



AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA PROYECTOS FOTOVOLTAICOS

Consideraciones generales sobre el cálculo:

1.- ALCANCES.

1.1.- Cálculo del alcance geográfico:



Según la definición que contempla el **Diccionario de la IALA 2-1-25**, el alcance geográfico de una señal marítima es *“La mayor distancia a la que un objeto o fuente de luz puede verse bajo condiciones de perfecta visibilidad, limitado solamente por la curvatura de la tierra, la refracción de la atmósfera, la elevación del observador y el objeto o luz”*.

El valor estándar internacionalmente establecido (**“Navguide”** -Edición 4ª, Diciembre de 2001), tiene en cuenta, además de las alturas respectivas sobre el nivel del mar de la fuente de luz y del observador, la propagación curva de la luz debida a la refracción (**“Normas Técnicas Sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación”**. MOPU-1986) y se obtiene de la fórmula:

$$R_g = 2,03 \times (\sqrt{h_0} + \sqrt{H_m})$$

En donde

R_g = Alcance geográfico en millas náuticas.

h_0 = Altura del ojo del observador sobre el nivel del mar en metros.

H_m = Altura del plano focal sobre el nivel del mar de la señal.

El factor 2,03 representa la refracción atmosférica.

Dependiendo del alcance luminoso, la altura del observador utilizada para el cálculo del alcance geográfico varía según la siguiente tabla (**“Metodología para la elaboración de los proyectos de ejecución y su informe por las Autoridades Portuarias. Puertos del Estado. Sep. 2005”**):

Alcance nominal de la luz	Altura del observador utilizada para el cálculo
1 a 3 mn	1 m
5 hasta 7 mn	4 m
10 mn o más	16 m

En cualquier caso, la altura del plano focal sobre el nivel del mar de la señal luminosa considerada tiene que ser tal que el alcance geográfico obtenido **debe ser superior** al alcance nominal de la ayuda (**“Cálculos elementales de diseño de Ayudas a la Navegación de tipo visual. Puertos del Estado. V-06/2004”**).

1.2.- Cálculo de la intensidad luminosa:

El alcance nominal de una señal es el alcance luminoso cuando la visibilidad meteorológica es de 10 millas náuticas, lo que equivale a un factor de transmisión de $T=0,74$.

El alcance nominal es el que se toma como referencia común en la documentación oficial (libros de faros, cartas náuticas, etc.) y de cálculo. Supone que la luz es observada contra un fondo oscuro (umbral de percepción $E_0 = 0,2 \cdot 10^{-6}$ Lux). Cuando hay iluminación de fondo, para poder distinguir adecuadamente la luz a la distancia del alcance nominal, hay que aumentar su intensidad en función de la grado de luminosidad de dicho fondo.

La determinación del alcance luminoso se realiza siguiendo las **Recomendaciones para el cálculo de la intensidad eficaz de las luces de destellos**”. Nov. 1980” de la IALA, que aplica el método Schmitd-Claussen y la Nota Técnica 1/2004 (rev.01) **Recordatorio sobre elementos básicos relacionados con el alcance de las señales luminosas**”. Feb. 2004, que se basa en el libro de **“Normas Técnicas Sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación”**.MOPU-1986.

El alcance luminoso se calcula a través de la fórmula de Allard $E_0 \cdot D^2 = I_c \cdot c^{\frac{D}{1852}}$

En donde:

E_0 = umbral de percepción de la luz, expresado en Lux (iluminancia).

D = alcance luminosos expresado en metros.

I_c = intensidad de cálculo, expresada en candelas.

c = coeficiente de transparencia atmosférica, cuya relación con el valor de transmisibilidad atmosférica “T” es: $T = c^{\frac{D}{1852}}$.

Aunque esta función se presenta en ábacos (Ver libro de **“Normas Técnicas Sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación”**) para mayor facilidad, ya viene consignado en tablas (**Navguide**).

Tabla de alcances nominales (visibilidad 10 mn, T=0,74)															
mn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Candelas	0,9	5	15	36	77	150	270	480	820	1400	2200	3600	5700	8900	14000

Que deben corregirse en función de los factores que se relacionan:

- **Factor de corrección por color del filtro (Ff)**

Al interponer un filtro, se minora la intensidad de la luz en función de su color (factor de 0,20 para el rojo, 0,30 para el verde y 0,6 para el ámbar). Las fuentes luminosas de Led no llevan filtro por lo que su factor es de 1. (**Nota Técnica 1/2004 (rev.01) Recordatorio sobre elementos básicos relacionados con el alcance de las señales luminosas**).

- **Factor de corrección por linterna exterior (FL).**

Si el sistema luminoso está protegido por una linterna exterior, hay que considerar un coeficiente de disminución de 0,85 (**Navguide, Normas Técnicas Sobre Obras e**

Instalaciones de Ayudas a la Navegación, Nota Técnica 1/2004 (rev.01) Recordatorio sobre elementos básicos relacionados con el alcance de las señales luminosas). Si no existe linterna su valor es 1.

- **Factor de corrección por condiciones de servicio (Fs)**

Este factor se debe al envejecimiento del acrílico y a la suciedad y efectos del rocío que, con el tiempo, se va depositando en la linterna. Se establece en 0,75. (**Navguide, Normas Técnicas Sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación, Nota Técnica 1/2004 (rev.01) Recordatorio sobre elementos básicos relacionados con el alcance de las señales luminosas**)

- **Factor por luz de fondo o umbral de percepción (Fu).**

Como ya se ha citado, esta corrección se necesita cuando el fondo contra el que el navegante ve la luz no es de oscuridad total. Un fondo luminoso alto (alumbrado público, carteles luminosos, etc.) enmascara y, en ocasiones hace muy difícil distinguir las señales luminosas, lo que obliga a aumentar su potencia. En función de su intensidad varía entre 1 (nula) y 5 (intensa) (**Normas Técnicas Sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación. II-3.3**”, **Nota Técnica 1/2004 (rev.01). Recordatorio sobre elementos básicos relacionados con el alcance de las señales luminosas**),

La documentación proporcionada por Puertos del Estado (01.02.2009) bajo el título “**Ayuda complementaria para obtener los parámetros necesarios para el cálculo de alcances en ópticas**” establece

- 1 Fondo oscuro
- 2 Hay resplandor de fondo, pero sin luz
- 3 Hay resplandor de fondo y luces separadas
- 4 Si la señal se mezcla con luces superpuestas
- 5 El fondo es una población con su resplandor reflejado en las nubes

. Dado el índice de contaminación luminosa de la costa española, en buena parte de los casos el factor de fondo a considerar para el cálculo oscila entre sus máximos niveles (4 y 5)

Con lo que, después de aplicarlos, la intensidad efectiva necesaria resultante quedaría:

$$I_e = (I_n / F_f \times F_L \times F_s) \times F_u$$

El cálculo de la intensidad eficaz o estacionaria que debe proporcionarnos el sistema luminoso se realiza por el método Schmitd-Claussen y que introduce la corrección necesaria en función de la duración del destello. La fórmula que se aplica es:

$$I_o = I_e \times (0,2 + T_d) / T_d$$

En donde **Td** = tiempo del destello

Ioc = Intensidad estacionaria o eficaz que debe proporcionarnos el equipo luminoso.

Ie = Intensidad efectiva necesaria para obtener el alcance deseado.

Candelas necesarias considerando un tiempo de destello de 0,5" (Marcas laterales, especiales, etc.) y los factores de corrección, excepto el de linterna exterior y filtros de color (Leds o luces blancas)					
Alcance nominal en mn (T=0,74)	Luz de fondo				
	Nula = 1	Baja = 2	Mediana = 3	Alta = 4	Intensa o significativa = 5
1	1,7	3,4	5,0	6,7	8,4
3	28,0	56,0	84,0	112,0	140,0
5	143,7	287,5	431,2	574,9	718,7
7	504,0	1.008,0	1.512,0	2.016,0	2.520,0
10	2.613,3	5.226,7	7.840,0	10.453,3	13.066,7
12	6.720,0	13.440,0	20.160,0	26.880,0	33.600,0
14	16.613,3	33.226,7	49.840,0	66.453,3	83.066,7

Candelas necesarias considerando un tiempo de destello de 0,25" (Marcas cardinales, luces centelleantes, etc.) y los factores de corrección, excepto el de linterna exterior y filtros de color (Leds o luces blancas)					
Alcance nominal en mn (T=0,74)	Luz de fondo				
	Nula = 1	Baja = 2	Mediana = 3	Alta = 4	Intensa o significativa = 5
1	2,2	4,3	6,5	8,6	10,8
3	36,0	72,0	108,0	144,0	180,0
5	184,8	369,6	554,4	739,2	924,0
7	648,0	1.296,0	1.944,0	2.592,0	3.240,0
10	3.360,0	6.720,0	10.080,0	13.440,0	16.800,0
12	8.640,0	17.280,0	25.920,0	34.560,0	43.200,0
14	21.360,0	42.720,0	64.080,0	85.440,0	106.800,0

1.3.- Ritmos y fases de las luces:

Las fases de las luces aplicadas son las aprobadas por la Resolución que aprueba las características del balizamiento y responden al Acuerdo de la Comisión de Faros sobre sistematización de ritmos. En el caso de las ayudas laterales, la duración del destello se ha establecido como estándar general en $L = 0,5''$, la duración de la oscuridad intermedia entre destellos $Osc\ 0,5 \times 3 = 1,5''$ y la duración final $Osc\ 0,5 \times 3 = 4,5''$. Para destellos aislados, la duración de la luz es de $0,5''$ y la oscuridad de separación entre destellos de $4,5''$ y para luces laterales modificadas (bifurcación), la duración de la primera oscuridad es de $1''$, para evitar que el periodo total supere el límite máximo de $16''$ (ver tabla).

Nº destellos en el período	Período (segundos)	Tiempos normalizados (L = Luz; Oc = Oscuridad)	Ciclo de trabajo
1	5"	L0,5 Oc4,5	10%
2	7"	L0,5 Oc1,5 L0,5 Oc 4,5	14,3%
3	9"	(L0,5 Oc1,5) 2 veces L0,5 Oc 4,5	16,7%
4	11"	(L0,5 Oc1,5) 3 veces L0,5 Oc 4,5	18,2%
5	13"	(L0,5 Oc1,5) 4 veces L0,5 Oc 4,5	19,2%
Bifurcación	14,5"	L0,5 Oc1 L0,5 Oc3 L0,5 Oc 9	10,3%

(2+1)			
Centelleos rápidos (120 por minuto)			
Cardinal N	0,5''	L0,25 Oc0,25	50%
Cardinal E	5''	(L0,25 Oc0,25) 2 veces L0,25 Oc3,75	15%
Cardinal S	10''	(L0,25 Oc0,25) 6 veces L2 Oc5	35%
Cardinal O	10''	(L0,25 Oc 0,25) 8 veces L0,25 Oc5,75	22,5%
Centelleos (60 por minuto)			
Cardinal N	1''	L0,5 Oc0,5	50%
Cardinal E	10''	(L0,5 Oc0,5) 2 veces L0,5 Oc7,5	15%
Cardinal S	15''	(L0,5 Oc0,5) 6 veces L2 Oc7	36,7%
Cardinal O	15''	(L0,5 Oc0,5) 8 veces L0,5 Oc6,5	30%

La determinación de estos tiempos, así como del resto de las Ayudas, han tenido en cuenta la **“Recomendación E-110. Sobre los ritmos de las luces para las Ayudas a la navegación de la IALA”** de Mayo 1998, la **“Nota técnica recordatorio de las reglas para las fases de luz-oscuridad de los ritmos de las señales luminosas” (2008)** y las instrucciones y tabla contenidas en la **“Revisión de las características de los ritmos de las señales luminosas” (julio 2008)**.

El ciclo de trabajo es la relación existente entre el tiempo total de luz en el periodo y la duración total del mismo (ejemplo, una luz fija – que esté siempre encendida - tiene un ciclo de trabajo del 100%, lo cual quiere decir que está consumiendo todo el tiempo, una luz centelleante que luce durante 0,5'' y está apagada 0,5'', tiene un ciclo de trabajo del 50% y para la misma potencia del ejemplo anterior, consume la mitad).

El ciclo de trabajo es muy importante en los equipos compactos fotovoltaicos, para el cálculo de su autonomía. En general, los fabricantes suelen calcular la reserva considerando un ciclo de trabajo aproximado del 12,5 %, por lo que hay que tener mucho cuidado cuando se empleen dichos equipos con luces cuyas características superen dicha cifra (ejemplo, una luz con característica cardinal norte tiene un ciclo de trabajo cinco veces superior al empleado como referencia por la generalidad de los fabricantes, lo que significa que su autonomía queda reducida en igual cantidad, lo que no cumple el mínimo de 20 días que se toma como referencia).

La recomendación de la IALA sobre los ritmos a utilizar en las luces cardinales, da preferencia a la utilización de ritmos centelleantes rápidos (120 por minuto) como queda recogido en la Resolución: **“Estandarización de los ritmos y periodos de las señales incluidas en el sistema de balizamiento marítimo de la IALA y balizamiento de emergencia en caso de naufragio” (1 de diciembre de 2008)**

Por ultimo recordar que faros, luces de enfilación, luces de sectores, luces direccionales y balizas litorales están fuera del Sistema de Balizamiento Marítimo, por lo que dicha recomendación no les afecta.

IALA – MBS (MARITIME BOUYAGE SYSTEM)					
CARACTERISTICAS RECOMENDADAS PARA LOS RITMOS USADOS EN ATON					
TIPO	RITMO y ABREVIATURA	DEBE CUMPLIR	PERIODO	COLOR	ESQUEMA
MARCA LATERAL	DESTELLOS AISLADOS D	$d \geq 3L$ $p \geq 2s.$	≥ 15	VERDE ó ROJA	 Ej: $L0.5 + Oc2.5 = 3$
	GRUPOS DE 2 DESTELLOS GpD(2)	$d \geq L$ $c \geq 1.2s.$ $d' \geq 3d$	≤ 20	VERDE ó ROJA	 Ej: $L0.5 + Oc0.7 + L0.5 + Oc3.3 = 5$
	GRUPOS DE 3 ó 4 DESTELLOS GpD(3 ó 4)	$d \geq L$ $c \geq 2s.$ $d' \geq 3d$	≤ 30	VERDE ó ROJA	 Ej: $L0.5 + Oc1.5 + L0.5 + Oc1.5 + L0.5 + Oc4.5 = 7$
	CENTELLEOS Cf	$d \geq L$ $c = 1$ Frec. = 60		VERDE ó ROJA	 Ej: $L0.5 + Oc0.5 = 1$
MARCAS ESPECIALES	DESTELLOS AISLADOS D	$d \geq 3L$ $p \geq 2s.$	≤ 15	AMARILLA	 Ej: $L0.5 + Oc2.5 = 3$
	GRUPOS DE 4 ó 5 DESTELLOS GpD(4) ó GpD(5)	$d \geq L$ $c \geq 2s.$ $d' \geq 3d$	≤ 30	AMARILLA	 Ej: $\{(L0.5+Oc1.5) 3 \text{ veces}\} + L0.5 + Oc4.5 = 11$
	GRUPOS DE OCULTACIONES GpD(#)	$L \geq d$ $c \geq 2s.$ $L' \geq 3L$	≤ 30	AMARILLA	 Ej: $\{(Oc0.5+L1.5) 3 \text{ veces}\} + Oc0.5 + L4.5 = 11$
	GRUPOS COMPLEJOS DE DESTELLOS GpD(#+#)	$d' \geq 3d'$ $d' \geq 3d$ $d \geq L$ $c = \text{Según grupo (*)}$	≤ 30	AMARILLA	 Ej: $\{(L0.5+Oc1.5) 2 \text{ veces}\} + L0.5 + Oc4.5 + L0.5 + Oc13.5 = 23$
	MORSE (Excepto A y U) Mo (#)	$d \geq L$ $L'(\text{raya}) \geq 3L$ $L(\text{punto}) = 0.5s.$	≤ 30	AMARILLA	 Ej: $Mo(D) L1.5+Oc0.5+L0.5+Oc0.5+L0.5+Oc4.5 = 8$
BOYAS SADO	GRUPOS DE 5 DESTELLOS F 30 D/m; p = 20 GpD(5)	$d \geq L$ $p = 20$ $c = 2s.$ $d' = 10s$	20	AMARILLA	 Ej: $\{(L0.5+Oc1.5) 4 \text{ veces}\} + L0.5 + Oc10 = 20$
BOYA EMERGENCIA	ALTERNANTE AZUL - AMARILLO	$B = 1s.$ $d = 0.5s.$ $Y = 1s.$	3	AZUL - AMARILLO	 $B1 + Oc0.5 + Y1 + Oc0.5 = 3$
BIFURCACION (LATERAL MODIFICADA)	GRUPOS DE (2+1) DESTELLOS GpD(2+1)	$d' \geq 3d'$ $d' \geq 3d$ $d \geq L$ $c \geq 1.2s.$	≤ 16	VERDE ó ROJA	 Ej: $L0.5 + Oc1 + L0.5 + Oc3 + L0.5 + Oc9 = 14.5$
AGUAS NAVEGABLES	ISOFASE Iso	$L = d$ $p \geq 2s.$ Mejor 4s.	≤ 12	BLANCA	 Ej: $L2 + Oc2 = 4$
	DESTELLOS LARGOS (10s.) DL	$d \geq 3L$ $L \geq 2s.$ $P = 10$	10	BLANCA	 Ej: $L2 + Oc8 = 10$
	OCULTACIONES AISLADAS Oc	$L \geq 3d$ $p \geq 2s.$	≤ 15	BLANCA	 Ej: $Oc1 + L3 = 4$
	MORSE "A" Mo(A)	$d \geq L$ $L'(\text{raya}) \geq 3L$ $L(\text{punto}) = 0.5s.$	≤ 30	BLANCA	 Ej: $L0.5 + Oc0.5 + L1.5 + Oc4.5 = 7$
PELIGRO AISLADO	GRUPOS DE 2 DESTELLOS (5s.) GpD(2)	$d \geq L; p = 5$ $c \geq 1.2s.$ $d' \geq 3d$	5	BLANCA	 Ej: $L0.5 + Oc1 + L0.5 + Oc3 = 5$
CARDINAL NORTE	CENTELLEANTE RAPIDA Rp	$d \geq L$ $c = 0.5s.$ Frec. = 120		BLANCA	 Ej: $L0.25 + Oc0.25 = 0.5$
CARDINAL ESTE	GRUPOS DE 3 CENTELLEOS RAPIDOS (5s.) GpRp(3)	$d \geq L$ $c = 0.5s.$ Frec. = 120 $p = 5$	5	BLANCA	 Ej: $\{(L0.25 + Oc0.25) 2 \text{ veces}\} + L0.25 + Oc3.75 = 5$
CARDINAL OESTE	GRUPOS DE 9 CENTELLEOS RAPIDOS (10s.) GpRp(9)	$d \geq L; c = 0.5s.$ Frec. = 120 $p = 10$	10	BLANCA	 Ej: $\{(L0.25 + Oc0.25) 8 \text{ veces}\} + L0.25 + Oc5.75 = 10$
CARDINAL SUR	GRUPOS DE 6 CENTELLEOS RAP.+ DES. LAR.(10s.) GpRp(6) + DL	$d \geq L; p = 10$ $L' \geq 2s.$ $c = 0.5s.$ Frec. = 120	10	BLANCA	 Ej: $\{(L0.25 + Oc0.25) 6 \text{ veces}\} + L2 + Oc5 = 10$

- Se debe usar siempre el menor periodo posible, salvo en marcas con periodo definido
- Para ritmo Centelleante se tomara 60 destellos/minuto y Centelleante Rápido 120 destellos/minuto. No usar menos de 0.2s. de luz
- (*) En grupos (2+#) ó (#+2) destellos se aplicara la regla para dos destellos y "c" será $\geq 1.2s.$, cuando aparezcan 3 ó mas destellos en el grupo, "c" será $\geq 2s.$ (ver grupo de destellos).



L = Luz
d = Oscuridad
d' = 2º Tramo de oscuridad (si hay)
d'' = 3º Tramo de oscuridad (si hay)
c = Ciclo
p = Periodo

2.- CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA.

2.1.- Consumos:

El consumo del sistema luminoso se ha obtenido siguiendo el método publicado por el Comité de Ingeniería de la IALA de Diciembre de 1999 (punto 4.2):

$$C_{tw} = F_c + C_r * 24 + (C_w * T_l * T_h) / T_p$$

En donde:

C_{tw} = consumo total del sistema luminoso en watios/día

F_c = factor de calentamiento de la lámpara (en caso de Led =0)

C_r = consumo en reposo del sistema en watios.

C_w = potencia de la lámpara en watios.

T_l = tiempo total de la luz en el período, en segundos (suma de destellos)..

T_h = duración máxima de la noche para el día mas desfavorable en horas, incluso histéresis de encendido/apagado.

T_p = período total en segundos.

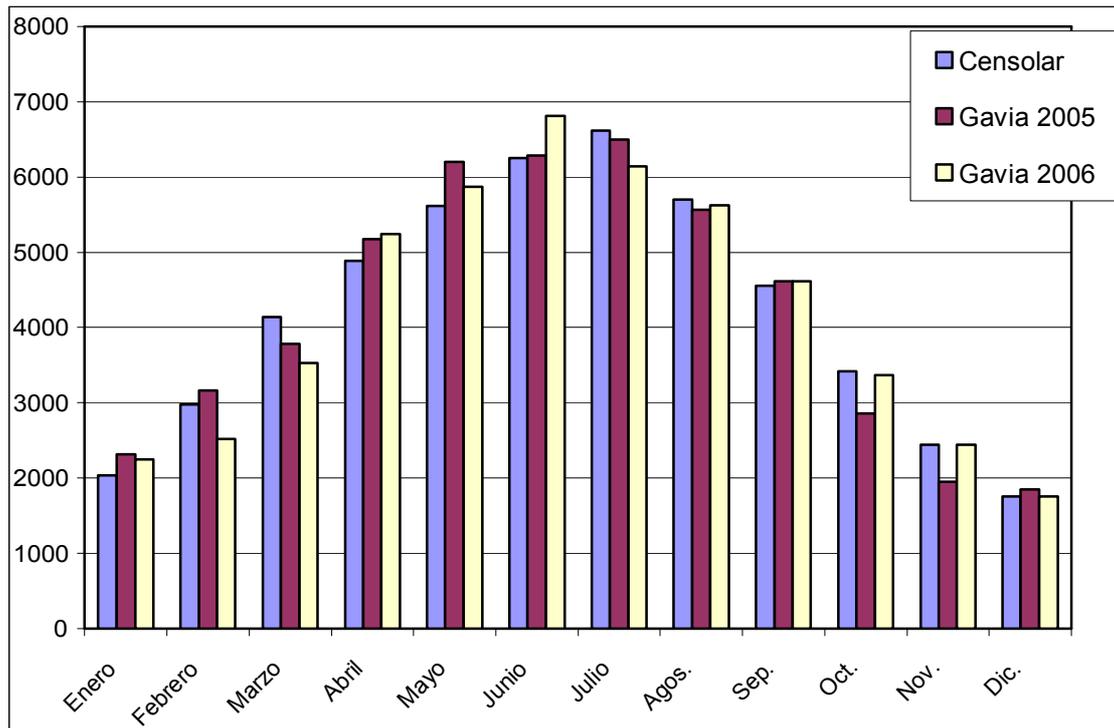
2.2.- Sistema fotovoltaico:

Para realizar el cálculo de los paneles solares necesarios para cubrir el consumo hay que tener en cuenta las tablas de irradiación solar para una superficie plana de la zona considerada:

TABLAS DE IRRADIACIÓN SOLAR PARA UNA SUPERFICIE PLANA (Wh/m ² ·dia)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ALICANTE	2.594	3.761	4.512	5.763	6.589	7.186	7.247	6.235	5.145	3.718	2.573	2.084
ALMERIA	2.477	3.373	4.650	5.676	6.501	6.676	6.815	6.163	4.989	3.827	2.665	2.128
BARCELONA	2.173	2.824	3.744	4.806	5.470	6.163	6.446	5.551	4.139	3.067	2.153	1.643
BILBAO	1.057	1.671	2.451	2.767	3.767	3.734	3.919	3.135	2.978	2.275	1.222	845
CADIZ	2.332	3.684	4.572	6.186	7.119	7.589	7.562	7.142	5.702	4.054	2.708	2.188
CASTELLON	2.112	3.451	4.343	5.138	5.877	6.401	6.490	7.863	4.769	3.368	2.157	1.891
GIJON	1.307	2.019	2.680	3.149	4.205	4.372	4.204	3.341	3.189	2.496	1.446	993
GIRONA	2.011	2.834	3.785	4.433	4.988	4.741	6.124	5.016	3.792	2.954	2.055	1.555
GRANADA	1.911	2.686	3.403	4.409	5.165	5.835	6.579	5.224	4.292	3.113	2.059	1.531
HUELVA	2.103	3.294	4.388	5.777	6.677	7.120	7.499	6.900	5.726	3.638	2.408	1.857
LA CORUÑA	1.437	2.122	3.075	4.077	4.171	4.688	5.048	4.146	3.710	2.290	1.741	1.094
LAS PALMAS	2.713	3.250	4.133	4.889	4.957	4.426	4.266	4.164	4.618	3.378	2.681	2.047
LUGO	1.074	2.011	2.386	3.768	3.843	4.648	4.732	4.234	3.139	2.541	1.484	877
MALAGA	2.279	3.210	4.919	5.245	6.338	6.908	7.199	6.199	5.152	3.617	2.815	1.732
MURCIA	2.652	3.327	4.778	5.931	7.024	7.152	7.478	6.571	5.292	3.861	2.686	2.152
PALMA	2.323	3.533	4.017	4.949	6.367	6.917	7.121	6.173	4.891	3.588	2.489	1.798
PONTEVEDRA	1.483	2.462	3.347	4.984	4.718	6.395	6.410	5.672	4.021	3.117	1.942	1.366
SAN SEBASTIAN	1.323	1.940	2.652	2.803	4.009	4.122	4.145	3.357	3.206	2.521	1.452	1.064
SANTANDER	1.307	2.019	2.680	3.149	4.205	4.372	4.204	3.341	3.189	2.496	1.446	993
SEVILLA	1.989	3.105	4.291	5.478	6.222	6.525	6.606	6.013	4.873	3.350	2.314	1.884
TARRAGONA	2.059	3.207	3.658	4.601	5.124	5.709	5.898	5.048	3.861	3.102	2.041	1.656
TENERIFE	2.659	3.337	4.421	5.494	6.052	6.716	6.995	6.355	5.193	3.683	2.562	1.992
VALENCIA	2.594	3.001	3.849	5.129	6.024	6.071	6.408	6.676	4.453	3.117	2.093	1.837
VIGO	1.437	2.122	3.075	4.077	4.171	4.688	5.048	4.146	3.710	2.290	1.741	1.094

En el caso de Tarragona, estos valores están contrastados con los datos de Censolar y los obtenidos durante dos años por el piranómetro de la estación meteorológica Gavia situada en el edificio de Port Control que coinciden sustancialmente y han sido:

Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Censolar	2028	2972	4139	4889	5611	6250	6612	5695	4556	3417	2445	1750
Gavia 2005	2316	3163	3785	5177	6204	6286	6494	5563	4613	2856	1944	1843
Gavia 2006	2246	2518	3528	5242	5873	6806	6142	5621	4613	3372	2446	1754



A partir de los valores sobre una superficie plana, calculamos, el valor de la declinación solar y la radiación equivalente sobre superficies inclinadas:

2.3.- Declinación solar:

$$d = 23,45 \text{ sen}(360((284+Z)/365)).$$

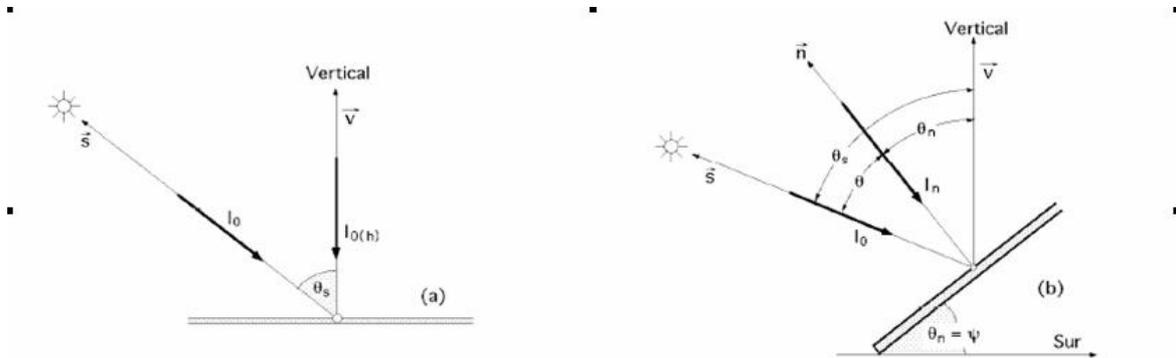
Donde Z es el nº del día contado a partir del 1 de enero.
Mientras que:

$$\text{Nº horas diario de sol} = 2/15 \text{ arc cos } (-\text{tg } d \text{ tg latitud})$$

Del resultado obtenido deducimos el nº de horas nocturnas, calculadas para el caso más desfavorable (solsticio de invierno), a las que habrá que sumar la histéresis de encendido y apagado, establecido en 1 hora más (30' en el encendido y otros 30' para el apagado) (**Guideline de la IALA nº 1038 Sobre niveles de iluminación ambiental a los que deben encenderse y apagarse las Ayudas a la Navegación**).

2.4.- Radiación solar sobre superficies inclinadas:

Para diseñar instalaciones de aprovechamiento solar, es necesario convertir datos de radiación sobre una superficie horizontal, en datos de radiación sobre una superficie inclinada, tanto para la componente directa de la radiación, como para la difusa.



Radiación solar sobre superficies inclinadas

De estos gráficos se deducen las fórmulas:

$$\begin{aligned} I_0(h) &= I_0 \cos \theta_s \\ I_n &= I_0 \cos (\theta_s - \theta_n) = I_0 \cos \theta_n - n. \\ R &= \cos \theta_n + \text{sen} \theta_n \text{ tg } \theta_s. \end{aligned}$$

R = relación entre la radiación directa sobre la superficie inclinada I_n y la de la superficie horizontal.

2.5.- Componente difusa:

La componente difusa de la radiación solar se extiende uniformemente por el cielo (nubosidad uniforme, días de bruma, etc.). Además la superficie del mar refleja también la radiación solar, por lo que la superficie inclinada recibe la misma radiación difusa sin que influya su orientación.

En la práctica se puede considerar que la radiación difusa sobre un plano horizontal es la tercera parte de la radiación directa sobre el mismo plano.

Se llama albedo a la fracción de energía incidente difundida por un cuerpo luminoso. Para el mar vale 0,05 en verano y 0,1 en invierno.

Para una superficie vertical la radiación difusa es igual a la suma de la mitad de la radiación difusa del cielo y de la mitad de la radiación global difundida por el suelo.

Normalmente la componente difusa viene incluida en los valores de las tablas de irradiación.

2.6.- Factores de conversión para otras inclinaciones y orientaciones:

En función de la orientación horizontal de los paneles, se calculan los factores de conversión de la radiación solar sobre superficies horizontales a otras inclinaciones u orientaciones (para latitudes españolas).

Inclinación	Orientación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
VERTICAL	S	1,58	1,26	0,86	0,59	0,46	0,41	0,41	0,52	0,75	1,12	1,48	1,63
	SE ó SO	1,26	1,07	0,84	0,67	0,58	0,54	0,55	0,64	0,78	0,99	1,20	1,29
	E ó O	0,77	0,74	0,70	0,66	0,64	0,63	0,64	0,66	0,69	0,73	0,76	0,77
	NE ó NO	0,33	0,30	0,31	0,40	0,49	0,52	0,50	0,42	0,30	0,30	0,33	0,35
	N	0,33	0,30	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,28	0,29	0,30	0,33	0,35
Inclinado 80°	S	1,68	1,37	0,98	0,70	0,56	0,51	0,52	0,63	0,86	1,23	1,58	1,73
	SE ó SO	1,36	1,17	0,93	0,76	0,66	0,62	0,64	0,73	0,87	1,09	1,29	1,38
	E ó O	0,83	0,81	0,76	0,73	0,71	0,70	0,70	0,73	0,76	0,80	0,82	0,83
	NE ó NO	0,36	0,32	0,37	0,51	0,58	0,60	0,59	0,53	0,42	0,32	0,35	0,38
	N	0,36	0,32	0,33	0,34	0,34	0,32	0,30	0,30	0,31	0,32	0,35	0,38
Inclinado 67°	S	1,75	1,46	1,09	0,83	0,69	0,63	0,65	0,77	0,99	1,33	1,65	1,78
	SE ó SO	1,44	1,26	1,03	0,86	0,77	0,72	0,74	0,83	0,97	1,18	1,38	1,46
	E ó O	0,90	0,88	0,84	0,81	0,79	0,78	0,79	0,81	0,83	0,87	0,90	0,90
	NE ó NO	0,38	0,36	0,52	0,62	0,67	0,69	0,67	0,62	0,55	0,40	0,38	0,41
	N	0,38	0,34	0,36	0,36	0,36	0,35	0,32	0,31	0,33	0,34	0,38	0,41
Inclinado 47°	S	1,70	1,48	1,18	0,97	0,86	0,81	0,83	0,93	1,11	1,38	1,63	1,73
	SE ó SO	1,45	1,31	1,12	0,98	0,90	0,86	0,88	0,95	1,07	1,25	1,40	1,47
	E ó O	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,89	0,89	0,91	0,92	0,95	0,97	0,97
	NE ó NO	0,47	0,56	0,65	0,73	0,79	0,82	0,80	0,75	0,67	0,59	0,50	0,48
	N	0,42	0,37	0,40	0,41	0,40	0,38	0,34	0,35	0,42	0,37	0,42	0,46
Inclinado 32°	S	1,56	1,40	1,19	1,03	0,95	0,91	0,93	1,00	1,13	1,33	1,51	1,58
	SE ó SO	1,38	1,27	1,13	1,03	0,96	0,94	0,95	1,01	1,10	1,23	1,34	1,39
	E ó O	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
	NE ó NO	0,61	0,66	0,75	0,83	0,89	0,91	0,90	0,85	0,78	0,69	0,63	0,61
	N	0,45	0,44	0,60	0,76	0,58	0,42	0,40	0,79	0,65	0,49	0,45	0,49
Inclinado 17°	S	1,34	1,25	1,13	1,05	0,99	0,97	0,98	1,03	1,10	1,21	1,31	1,35
	SE ó SO	1,23	1,17	1,09	1,03	1,00	0,98	0,99	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
	E ó O	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
	NE ó NO	0,76	0,80	0,87	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,89	0,83	0,77	0,76
	N	0,63	0,70	0,81	0,90	0,95	0,98	0,97	0,92	0,84	0,74	0,66	0,64
Inclinado 7°	S	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,00	1,00	1,02	1,05	1,10	1,14	1,15
	SE ó SO	1,10	1,08	1,04	1,02	1,00	1,00	1,00	1,02	1,04	1,07	1,10	1,11
	E ó O	1,10	1,08	1,04	1,02	1,00	1,00	1,00	1,02	1,04	1,07	1,10	1,11
	NE ó NO	0,90	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,89
	N	0,85	0,88	0,93	0,97	0,99	1,00	1,00	0,98	0,94	0,90	0,86	0,84
Horizontal	---	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

En cualquier caso, por aproximación y atendiendo a las experiencias de la Administración alemana el factor de rendimiento de dos paneles situados a 180° equivalen a cuatro colocados a 90° o a tres dispuestos a 120°. El rendimiento de cada alternativa es igual a la suma de los rendimientos de cada panel multiplicado por 0,7.

Hay que considerar también los coeficientes de minoración en la producción de los paneles por razones de servicio (envejecimiento aprox. 1% anual y suciedad 10 %) y la pérdida debida al rendimiento electroquímico de la batería.

3.- CÁLCULO DE LAS BATERÍAS.

3.1.- Factores a considerar:

Para determinar la capacidad necesaria de las baterías, suficiente para proporcionar la autonomía necesaria a la instalación (recomendado 20 días de funcionamiento sin sol según programa de cálculo de la IALA), consideramos los siguientes factores:

- **Máxima descarga admisible = 100 %.**

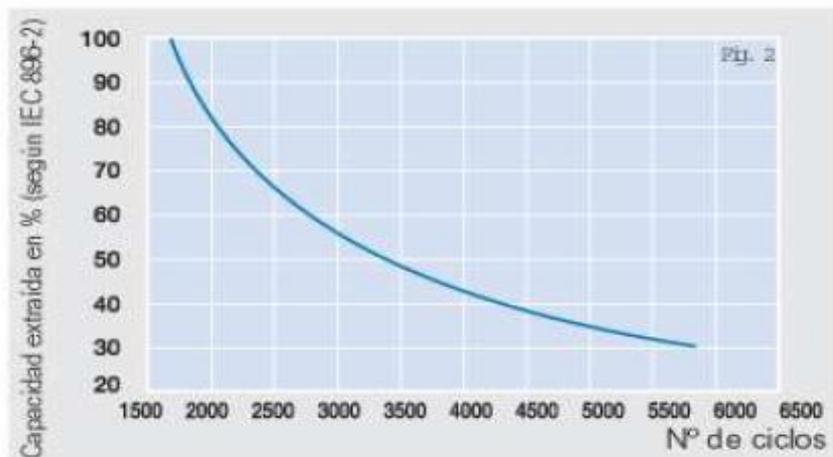
Aunque la reiteración de descargas profundas reduce considerablemente la vida de las baterías, se ha considerado que, teniendo en cuenta las precauciones adoptadas (cálculo para el día más desfavorable del año), esta posibilidad es reducida. En España, estadísticamente, esta probabilidad es inferior a una cada dos años, por lo que el impacto en la vida de la batería es bajo, máxime si los paneles solares se sobredimensionan, como resulta conveniente, para una recuperación suficientemente rápida de la carga perdida.

- **Reducción de la capacidad de la batería por envejecimiento (en cuatro años) = 20%**

3.2.- Vida media de las baterías:

Este es un valor que da la fábrica y viene expresado en número de ciclos de carga y descarga. Normalmente el fabricante da el número de ciclos para una descarga por ciclo del 80%. Como se observa en el gráfico, este número aumenta considerablemente al reducir la profundidad de descarga por ciclo, llegando a triplicarse para valores inferiores al 20 %, lo que supone en la práctica que la vida se prolonga en la misma proporción.

Según el gráfico, una batería de 2000 ciclos de vida útil al 80% de descarga diaria, alargaría su vida hasta los 6000 si la profundidad de dicha descarga por debajo del 20%, que es lo que sucede en la mayoría de las instalaciones para señales marítimas alimentadas con energía fotovoltaica.



(Fig.2)
Vida en ciclos de acuerdo a IEC 896-2.
* S12/85 A = 400 ciclos

Esto quiere decir que la planificación a efectos de reposición por fin de vida útil de una batería debe adecuarse a las características que nos da el fabricante, cifra que en muchos casos supera lo que la mayoría considera como “periodo normal de sustitución”, generalmente considerado de unos cuatro o cinco años.

3.3.- Capacidad útil disponible de la batería:

La capacidad útil disponible de la batería depende de la velocidad de descarga. En general, los fabricantes dan esta cifra considerando una descarga que va desde las 10 a las 100 horas. Sin embargo, para una señal marítima calculada para una autonomía de 20 días, la descarga es más lenta, (al menos 240 horas), lo que conlleva un aumento de capacidad disponible a tener en cuenta para el cálculo.

Capacity temperature correction Factor to be applied to Data at 20 Degrees C													
Discharge Time	-30 °C	-20 °C	-10 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	50 °C
5 minutes to 59 minutes	0.23	0.417	0.605	0.778	0.86	0.91	0.96	1	1.037	1.063	1.085	1.1	1.116
1 Hour to 100 Hours	0.277	0.464	0.647	0.816	0.886	0.93	0.97	1	1.028	1.05	1.063	1.07	1.078

Como se comprueba en la tabla, el modelo EnerSol T 370, para una descarga en 10 horas tiene una capacidad de 280Ah. Si la descarga se produce en 240 horas, la capacidad disponible sube a los 383 Ah.

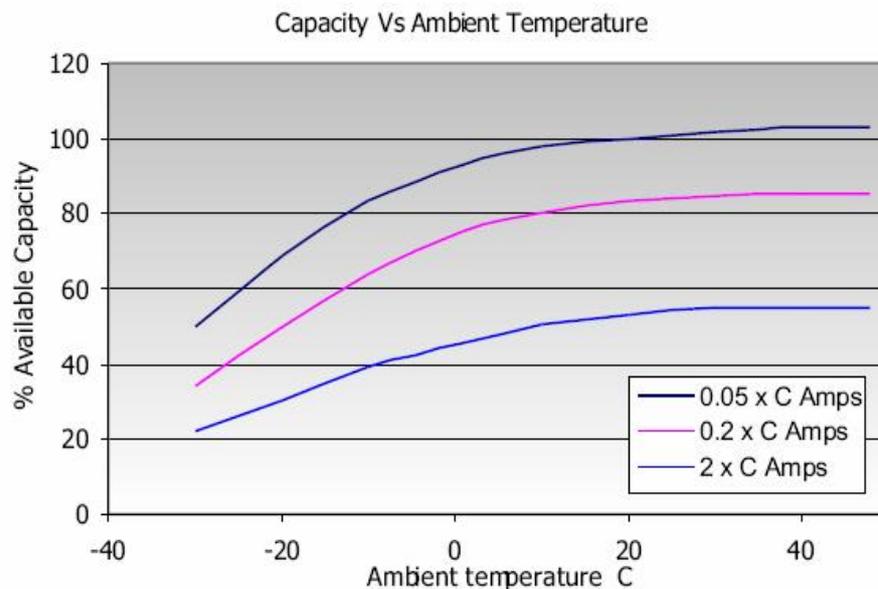
Capacidades en Ah (C ₆ - C ₂₄₀ at 25°C)									
Tipo	C ₆	C ₁₀	C ₁₂	C ₂₄	C ₄₈	C ₇₂	C ₁₀₀	C ₁₂₀	C ₂₄₀
	V/C	V/C	V/C	V/C	V/C	V/C	V/C	V/C	V/C
EnerSol T 370	260	280	294	333	361	377	359	367	383
EnerSol T 460	327	350	367	416	437	472	444	452	478
EnerSol T 550	393	425	441	499	524	566	533	542	574
EnerSol T 650	492	527	552	625	656	709	647	668	719
EnerSol T 760	574	615	645	729	766	827	755	779	839
EnerSol T 880	654	714	742	840	854	953	869	897	966
EnerSol T 1000	755	809	848	960	1008	1089	993	1025	1104
EnerSol T 1130	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1154	1242
EnerSol T 1250	944	1011	1060	1200	1260	1361	1241	1282	1380

Las capacidades están dadas a 25 °C después de 5 ciclos

3.4.- Temperatura de trabajo de la batería:

Los datos de capacidad del fabricante suponen una temperatura ambiente de trabajo de 25°. A medida que desciende la temperatura, la capacidad útil disminuye, por lo que es otro factor a tener en cuenta en el cálculo. Si tomamos como situación más desfavorable las temperaturas del mes de diciembre, se puede compensar esta disminución con el aumento que se produce por la descarga lenta, anulándose ambos factores.

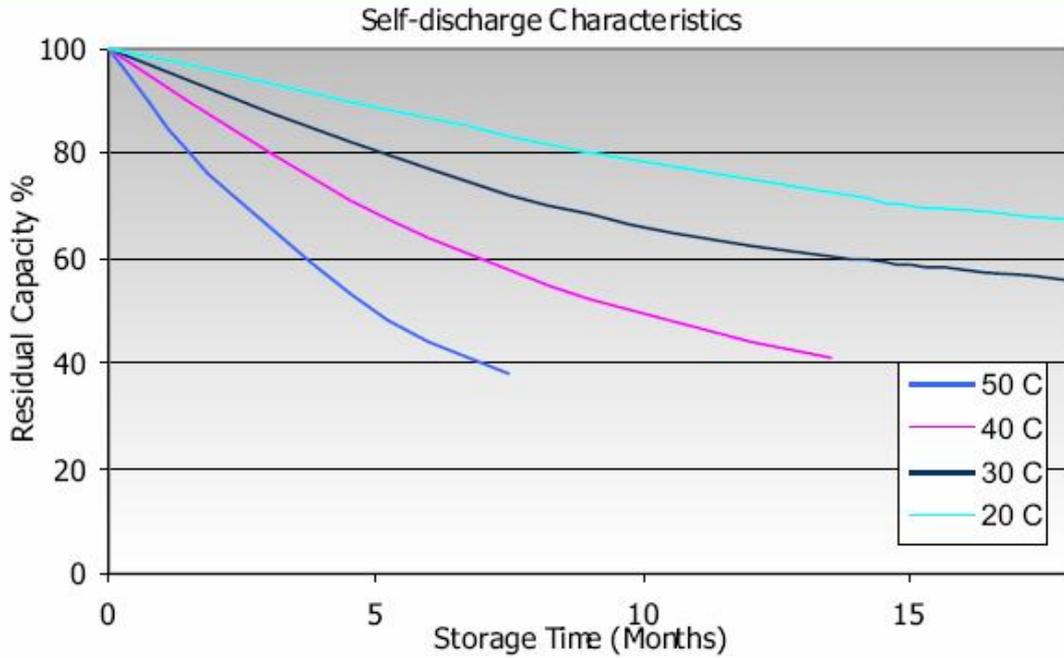
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES (en ° C)												
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ALICANTE	11,6	12,4	13,7	15,7	18,6	22,1	25,1	25,5	23,3	19,2	14,9	12,1
ALMERIA	12,5	13	14,6	16,1	18,8	22,3	25,4	26	24,1	19,9	16,2	13,3
BARCELONA	8,8	9,6	11,1	12,9	15,9	19,7	22,8	23	21,1	17,1	12,5	9,7
BILBAO	8,9	9,6	10,4	11,8	14,6	17,3	19,7	19,8	18,8	16	11,8	9,5
CADIZ	12,7	13,5	14,7	16,2	18,7	21,5	24	24,5	23,3	20,1	16,1	13,4
CASTELLON	10,1	11,2	12,7	14,2	17,2	21,3	24,1	24,4	22,4	18,3	13,6	11,2
GIJON	9,2	9,8	10,7	11,9	14,2	16,9	19,1	19,5	18,1	15,3	11,7	9,8
GIRONA	6,7	7,8	9,8	11,6	15,3	19,4	22,9	22,4	20	15,1	10,3	7,7
GRANADA	6,7	8,4	10,5	12,6	16,3	21,1	24,4	24,1	21,1	15,4	10,6	7,4
HUELVA	12,1	13	14,5	16,5	19,2	22,4	25,3	25,6	23,6	19,8	15,4	12,4
LA CORUÑA	10,2	10,5	11,3	12,1	14,1	16,4	18,4	18,8	18,1	15,7	12,6	10,9
LAS PALMAS	18,4	18,4	18,9	19,3	20,3	21,7	22,9	24	24,3	23,4	21,5	19,5
LUGO	5,8	6,6	7,8	9,6	11,8	15,1	17,2	17,8	16	12,6	8,5	6,1
MALAGA	12,2	12,8	14	15,7	18,8	22	24,8	25,3	23,1	19,1	15,1	12,6
PALMA	9,2	9,6	10,6	12,5	16,4	20,8	23,8	24,1	21,6	17,6	13,1	10,5
PONTEVEDRA	9,9	10,7	11,9	13,6	15,4	18,8	20,7	20,5	19,1	16,2	12,5	10,3
SAN SEBASTIAN	8	8,5	9,4	10,6	13,5	16,1	18,4	18,7	17,9	15,2	10,9	8,6
SANTANDER	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17	19,3	19,6	18,6	16,1	12,5	10,5
SEVILLA	10,7	11,9	14	16	19,6	23,4	26,8	26,9	24,4	19,5	14,3	11,1
TARRAGONA	8,9	10	11,4	13,4	16,6	20,4	23,5	23,5	21,2	17,2	12,4	9,7
TENERIFE	17,9	18	18,6	19,2	20,5	22,1	24,5	25,1	24,4	22,9	20,8	18,8
VALENCIA	11,5	12,3	13,6	15,3	18,2	21,7	24,6	25	22,9	19	14,6	12
VIGO	8,2	9	10,3	11,6	13,8	17	19,1	18,9	18	14,9	11,1	8,7



Variación de la capacidad de una batería en función de la temperatura

3.5.- Autodescarga de las baterías en función de la temperatura.

Otro aspecto a considerar, es la autodescarga de la batería. Como se comprueba en el gráfico adjunto, este factor aumenta con la temperatura, llegando a disminuir hasta un 60 % la capacidad disponible para almacenamientos superiores a 6 meses y temperaturas de 50° C



Autodescarga de las baterías en función de la temperatura

4.- MARCAS DIURNAS.

4.1.-Definición y tipos:

En una señal marítima, las marcas diurnas son el equivalente en el mar a las señales convencionales de tráfico terrestre. Sus características vienen determinadas en el **vigente Sistema de Balizamiento Marítimo de la AISM/IALA** aprobado por Real Decreto de 25/05/1983.

El sistema de balizamiento comprende cinco tipos de marcas que pueden emplearse solas o combinadas:

- Marcas laterales, utilizadas generalmente para canales bien definidos, asociadas a un sentido convencional del balizamiento. Estas marcas indican los lados de babor y estribor de la derrota que debe seguirse. En la bifurcación de un canal puede utilizarse una marca lateral modificada para indicar el canal principal. Las marcas laterales son distintas según se utilicen en una u otra de las regiones geográficas de balizamiento A y B.
- Marcas cardinales, que se utilizan asociadas al compás del buque, para indicar al navegante donde están las aguas navegables.
- Marcas de peligro aislado, para indicar peligros aislados de dimensiones limitadas enteramente rodeados de aguas navegables.
- Marcas de aguas navegables, para indicar que las aguas son navegables a su alrededor, por ejemplo: marea de centro de canal.
- Marcas especiales, cuyo objetivo principal no es ayudar a la navegación, sino indicar zonas o configuraciones a las que se hace referencia en las publicaciones náuticas.

4.2.- Identificación de las marcas diurnas:

Según el tipo de marca y de acuerdo al Reglamento de balizamiento, el marino la identifica.

- Por el color
- Por la forma
- Por la marca de tope.

Teniendo en cuenta que el color es obligatorio y que éste, en condiciones de contraluz o de contraste puede no apreciarse debidamente, se debe cumplir además, alguna de las otras dos condiciones relacionadas.

4.3.- Distancia de reconocimiento y lado del cuadrado equivalente:

Según normativa de Puertos del Estado (“**Instrucciones Técnicas para el Servicio de Ayudas a la Navegación –ITSAN 1/2002**”), la distancia de reconocimiento de una marca diurna en función del alcance varía entre los 500 m (alcances de 1 a 3 millas) y 1000 m (alcance de 5 a 7 millas). En consecuencia, siguiendo el método abreviado del cálculo de las marcas diurnas desarrollado en el libro de ‘**Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación**’ (MOPU, 1986), a partir de la distancia de reconocimiento se calcula el lado equivalente del cuadrado “d” según la fórmula:

$$l = Dr/500.$$

En donde:

- I = lado del cuadrado equivalente.
- Dr = distancia de reconocimiento.

La constante 500, viene recogida en la “**Guía para la Aplicación del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA/AISM**” (1985), que establece un cálculo aproximado de dimensionamiento de formas y marcas de tope “*considerando que la distancia de reconocimiento puede evaluarse en 500 veces la altura de la forma, cuando son esféricas, cónicas o cilíndricas, y de una altura igual a su diámetro*”. (Nota: **también 860 igual a altura de la forma/tag de 4’ Navguide Edición 2ª**)

Luego, la dimensión del lado del cuadrado equivalente para los alcances estándar de las marcas diurnas

- **Alcances de 1 a 3 millas, $d = 500m/500 = 1 m$**
- **Alcances de 5 a 7 millas, $d = 1000m/500 = 2 m$**

4.4.- Las proporciones de la forma en las marcas diurnas:

Atendiendo a lo dispuesto en el Sistema de balizamiento vigente, la forma de las marcas es:

- Las marcas laterales de estribor y las de bifurcación (canal principal a babor) tienen forma cónica o troncocónica.
- Las marcas laterales de babor y las de bifurcación (canal principal a estribor) tienen forma cilíndrica.
- Las marcas cardinales tienen forma cilíndrica, de castillete o de espeque y, obligatoriamente, deben llevar marcas dos marcas de tope cónicas, dispuestas según la orientación (N, E, S, W).
- Las marcas especiales tienen forma cilíndrica, de castillete o de espeque con marca de tope obligatoria en forma de cruz de San Andrés.

Siguiendo las recomendaciones de la IALA “**Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación**” (MOPU, 1986), para tener la certeza de que la forma de una marca pueda identificarse claramente, las proporciones de la misma deben ser las siguientes:

- **Formas cónica y cilíndrica:** Altura comprendida entre **0,75 y 1,5** veces el diámetro de su base.
- **Forma esférica:** Una esfera en la que la altura visible por encima de la línea de flotación sea superior a **2/3** de su diámetro.

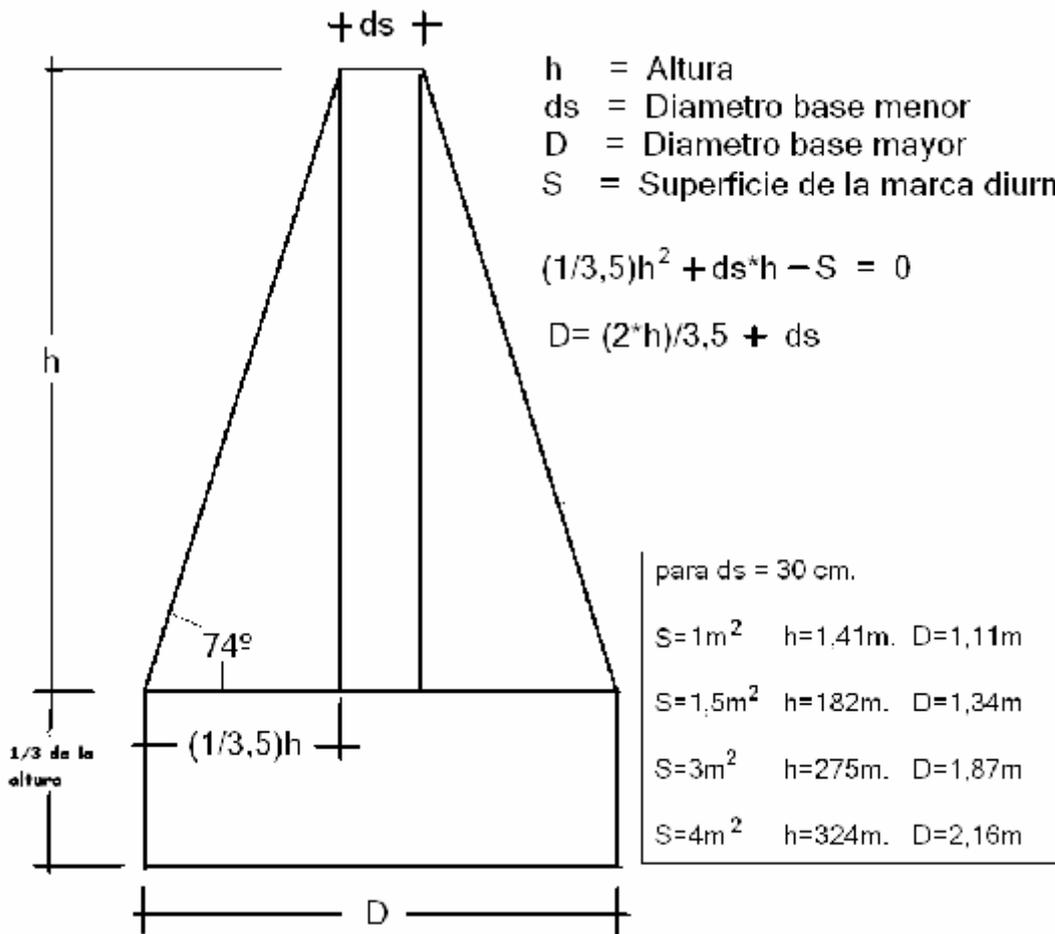
Asimismo, en las formas dotadas de varios colores, **la dimensión se calcula individualmente para cada uno de los sectores de color**, como si estos se observaran individualmente (“**Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación**”).

4.5.- Dimensionamiento:

En función del diseño, las nuevas marcas deben construirse como sólidos de revolución. La adaptación de las marcas existentes puede realizarse mediante aletas dispuestas transversalmente, de forma que, vistas a cierta distancia, den una sensación visual parecida. Si son sólidos de revolución, la superficie observada desde cualquier orientación es la misma. En el caso de que se dispongan cuatro aletas, la situación más desfavorable corresponde al punto de vista desde la bisectriz que forma el ángulo de 90° de dos de ellas, lo que reduce la anchura de la superficie observada $\sqrt{2}$ (30 %). Por tanto, será necesario aumentar la anchura en ese valor.

Los croquis que se describen seguidamente mantienen la forma para las distancias de reconocimiento (500 y 1000 m), dentro de los límites de las proporciones permitidas (Altura comprendida entre 0,75 y 1,5 veces el diámetro de su base).

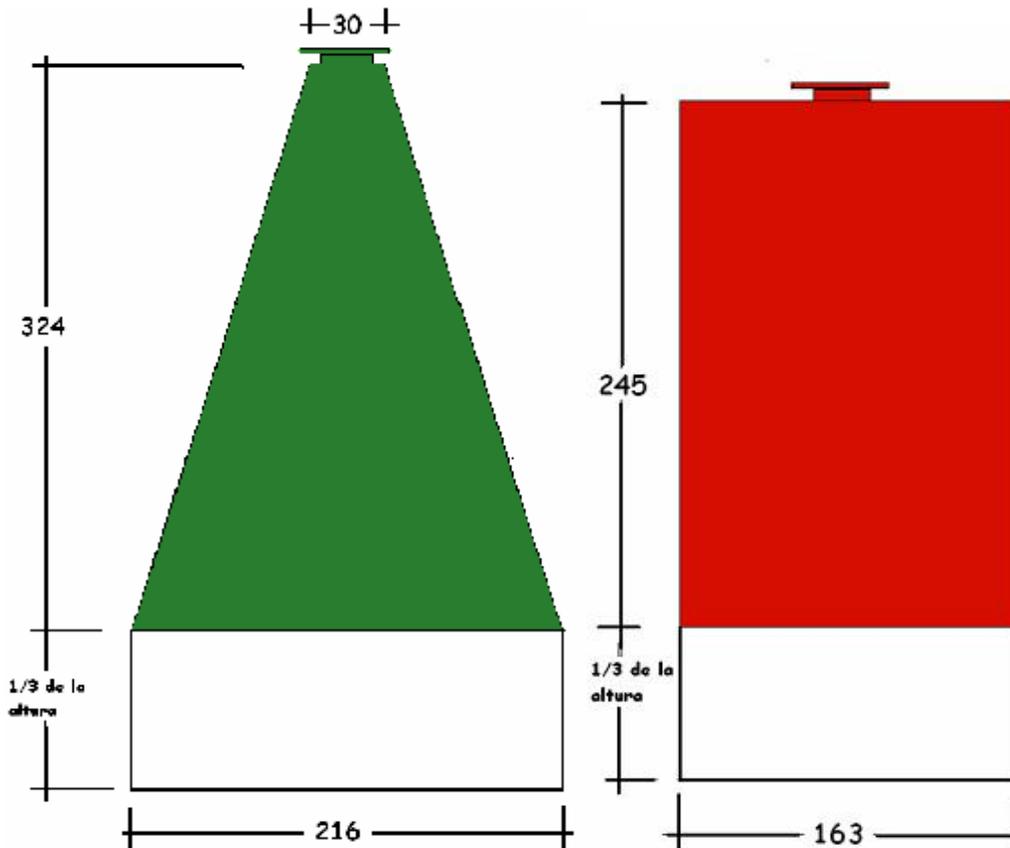
En los puertos menores (puertos deportivos, embarcaderos, etc.,) el área de cada color (en las marcas que tengan varios) se ha reducido a la mitad por la limitación de altura que impone el hecho de que la luz no sea visible por encima de la cota de coronación del dique de abrigo y para que su tamaño no sea desproporcionado comparado con el resto de las marcas interiores.



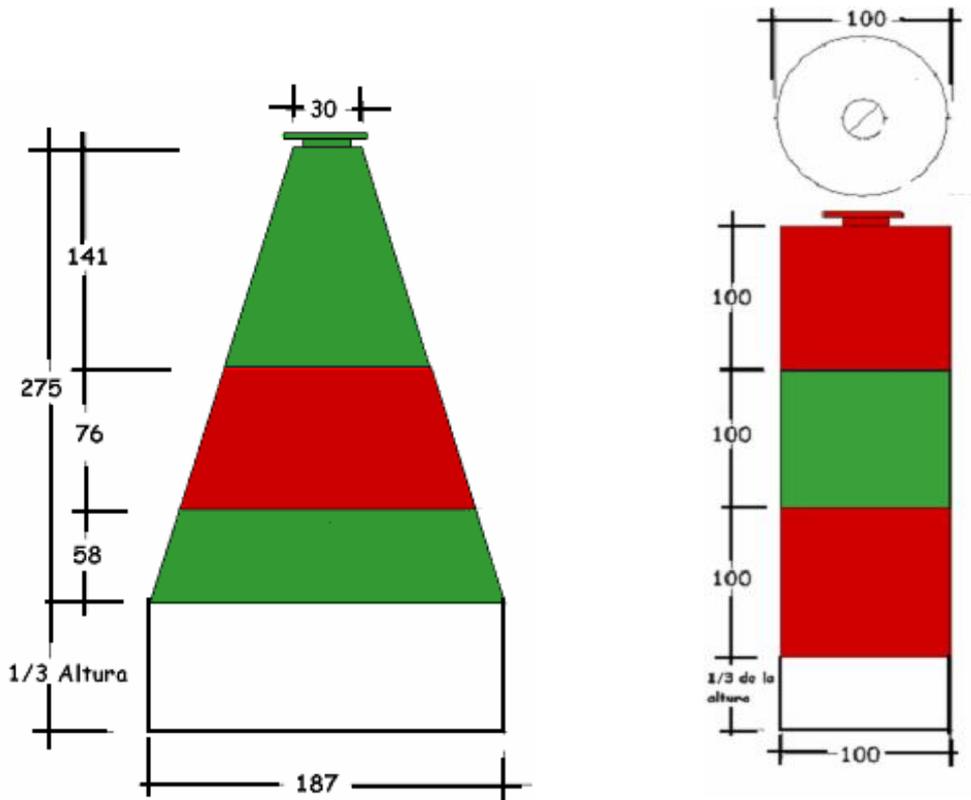
Cálculo de la superficie de las marcas diurnas de estribor manteniendo la forma y los límites de las proporciones permitidas (h entre 0,75 y 1,5 veces D)

Dimensionamiento de marcas diurnas					
Alcance	5 millas.	1 - 3 millas	1 - 3 milla	1 - 3 millas	1 - 3 millas
Aplicación	Todos	Interior de puerto	Interior de puerto menor		
Tipo	Laterales	Laterales	Bifurcación	Bifurcación Cardinal Este Cardinal Oeste	Cardinal Norte Cardinal Sur
Parámetros	D = 1000m l = 2 m	D = 500 m l = 1 m	D = 500 m l = 1,22 m	D = 500 m l = 1,73 m	D = 500 m l = 1,41
Cónica o troncocónica (sólido de revolución)	$S \geq 4m^2$	$S \geq 1m^2$	$S \geq 1,5m^2$	$S \geq 3m^2$	
Cónica o troncocónica (cuatro aletas)	$S \geq 5,64m^2$	$S \geq 1,41m^2$	$S \geq 2,12m^2$	$S \geq 4,23m^2$	
Cilíndrica (sólido de revolución)	$S \geq 4m^2$	$S \geq 1m^2$	$S \geq 1,5m^2$	$S \geq 3m^2$	$S \geq 2m^2$
Cilíndrica (cuatro aletas)	$S \geq 5,64m^2$	$S \geq 1,41m^2$	$S \geq 2,12m^2$	$S \geq 4,23m^2$	$S \geq 2,82m^2$

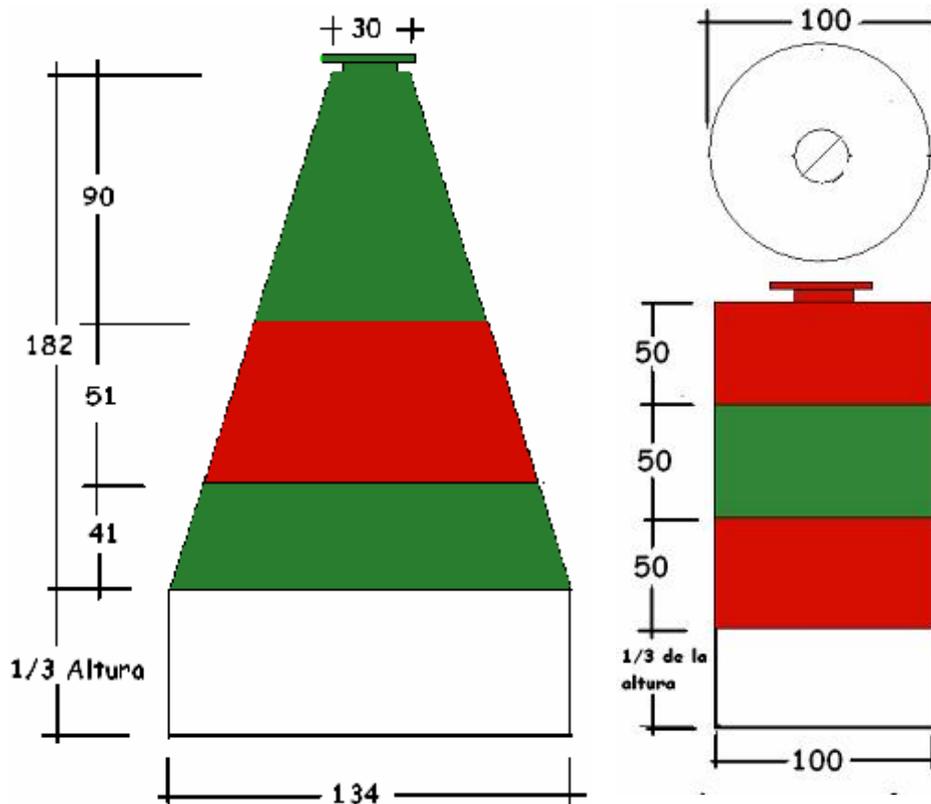
D = Distancia de reconocimiento (1000 m para 5 millas y 500 m hasta 3 millas)
 l = Lado del cuadrado equivalente
 S = Área de la forma geométrica.



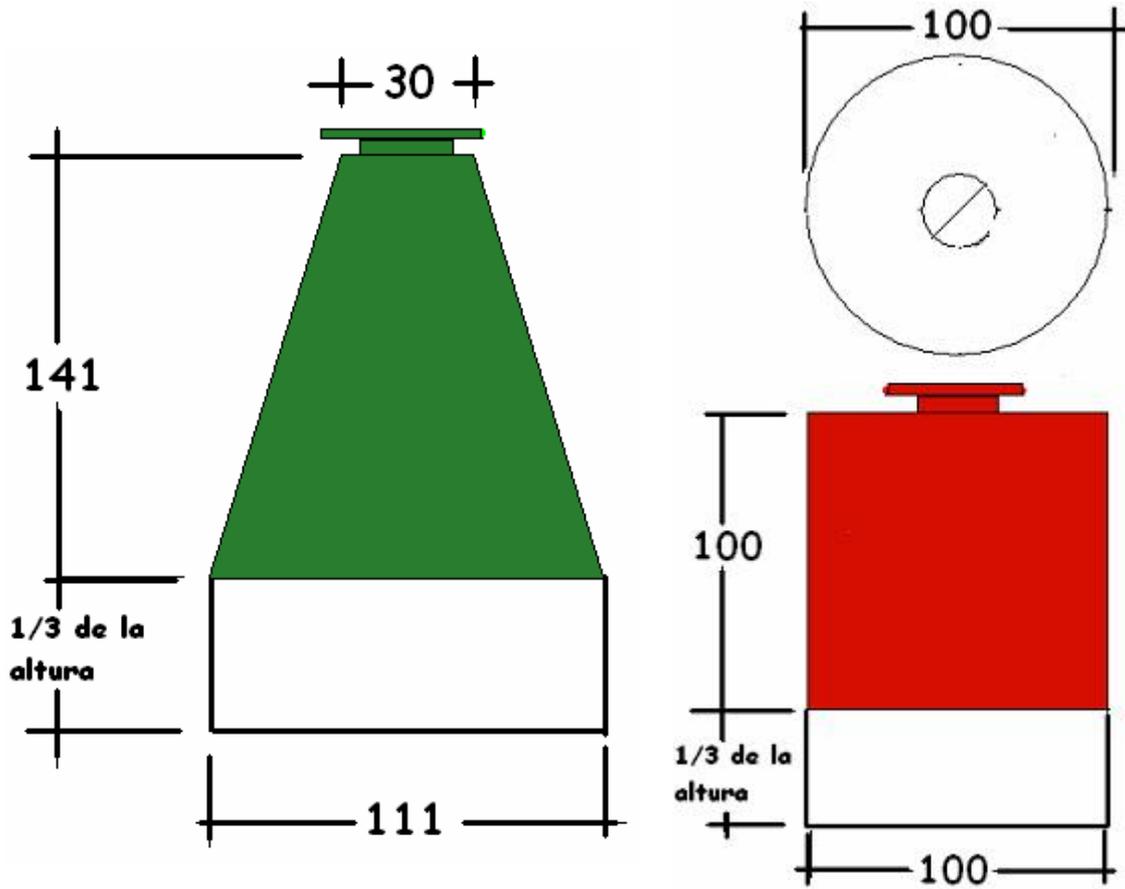
Marcas diurnas laterales (babor y estribor). Distancia de reconocimiento = 1000 m



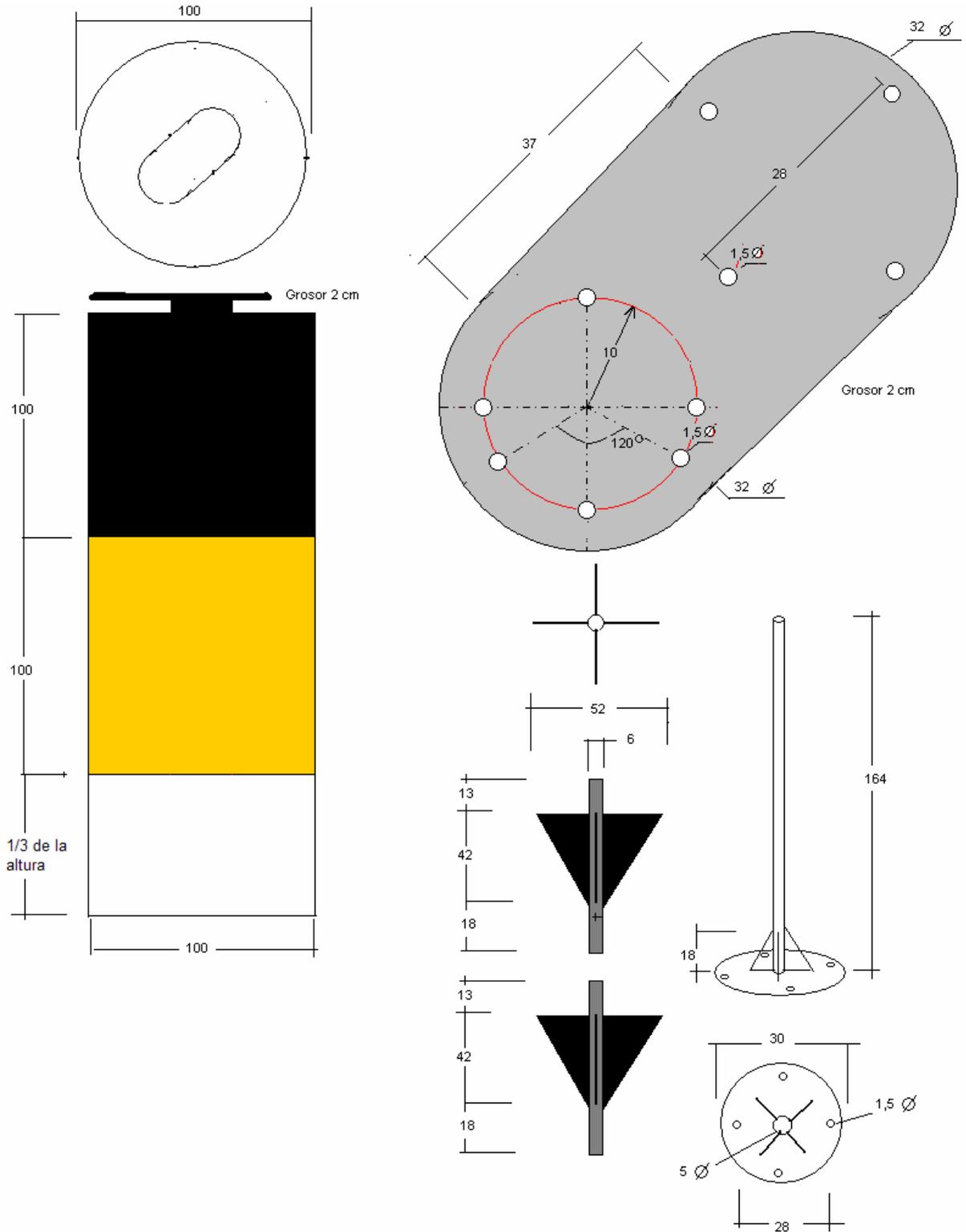
Marcas diurnas laterales modificadas babor y estribor (bifurcación) hasta 3 millas de alcance.
Ayudas exteriores de todos los puertos e interiores de puertos mayores.
(Distancia de reconocimiento = 500 m para cada color.)



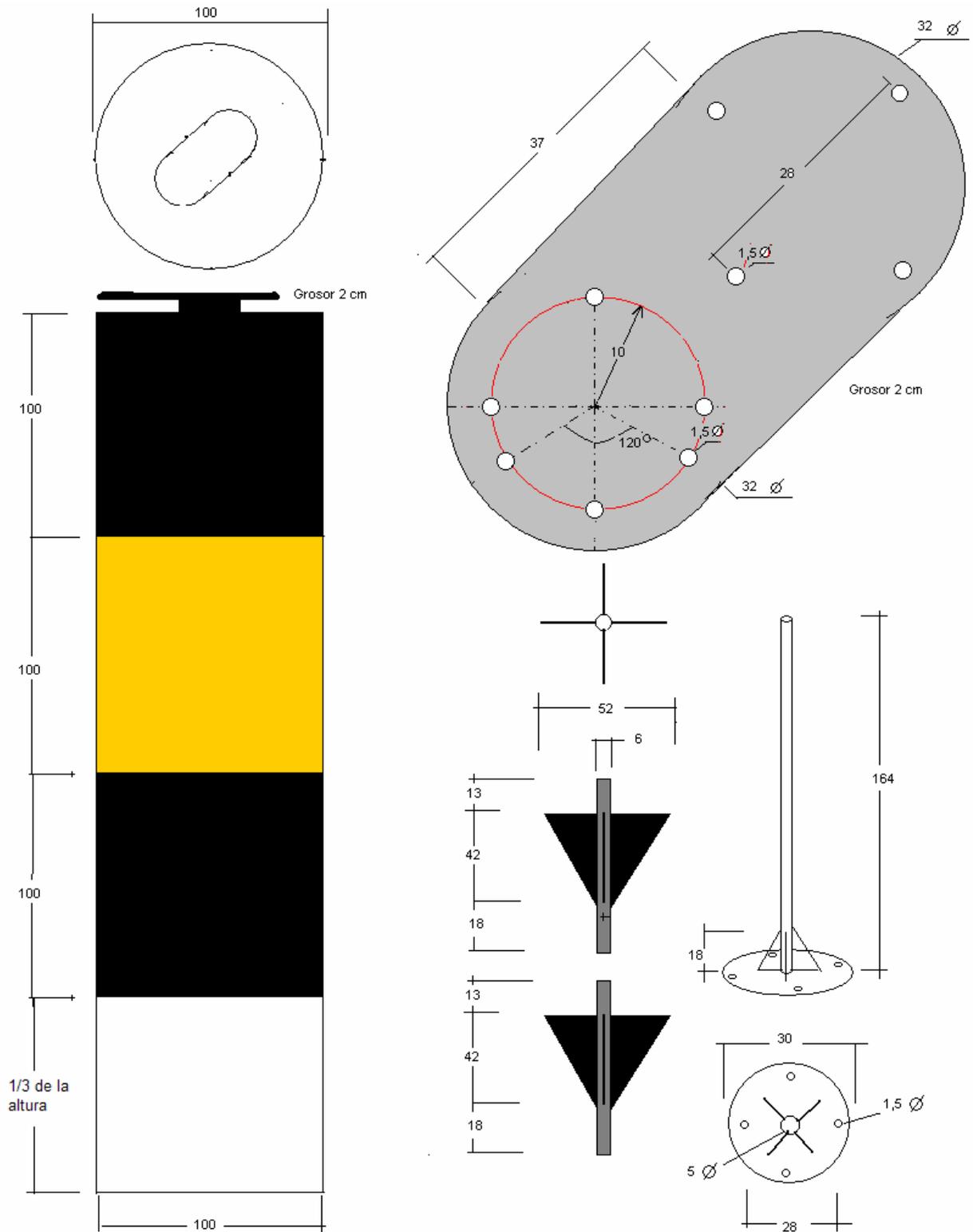
Marcas diurnas laterales modificadas babor y estribor (bifurcación) hasta 3 millas de alcance.
Ayudas interiores de puertos menores. (Distancia de reconocimiento < 500 m para cada color.)



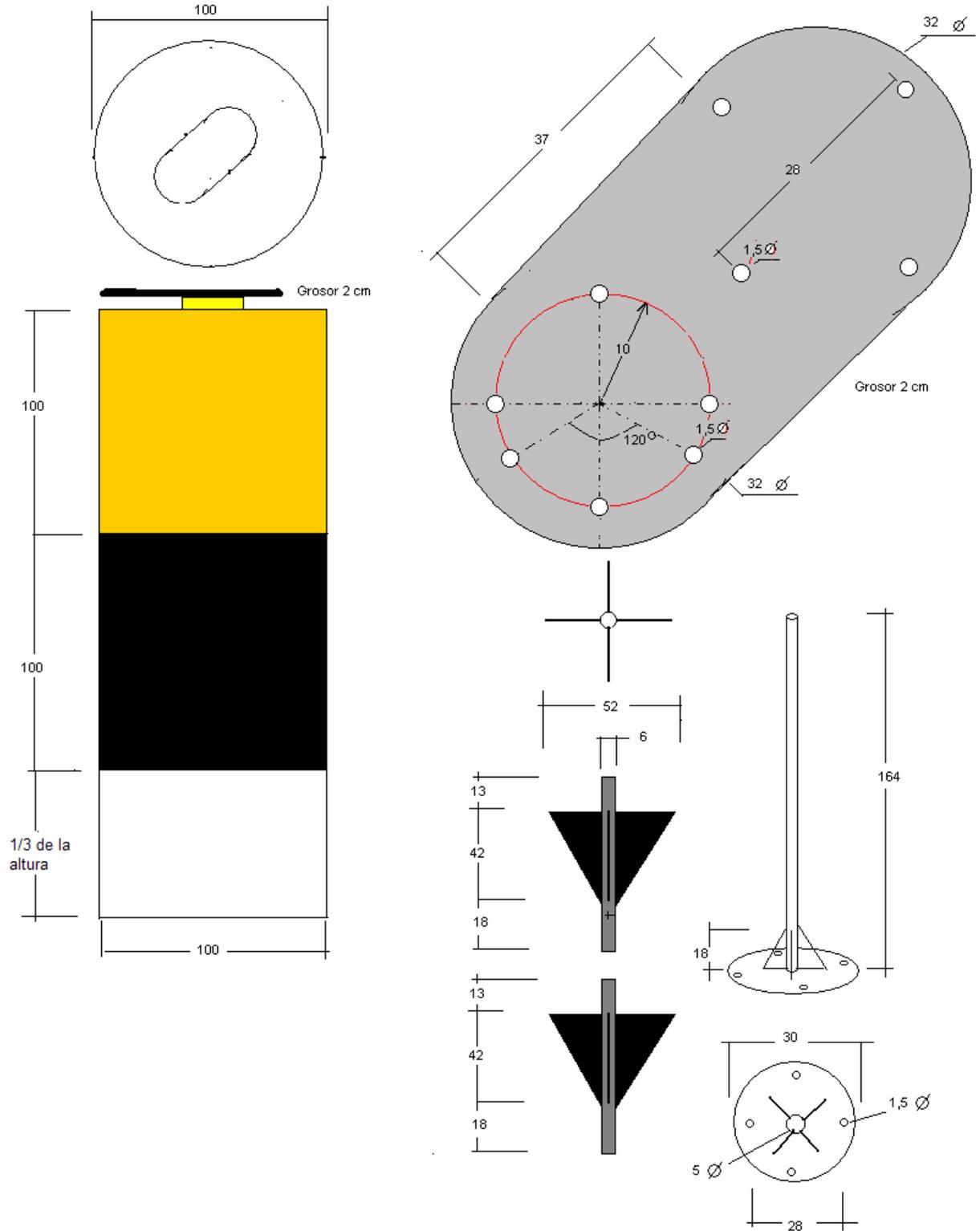
Marcas diurnas laterales estribor y babor para 3 millas de alcance. Distancia de reconocimiento = 500 m.



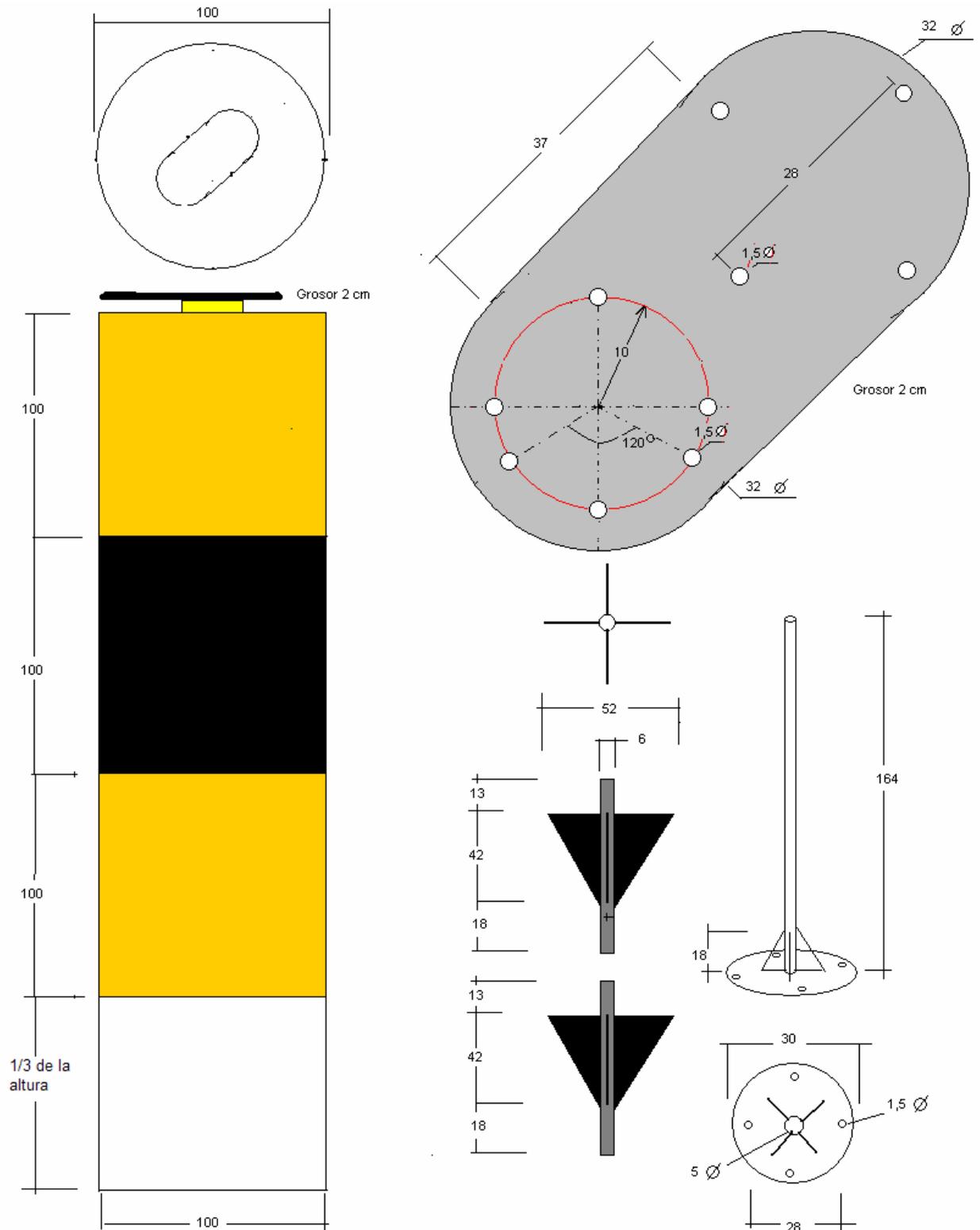
Marca diurna cardinal Norte para 3 millas de alcance. Distancia de reconocimiento = 500 m para cada color. Conos dispuestos hacia arriba.



Marca diurna cardinal Este para 3 millas de alcance. Distancia de reconocimiento = 500 m para cada color. Conos opuestos por la base.



Marca diurna cardinal Sur para 3 millas de alcance. Distancia de reconocimiento = 500 m para cada color. Conos con las puntas hacia abajo.

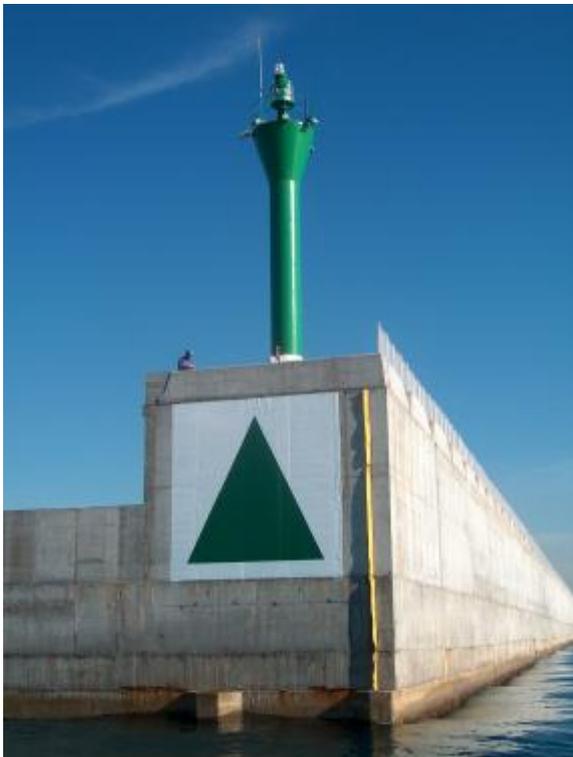


Marca diurna cardinal Oeste para 3 millas de alcance. Distancia de reconocimiento = 500 m para cada color. Conos opuestos por los vértices.

5.6.- Ejemplos de adaptación:



Ejemplo de adaptación de antiguos espeques o columnas a las exigencias actuales sobre reconocimiento de marcar diurnas. El alcance de las luces es de 1 milla. Las dimensiones se han calculado para una distancia de reconocimiento superior a 500 m. La parte blanca es mayor que 1/3 de la altura de la forma.



Una solución alternativa para conservar la forma de la marca diurna sin tener que construir torres o soportes de grandes diámetros es pintar los espaldones de los diques, como se ve en las fotografías, que corresponden a las ayudas del dique de abrigo y del contradique del Puerto de Tarragona.



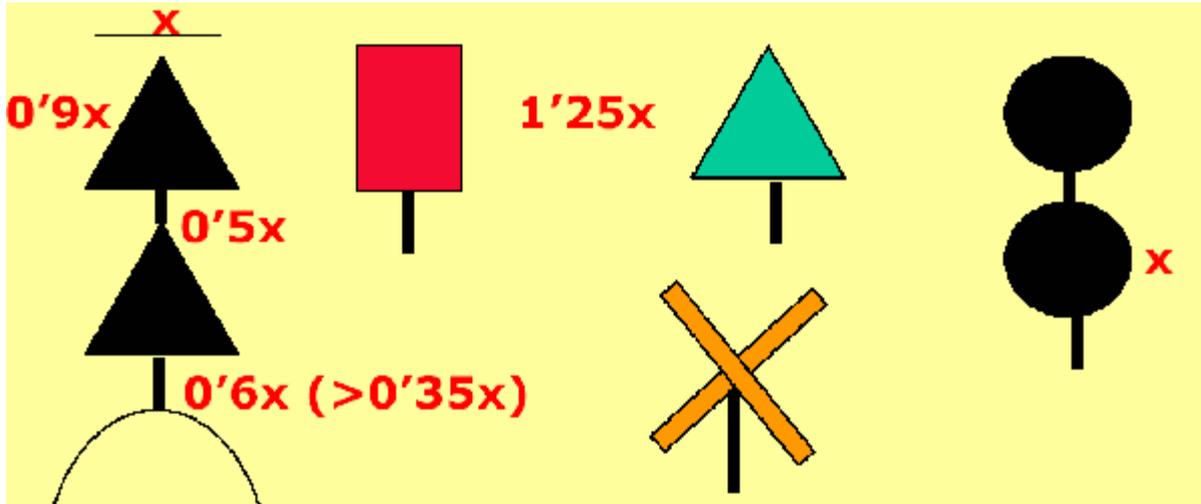
En los nuevos diseños, el dimensionamiento de las torres se realiza con sólidos de revolución, contando con que cada color debe identificarse independientemente a la distancia de reconocimiento. La fotografía corresponde a la ayuda Cardinal Este instalada en el extremo del espigón de la playa dels Prats

5.- MARCAS DE TOPE.

5.1.- Dimensionamiento

NAVGUIDE. Guía de las Ayudas a la Navegación Marítima. 4ª edición. Edición española de Puertos del Estado. (edición 2006)

(Cálculos elementales de diseño de Ayudas a la Navegación de tipo visual. Puertos del Estado. V-06/2004). Donde el módulo $x = 0,4$ el diámetro del flotador.



5.2.- Ejemplos



Marcas diurnas Cardinal Norte y Especial. El tamaño viene condicionado por el diámetro de las boyas.



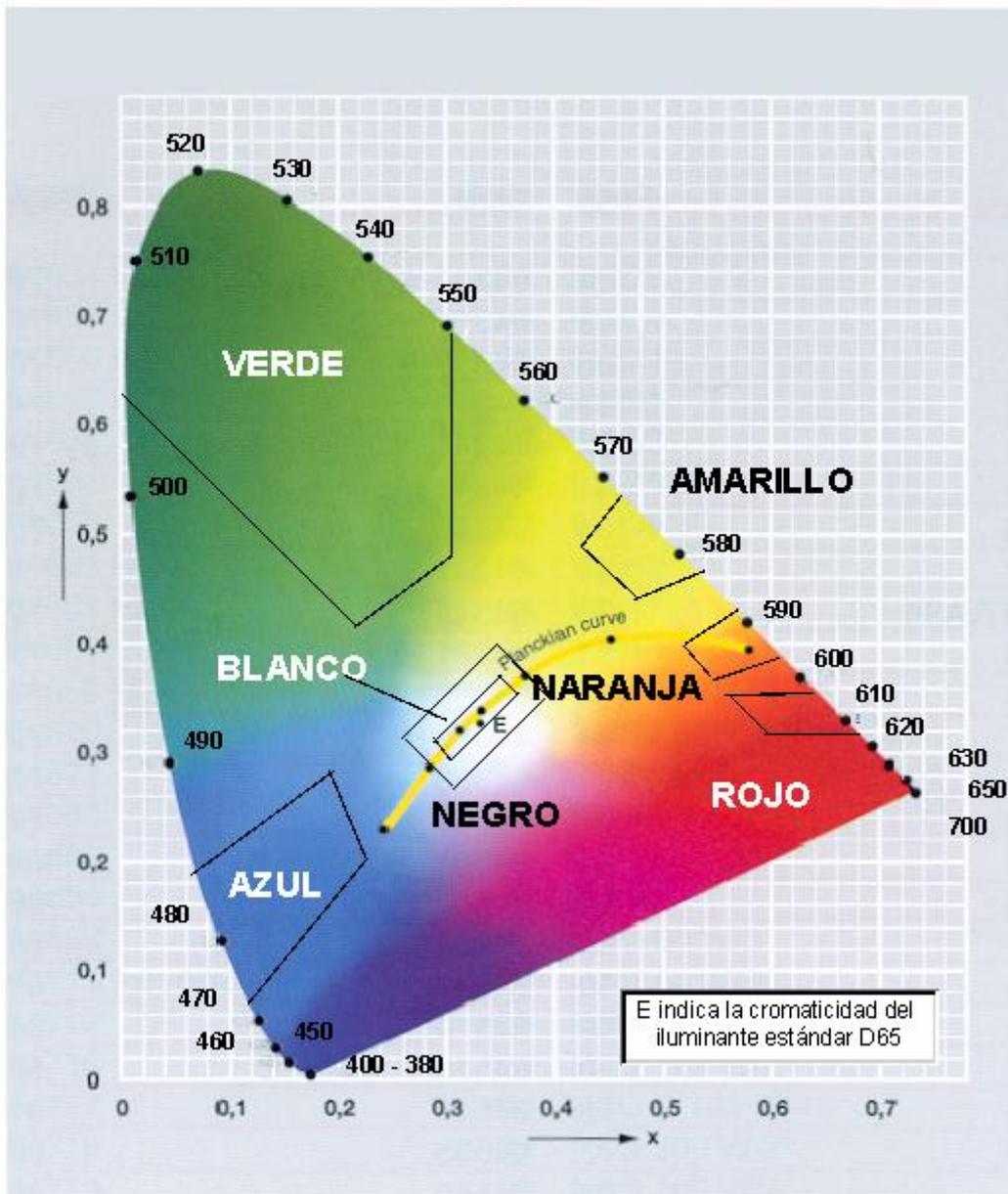
Ejemplos de marcas diurnas para aguas navegables (arriba), laterales de babor y estribor (abajo) y marcas de tope. Los tamaños vienen condicionados por el diámetro de las boyas..

5.- COLOR DE LAS MARCAS DIURNAS.

5.1.- Diagrama CIE y zonas recomendadas:

Los colores de las marcas diurnas vienen definidos en el “Sistema de Balizamiento Marítimo de la AISM/IALA”. Para de cada uno de ellos, los tonos permitidos están delimitados por las zonas reseñadas en el diagrama CIE (“Recomendación IALA E-108: Sobre colores usados como señales visuales sobre Ayudas a la Navegación. 05/2004”).

Límites recomendados de colores ordinarios en términos del sistema colorimétrico estándar CIE 1931, medidos con geometría 45/0, y evaluados con el iluminante estándar D65



Zonas Recomendadas para los colores ordinarios utilizados en las Ayudas a la Navegación

5.2 - Colores Ral

El código **RAL** define un color mediante un código numérico. Fue definido por el *Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung* en Alemania en 1927. RAL significa *Reichsausschuß für Lieferbedingungen*. Originalmente la tabla RAL constaba de 40 tonos y con el tiempo se ha llegado a 210. Los códigos se definen mediante 4 dígitos, el primero de los cuales define el rango de color.

Las familias de tonos son las siguientes:

- 30 amarillos
- 13 naranjas
- 24 rojos
- 12 púrpuras - magentas
- 25 azules
- 34 verdes
- 38 grises
- 20 marrones
- 14 negros-blancos

El “**Ral**” para utilizado por el Trinity House (Servicio de Faros - Inglaterra) para cada color, que cumple las zonas recomendadas CIE es:

**Verde (traffic) RAL 6024 o
6000**



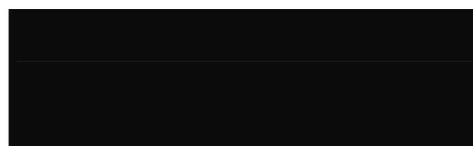
Rojo (traffic) RAL 3020



**Amarillo (signal) RAL 1003
o 1004**



**Negro (signal) RAL 9004 o
9005**



Blanco RAL 9003

Por razones de contraste, dentro de los tonos permitidos, son preferibles los que son más oscuros. Los mas claros que desde cerca parecen mas destacables (como el verde primavera de Titán) en días luminosos y soleados se confunden con el azul del cielo y no se ven bien. Lo mismo pasa cuando hay neblina.

Como ejemplo, para la marca Hempel, la Autoridad Portuaria de Tarragona ha venido utilizando la marca y referencias que se detallan en la siguiente tabla:

Colores	Empleo	Especificaciones CIE			Normas	Otras Normas	Observaciones
		Y	X	L			
Azul	Boyas y Ayudas fijas				Más oscuro que UNE S-5030-R90B		Hempel's Polyenamel 55100, azul 30100
Rojo	Boyas, Ayudas Fijas	0,33	0,525	40,503	UNE S-1580 Y90R	Parecido a Munsell 7,5R y 5R4/14	Hempel's Polyenamel 55100, rojo 50800
Amarillo	Boyas y Ayudas fijas	74,861	0,458	0	UNE S-1080 Y	Parecido a Munsell 5Y8/12	Hempel's Polyenamel 55100, amarillo 20306
Verde	Boyas y Ayudas Fijas	0,428	0,296	38,749	Más oscuro que UNE S-5030-R90B	-----	Hempel's Polyenamel 55100, verde 40900
Blanco		0,331	0,314	95,656	UNE S-0502-Y	Parecido a Munsell 9,5 y 9	Hempel's Polyenamel 55100, blanco 1000
Negro	Boyas y Ayudas fijas	0,331	0,313	24,775	UNE S-9000 N	Munsell N10	Hempel's Polyenamel 55100, negro 19990

5.2.- Métodos de aplicación de las pinturas

Es muy importante seguir el procedimiento de aplicación recomendado por el fabricante. Para las pinturas Hempel relacionadas es:

: **Sobre superficies metálicas (galvanizadas, acero inox)**

- Aplicación de imprimación Poliprimer 25050 hasta cubrir.
- Dos o mas capas de acabado (hasta cubrir), Polyenamel 55100, con las referencias que correspondan según el color escogido.

Sobre superficies de hormigón:

- Aplicación de pintura HEMPEL'S SELLADOR EPOXY 05970, hasta saturación pero sin que se forme una película brillante tipo barniz.
- Una capa de HEMPADUR 45880 a unas 200µ

- Aplicación de pintura HEMPEL'S POL YENAMEL 55100 con las referencias que correspondan según el color escogido.

5.3- Precauciones de seguridad sobre las marcas diurnas de aletas:

Material acero inoxidable o galvanizado en caliente.

Esquinas y cantos protegidos con cordón redondeado de protección (varilla de 6 mm).





**ACTUACIONES MEDIOAMBIENTALES
A TENER EN CUENTA EN LAS AYUDAS A LA
NAVEGACIÓN**

Índice

1.- OBJETO

2.- ENERGÍA DE ALIMENTACIÓN

3.- SISTEMAS LUMINOSOS/FUENTES DE LUZ

4.- REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA

5.- CÁLCULO DEL AHORRO DE GASES CONTAMINANTES

6.- ESTRUCTURAS/MARCAS DIURNAS

6.1.- Selección de materiales.

6.2.- Pinturas

7.- BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA IMPLANTACIÓN DE CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES

8.- GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEXO: GUÍA VERDE DE LA IALA (Guía 1036 sobre cuestiones medioambientales – Diciembre 2004)

1.- OBJETO

El propósito de este Plan es el de adoptar soluciones que contribuyan a la sostenibilidad del medio ambiente, mediante la aplicación de técnicas y la elección de equipos adecuados para tal fin.

En lo que se refiere a los equipos se dará preferencia a los autónomos alimentados por energías renovables (fotovoltaica), que exijan los mínimos recursos y que garanticen la fiabilidad requerida.

Se incluye también la “Guía verde” de la IALA que recoge el detalle genérico de las recomendaciones medioambientales a considerar.

2.- ENERGÍA DE ALIMENTACIÓN

Como energía de alimentación se ha dado preferencia a la energía solar fotovoltaica, tanto por su nulo impacto ambiental, como por la sencillez y simplicidad de su instalación, pues buena parte de los equipos luminosos actuales se suministran en un “pack” compacto de reducidas dimensiones que integra todos los elementos (paneles solares, baterías, destelladotes, fuente luminosa, etc.) en un mismo conjunto.

Como se sabe, la energía solar constituye una fuente inagotable de abastecimiento, que evita los efectos del uso directo de combustibles (contaminación atmosférica y residuos) y los derivados de su extracción (excavaciones, minas, canteros, lavaderos....). Asimismo, la energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de gases invernadero; no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezca dicho efecto.

Por otra parte, las células fotovoltaicas se fabrican a partir de la arena, elemento muy abundante en la naturaleza, y del que no se requieren grandes cantidades. No se producen daños ni erosiones en el suelo ni en las aguas superficiales, al no producirse contaminantes ni vertidos ni movimiento de tierras.

3.- SISTEMAS LUMINOSOS/FUENTES DE LUZ.

Como sistema luminoso se ha previsto la adquisición de equipos dotados con tecnología de LEDS y alimentación autónoma fotovoltaica independiente del suministro eléctrico de red que, en muchos casos, no exigen o reducen mantenimientos preventivos y cuya fiabilidad viene siendo contrastada por la experiencia, hasta el punto que su empleo ha desplazado del mercado los dispositivos basados en otro tipo de fuentes de luz (destelladores de gas acetileno, lámparas de incandescencia, alimentación de red con cargadores de baterías, etc.).

Las grandes ventajas de los diodos LED como dispositivos generadores de luz podemos resumirlas en:

- Encendido instantáneo (mayor duración del destello/mejor percepción visual).
- Mayor eficiencia energética lúmen/watio frente a las lámparas convencionales, lo que supone un menor consumo para las mismas candelas.

- Rápido desarrollo de la tecnología de fabricación, con continuos incrementos de la eficiencia.
- No necesitan filtro de color, con la ventaja inherente (un filtro de color obliga a aumentar la potencia de la lámpara hasta un 80% para obtener las mismas candelas que un Led que ya lleva el color incorporado y no lo necesita),
- Duración que puede alcanzar las 100.000 horas (frente a 1.500 horas típico de las lámparas de incandescencia), lo que supone prácticamente no tener que cambiar los LED en toda la vida útil del equipo.
- Drástica reducción de tamaño de los elementos asociados (baterías, paneles solares, etc.), lo que permite la construcción de conjuntos integrados sin mantenimiento que pueden reemplazarse por personal no cualificado (sustitución mecánica del equipo completo por otro de repuesto y envío del averiado a fábrica para su reparación).
- Mayor fiabilidad debido a la duración de los diodos en contraste con las lámparas convencionales (incluso, si se ha estropeado algún LED, el resto sigue proporcionando luz).
- Mayor fiabilidad debido al menor manejo de potencia.



**Diversos modelos de equipos compactos fotovoltaicos
sin mantenimiento con iluminación de LEDS .**

4.- REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA.

La favorable repercusión medio ambiental que se deriva de la tecnología de LEDS se traducen en:

Menos recursos naturales para la fabricación de los componentes.

- Las baterías y los paneles son más pequeñas (de 2 a 8 veces para las mismas candelas, según sean luces blancas o de color).
- Solo es necesario un único conjunto de LEDS para toda la vida útil.
- Menor cableado (sección y longitud de los hilos de conexión).
- Menor tamaño de embalajes.
- Menos combustible para el transporte (menos peso).
- Menos combustible y menos uso de vehículos para el mantenimiento (no tiene)



Menos contaminación

- No producen gases contaminantes ni de efecto invernadero.
- Los residuos generados son una fracción de los que producen las técnicas convencionales.

Sistema luminoso del Faro de la Baña (Tarragona). Está compuesto por 16 anillos de LEDS de gran potencia. Para las mismas candelas consume la mitad que la instalación anterior con lámpara de incandescencia (mitad paneles solares, mitad baterías, mitad recursos, mitad residuos)

5.- CÁLCULO DEL AHORRO DE GASES CONTAMINANTES

Aún cuando la energía consumida es muy pequeña y, dentro del conjunto del gasto producido para iluminación en general es despreciable, el proyecto calcula las cantidades parciales y totales en Kg. de gases contaminantes que se evitan al utilizar energías limpias, tanto por su valor ejemplarizante (todo suma), como por que este ahorro puede llegar a ser importante si se repite y se asume como cultura por todos y en cada una de nuestras actividades.

Se estima que cada **Kw/h** producido por una energía limpia evita la emisión a la atmósfera de **0,60 kg. de CO₂, 1,33 g de SO₂ y 1,67 g de NO_x** (gases contaminantes que se generan en una central térmica convencional y que se liberan a la atmósfera).

A esta relación se suma el factor corrector derivado del rendimiento eléctrico de baterías y cargadores, supuesto el caso de que se alimentase con red, que puede establecerse en el 30% del total.

6.- ESTRUCTURAS/MARCAS DIURNAS

Las consideraciones medioambientales tienen también sus efectos en lo que se refiera a las estructuras y/o marcas diurnas que sirven de soporte a los sistemas luminosos que integran los balizamientos, siendo la selección de materiales y la pintura de dichas estructuras los principales elementos a considerar.

6.1 Selección de materiales

Los elementos principales a considerar en las estructuras que sirven de soporte a los equipos luminosos y como marcas diurnas son la durabilidad y el posible reciclaje futuro de los materiales de que están hechas.

En la tabla siguiente se describen los más usados y sus principales ventajas e inconvenientes dados por el uso:

Material	Duración	Mant.	Reciclaje (1)	Resistencia	Conservación
Acero inox. AISI-236 pintado	Indefinida	Ninguno	Excelente	Excelente	Excelente
Acero galvanizado y pintado	Largo plazo	Escaso	Regular	Excelente (2)	A largo plazo acaba siendo necesario sustituirla por corrosión.
Acero pintado	Medio plazo	Alto	Regular	Excelente (2)	Mala (corrosión).
Fibra de vidrio (3)	Largo plazo	Ninguno	Malo	Regular a actos vandálicos y al fuego. Peor que el acero y el hormigón a impactos	Buena. Envejecimiento. Decoloración del color.
Hormigón	Largo plazo	Escaso	Malo	Excelente (2)	Regular (Grietas, corrosión armadura, desprendimientos)

(1) Uno de los factores más importantes para el reciclaje es el valor de retorno del producto. En el caso del acero inoxidable el valor de la chatarra es un aliciente para su reciclaje, cosa que no ocurre con el hormigón o la fibra de vidrio que pueden llegar a acabar en el vertedero.

(2) En adecuado estado de conservación.

(3) La fibra de vidrio presenta la ventaja de que el color puede ir embebido en ella, lo que evita la necesidad de pintarla durante largo tiempo (con el paso del tiempo acaba decolorándose).



Torres y estructuras de acero inoxidable AISI-316. De izq. a der. baliza del Margen Norte del río Ebro, faro del extremo del Dique de abrigo del Puerto de Tarragona y baliza del espigón norte de la playa de la Pineda (Tarragona). A pesar del ambiente marino y las condiciones meteorológicas, no se advierte ningún deterioro respecto a la fecha de instalación.

6.2 Pintura

Atendiendo a las rigurosas condiciones meteorológicas derivadas de la ubicación de las ayudas a la navegación (viento, humedad y salinidad) es muy recomendable la utilización de pinturas marinas de la mejor calidad y dentro de ellas las de dos componentes.

Aunque el coste de la pintura puede suponer un mayor precio inicial, las ventajas que se obtienen a medio y largo plazo son indudables:

- Las pinturas marinas están protegidas con componentes que filtran los rayos UVA, lo que previene su decoloración, identificando la marca diurna por más tiempo.
- Se degradan menos que las pinturas ordinarias y resisten más que aquellas, con lo que puede espaciarse la frecuencia del repintado (teniendo en cuenta la incidencia de la mano de obra en el coste final, el ahorro obtenido puede ser considerable).
- Este espaciamiento supone una menor contaminación medioambiental.

7.- BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA IMPLANTACIÓN DE CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES.

Los beneficios económicos que se obtienen aplicando los criterios de selección de equipos, materiales y pinturas ya se han descrito o se deducen de las ventajas detalladas en los apartados anteriores. Los ahorros de mano de obra, transporte y repuestos obtenidos por la larga vida de los leds, la eliminación o disminución en los mantenimientos de los equipos de esta tecnología, de las estructuras de acero inoxidable, y el espaciamiento de los repintados, compensan sobradamente a medio y largo plazo el mayor coste inicial de estos materiales o de las pinturas de primera calidad con protección contra los rayos UVA, máxime si consideramos la incidencia que dicha mano de obra tiene en el precio de los trabajos.

8.- GESTIÓN DE RESIDUOS

Acorde con lo expuesto, la gestión de residuos resulta considerablemente disminuida por el menor tamaño de las baterías y paneles solares y la extraordinaria duración de los leds y las estructuras de inoxidable. En cualquier caso, el compromiso que se adquiere es el de entregar los desechos que puedan generarse, bien por avería o fin de vida útil, a depósitos de recogida autorizados en función de su clase (baterías, equipos electrónicos, plásticos o recuperación de metales).

De forma genérica, las actuaciones a seguir con carácter general quedan recogidas en la Guía verde de la IALA (Guideline 1036 sobre cuestiones medioambientales), que relata los consejos y experiencias de los servicios de ayudas a la navegación de diversos países en ese ámbito.