico de naves (dependiendo del contexto)
WAAS	Sistema de Aumento de Área Amplia
WGS-84	Sistema Geodésico Mundial 1984
WWA	Academia Mundial IALA
WWRNS	Sistema Mundial de Radionavegación
ZOC	Zona de confianza





**ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN  
MARÍTIMAS Y AUTORIDADES DE FAROS**

**Association Internationale de Signalisation Maritime**

10, rue des Gaudines - 78100 Saint Germain en Laye, France  
Tél. +33 (0)1 34 51 70 01  
[www.iala-aism.org](http://www.iala-aism.org)





10, rue des Gaudines - 78100 Saint Germain en Laye, France  
Tél. +33 (0)1 34 51 70 01 - Fax +33 (0)1 34 51 82 05 - [contact@iala-aism.org](mailto:contact@iala-aism.org)  
[www.iala-aism.org](http://www.iala-aism.org)  
International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities  
Association Internationale de Signalisation Maritime