

Guía de la IALA n.º 1061

sobre las

**Aplicaciones de la luz de
Iluminación de estructuras**

On

Light Applications

Illumination of Structures

1ª Edición

Diciembre de 2008

Puertos del Estado



10, rue des Gaudines
78100 Saint Germain en Laye, France
Telephone +33 1 34 51 70 01 Fax +33 1 34 51 82 05
e-mail - contact@iala-aism.org Internet: www.iala-aism.org

Revisiones del Documento

Las revisiones realizadas al Documento de la IALA se anotarán en el siguiente cuadro antes de la difusión de un documento revisado.

Fecha	Página / Sección Revisada	Necesidad de Revisión

Índice de Contenidos

REVISIONES DEL DOCUMENTO	1
ÍNDICE DE CONTENIDOS	3
1 ÁMBITO DE APLICACIÓN	5
2 OBJETIVOS	5
3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS	5
3.1 Principios básicos	5
3.2 Iluminación indirecta	6
3.2.1 Iluminación directa	6
3.3 Tipos de Iluminación	6
3.3.1 Lámparas de haz sellado	6
3.3.2 Lámparas de sodio y de mercurio	6
3.3.3 Luces LED	7
3.3.4 Tubos LED	7
4 APLICACIONES CARACTERÍSTICAS	7
4.1 Faros y luces menores	7
4.2 Obstáculos	9
4.2.1 Balizas y marcas	9
4.2.2 Iluminación de diques	9
4.2.3 Señalización de un duque de alba	9
4.2.4 Iluminación de columnas de puentes	10
4.2.5 Iluminación de contornos	10
4.2.6 Iluminación a distancia	10
4.2.7 Iluminación con luces LED de tubo	11
4.2.8 Área de iluminación extendida	11
4.2.9 Ayuda a la navegación en la entrada de una esclusa	12
4.2.10 Iluminación de esclusas	12
4.3 Señales	13
4.3.1 Iluminación	13
4.3.2 Retroiluminación	13
5 CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO	14
5.1 Requisitos de rendimiento	14
5.1.1 Fuentes luminosas	14
5.1.2 Distribución de luz	15
5.2 Colocación de fuentes luminosas	15

5.3	Iluminancia (nivel de iluminación)	15
5.3.1	Iluminación de señales y paneles	15
5.3.2	Señales retroiluminadas con tecnología LED	16
5.3.3	Nivel de iluminancia para esclusas	16
5.3.4	Tipo de reflectividad (lambertiana o retrorreflexión)	16
5.3.5	Material retrorreflectante	17
5.4	Iluminación con proyectores bajo demanda	17
6	REFERENCIAS	17

1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta guía no se ocupa de la iluminación arquitectónica sino que se centra en los aspectos de la iluminación relacionados con la navegación. La iluminación puede proporcionar una ayuda importante a la navegación. Esta guía ayudará al proveedor del servicio a la hora de considerar e implantar la iluminación de las estructuras de ayudas a la navegación.

La iluminación de estructuras fijas a menudo se denomina iluminación con proyectores o iluminación de fachadas.

2 OBJETIVOS

La iluminación de estructuras fijas significa que las estructuras de soporte de una luz de navegación u obstáculo a la navegación se iluminan o se dotan de reflectores o focos que proyectan una luz fija, que no deslumbra.

El propósito de tal iluminación consiste en garantizar que el navegante identifique el objeto de una manera concluyente y en permitir que se estime la distancia y la posición relativa del objeto.

3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La aplicación principal está orientada a la navegación de corta distancia, como en puertos y en aguas restringidas, sobre estructuras típicas como las siguientes:

- Estructuras situadas en el mar, balizas;
- Muelles, embarcaderos, diques, duques de alba;
- Esclusas, puentes, pictogramas.

La iluminación no debe interferir con ninguna luz de navegación. Si se montan en la misma estructura, se necesita una separación vertical suficiente entre los dos tipos de luz.

Se debe tomar en consideración el riesgo de deslumbrar al observador, lo que es un error común que debe evitarse. A menudo, es necesario utilizar pantallas para bloquear las fuentes luminosas.

Normalmente, el sistema de iluminación no tiene un sistema de respaldo, debido a las necesidades de gran potencia de la luz fija. Sin embargo, esto sí se puede lograr con la introducción de la tecnología LED (tubos LED).

Habitualmente, se emplea luz blanca, sin embargo pueden utilizarse luces laterales de color verde y rojo, mediante el uso de la tecnología LED.

3.1 Principios básicos

Existen dos maneras de lograr la iluminación de estructuras; la tradicional, mediante iluminación indirecta o mediante una luz directa que se proyecta hacia el observador.



Figura 1 Luz menor (Suecia)

3.2 Iluminación indirecta

La iluminación indirecta consiste en una lámpara que ilumina el objeto y el observador percibe la luz reflejada por el mismo (Fig. 1). Dicho método es de baja eficacia, ya que solamente una fracción de la luz proyectada se irradia hacia el observador. Este método es sencillo de aplicar debido a la utilización de materiales corrientes de iluminación y, normalmente, requiere suministro eléctrico de red. Una de sus ventajas es que se puede iluminar la estructura en su totalidad y también su entorno. La luz indirecta puede ayudar a que el observador identifique la estructura (p. ej. un faro fijo) mediante la iluminación de un texto identificativo (o un número de identificación).

Cabe la posible de mejorar la conspicuidad utilizando un mismo color para la luz indirecta y la zona iluminada.

3.2.1 Iluminación directa

La proyección directa de luz hacia el observador es un método de reciente implantación, que hace uso de los LED difusos para dar la impresión de una zona débilmente iluminada, y que se asemeja a la iluminación con proyectores. Normalmente, la luz proyectada hacia el observador se emite desde unos tubos verticales dispuestos en torno a la estructura. Desde la distancia, estos tubos iluminados forman una banda de luz. La eficacia de la luz es alta, ya que casi toda la luz generada se dirige hacia el observador (Fig. 2).



Figura 2 El Faro de Almgrund (Suecia) provisto de tubos LED

3.3 Tipos de Iluminación

3.3.1 Lámparas de haz sellado

Como elemento de iluminación más sólido, encontramos las lámparas de haz sellado, que tienen una vida útil muy larga si funcionan a una tensión menor a la recomendada. Estas lámparas se emplean para la iluminación indirecta.

3.3.2 Lámparas de sodio y de mercurio

Las lámparas de sodio (Na) y de mercurio (Hg) se emplean con frecuencia para proporcionar iluminación indirecta y tienen la ventaja de una vida útil prolongada. El sodio emite una luz amarilla y el mercurio emite una luz blanca. Se suelen utilizar para balizar los lados opuestos de los canales con marcas laterales de color amarillo y blanco.

3.3.3 Luces de LEDs

Las luces LEDs se pueden utilizar para la iluminación indirecta con diferentes colores. Los LED son generadores eficaces de luces coloreadas, que a veces se llaman *colourwash* (lavado de color).

3.3.4 Tubos de LEDs

Los tubos de LEDs están diseñados para solucionar problemas asociados a los proyectores tradicionales de las ayudas a la navegación, pues no necesitan suministro de red eléctrica, no tienen un alto consumo ni necesitan mantenimiento. Estos emisores de luz directa funcionan con un suministro de baja tensión, lo que significa que se pueden utilizar con sistemas solares fotovoltaicos.



Figura 3 Faro iluminado (Suecia)

4 APLICACIONES CARACTERÍSTICAS

4.1 Faros y luces menores

La iluminación de los faros puede mejorar su identificación visual, y se considera tan importante como la luz tradicional de destellos del faro. La iluminación de la fachada debe contemplarse como un complemento a la luz principal de ayuda a la navegación.

Dicha iluminación ayuda al navegante a mantener las coordenadas del faro durante los periodos de oscuridad, ya que tiene un objeto a la vista que está permanentemente iluminado. Esto permite que la ayuda a la navegación se reconozca con facilidad y rapidez.

Las lámparas de haz sellado se pueden utilizar como la fuente luminosa en dichas edificaciones. Para prolongar la vida útil de las lámparas, se pueden operar a una tensión menor. Se suelen utilizar 4 lámparas en una baliza (de 2m de diámetro) y entre 8 y 12 lámparas en los faros de mayor tamaño.

Un faro con bandas blancas y negras, mostrará su banda blanca de noche. Dichas bandas se iluminan desde el interior con lámparas fluorescentes de 18W (Fig. 4). En caso de niebla, se encienden proyectores con lámparas de sodio a baja presión, ubicadas en lo más alto de la torre, para iluminar la torre y también la estructura del dique. Al utilizar la luz amarilla, el dique se destaca además como un obstáculo.



Figura 4 Nordermole, Travemünde (Alemania)

A continuación se muestra otro ejemplo de la utilización de la retroiluminación con una estructura hecha de un material transparente, bien sea la fibra de vidrio o bloques de vidrio. (Fig. 5).



Figura 5 Tamamo (Japón)

4.2 Obstáculos

4.2.1 Balizas y marcas

Para esta aplicación, no se deben utilizar luces fijas o de destellos. La iluminación de una baliza o marca permitirá al marino tener una apreciación mejor de la distancia y posición relativa de la ayuda a la navegación.

Las marcas pueden consistir en un cono de plástico que se ilumina desde arriba (Fig. 6). Cuando es necesaria la luz amarilla, se emplea una lámpara de sodio a baja presión. Alternativamente, cuando es necesaria la luz blanca, se emplea una lámpara de vapor de mercurio.



Figura 6 Marca iluminada en el Canal de Göta (Suecia)

4.2.2 Iluminación de diques

Estructuras importantes tales como diques, que se tienen que marcar como un obstáculo para el marino, se pueden señalar con un panel blanco iluminado por una luminaria provista de una lámpara de sodio a baja presión (Fig. 7). La luz amarilla indica que este punto es un obstáculo.



Figura 7 Tamaño del panel: 1050 x 760 mm: lámpara de sodio a baja presión de 90W.

4.2.3 Señalización de un duque de alba

En el Canal de Kiel, los duques de alba se señalizan de noche con pirámides amarillas retroiluminadas con lámparas de sodio a baja presión de 35W (Fig. 8).



Figura 8 Una pirámide de acrílico iluminada desde el interior que señala un duque de alba.

4.2.4 Iluminación de columnas de puentes

Si fuera necesario, las columnas de un puente se pueden iluminar. Se podrían emplear para tal fin lámparas de sodio a baja presión. Estas luces amarillas señalizan las columnas como un obstáculo para el marino. La iluminación se dispone en las columnas y proyecta su luz hacia abajo en dirección a la base de la columna. Los reflejos en la superficie del agua se pueden atenuar mediante el ajuste metódico de la cantidad de luz. También se pueden utilizar colores laterales.

4.2.5 Iluminación de contornos

En este caso particular, se pueden disponer a lo largo de los bordes o en torno a la estructura bandas de iluminación, que mejoran su visibilidad de noche (Figura 9).

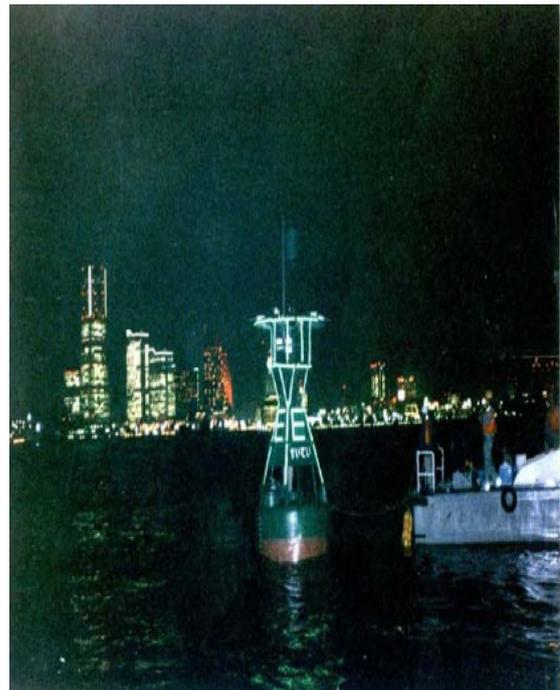


Figura 9 Iluminación de los contornos de una ayuda flotante (Japón)

4.2.6 Iluminación a distancia

Para esta aplicación, la manera tradicional de señalización, p. ej. una linterna o baliza en la ubicación, no es ni práctica ni económicamente viable. De noche, el riesgo se puede iluminar desde un lugar alternativo para destacarlo (Figura 10).



Figura 10 Sadamisaki (Japón)

4.2.7 Iluminación con luces LED de tubo

Las luces LED de tubo se diseñaron para enfrentarse a los problemas normalmente asociados con los proyectores tradicionales de las ayudas a la navegación, tales como la falta de acceso a la red eléctrica, el alto consumo de energía, los costes elevados de cables eléctricos submarinos y las dificultades de mantenimiento.



Figura 11 Iluminación con LED en la transitada aproximación a Gotemburgo (Suecia).

4.2.8 Área de iluminación extendida

Los proyectores convencionales se suelen equipar con lámparas de vapor de mercurio o sodio para iluminar la marca. La desventaja de este método reside en su posible confusión con la iluminación de fondo procedente de zonas urbanas, carreteras y puentes, sobre todo en las entradas a puertos u otras zonas densamente pobladas.

Para incrementar la conspicuidad en zonas donde la iluminación de fondo constituye un problema, como en las luces de diques, se considerarán medidas adicionales. Un ejemplo de ello es el uso de láminas de aluminio con una película fluorescente de colores, junto con una iluminación LED en bandas. Un área iluminada de 1.2m² (0,2m x 6,0m) dispuesta en un mástil de celosía (Fig. 12).

Con la tecnología LED, también se puede iluminar toda el área con destellos, lo que incrementaría aún más la visibilidad con respecto a la iluminación de fondo.



Figura 12 Área de iluminación extendida (Suecia)

4.2.9 Ayuda a la navegación en la entrada de una esclusa

Para ayudar al marinero en la aproximación a una esclusa, se colocan marcas especiales cerca de la compuerta –ayudas a la navegación de entrada. Hay varias soluciones posibles. Una de ellas consiste en disponer una señal con un rectángulo blanco y un borde negro de contraste (Fig. 13). De noche, se ilumina la parte blanca con una luminaria provista de una lámpara fluorescente de la misma longitud que el rectángulo blanco. Como dicha luminaria se coloca en las partes izquierda y derecha de la compuerta, de noche muestra dos líneas blancas para guiar al navegante hacia la entrada de la esclusa.



Figura 13 Se pueden ver a la izquierda y a la derecha de la compuerta de la esclusa unas ayudas a la navegación de entrada (Alemania).

4.2.10 Iluminación de esclusas

A fin de garantizar la navegación nocturna por esclusas, particularmente en vías de navegación interiores, las esclusas se iluminan de noche. Para ello, se iluminan tanto la instalación y sus partes, como las compuertas, las paredes del vaso y las plataformas, para que el marinero las vea (Fig. 14). Como la esclusa constituye un obstáculo y la visión cromática no es necesaria, se utiliza la luz amarilla de las lámparas de sodio a baja presión.



Figura 14 Iluminación nocturna de una esclusa (Alemania)

4.3 Señales

4.3.1 Iluminación

Los países con vías de navegación interiores muy extensas podrían desear proporcionar información adicional al marinero mediante la instalación de señalización relevante (Fig. 15). Tales señales pueden ser de distintos colores, y en ocasiones llevar un pictograma e incluso un texto informativo adicional, como "400". Si fuera necesario, se puede iluminar la señal con una luminaria para destacar la información de noche.



Figura 15 Señal típica con luminaria en la parte superior (Alemania).

4.3.2 Retroiluminación

Se puede utilizar la retroiluminación de la señalización para asistir el tránsito de embarcaciones a través de los ojos de un puente (Figura 16). Una posible solución consiste en usar paneles acrílicos de color que se iluminan por la parte trasera para definir el canal seguro. Dicha tecnología puede conseguir un alto grado de uniformidad, así como un nivel definido de contraste de la luminancia entre los diferentes colores.

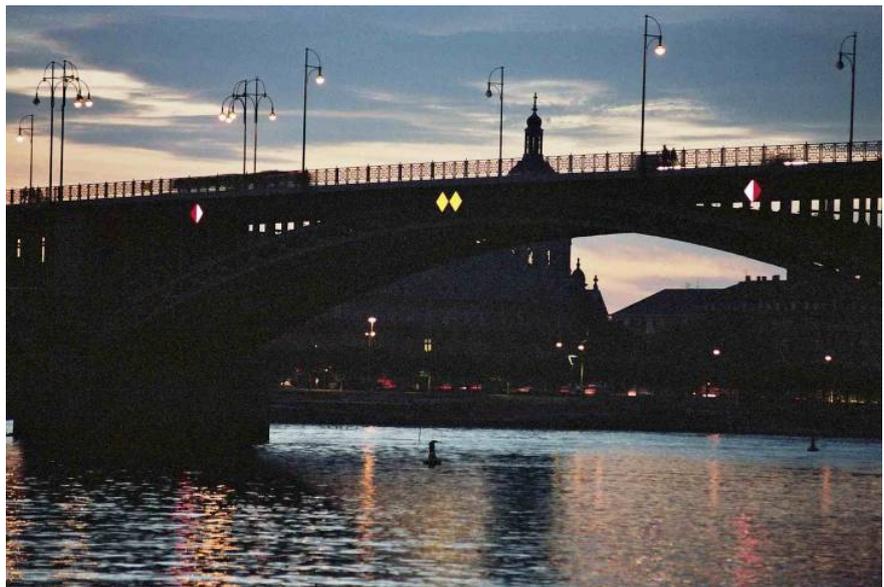


Figura 16 Señalización de colores en un puente (Alemania)

5 CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO

Los objetos iluminados con proyectores, tubos LED, retroiluminados o con contornos iluminados se suelen emplear en una distancia de hasta 1M. Más allá de esta distancia, la estructura iluminada con proyectores o retroiluminada suele convertirse en una fuente en punto y la luminancia queda demasiado baja para que se pueda detectar. Se debe mantener como una zona iluminada que da un arco mínimo de 3 minutos (0,05 grado) subtendido por el ojo del observador.

La situación es algo diferente en el caso de una estructura cuyos contornos se han iluminado. Será necesario reconocer o definir los contornos individuales dentro de la zona iluminada. Por lo tanto, se requiere un ángulo subtendido mayor.

Las consideraciones generales deben incluir los siguientes aspectos:

- La luz directa no debe ocasionar el deslumbramiento de los ojos del observador.
- Se debe evitar o minimizar cualquier tipo de luz directa en la superficie del agua para prevenir los reflejos.

5.1 Requisitos de rendimiento

5.1.1 Fuentes luminosas

Si se tiene que iluminar una superficie y los colores de la misma son importantes para el mariner, es muy importante que haya una fuente luminosa con un alto nivel de reproducción cromática durante toda la vida útil de la lámpara. Son beneficiosas tanto una alta eficacia como una vida útil prolongada de la fuente luminosa. Además, el coste de la fuente luminosa debe ser bajo. A la hora de comparar dichas características, suele presentar más ventajas una lámpara fluorescente que la tecnología LED.

Una lámpara de sodio a baja presión es la fuente luminosa con mayor eficacia entre 100lm/W y 120lm/W. Tiene una vida útil prolongada de más de 10.000 horas y, además, es una lámpara muy fiable que se ha probado y examinado a fondo.

En cuanto a las luces amarillas, los LED de alta potencia tienen una eficacia de aproximadamente la mitad que la lámpara de sodio a baja presión; y pueden generar mucho calor. Es necesario, por lo tanto, realizar una administración minuciosa del calor para mejorar la eficacia y mitigar los fallos prematuros. Por otra parte, el coste de una lámpara de sodio a baja presión es mucho menor que el de una matriz de LEDs.

Las lámparas de haz sellado (p. ej. PAR 36 SB4589 28V 50W) se pueden emplear para la iluminación de estructuras. Para prolongar la vida útil de las lámparas, se pueden operar a una tensión más baja, p. ej. 22V. Se suelen utilizar 4 lámparas en una baliza (de 2m de diámetro) y entre 8 y 12 lámparas en los faros de mayor tamaño, con una potencia total de iluminación de entre 200W y 600W.

Para la iluminación de los paneles blancos utilizados para señalar diques e iluminar objetos tales como las columnas de puentes, se pueden emplear lámparas de sodio a baja presión de entre 35W y 90W. Alternativamente, una lámpara de vapor de mercurio puede emplearse cuando sea necesaria la luz blanca.

Para la iluminación de una única señal (tamaño típico de 1m² a 2m²) con colores diferentes, se puede utilizar una lámpara fluorescente con una potencia de consumo de 40W.

Para implantar una ayuda a la navegación en la entrada de una esclusa, se utiliza una luminaria provista de una lámpara fluorescente de 65W para iluminar el panel. También se puede usar la tecnológica LED.

La tecnológica LED se puede emplear para la retroiluminación de señales. El uso de dicha tecnología logra un alto grado de uniformidad, además de un nivel definido de la luminancia

y del contraste entre los diferentes colores. Ello redundará en una distancia de reconocimiento mejor con respecto a la aplicación de lámparas fluorescentes.

Para más información sobre la eficacia de la luminancia, la potencia de consumo, la vida útil, la reproducción cromática, la distribución espectral, la intensidad, etc., véase la *Guía n.º 1043 de la IALA sobre las Fuentes luminosas utilizadas en ayudas visuales a la navegación*.

5.1.2 Distribución de luz

Para la iluminación de objetos (señales, columnas, etc.), se debe emplear para la luminaria una distribución especial de luz directa, simétrica o asimétrica. Una distribución directa significa que el 100% de la luz se proyecta hacia abajo al objeto. En función del tamaño del objeto que se va a iluminar, se debe elegir entre una distribución de haz amplia o estrecha. Se recomienda una parte frontal de vidrio plana y transparente.

La emisión de luz de la luminaria hacia el ojo del observador se debe reducir para atenuar el deslumbramiento. Además, también se debe atenuar la luz dispersa que incide en la superficie del agua. Accesorios tales como una capucha ajustable (marco anti deslumbramiento ajustable) o una celosía (rejilla) pueden ayudar a reducir o evitar el deslumbramiento.

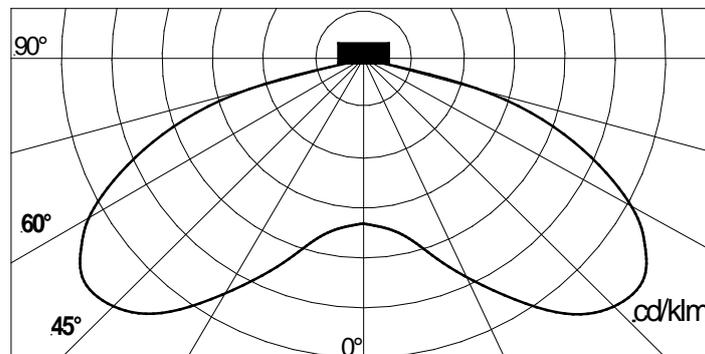


Figura 17 Ejemplo de una distribución simétrica y directa, haz amplio

5.2 Colocación de fuentes luminosas

Sería ideal que todas las fuentes luminosas se dispusieran de modo perpendicular a la superficie del agua para evitar el reflejo o la luz directa en dirección de los marineros. Mientras menor sea el ángulo de la luz, mayor será la probabilidad de que la luz directa o un reflejo puedan llegar a deslumbrar al marinero.

Es importante evitar todo tipo de interferencia con la luz principal de navegación.

Deben utilizarse materiales no corrosivos para la carcasa de la luz, que se colocará de manera que se facilite el mantenimiento. Se tomarán las medidas oportunas para protegerla de la entrada de agua y de las aves. Además, el peso de la unidad y su resistencia a los golpes se deben tener en cuenta.

5.3 Iluminancia (nivel de iluminación)

La intensidad mínima para el uso diurno debe ser de un 1 microlux de iluminancia en el ojo del observador. Para el uso nocturno, se requiere un mínimo de 20 microlux y una máximo de 200 microlux de iluminancia en el ojo del observador, en función de la iluminación de fondo.

5.3.1 Iluminación de señales y paneles

Se recomienda el valor que figura a continuación para la iluminación de una señal o un panel de un tamaño de entre 1m² y 2m²:

Iluminancia media E_{av} : 200 lx \pm 10%, uniformidad $u = E_{min} / E_{max} \geq 1 : 6$

(E_{min} : iluminancia mínima, E_{max} : iluminancia máxima)

(Referencia: DIN EN 12899-1: *Fixed, vertical road traffic signs*, cuadro 22/ clase E2 y cuadro 23/ clase UE2).

5.3.2 Señales retroiluminadas con la tecnología LED

Cuadro 1 Luminancia y uniformidad

Color	Luminancia media L_{av} en cd/m ²	Tolerancia	u
Blanco	120 cd/m ²	\pm 10%	$\geq 0,5$
Rojo	60 cd/m ²	\pm 10%	$\geq 0,5$
Amarillo	60 cd/m ²	\pm 10%	$\geq 0,5$

uniformidad: $u = L_{min} / L_{max}$

(L_{min} : luminancia mínima; L_{max} : luminancia máxima)

5.3.3 Nivel de iluminancia para esclusas

Cuadro 2 Nivel de iluminancia para esclusas

Área	Horizontal, Iluminancia media E_h	Vertical, Iluminancia media E_v	Uniformidad u
Área de aproximación	1 a 10 lx *		$\geq 1 : 6$
Plataforma de la esclusa	≥ 10 lx		$\geq 1 : 4$
Pared del vaso Altura: ≤ 10 m		≥ 2 lx	$\geq 1 : 3$
> 10 m		≥ 6 lx	
	* en aumento hacia las compuertas		

Uniformidad: $u = L_{min} / L_{max}$

(E_{min} = iluminancia mínima; E_{max} = iluminancia máxima)

(Referencia: DIN 67500 *Illumination of Locks*)

El ojo del marinero que se aproxima desde la oscuridad tiene que ajustarse al mayor nivel de iluminancia en la esclusa. Este proceso se llama adaptación y requiere cierto tiempo – la adaptación a la luz tarda unos segundos, mientras que la adaptación completa puede durar hasta una hora. Para lograr una buena adaptación, la iluminancia debe ir en aumento en la aproximación a la zona hasta que alcance su mayor nivel en el vaso.

5.3.4 Tipo de reflectividad (lambertiana o retrorreflexión)

Cuando la luz golpea contra una superficie rugosa o granular, rebota en todas las direcciones debido a las irregularidades microscópicas de la misma. La forma exacta del reflejo depende de la estructura de la superficie. Un modelo común para la reflexión difusa es la reflectancia lambertiana, en la cual la luz se refleja con igual luminancia en todas las direcciones, tal y como la define la ley del coseno de Lambert.

Algunas superficies son retrorreflectantes. La estructura de tales superficies es tal que devuelve la luz hacia la dirección desde la que vino. Si la iluminación se emplea en

combinación con una superficie retrorreflectante, la posición de la fuente luminosa es de suma importancia, pero no habrá ninguna ganancia significativa del material retrorreflectante.

5.3.5 Material retrorreflectante

Si el objeto presenta colores que el marino debe reconocer, se recomienda un material no retrorreflectante. Las láminas retrorreflectantes reflejan la luz incidente de vuelta a la fuente luminosa y no hacia el ojo del marino, así que el efecto de la retrorreflexión no proporciona ninguna ventaja al usuario.

5.4 Iluminación con proyectores bajo demanda

La iluminación con proyectores consume mucha energía y requiere principalmente un suministro de energía de la red eléctrica. Algunas instalaciones (p. ej. tubos de LED) se pueden operar utilizando un sistema fotovoltaico. Además, el proveedor del servicio o el usuario pueden encender la iluminación con proyectores bajo demanda, empleando un sistema de control remoto.

6 REFERENCIAS

Guía n.º 1043 de la IALA sobre a las Fuentes luminosas utilizadas en ayudas visuales a la navegación

DIN EN 12899-1: Fixed, vertical road traffic signs