



ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA PORTUARIA  
FACULTAD DE INGENIERIA – DEPARTAMENTO TRANSPORTE  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**ESCUELA DE GRADUADOS  
EN INGENIERÍA PORTUARIA**

**CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN  
EN INGENIERÍA PORTUARIA**

**CÁTEDRA:  
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE AYUDAS A LA  
NAVEGACIÓN**

**“MASTER DE LA MATERIA”**

**EGIP - 001 - 04**



# IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

## “MASTER DE LA MATERIA”

### INDICE

1.	CLASE N° 1 .....	1
2.	CLASE N° 2 .....	1
3.	CLASE N° 3: RANGOS GEOGRÁFICOS, VISUAL Y LUMINOSO .....	1
3.1.	DEFINICIONES DE MARCA VISUAL Y AYUDA VISUAL A LA NAVEGACIÓN ..	1
3.2.	VISIBILIDAD DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN .....	1
3.2.1.	Visibilidad meteorológica .....	2
3.2.2.	Transmisividad atmosférica .....	2
3.2.3.	Refracción atmosférica .....	3
3.2.4.	Contraste .....	3
3.2.4.1.	Contraste a cortas distancias.....	4
3.2.4.2.	Contraste a distancias grandes.....	4
3.3.	ALCANCE DIURNO .....	5
3.3.1.	Alcance visual con cielo claro .....	5
3.3.2.	Alcance visual con cielo brumosos uniformemente cubierto .....	6
3.3.3.	Método simplificado de IALA .....	7
3.4.	ALCANCE NOCTURNO .....	8
3.4.1.	Fórmula de Allard.....	8
3.4.2.	Alcance nominal nocturno.....	10
3.4.3.	Alcance nominal diurno.....	10
3.4.4.	Intensidad luminosa de cálculo.....	10
3.4.4.1.	Intensidad efectiva o eficaz.....	11
3.5.	ALCANCE GEOGRÁFICO.....	13
3.6.	ENFILACIONES.....	15
3.7.	BIBLIOGRAFÍA.....	18



## MASTER DE LA MATERIA

1. CLASE N° 1

2. CLASE N° 2

3. CLASE N° 3: RANGOS GEOGRÁFICOS, VISUAL Y LUMINOSO

3.1. DEFINICIONES DE MARCA VISUAL Y AYUDA VISUAL A LA NAVEGACIÓN

Una “Marca Visual” para la navegación es en términos genéricos un objeto natural o artificial, provisto de luz o no, utilizada para comunicar información a un observador capacitado que navega en un buque.

En términos más restringidos una “Ayuda visual a la navegación” es una Marca Visual construida especialmente para ese fin.

En adelante nos referiremos específicamente a Ayudas Visuales a la Navegación.

3.2. VISIBILIDAD DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

La posibilidad de ver una marca visual, ya sea en forma diurna o nocturna, se la denomina visibilidad de esa marca visual. Esta visibilidad se ve afectada por uno o más de los siguientes factores:

- a. Distancia de Observación (alcance)
- b. Curvatura de la tierra
- c. Refracción atmosférica
- d. Transmisividad atmosférica (noche)- Visibilidad meteorológica (día)
- e. Altura de la Ayuda a la Navegación sobre el nivel del mar
- f. Percepción visual del observador
- g. Altura del ojo del observador
- h. Condiciones de observación (día o noche)
- i. Características de la Ayuda a la navegación: claridad de la Ayuda, tamaño, forma, color, y reflectancia.
- j. Contraste (iluminación del fondo)
- k. Intensidad y característica de la luz de la señal (si la tuviera)



## I. Señal encendida o apagada (obviamente)

En general lo que nos interesa conocer es el alcance de una Ayuda a la Navegación (variable dependiente) en función de el resto de las condiciones (variables independientes). Es característico también clasificar el análisis entre alcance diurno y alcance nocturno de una Ayuda a la Navegación. También se suele analizar en forma particular la influencia de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica en un concepto denominado Alcance Geográfico. Estos conceptos se indican más adelante en los puntos 3.3 a 3.5.

De los conceptos mencionados anteriormente de a. hasta I., vamos a detallar a continuación aquellos que no son tan corrientes:

### 3.2.1. Visibilidad meteorológica

A partir del desarrollo de la navegación aérea y la meteorología se ha normalizado mundialmente una distancia “V” de visibilidad meteorológica definida como la mayor distancia a la que puede ser visto e identificado sobre el horizonte un determinado objeto negro de forma y dimensiones convenidas, siendo el umbral de contraste  $C = 0,05$  por convención.

Este concepto está relacionado con las características de “claridad de la atmósfera”. Evidentemente esta visibilidad meteorológica será menor ante la presencia de bruma y mayor en un día claro. La niebla, la lluvia o llovizna también afecta la visibilidad meteorológica.

### 3.2.2. Transmisividad atmosférica

La transmisividad atmosférica se define como la proporción de luz de una fuente que permanece después de pasar a lo largo de una distancia específica a través de la atmósfera a nivel del mar.

El “coeficiente de transmisión atmosférica” (T), también llamado de “transparencia atmosférica”, se define como el tanto por uno de energía luminosa que pasa por un punto del haz a otro más alejado situado a una distancia unitaria. Se expresa por lo tanto, en la unidad para la que se toma, generalmente la milla náutica o eventualmente el kilómetro.

Tradicionalmente se determina este coeficiente para tres estados de la atmósfera: tiempo claro (nivel de transparencia que se presenta estadísticamente un mes al año, sin sobrepasarlo), tiempo medio (el que se presenta estadísticamente seis meses al año), y tiempo brumoso (nivel de transparencia que es superado estadísticamente más de once meses al año).

El valor de T varía entre valores del orden de 0,25 a 0,94 según el lugar geográfico donde se encuentre la ayuda a la navegación y la hora del día cuando se realiza la observación. El valor típico de T es igual a 0,74 (sobre una milla náutica), y un valor usual para atmósfera muy clara es de  $T = 0,84$  (milla náutica).



Cuando la unidad utilizada para la determinación del coeficiente de transmisión atmosférica es el kilómetro este concepto se designa con la letra “A”. La relación entre T y A es la siguiente:

$$T = A^{1,852}$$

La visibilidad meteorológica “V” está directamente relacionada con la transmisividad atmosférica T según:

$$T = 0,05^{1/V}$$

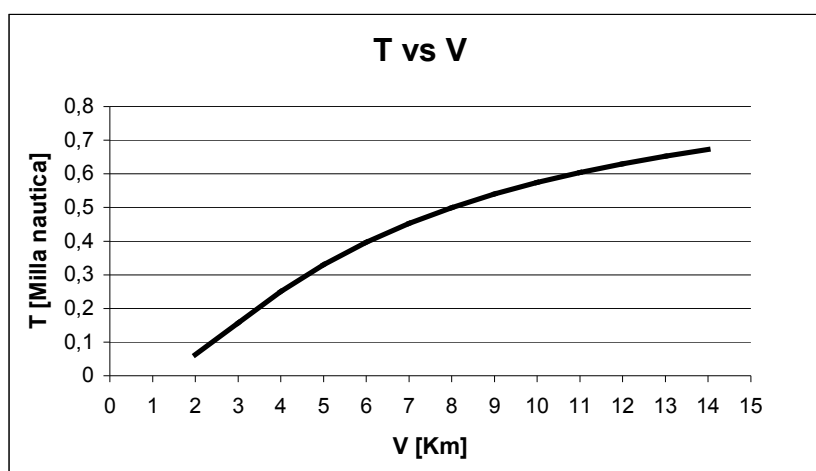


Gráfico N° 1

El gráfico N° 1 muestra la relación entre T y V. Evidentemente a mayor visibilidad meteorológica (claridad de la atmósfera) mayor coeficiente de transmisión atmosférica.

### 3.2.3. Refracción atmosférica

Este fenómeno resulta del normal decremento de la densidad atmosférica desde la superficie de la tierra hacia la estratosfera. Ello provoca que los rayos luminosos que se dirigen a través de la atmósfera sea refractados (o doblados) oblicuamente hacia la tierra.

### 3.2.4. Contraste

El contraste caracteriza la aptitud del ojo humano para distinguir un objeto del fondo del que se proyecta. Dicho de otra forma es la capacidad de detectar diferencias de “luminancia” [ $\text{Cd/m}^2$ ] entre un objeto y un fondo uniforme.



Se define luminancia como la densidad de flujo luminoso, o sea el valor de intensidad luminosa por unidad de superficie vista desde el observador. alguna referencia adicional al cálculo de la luminancia en forma simplificada se indica en el punto 3.3.2.

La evaluación del contraste de un objeto respecto al fondo depende de si la observación se realiza a corta distancia o a grandes distancias, ya que en este último caso la “transparencia” de la atmósfera influye en la aptitud del ojo humano para discernir un objeto a la distancia.

#### 3.2.4.1. Contraste a cortas distancias

En términos generales cuando un objeto se proyecta sobre un fondo de grandes dimensiones, el contraste en distancias cortas se calcula como:

$$C(0) = \frac{|L_0 - L_F|}{L_F}$$

siendo  $L_0$  y  $L_F$  las luminancias del objeto y del fondo respectivamente.

En forma particular si se tiene una señal de luminancia  $L_A$  que se ve proyectada sobre el cielo, se define su contraste a corta distancia sobre el cielo como:

$$C_C(0) = \frac{|L_A - L_C|}{L_C}$$

Pero cuando el fondo está compuesto por suelo y cielo, el contraste de una señal de luminancia  $L_A$  sobre el suelo relativo al cielo a corta distancia se define como:

$$C_S(0) = \frac{|L_A - L_S|}{L_C}$$

#### 3.2.4.2. Contraste a distancias grandes

Como fuera dicho anteriormente, el estado de transparencia de la atmósfera influye en la aptitud del ojo humano para discernir un objeto a la distancia. Este efecto se puede asimilar a la modificación del contraste del objeto en relación al fondo.

Al igual que en el contraste de corta distancia, se tiene contraste sobre el cielo y sobre el suelo relativo al cielo. Sea entonces  $x$  la distancia a la que se observa una señal de contraste  $C_{(0)}$  ya definido se tiene:

$$C_C(x) = 0,05^{\frac{x}{V}} \cdot C_C(0)$$

$$C_S(x) = 0,05^{\frac{x}{V}} \cdot C_S(0)$$



### 3.3. ALCANCE DIURNO

Es la máxima distancia en la que el contraste de un objeto contra su fondo se reduce por la atmósfera al umbral de contraste del observador.

Para el cálculo de este alcance visual o distancia de reconocimiento podemos distinguir dos situaciones: con cielo claro o con cielo brumoso uniformemente cubierto.

#### 3.3.1. Alcance visual con cielo claro

Este calculo más simplificado es utilizado como una primera aproximación en una etapa de diseño. Resulta de la simple consideración de la agudeza visual y desprecia entonces las condiciones de visibilidad meteorológica.

$$d = 0,291 \frac{X}{1/\delta}$$

siendo:

d: dimensión mínima de la Ayuda a la Navegación

x: alcance visual

$1/\delta$  : valor de agudeza visual en unidades Snellen

La agudeza visual depende del nivel de iluminación de la ayuda a la navegación, pero para valores superiores a los crepusculares (> 300 lux), vale 1,2.

En el gráfico N° 2 se muestra como varía la agudeza visual en función de la iluminación de la ayuda a la navegación.

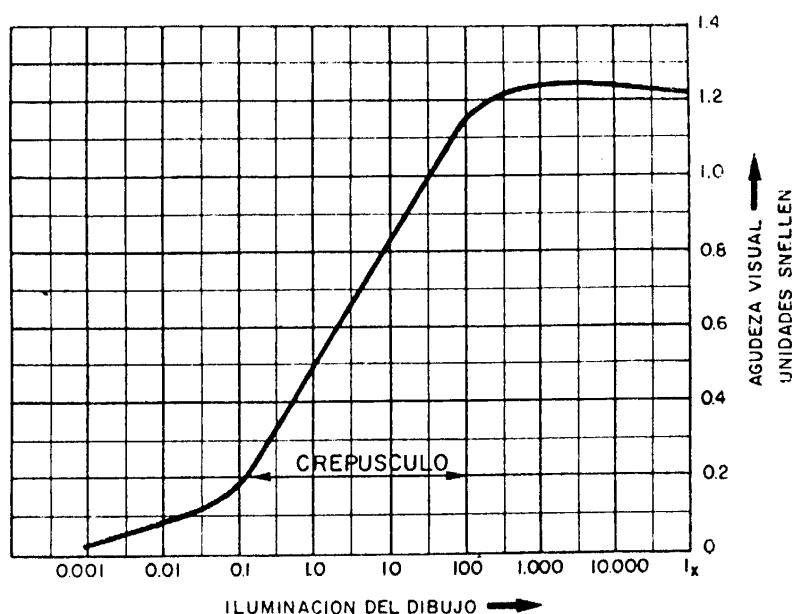


Gráfico N° 2



En esta aproximación se recomienda que para facilitar el reconocimiento de una ayuda a la navegación, para un alcance diurno especificado se adopte un valor de “d” de más del doble de los valores teóricos.

### 3.3.2. Alcance visual con cielo brumosos uniformemente cubierto

En este caso si es necesario considerar el valor de contraste “C” y la visibilidad meteorológica “V”.

Para el cálculo de las luminancias de la ayuda a la navegación  $L_A$ , del suelo  $L_S$  existen fórmulas simplificadas a partir del conocimiento de la luminancia del cielo  $L_C$ , tal como:

$$L_S = 2,34 \beta' L_C$$

$$L_A = 3 \beta L_C (0,308 + 0,389 \beta')$$

Siendo:

$\beta$ : factor de luminancia de la señal = f (colores),  $0 < \beta < 1$

$\beta'$ : factor de luminancia del suelo = f (tipo de suelo),  $0,03 < \beta' < 1$

A partir del cálculo de  $L_A$ ,  $L_S$  y conociendo  $L_C$ , se pueden calcular los valores de contraste  $C_S$  y  $C_C$ .

Para el cálculo del alcance visual en este caso se considera “d” lado medio de la señal como:

$$d = \sqrt{S} \quad \text{siendo } S \text{ la superficie de la señal}$$

La experiencia indica que para que una señal sea visible se deben cumplir dos condiciones:

- El contraste a una distancia x debe ser superior al umbral de 0,05.
- El ángulo sólido de observación de la señal debe ser superior a un cierto valor límite que es función de la distancia “x” dado el contraste según:

$$\frac{d^2}{X^2} > \frac{0,038}{C_{(x)}}$$

Combinando las ecuaciones de contraste y de ángulo sólido se tiene:

$$C_{(0)} \cdot 0,05^{\frac{x}{d}} \cdot \frac{d^2}{X^2} = 0,038 \quad \text{para } d/x < 1 \quad (d \text{ [m], } x \text{ [Km]})$$



$$C_{(0)} \cdot 0,05^{\frac{x}{V}} = 0,05 \quad \text{para } d/x > 1 \quad (d \text{ [m]}, x \text{ [Km]})$$

Estas ecuaciones tienen sus correspondientes ábacos para la resolución gráfica.

### 3.3.3. Método simplificado de IALA

IALA establece un cálculo aproximado de dimensionamiento de formas y marcas de tope considerando que la distancia de reconocimiento (alcance diurno) puede evaluarse como 500 veces la altura de la forma para el caso de señales esférica, cónicas o cilíndricas. Si se utilizaran señales de castillete recomienda el uso de marcas de tope.

Las dimensiones relativas de las marcas de tope respecto de las señales se indican en la figura N° 1.

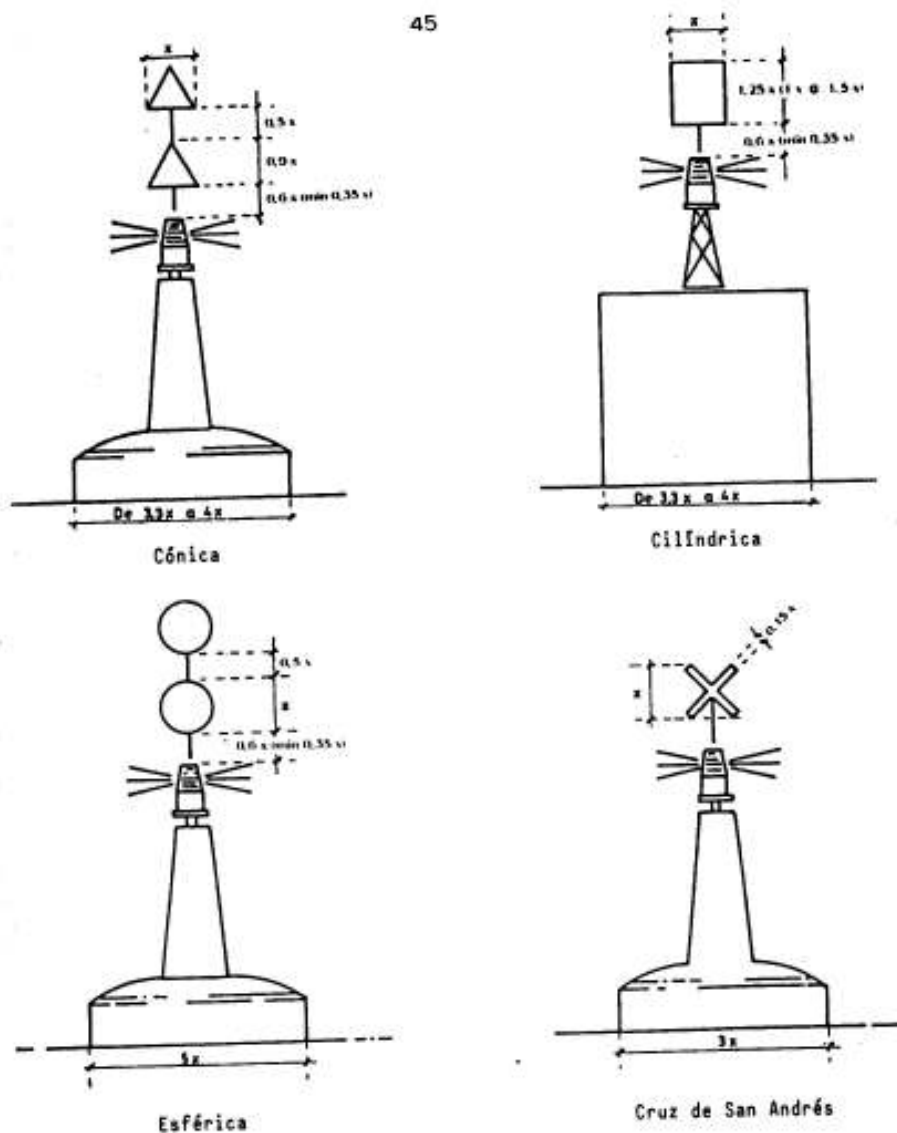


Figura N° 1



### 3.4. ALCANCE NOCTURNO

El alcance luminoso de las Ayudas a la Navegación se define como aquella distancia en la que el nivel de iluminación en un plano vertical normal a la dirección de la señal es igual al umbral inferior de percepción de la luz. Este concepto no tiene en cuenta la elevación, la altura del observador, ni la curvatura de la tierra.

El umbral de percepción de la luz o límite inferior de percepción de la luz es aquel nivel de iluminación mínimo que permite una respuesta fisiológica en la visión. Este valor ha sido fijado por IALA en  $0,2 \cdot 10^{-6}$  lux (0,2 micro lux). Este valor supone que el observador ve el objeto sobre un fondo negro y dispone de tiempo ilimitado para realizar la observación. Cuando no se dan estas condiciones, por ejemplo señales con iluminación de fondo (ejemplo: Puerto de Buenos Aires), se establece como umbral  $1 \cdot 10^{-3}$  lux (1 mililux).

Para observaciones diurnas se toma 1 microlux como umbral de percepción de la luz.

#### 3.4.1. Fórmula de Allard

Los alcances nocturnos se determinan con la fórmula de Allard:

$$E_0 \cdot D^2 = I_C \cdot c^D \quad \text{donde:}$$

$E_0$  = Umbral de percepción de la luz [lux]

$D$  : Alcance [m]

$I_C$  : Intensidad de cálculo en candelas [Cd]

$c$  : Coeficiente de transparencia atmosférica (por metro) del lugar

Este coeficiente de transparencia por metro “c” está relacionado con “T” y “A” de la siguiente forma:

$$T = c^{1852} \qquad A = c^{1000} \qquad (A \text{ [Km] ; } T \text{ [milla]})$$

Esta fórmula de Allard es usualmente manejada a través de ábacos tal como el indicado en la figura N° 2.

Como fuera indicado anteriormente cuando el fondo donde se proyecta la señal tiene una luminancia elevada hay que entrar en los ábacos con 1/5 de la intensidad de cálculo, lo que equivale a tomar  $E_0 = 1 \cdot 10^{-6}$  lux.

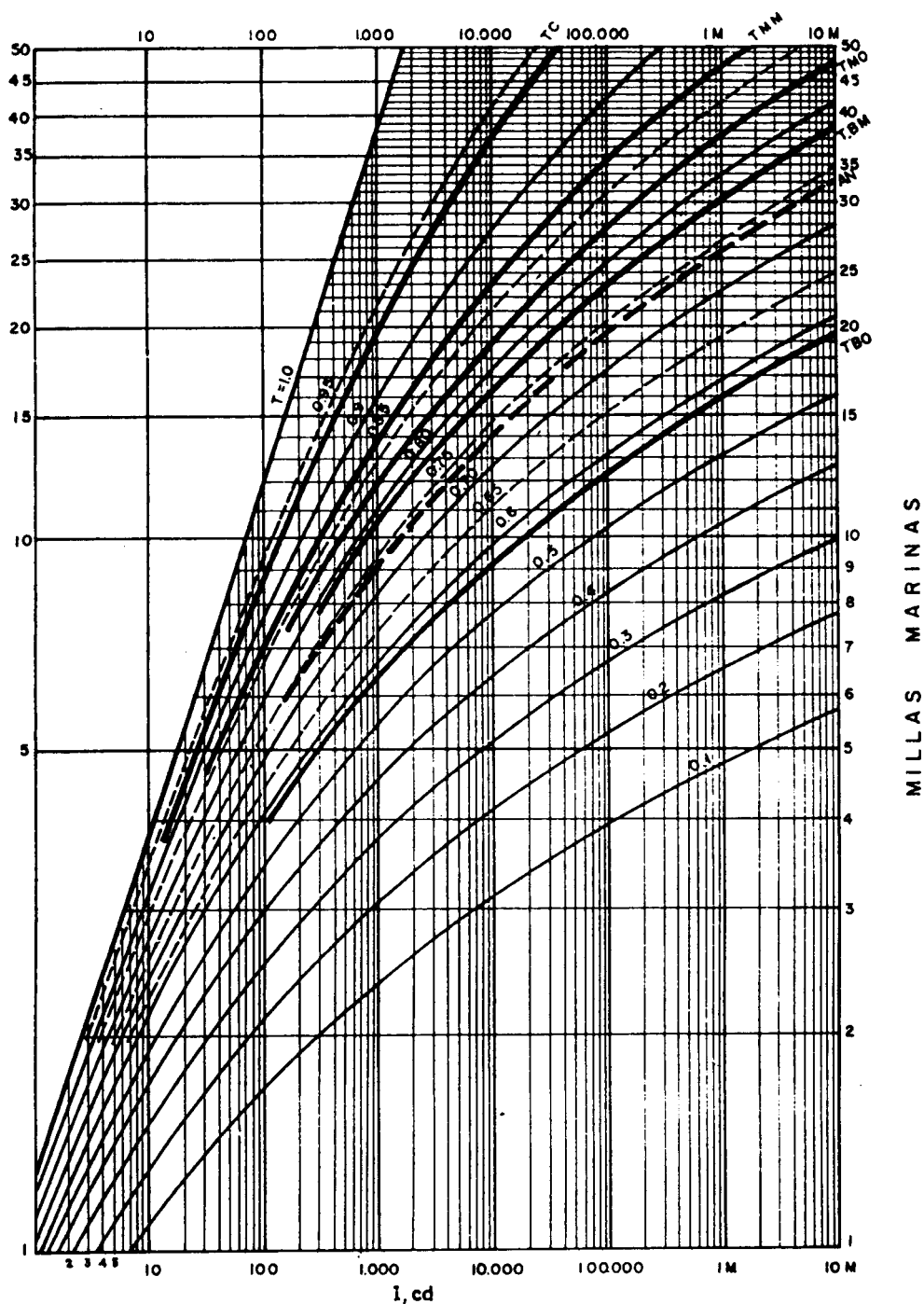


Figura N° 2. Fórmula de Allard para  $E_0 = 0,2 \cdot 10^{-6}$  lux

Asociado al cálculo del alcance luminoso están los conceptos de “Alcance nominal nocturno y diurno” e “Intensidad de cálculo” que se describen a continuación.



### 3.4.2. Alcance nominal nocturno

Tradicionalmente los estados de la atmósfera considerados son “claro”, “medio” y “brumoso”, representados en los ábacos de Allard como “Tc”, “Tm” y “Tb” en lo que se refiere al coeficiente “T”. Pero como estos estados de la atmósfera dependen de la localidad donde nos encontremos y es conocido sólo por los navegante locales se determina el que “alcance nominal nocturno” es el alcance luminoso que se corresponde a una visibilidad meteorológica de 10 m.n., lo que equivale a un coeficiente de transmisión atmosférica de  $T=0,74113$ .

### 3.4.3. Alcance nominal diurno

En forma similar a la anterior se define como “alcance nominal diurno” de una señal luminosa como la distancia en millas náuticas a la que la luz (de la señal) presenta un nivel de iluminación sobre el ojo del observador de  $1 \times 10^{-3}$  lux en una atmósfera homogénea con visibilidad meteorológica de 10 m.n., lo que equivale a un coeficiente de transmisión atmosférica de  $T=0,74113$ .

### 3.4.4. Intensidad luminosa de cálculo

Usualmente las luces utilizadas en las ayudas a la navegación no se presentan como una luz blanca y fija, sino que pueden ser destellantes y tener un color, aspectos característicos de la señal luminosa. Tampoco las características eléctricas y ópticas de las linternas son todas iguales. Por ello es importante detallar como influyen estos aspectos en la determinación de la intensidad luminosa de cálculo. En puntos subsiguientes se detallan estos aspectos.

Se tiene entonces:

$$I_C = I_e \cdot \alpha_o \cdot \alpha_c$$

$I_c$  : Intensidad de cálculo [Cd]

$I_e$  : Intensidad efectiva [Cd]

$\alpha_o$  : coeficiente por eficiencia óptica de la linterna ( $\alpha_o \sim 0,9$ )

$\alpha_c$  : Coeficiente por pérdidas de filtro para pasar de luz blanca a luz de color

Para linternas de lámparas incandescentes:  $\alpha_c \sim 0,3$  (color rojo o verde)

Para linternas de led (no hay filtros):  $\alpha_c = 1$



### 3.4.4.1. Intensidad efectiva o eficaz

Cuando la luz (de una ayuda a la navegación) que se observa presenta un destello rítmico, la percepción que tiene el ojo humano de esa luz, y su intensidad, es diferente a que si esa misma luz fuera fija.

Se define “Intensidad efectiva” como la intensidad luminosa de una luz fija ficticia que, en relación con la luz destellane, aparentemente tiene su misma intensidad, es decir, produce la misma respuesta en los órganos sensitivos del ojo humano.

La reducción aparente de la intensidad de una luz destellante, respecto de la intensidad de esa misma luz si fuera fija, es subjetiva y debida a la naturaleza del ojo del observador.

A la intensidad luminosa de una luz fija se la llama “intensidad de pico” ( $I_0$ ).

Existen tres métodos para el cálculo de la intensidad efectiva. Nosotros nos circunscribiremos al método de Schmidt-Clausen (método I), que es el que utiliza IALA.

La forma que tiene el destello, es decir, la variación de la intensidad luminosa instantánea ( $I_{(t)}$ ) en función del tiempo tiene obviamente gran influencia en la determinación de la intensidad efectiva. Esta forma del destello depende de las características de eléctricas- electrónicas de la linterna ( lámpara incandescente, led, linternas giratorias). Algunas formas típicas son las rectangulares, trapeciales, sinusoidales y de Gauss.

La intensidad efectiva por este método se calcula de la siguiente forma:

$$I_e = I_0 \frac{\tau}{\frac{C}{F} + \tau} \quad \text{siendo:}$$

$I_0$  : Intensidad de pico [Cd]

$\tau$  : Duración total del destello ( $t_2 - t_1$ ) [seg]

C : Constante de tiempo de la visión. C = 0,2 seg (nocturno), C= 0,1 seg (diurno)

F : Factor de forma de Schmidt-Clausen, definido por:

$$F = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I_{(t)} \cdot dt}{\tau}$$

Esta integral representa lo indicado en el la figura N° 3.

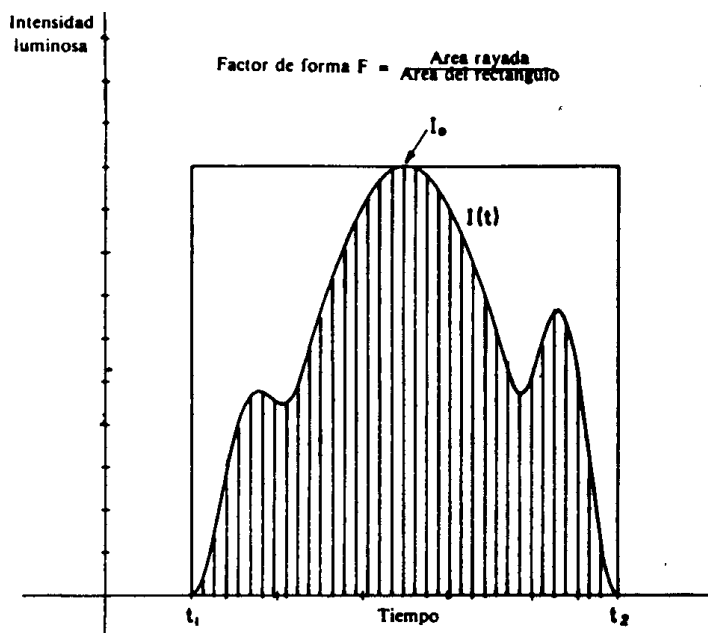


Figura N° 3

Como mencionáramos anteriormente existen tres métodos distintos para el cálculo de la intensidad efectiva, y existen también algunas formas típicas de destello.

En las figuras N° 4 y N° 5 se observan ejemplos de cálculo de  $I_e / I_0$  que muestran estas influencias.

	Rectangular	Trapezoidal	En seno cuadrado	En curva de Gauss
Duración del desarrollo en segundos				
Método	I II III	Método I II III	Método I II III	Método I II III
.001	.004975 .004988 .004975	.003736 .003741 .003731	.004562 .004572 .004561	.002494 .002494 .002488
.002	.009901 .009930 .009901	.007444 .007463 .007426	.009083 .009121 .009076	.004975 .004976 .004952
.005	.02439 .02460 .02439	.01840 .01852 .01829	.02240 .02263 .02236	.01235 .01235 .01221
.01	.04762 .04777 .04762	.03614 .03639 .03573	.04383 .04471 .04366	.02439 .02442 .02388
.02	.08091 .08516 .08091	.06877 .07143 .06829	.08397 .08726 .08339	.04762 .04779 .04583
.05	.2000 .2212 .2000	.1579 .1666 .1511	.1864 .2031 .1839	.1111 .1124 .1028
.1	.3333 .3935 .3333	.2727 .2995 .2554	.3143 .3628 .3082	.2000 .3053 .1774
.2	.5000 .6321 .5000	.4286 .6964 .3944	.4783 .5901 .4674	.3333 .3509 .2829
.5	.7143 .9179 .7143	.6522 .8000 .6000	.6962 .8889 .6825	.5556 .6103 .4553
1	.8333 .9933 .8333	.7895 .9545 .7307	.8209 .9874 .8094	.7143 .7992 .5800
2	.9091 ~ 1 .9091	.8824 .9975 .8435	.9016 .9998 .8939	.8333 .9230 .7064
5	.9615 ~ 1 .9615	.9494 ~ 1 .9283	.9582 ~ 1 .9544	.9259 .9649 .8208
10	.9804 ~ 1 .9804	.9740 ~ 1 .9622	.9786 ~ 1 .9766	.9615 .9961 .8810
.002912 .002908 .002995	.002806 .002793 .002747	.01439 .01433 .01407	.02837 .02830 .02729	.05518 .05476 .05163
.1274 .1268 .1131	.2380 .2273 .1910	.3687 .3804 .2901	.5935 .6400 .4602	.7649 .8187 .5970
.8538 .9267 .7127	.9159 .9661 .8253	.9669 .9904 .8946		

Figura N° 4. Formas simétricas

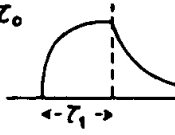
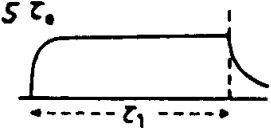
Duración del cierre del circuito, en segundos	Curvas de encendido y apagado					
	Constante de tiempo térmica del filamento $\tau_0$					
	$\tau_1 = 2 \tau_0$			$\tau_1 = 5 \tau_0$		
						
	Método			Método		
	I	II	III	I	II	III
.001	.005749	.005694	.005667	.005009	.004995	.004971
.002	.01143	.01125	.009949	.009967	.009926	.009860
.005	.02810	.02730	.02672	.02455	.02440	.02400
.01	.05466	.05240	.05033	.04793	.04862	.04616
.02	.1037	.09799	.09120	.09147	.09133	.08619
.05	.2243	.2106	.1835	.2011	.2058	.1824
.1	.3664	.3500	.2847	.3348	.3574	.2951
.2	.5363	.5344	.4056	.5017	.5684	.4349
.5	.7430	.7874	.5694	.7157	.8540	.6243
1	.8526	.9116	.6781	.8343	.9665	.7434
2	.9204	.9643	.7658	.9096	.9933	.8317
5	.9666	.9871	.8499	.9618	.9983	.9065
10	.9830	.9935	.8938	.9805	.9992	.9402

Figura N° 5. Formas asimétricas

### 3.5. ALCANCE GEOGRÁFICO

Es la mayor distancia a la que un objeto o una luz puede ser vista bajo condiciones de perfecta visibilidad y limitada solamente por la curvatura de la tierra, la refracción de la atmósfera, la elevación del observador y el objeto o luz. Usualmente este concepto está relacionado con los faros, por ser señales de gran alcance nocturno y también diurno.

Solamente a título ilustrativo se muestra en las figuras N° 6 y N° 7 imágenes de dos faros Australianos.

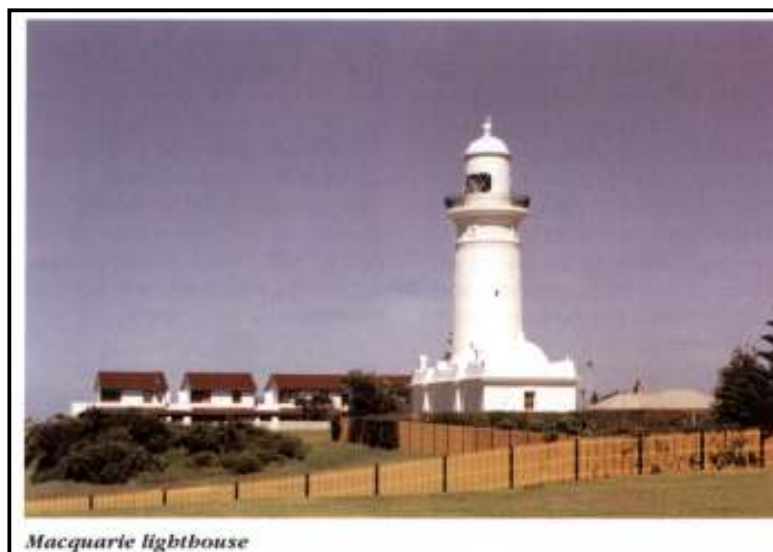


Figura N° 6

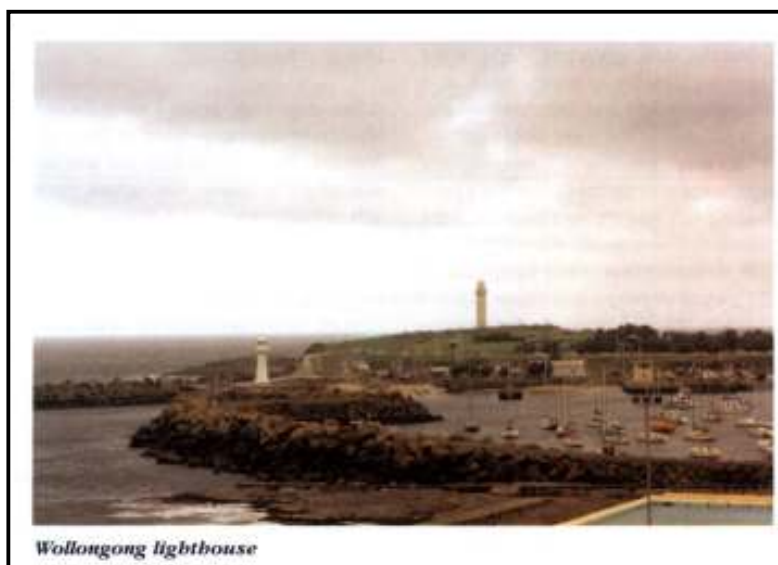


Figura N° 7

Como una primera aproximación si se adopta una propagación recta de la luz (sin tener en cuenta la refracción atmosférica, Figura N° 8), se tiene la siguiente expresión:

$$D = 1,927 (\sqrt{h} + \sqrt{H}) \text{ siendo:}$$

D : Alcance en millas

h : Altura del observador [m]

H : Altura de la luz [m]

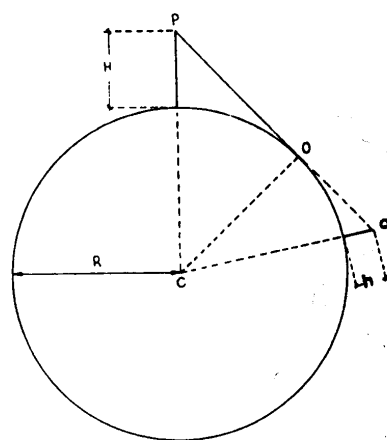


Figura N° 8

Si en cambio se considerara la curvatura de la tierra más el efecto de la refracción atmosférica se tiene:

$$D = 2,03 (\sqrt{h} + \sqrt{H}) \text{ siendo:}$$



D : Alcance en millas

h : Altura del observador [m]

H : Altura de la luz [m]

La figura N° 9 muestra el esquema que representa el efecto descripto.

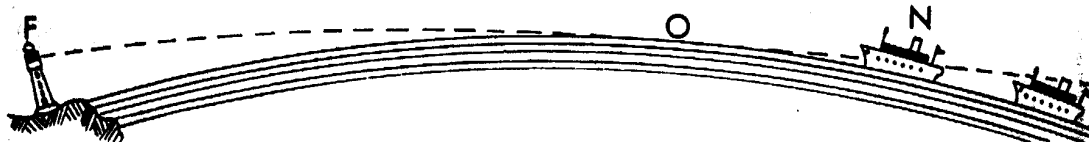


Figura N° 9

A título de ejemplo en la tabla N°1 se indican los alcances geográficos para distintos valores de “h” y “H”.

Alcance Geográfico en millas náuticas											
Altura del ojo del observador [m]	Elevación de la señal										
	[m]										
	0	1	2	3	4	5	10	50	100	200	300
1	2,0	4,1	4,9	5,5	6,1	6,6	8,4	16,4	22,3	30,7	37,2
2	2,9	4,9	5,7	6,4	6,9	7,4	9,3	17,2	23,2	31,6	38,0
5	4,5	6,6	7,4	8,1	8,6	9,1	11,0	18,9	24,8	33,2	39,7
10	6,4	8,4	9,3	9,9	10,5	11,0	12,8	20,8	26,7	35,1	41,6
20	9,1	11,1	11,9	12,6	13,1	13,6	15,5	23,4	29,4	37,8	44,2
30	11,1	13,1	14,0	14,6	15,2	15,7	17,5	25,5	31,4	39,8	46,3

Tabla N° 1

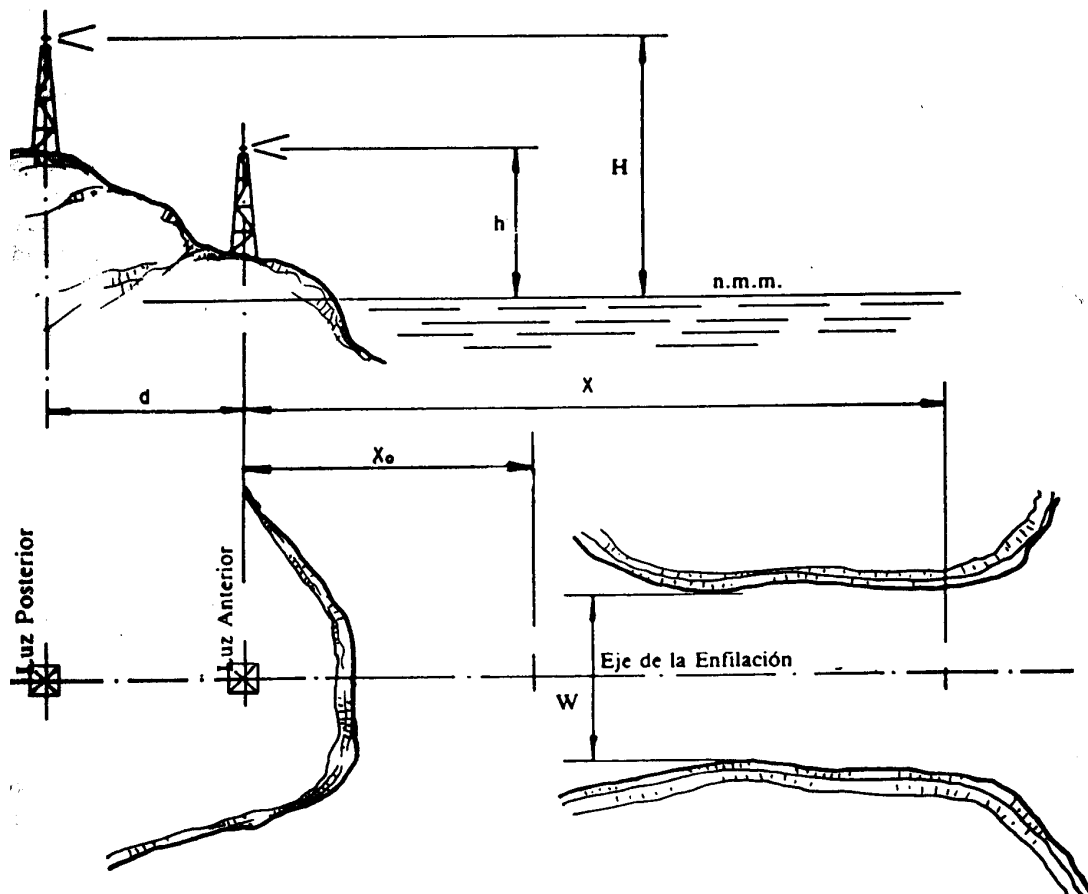
### 3.6. ENFILACIONES

Las enfilaciones están constituidas por un conjunto de dos luces para el caso de señalización nocturna, o dos pantallas para el caso de señalización diurna, una anterior y otra posterior, siendo más bajo el plano focal de la luz o pantalla anterior. Constituyen un excelente sistema de guía de los buques a lo largo de canales, pasos navegables o zonas litorales con escollos. El diseño de estas enfilaciones, consiste en determinar la distancia entre las dos luces o pantallas, denominada base, y la diferencia de cota entre sus planos focales. Por supuesto también es parte del diseño la determinación de la intensidad luminosa o de sus dimensiones ya sea para alcance nocturno o diurno respectivamente.

La proyección horizontal de la línea que une las dos señales es el eje de enfilación.

El tramo a lo largo del cual los buques son guiados por la enfilación es el “segmento de utilización” o “longitud útil” de la enfilación ( $x - x_0$ ).

La figura N° 10 muestra los parámetros de diseño.



- $x$  = distancia desde la luz anterior al extremo anterior de la enfilación (límite del alcance).
- $x_0$  = distancia desde la luz anterior al extremo posterior de la enfilación.
- $d$  = distancia desde la luz anterior a la luz posterior.
- $H$  = altura de la luz posterior.
- $h$  = altura de la luz anterior.
- $W$  = ancho del canal.

Figura N° 10

El cálculo de las enfilaciones se basa en la hipótesis que el “ángulo náutico de visión distinta” entre dos luces (o pantallas) es de:

$$\delta = \gamma = \frac{1}{1000} \text{ radianes}$$

En las figuras N° 11 y N° 12 se indica qué representan estos ángulos.

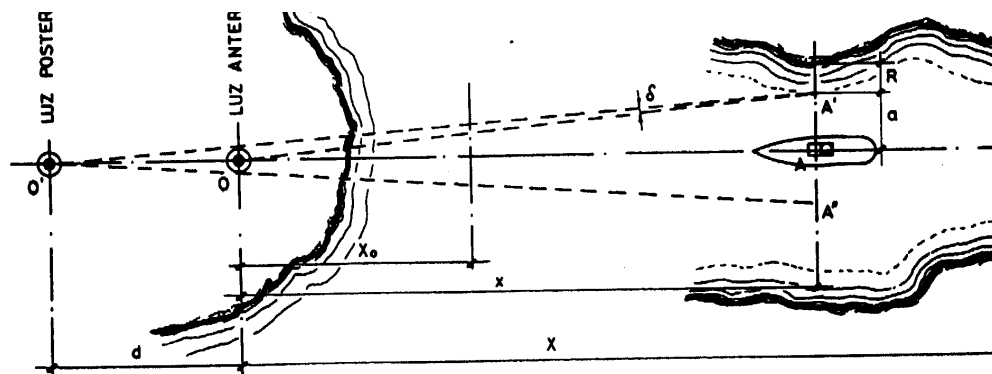


Figura N° 11

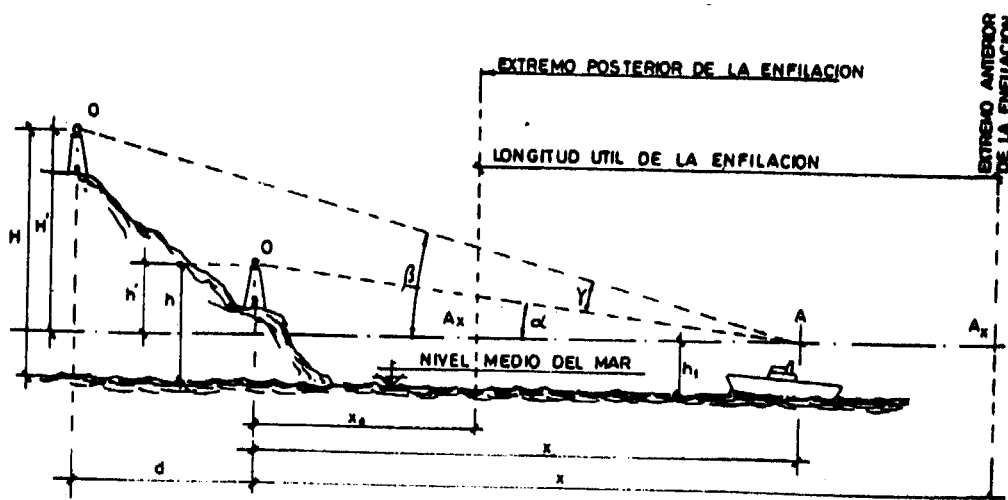


Figura N° 12

Las expresiones para determinar la base y la altura H son las siguientes:

$$d = K \cdot X \left( \frac{H - h}{W} \right)$$

$$H = \frac{X}{650} + h \quad \text{Siendo:}$$

K : Coeficiente de sensibilidad lateral (adimensional)

El resto de las magnitudes expresadas en [m].

La sensibilidad “K” de una enfilación debe permitir corregir el rumbo si se está navegando fuera del eje de la enfilación, de manera compatible con la velocidad de navegación de la embarcación y la conformación de la zona que se quiere señalar.

En la tabla N° 2 se indican los rangos de diseño para el coeficiente “K”.



K	Calidad de la enfilación	Observaciones
< 0,6	Inutilizable	Debe ser mejorada
0,6 a 1	Mala	Debe ser mejorada
1 a 1,5	Regular	Debe ser mejorada si el gasto es pequeño
1,5 a 2,5	Buena	
2,5 a 3,5	Muy buena	
3,5 a 4,5	Excelente	
> 4,5	Excesiva	La información es demasiado rápida

Tabla N° 2

### 3.7. BIBLIOGRAFÍA

- IALA Navguide Edition 4, Dec 2001
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Puertos y Costas (España), “Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación”- 1986.
- Página web: “La meteorología al alcance de todos” (Silvia Larocca). [http://www.geocities.com/silvia\\_larocca/](http://www.geocities.com/silvia_larocca/)
- Software de diseño de Ayudas a la Navegación “Lighthouse design 1.0”. Página Web de la firma Sabik. <http://www.sabik.com/> →extranet (username: hidrovía; password: hidrovía)→ products → Software → Design Software.
- Página web Tideland : <http://www.tidelandsignal.com>
- Página web Tideland : <http://www.automaticpower.com>
- Página web Tideland : <http://www.vega.co.nz>