

# ALCANCE DE LOS FAROS SEGUN LA VISIBILIDAD METEOROLOGICA (1) (\*)

Por RAFAEL SOLER GAYA  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Recomienda la AISM que los "Libros de Faros" contengan el llamado "alcance nominal" que permite a los navegantes, internacionalmente, conocer el que tienen con cualquier visibilidad meteorológica. El autor aplica esta recomendación al caso concreto de España, estableciendo los ábacos que permiten el conocimiento inmediato de aquel alcance a partir del que figura en los libros actuales en uso.*

## 1. Alcance de un faro en "tiempo ordinario".

El "Libro de Faros, Señales de Niebla y Visuales Horarias" se edita periódicamente por el Instituto Hidrográfico de la Marina, y no falta en el cuarto de derrota de ningún buque español, ni en la biblioteca de los Servicios que atienden los faros. En él se recogen cuantos datos conciernen a las señales marítimas luminosas y acústicas, con arreglo al formato que puede apreciarse en la copia que se adjunta. Un dato importante es el llamado "Alcance en tiempo ordinario".

Este alcance lo dictamina la Comisión Permanente de Faros, y su conocimiento es esencial e imprescindible para el ingeniero que deba proyectar la instalación. El concepto de "tiempo ordinario" es poco preciso —el propio libro sólo dice que se adopta el correspondiente a un estado medio de la atmósfera—, y por ello, en los cálculos de las instalaciones se prefiere utilizar el técnicamente llamado "tiempo medio", sea en el Océano Atlántico (T.M.O.), o en el Mediterráneo (T.M.M.), que podría definirse como el correspondiente a aquellos estados de visibilidad de la atmósfera que se presentan durante

períodos que totalizan seis meses, a lo largo de un año.

Estos "tiempos" varían evidentemente no sólo de un mar a otro, sino, dentro de un mismo mar, de unas localidades a otras; no obstante, partiendo de datos experimentales se ha generalizado el uso de los coeficientes correspondientes que, referidos a una milla marítima (T) o a un kilómetro (a), son los siguientes:

| Tiempo | T     | a     |
|--------|-------|-------|
| T.M.O. | 0,827 | 0,903 |
| T.M.M. | 0,866 | 0,926 |

Son los llamados "coeficientes de transmisión atmosférica" que indican el tanto por uno (milla o kilómetro) de intensidad luminosa que desde un punto del haz luminoso pasa a otro más alejado en la dirección de propagación y situado a la distancia unidad. El complemento a 1 indica, por tanto, las pérdidas que se producen en el trayecto.

Conforme a esta práctica vienen realizando los ingenieros hasta la fecha los cálculos de los alcances que se asignan al "tiempo ordinario".

## 2. Alcance "nominal" de un faro.

Las observaciones que sería necesario realizar para poder llegar a conocer con suficiente aproximación el coeficiente de transmisión atmosférica de cada localidad no existen en la mayor parte de los países y, en consecuencia, la adopción de coeficientes de aplicación generali-

(1) La terminología utilizada en este artículo ya recoge expresiones del *Diccionario Internacional de Señalización Marítima*, cuya versión en lengua española se encuentra actualmente en período de redacción; por ello algunos términos difieren de los que han venido siendo usualmente empleados hasta ahora.

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de abril de 1972.

## MAR MEDITERRANEO

## ISLAS BALEARES

| Número           | NOMBRE Y POSICION                                                                                                                                               | Lat. N.<br>—<br>Long. E.       | Color de la luz<br>y apariencia<br>Período<br>—<br>Señales de niebla | Elevación<br>sobre el<br>nivel medio<br>del mar<br>—<br>METROS | Alcance<br>en tiempo<br>ordinario<br>—<br>MILLAS | Número | DESCRIPCION<br>—<br>Altura en metros sobre<br>el terreno                                                                      | OBSERVACIONES                                                                                                                      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 676<br>E-0284    | <i>Isla de Mallorca.</i><br>— Isla Dragonera:<br>— — PUNTA TRAMONTANA. En el extremo NE. de la isla, al borde del acantilado y a unos dos tercios de su altura. | 39° 35,8'<br>2° 20,2'          | 1. <i>Blanca.</i><br>Grupos de 2 destellos.<br><br>10 seg.           | 54                                                             | 18                                               | 676    | Torre redonda de piedra <i>blancuzca</i> , al N. de casa con balastrada en la azotea; torreón y cúpula <i>blancos</i> .<br>11 | Luz 0,5 seg., ocult. 2,0 seg., luz 0,5 seg., ocult. 7,0 seg.<br>Visible del 100° al 023° (283°).                                   |
| 679<br>E-0282    | — — CABO LLEBEITX. En el extremo SW. de la isla.                                                                                                                | 39° 34,4'<br>2° 18,3'          | 1. <i>Blanca.</i><br>De destellos.<br>5 seg.                         | 127                                                            | 34                                               | 679    | Torre redonda <i>gris</i> en la fachada W. de casa con tejado <i>rojo</i> , torreón y cúpula <i>blancos</i> .<br>13           | Luz 0,3 seg., ocult. 4,7 seg.<br>Visible del 260° al 200° (300°).                                                                  |
| 685<br>E-0289    | — Puerto de Soller:<br>— — Cap Gros. En la punta, al W. de la entrada.                                                                                          | *<br>39° 47' 45"<br>2° 40' 52" | 1. <i>Blanca.</i><br>Grupos de 3 destellos.<br>15 seg.               | 118                                                            | 13                                               | 685    | Torre y casa <i>grises</i> , tejado <i>rojo</i> .<br>19                                                                       | Luz 2 seg., ocult. 2 seg.; luz 2 seg., ocult. 2 seg.; luz 2 seg., ocult. 5 seg.                                                    |
| 687<br>E-0290    | — — Enfilación de entrada.<br>— — — <i>Anterior</i> . En la falda de La Mola.                                                                                   | 39° 47,4'<br>2° 41,8'          | 1. <i>Blanca.</i><br>Centelleante.<br>1 seg.                         | 48,8                                                           | 5                                                | 687    | Torreta cilíndrica <i>blanca</i> , con rombos <i>aluminio claro</i> .<br>7,2                                                  | Luz 0,5 seg., ocult. 0,5 seg.                                                                                                      |
| 687A<br>E-0290.1 | — — — <i>Posterior</i> . A 36,2 metros de la anterior.                                                                                                          | —                              | 1. <i>Roja.</i><br>Isofase.<br>4 seg.                                | 59,7                                                           | 5                                                | 687A   | Torreta cilíndrica <i>blanca</i> , con rombos <i>aluminio claro</i> .<br>7,1                                                  | Luces de enfilación al 123°,5.                                                                                                     |
| 688<br>E-0288    | — — PUNTA DE SA CREU. En las proximidades de la punta y a 37 metros al 028° del faro antiguo.                                                                   | 39° 47,7'<br>2° 41,3'          | 1. <i>Blanca.</i><br>De destellos.<br>2,5 seg.                       | 35                                                             | 20                                               | 688    | Torre troncocónica aislada, a franjas horizontales <i>blancas</i> y <i>negras</i> .<br>13,1                                   | Luz 0,5 seg., ocult. 2,0 seg.                                                                                                      |
| 691<br>E-0291    | — — Dique D. E. En el Extremo.                                                                                                                                  | —                              | 1. <i>Roja.</i><br>F.                                                | 6,8                                                            | 10                                               | 691    | Poste.<br>5                                                                                                                   | —                                                                                                                                  |
| 694<br>E-0292    | — — Muelle B. C. En el extremo.                                                                                                                                 | —                              | 1. <i>Roja.</i><br>F.                                                | 6,3                                                            | 3                                                | 694    | Poste.<br>5                                                                                                                   | —                                                                                                                                  |
| 696<br>E-0293    | — — Muelle comercial:<br>— — — En el ángulo que forman las dos alineaciones.                                                                                    | —                              | 1. <i>Verde.</i><br>F.                                               | 5,8                                                            | —                                                | 696    | Farola.<br>4,8                                                                                                                | —                                                                                                                                  |
| 697<br>E-0293.2  | — — — En el extremo.                                                                                                                                            | —                              | 1. <i>Roja.</i><br>F.                                                | 5,8                                                            | —                                                | 697    | Farola.<br>4,8                                                                                                                | —                                                                                                                                  |
| 700<br>E-0296    | — CABO FORMENTOR. Al N. de la isla.                                                                                                                             | *<br>39° 57' 36"<br>3° 12' 42" | 1. <i>Blanca.</i><br>Grupos de 4 destellos.<br>20 seg.               | 209                                                            | 30                                               | 700    | Torre y casa <i>blancas</i> .<br>21                                                                                           | Luz 0,12 seg., ocult. 3,21 seg.; luz 0,12 seg., ocult. 3,21 seg.; luz 0,12 seg., ocult. 3,21 seg.; luz 0,12 seg., ocult. 9,89 seg. |

zada da lugar a errores de consideración en las determinaciones. Esta circunstancia, unida a la diversidad de métodos o procedimientos de cálculo utilizados por los diversos servicios de señalización marítima, implica que los alcances luminosos consignados en los libros de faros de diferentes países no sean comparables entre sí.

Hay muchos litorales donde las condiciones de transparencia u opacidad de la atmósfera varían con frecuencia—incluso en el espacio de horas—, sin que los navegantes poco asiduos de aquellas aguas puedan tener una idea objetiva de las condiciones correspondientes en un determinado momento; por ello, resulta escasamente significativo en la práctica el dato de “alcance en tiempo medio u ordinario”. Diferente sería si pudiera arbitrarse un procedimiento fácil y sencillo que permitiera al navegante determinar el alcance para cada clase de tiempo, objetivamente calificado. A este objeto ha sido formulada la recomendación de que seguidamente trataremos, basada en el conocimiento por el navegante de dos datos: el “alcance nominal” que deben darle por una sola vez los servicios de faros y la “visibilidad meteorológica” que puede conocer periódicamente por medio de los boletines meteorológicos.

Para tratar de llegar a un procedimiento válido internacionalmente se constituyó en la VI Conferencia de los Servicios de Señalización Marítima, celebrada en Wáshington en 1960, una “Comisión para la notación de la intensidad luminosa y del alcance de los faros”, que redactó una recomendación aprobada por el Comité Ejecutivo de la A.I.S.M.-I.A.L.A. (Association Internationale de Signalisation Maritime-International Association of Lighthouse Authorities) en sesión de 16 de noviembre de 1966.

Dicha Asociación invitó a los Servicios de Señalización Marítima a conformarse con los términos de esta recomendación:

“1. Publicar en los “Libros de Faros” un ábaco, arreglado al modelo anexo, que permite a los navegantes conocer el alcance luminoso de un faro en función de su intensidad y de la “visibilidad meteorológica”.

2. Introducir en este ábaco una segunda escala de abscisas para el “alcance nominal” de los faros, definido como sigue: “alcance nominal de una luz de señalización marítima es su alcance luminoso en atmósfera homogénea de visibilidad meteorológica de 10 millas náuticas”.

La determinación del alcance nominal a partir de la intensidad luminosa se realiza en las siguientes hipótesis:

— Umbral de contraste de 0,05, o sea, para una visibilidad meteorológica de 10 millas náuticas, un coeficiente de transmisión atmosférica  $\sigma$  (ó  $\tau$ ), por milla náutica, de 0,74 (más exactamente, 0,74113).

— Umbral de iluminancia (para luces puntuales) de 0,2 microlux.

3. Reemplazar, en todos los documentos náuticos, las indicaciones de intensidad de las luces en candelas por las correspondientes indicaciones de alcance nominal en millas náuticas (o sea, alcance para la visibilidad meteorológica de 10 millas náuticas).”

La recomendación cuyo texto acaba de transcribirse lleva tres anejos: uno, con tablas para conversión del alcance nominal en intensidad luminosa; otro, con valores numéricos útiles para el trazado de ábacos de alcance luminoso, y otro, con tablas para la determinación del alcance nominal con valores redondeados en millas, según sigue:

| Intensidad luminosa superior a: | Alcance nominal Redondeado | Intensidad luminosa superior a: | Alcance nominal Redondeado |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Candelas decimales              | Millas Náuticas            | Candelas decimales              | Millas Náuticas            |
| 1                               | 1                          | 433, $10^3$                     | 24                         |
| 3                               | 2                          | 635, $10^3$                     | 25                         |
| 9                               | 3                          | 927, $10^3$                     | 26                         |
| 24                              | 4                          | 1,35 $10^6$                     | 27                         |
| 54                              | 5                          | 1,97 $10^6$                     | 28                         |
| 108                             | 6                          | 2,85 $10^6$                     | 29                         |
| 208                             | 7                          | 4,12 $10^6$                     | 30                         |
| 365                             | 8                          | 5,93 $10^6$                     | 31                         |
| 632                             | 9                          | 8,54 $10^6$                     | 32                         |
| 1,07 $10^3$                     | 10                         | 12,3 $10^6$                     | 33                         |
| 1,76 $10^3$                     | 11                         | 17,6 $10^6$                     | 34                         |
| 2,85 $10^3$                     | 12                         | 25,2 $10^6$                     | 35                         |
| 4,54 $10^3$                     | 13                         | 36,0 $10^6$                     | 36                         |
| 7,14 $10^3$                     | 14                         | 51,3 $10^6$                     | 37                         |
| 11,1 $10^3$                     | 15                         | 73,0 $10^6$                     | 38                         |
| 17,1 $10^3$                     | 16                         | 104, $10^6$                     | 39                         |
| 26,2 $10^3$                     | 17                         | 148, $10^6$                     | 40                         |
| 39,8 $10^3$                     | 18                         | 210, $10^6$                     | 41                         |
| 60,0 $10^3$                     | 19                         | 297, $10^6$                     | 42                         |
| 89,9 $10^3$                     | 20                         | 420, $10^6$                     | 43                         |
| 134, $10^3$                     | 21                         | 593, $10^6$                     | 44                         |
| 199, $10^3$                     | 22                         | 837, $10^6$                     | 45                         |
| 294, $10^3$                     | 23                         | 1180, $10^6$                    | 46                         |

La “visibilidad meteorológica” se define como la mayor distancia a que puede verse o identificarse un objeto negro de dimensiones convenientes sobre el cielo del horizonte, o bien, cuando se trata de observaciones nocturnas, la distancia a que podría verse e identificarse si la iluminación general se aumentara hasta alcanzar la intensidad normal de la luz del día.

El "umbral de contraste" es igual al factor de reducción del flujo luminoso en un trayecto cuya longitud es el alcance óptico meteorológico; este alcance en la práctica, se asimila a la visibilidad meteorológica.

### 3. Aplicabilidad de la recomendación en España.

En España no se consigna en el Libro de Faros el valor de la intensidad luminosa eficaz que sirve de base para la fijación del "alcance en tiempo ordinario" reseñado en aquel libro y que corresponde a cálculos con coeficientes de transmisión de tiempos medios.

Por ello, la aplicación de la recomendación exigiría sólo la adición del ábaco al libro, por una parte, y la conversión de los "alcances en tiempo ordinario" en "alcances nominales".

El alcance nominal podría fijarlo el ingeniero señal por señal partiendo de su intensidad eficaz —con lo que se conseguirían plenamente los fines perseguidos por la recomendación—, pero también, si las cifras que contiene el libro se corresponden con la realidad (a veces, el alcance señalado por la Comisión Permanente de Faros se entiende como un límite inferior y por razones técnicas o de seguridad la instalación da alcances mucho mayores), puede hacerse el cambio por simple aplicación de la fórmula de Allard:

$$\lambda D^2 = I_e T D,$$

donde:

$\lambda$  = umbral de iluminación en candelas/milla c.

$D$  = alcance en millas náuticas.

$I_e$  = intensidad eficaz en c.d.

$T$  = coeficiente de transmisión atmosférica por milla náutica.

Si:

$D_n$  = alcance nominal con  $T_n$ , y

$D_o$  = alcance en T.M. con  $T_o$  (el llamado ordinario en el libro),

como los valores de  $I_e$  y de  $\lambda$  son iguales en ambos casos, tendremos:

$$\frac{D_n^2}{D_o^2} = \frac{T_n D}{T_o D}$$

Los coeficientes de transmisión  $T$  por milla están relacionados con la visibilidad meteorológica  $V$  por la fórmula:

$$T = 0,05 \frac{1}{V}$$

de ahí que la recomendación haga equivalente:

$$T = 0,74 \quad \text{con} \quad V = 10 \text{ m.n.},$$

pues:

$$T = 0,05 \frac{1}{10} = 0,74113.$$

Luego tendremos:

| T.M.O.            |                                                     |                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
| $\frac{D_n}{D_o}$ | $= \frac{0,741 \frac{D_n}{2}}{0,827 \frac{D_o}{2}}$ | $= \frac{0,861 D_n}{0,909 D_o}$ |
| T.M.M.            |                                                     |                                 |
| $\frac{D_n}{D_o}$ | $= \frac{0,741 \frac{D_n}{2}}{0,866 \frac{D_o}{2}}$ | $= \frac{0,861 D_n}{0,931 D_o}$ |

Para la aplicación práctica estas fórmulas son susceptibles de abaquearse según se adjunta al final.

En el fondo del golfo de Vizcaya la proporción del tiempo en que la visibilidad meteorológica es superior a 10 m. es del 41,77 por 100, lo que la aproxima a la del T.M.O.; en el Mediterráneo los valores oscilan desde el 96,21 por 100 en las islas hasta el 81,25 por 100 junto al golfo de León, con valores que se apartan ya francamente del correspondiente al T.M.M.

### 4. Consecuencias de la adopción del sistema.

La adopción del sistema con la utilización de los datos  $D_n$  y  $V$  obligaría a los navegantes a la práctica de las operaciones siguientes:

a) Oír primero las estaciones de radiotelefonía (ver Derroteros) que difunden en sus boletines de previsión del tiempo los valores de la

visibilidad meteorológica para las diversas zonas marítimas, y ello, varias veces durante el día e incluso de noche.

b) Acudir después a los nuevos libros de faros, donde podrían encontrar, por una parte, el alcance nominal del faro y, por otra parte, el ábaco que, en función de dicho alcance y de la visibilidad meteorológica, da el alcance luminoso. En el ábaco aparecen las diez bandas, numeradas de 0 a 9, correspondientes al código 4.300 de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.). Transitoriamente, además, y para permitir la adopción progresiva del sistema por los navegantes de los países donde ahora es práctica usual consignar la intensidad luminosa, el ábaco llevaría durante cierto tiempo la escala de abscisas concerniente a dicha intensidad expresada en candelas decimales.

El valor de *V*, conocido por el navegante a través de la radio, es susceptible de corregirse o afinarse a estima para tener en cuenta la evolución local de la visibilidad, según se aclare o cierre el tiempo, pudiendo fijar así, con mayor aproximación, el alcance de la señal en el momento que interese.

Con los actuales libros y los ábacos expuestos en el presente estudio puede ya el navegante pasar de "alcance en tiempo ordinario" del libro a "alcance nominal", y con éste y la "visibilidad meteorológica" conocer el alcance en un determinado momento. Se recomienda por ello a quienes interese conocer los alcances de este modo que adjunten a sus libros actuales los dos ábacos que siguen al final: el del alcance luminoso en función del alcance nominal y el del alcance nominal en función del alcance ordinario. El primero es válido internacionalmente; el segundo, de aplicación para los faros de España.

El valor "océano" es apropiado para la costa norte y noroeste; el "Mediterráneo", para Levante, nordeste y Baleares; para el sur, los valores pasan de uno a otro tiempo de un modo que no ha sido comprobado, pero que se ha supuesto afectando la zona comprendida entre Portugal y Torrox. Para Canarias el tiempo es más bien "Mediterráneo".

El Servicio Meteorológico Nacional cuida de la determinación de las visibilidades Meteorológicas (visibilidad horizontal); la información se da en la Clave internacional de 1955, revisada en 1960, contenida en el cuadro A para el cifrado de los partes SYNOP de observaciones de superficie de estaciones terrestres grupo VV (4) con la siguiente clave:

|       |   |      |      |       |       |      |      |      |       |       |   |       |
|-------|---|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|---|-------|
| VV    | < | 50 m | 50 m | 200 m | 500 m | 1 Km | 2 Km | 4 Km | 10 Km | 20 Km | > | 20 Km |
| Clave |   | 90   | 91   | 92    | 93    | 94   | 95   | 96   | 97    | 98    |   | 99    |

## 5. Comentario final.

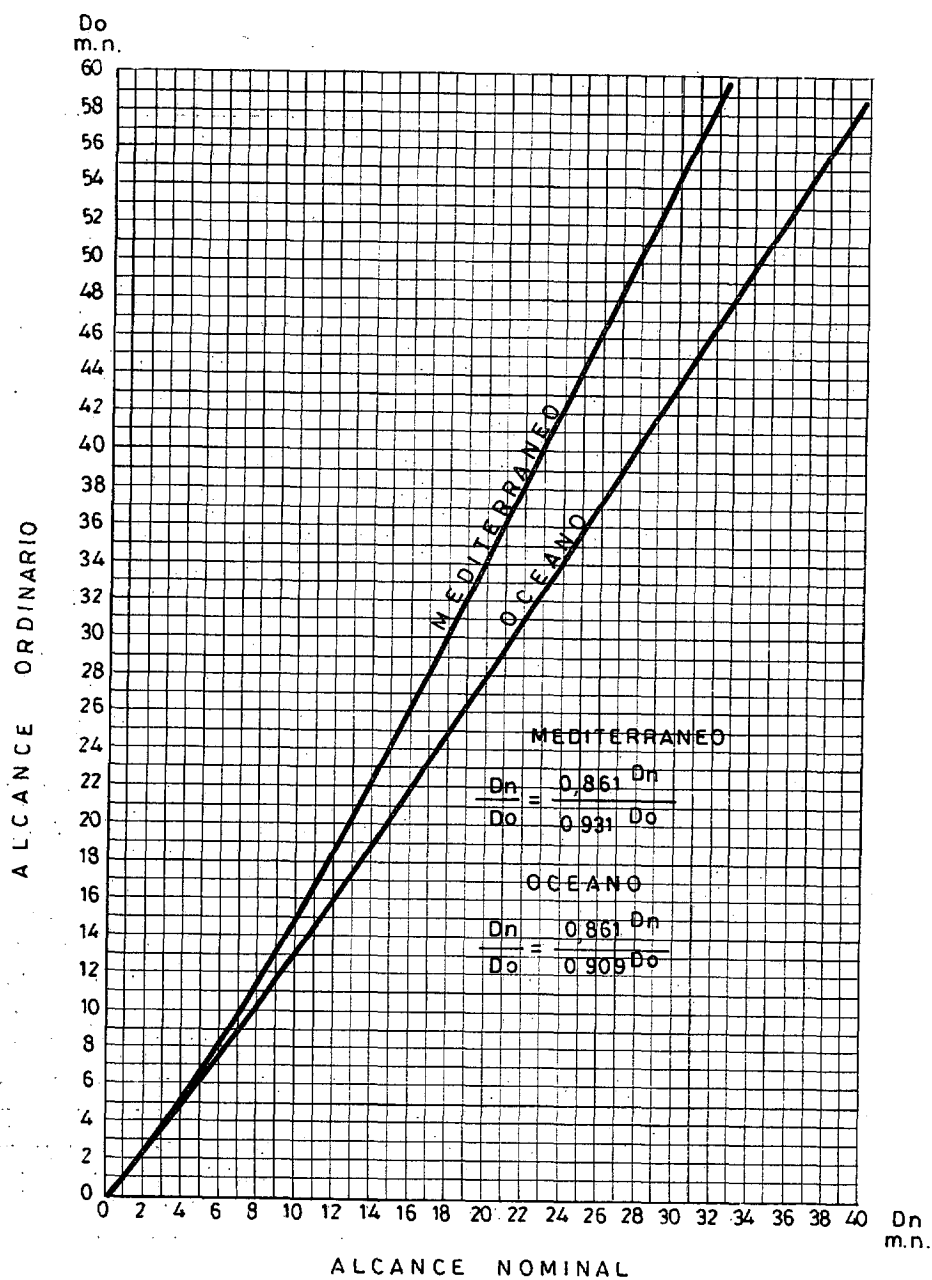
La aplicación de la recomendación parece resultar más interesante desde el punto de vista de conseguir la uniformidad de los libros de faros que desde el de lograr una utilidad práctica.

La uniformidad de los libros de faros es deseable para que el navegante conozca los datos de las señales formados con el mismo criterio; en materia de señalización marítima aún existen, no obstante, notables discrepancias de unos países a otros, y, a veces, en cuestiones de principio, como sucede, por ejemplo, con los colores verde y rojo, que tienen significación contrapuesta, según se trate de Europa o Estados Unidos.

La utilidad práctica de la recomendación es dudosa, por lo menos con carácter general. Aun cuando el proceso de determinación por medio de los ábacos es sencillo, el conocimiento previo de la visibilidad exige el uso de la radio, y, por ello, en buques de algún porte dotados de radiogoniómetro ha de resultar mucho más práctico y seguro el uso de radiofaros que apurar las posibilidades que ofrecen los faros.

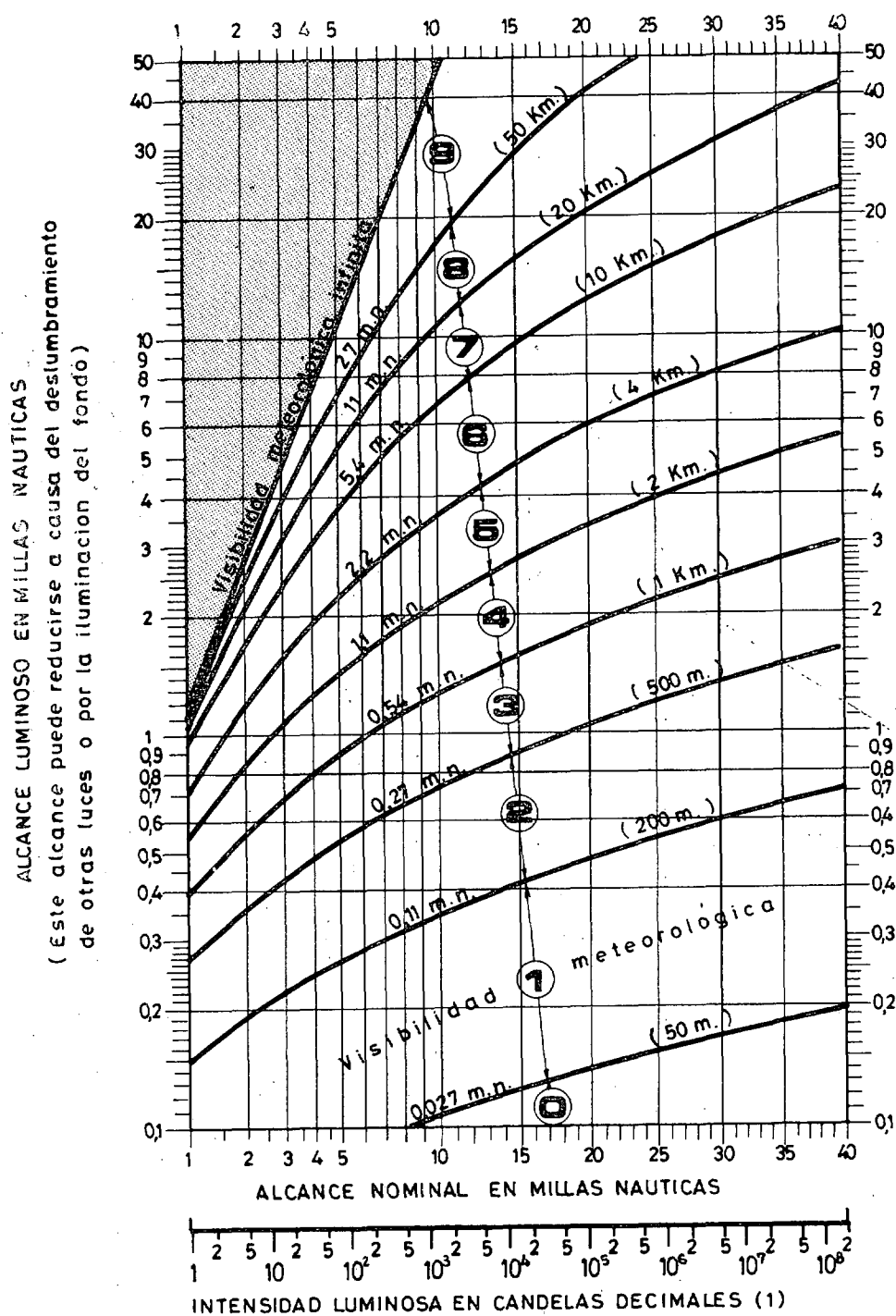
La recomendación, por ello, concierne más a los ingenieros y a los Servicios de Señalización Marítima que a los marinos o navegantes. Pero primero han de ser estos últimos los que acepten el principio de consignar en los libros el alcance nominal en vez del ordinario.

CONVERSION DEL ALCANCE ORDINARIO  $D_o$  EN ALCANCE NOMINAL  $D_n$  (MILLAS NAUTICAS)



| m. n.       |             |      |
|-------------|-------------|------|
| ORD. MEDIT. | ORD. OCEANO | NOM. |
| 1.07        | 1.05        | 1    |
| 2.28        | 2.18        | 2    |
| 3.62        | 3.40        | 3    |
| 5.07        | 4.61        | 4    |
| 6.59        | 5.98        | 5    |
| 8.18        | 7.33        | 6    |
| 9.86        | 8.72        | 7    |
| 11.57       | 10.12       | 8    |
| 13.32       | 11.54       | 9    |
| 15.11       | 12.98       | 10   |
| 16.94       | 14.43       | 11   |
| 18.79       | 15.91       | 12   |
| 20.68       | 17.39       | 13   |
| 22.58       | 18.86       | 14   |
| 24.50       | 20.32       | 15   |
| 26.45       | 21.87       | 16   |
| 28.37       | 23.38       | 17   |
| 30.33       | 24.86       | 18   |
| 32.26       | 26.40       | 19   |
| 34.24       | 27.94       | 20   |
| 36.23       | 29.43       | 21   |
| 38.21       | 30.98       | 22   |
| 40.20       | 32.50       | 23   |
| 42.20       | 34.03       | 24   |
| 44.22       | 35.55       | 25   |
| 46.28       | 37.10       | 26   |
| 48.27       | 38.66       | 27   |
| 50.29       | 40.21       | 28   |
| 52.32       | 41.74       | 29   |
| 54.36       | 43.26       | 30   |
| -           | 44.83       | 31   |
| -           | 46.38       | 32   |
| -           | 47.92       | 33   |
| -           | 49.47       | 34   |
| -           | 51.03       | 35   |
| -           | 52.58       | 36   |
| -           | 54.13       | 37   |
| -           | 55.69       | 38   |
| -           | 57.25       | 39   |
| -           | 58.80       | 40   |

# ALCANCE LUMINOSO EN FUNCION DEL ALCANCE NOMINAL Y DE LA VISIBILIDAD METEOROLOGICA



(1) Para las señales de destellos cortos hay que considerar la intensidad eficaz resultante de la aplicación de la formula de BLONDEL-REY