

ILUMINACION Y SEGURIDAD VIAL



La importancia que tiene el alumbrado del automóvil, en la seguridad del automovilista, se pone de manifiesto, en las restrictivas especificaciones de las características constructivas y fotométricas utilizadas en la fabricación de las lámparas de automóvil.

A lo largo de dos artículos, nos proponemos pasar revista a los dos elementos que intervienen en la seguridad de los usuarios de la vía pública durante la noche:

- Alumbrado del automóvil.
- Alumbrado público.

La exigencia más amplia, es, lógicamente la debida a los automovilistas, dada la complejidad de su tarea. El conductor debe efectuar una acción de larga duración siguiendo una ruta predeterminada, lo que implica una información visual de la vía que tiene delante de él y de todas las intersecciones. Por otra parte, debe tomar decisiones rápidas para adelantar a otros vehículos y para evitar obstáculos que encuentre en su camino, tales como peatones, para lo cual necesita información sobre la posición y movi-

D. ANTONIO AURORA GARCIA
Jefe del Servicio de Estudios y Aplicaciones de la Luz. MAZDA, S.A.

miento de los objetos que se presentan ante él. Finalmente, debe tomar decisiones en periodos muy breves para mantener su vehículo en la corriente de tráfico y prever la intrusión de otros vehículos en su marcha, lo cual requiere información sobre los cambios que suceden en su entorno inmediato.

La consecuencia es que debe haber buenas condiciones de visibilidad en todo el entorno de la vía pública, tanto en las proximidades como a larga distancia. La percepción debe ser segura y rápida, de modo que puedan ser tomadas decisiones a tiempo, para que las acciones subsiguientes sean realizadas con éxito. La percepción también debe ser fácil, de modo que el con-



La evolución del alumbrado del automóvil durante los últimos años, puede considerarse representada por el paso de la lámpara clásica, de faro europeo, a las lámparas de halógenos.

ductor pueda realizar su tarea perceptual durante cierto período de tiempo sin fatiga, ni dificultad apreciable. El decir que la percepción debe ser fácil y cómoda, no puede considerarse como un lujo del que pueda prescindirse.

La tarea del peatón es menos compleja, aunque los errores pueden producir serias consecuencias. A fin de cruzar la calzada sin dificultad, el peatón debe ser capaz de detectar la presencia del vehículo, estimar la distancia a que se encuentran y prever si el movimiento de dichos vehículos los va a situar en su camino. La tarea visual del peatón es más sencilla que la del conductor y por esta razón, estas recomendaciones se harán solamente en la tarea visual del segundo.

ALUMBRADO DEL AUTOMOVIL

La importancia que tiene el alumbrado del automóvil en la seguridad del automovilista, se pone de manifiesto en las restrictivas especificaciones de las características constructivas y fotométricas utilizadas en la fabricación de las lámparas de automóvil. Estas especificaciones están recogidas en los Reglamentos de Ginebra.

Se puede considerar el acuerdo de Ginebra del 20 de marzo de 1958, como origen del alumbrado del automóvil. En esta fecha las naciones firmantes comienzan a definir condiciones uniformes para las piezas de los vehículos que cada uno fabrica, con objeto de homologar estas piezas a nivel internacional. Asimismo, se comprometen a permitir la utilización, en su país, de las piezas homologadas en cualquier otro de los firmantes del acuerdo.

España se adhiere al mencionado acuerdo el 11 de agosto de 1961 y estrena tal adhesión al publicar los Reglamentos números 1 y 2 relativos a Faros y Lámparas para Luces de carretera y cruce, en el B.O.E. del 3 de enero de 1962.

Los países firmantes de dicho acuerdo son los siguientes, indicándose, asimismo, el número asignado a los fabricantes de cada uno de ellos:

República Fed. Alemana	E1
Francia	E2
Italia	E3
Holanda	E4
Suecia	E5
Bélgica	E6
Hungría	E7
Checoslovaquia	E8
España	E9
Yugoslavia	E10
Gran Bretaña	E11
Austria	E12
Luxemburgo	E13
Suiza	E14
Republ. Democr. Alemana	E15
Noruega	E16
Finlandia	E17
Dinamarca	E18

Hoy, después de veintiséis años, se puede decir que fue tan impresionante la labor realizada al estudiar esos dos reglamentos, que el alumbrado empleado en la actualidad en toda Europa, sigue manteniéndose bajo esas mismas normas.

LAMPARAS UTILIZADAS EN EL ALUMBRADO PRINCIPAL

La evolución del alumbrado del automóvil durante los últimos años, puede considerarse representada por el paso de la lámpara clásica de faro europeo (fig. 1), a las lámparas de halógenos, cuyas características

están indicadas en la Tabla I y cuyas formas y denominaciones se indican en las figuras 2, 3, 4 y 5.

Se denominan de halógenos porque la atmósfera interior de la lámpara está constituida por una mezcla de argón y un compuesto halogenado que durante el funcionamiento de aquella reacciona con el tungsteno vaporizado del filamento e impide el ennegrecimiento de la ampolla.

Por lo tanto, en estas lámparas es posible someter los filamentos a temperaturas superiores a las normales, y, por lo tanto, las eficacias luminosas obtenidas son también más altas, sin afectar a la duración.

Existen cuatro tipos de lámparas de halógenos, tres de un solo filamento y otra de dos filamentos, a saber:

- Un filamento H1, H2, H3 (figs. 2, 3 y 4 respectivamente).
- Dos filamentos H4 (fig. 5).

La lámpara H4, es de concepción parecida a la de faro europeo, tiene dos filamentos, uno de carretera y otro de cruce, colocado éste sobre la cazoleta, y por tanto obtiene los haces de carretera y de cruce con un solo proyector.

Es importante resaltar, que el hecho de que la lámpara H4 tenga distinto casquillo que la lámpara de faro europeo, es para evitar la intercambiabilidad. Es decir, se trata de impedir la colocación de una lámpara H4 en un proyector de faro europeo, al existir grave riesgo para el usuario al no poder predecir que el conjunto va a cumplir las características fotométricas indicadas en el Reglamento 20. Por esa razón, está prohibido y sancionado en el Código de la circulación, utilizar lámparas H4 (incluso con portalámparas adaptadas), en proyectores realiza-



Fig. 2

Es necesario utilizar cada lámpara con los proyectores diseñados específicamente para ella, y por tanto homologados.

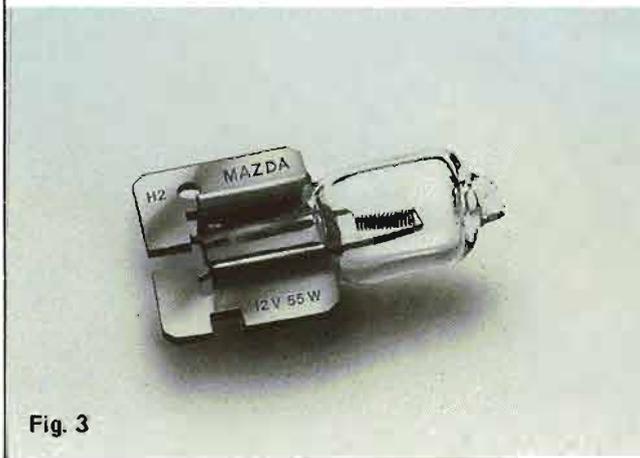


Fig. 3

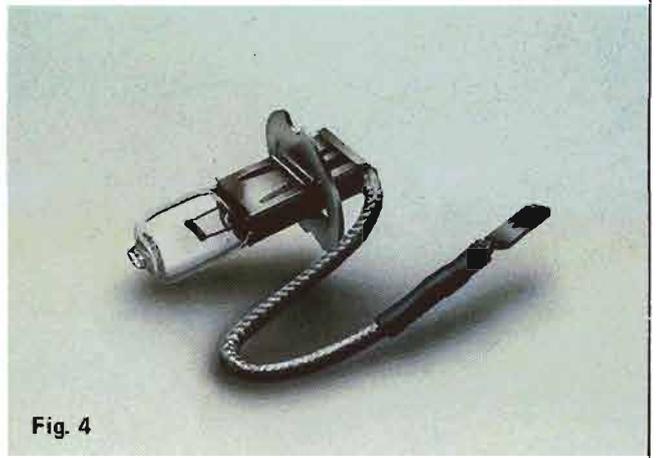


Fig. 4

dos para lámparas de faro europeo.

Es necesario utilizar cada lámpara con los proyectores diseñados específicamente para ella y, por tanto, homologados.

Para obtener la homologación de un producto es necesario enviar unas muestras a los Laboratorios Oficiales, donde estos contrastan el cumplimiento de las condiciones indicadas en los Reglamentos internacionales, pudiendo el fabricante marcar su producto con las siglas E9, y un número que indican, las primeras que está fabricado en España y las segundas el producto.

CRITERIOS DE CALIDAD DE UN FARO

Los criterios de calidad de un proyector de automóvil (faros), están basados en estos principios:

- Distancia de visibilidad.
- Confort visual.
- Limitación del deslumbramiento.

- Uniformidad de la luminancia de la superficie de la carretera.

Distancia de visibilidad

Se llama así, la mayor distancia a la que se empieza a ver un obstáculo situado sobre la carretera cuando un conductor ilumina ésta con los proyectores de su vehículo, pudiendo ocurrir que exista, o no, otro coche que se aproxima en sentido contrario.

Esta distancia depende de las siguientes variables:

- Características del obstáculo.
- Peculiaridades de la calzada.
- Situación del vehículo o vehículos.
- Distribución de la intensidad de los proyectores de los vehículos existentes.
- Del observador.

Confort visual

No sólo es importante saber la mayor distancia a la que puede ver-

se un objeto, ya que puede tener tanta importancia determinar el nivel de visibilidad de los obstáculos para distancias intermedias. Aunque es difícil cuantificar este nivel, puede efectuarse buscando las posiciones del objeto para que el contraste de luminancias de éste con relación a la superficie de la carretera sea tres o diez veces superior al umbral, por ejemplo. Este método es similar al que la CIE (Comité Internacional de Iluminación) emplea para establecer el nivel de visibilidad con relación a una tarea visual de referencia.

Limitación del deslumbramiento

La estimación del deslumbramiento se suele realizar de forma similar al deslumbramiento producido por un alumbrado fijo.

El grado de molestia se expresa por medio de una escala de 9 puntos, cuyo significado es el siguiente:

- W = 1 doloroso.
- W = 3 molesto.

TABLA I - ILUMINANCIA SOBRE PANTALLA

Puntos de pantalla de medida (fig. 1)	ILUMINANCIA EXIGIDA EN LUX		
	FARO EUROPEO	H-4	H-1, H-2, H-3
HAZ DE CRUCE:			
Punto B 50 L	≤ 0,3	≤ 0,4	≤ 0,3
Punto 75 R	≥ 6	≥ 12	≥ 12
Punto 75 L		≤ 12	≤ 12
Punto 50 L		≤ 15	≤ 15
Punto 50 R	≥ 6	≥ 12	≥ 12
Punto 50 V		≥ 6	≥ 6
Punto 25 L	≥ 1,5	≥ 2	≥ 2
Punto 25 R	≥ 1,5	≥ 2	≥ 2
Cualquier punto zona III	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7
Cualquier punto zona IV	≥ 2	≥ 3	≥ 3
Cualquier punto zona I	≤ 20	≤ 2 (E 50 R o E 50 L)	Iluminancias medidas
HAZ DE CARRETERA:			
Punto H	Dentro isolux 90 % E máx.	Dentro de la isolux 80 % E máx.	
		48 ≤ E máx. ≤ 240	
Valor E máx.	≥ 32	E máx. ≤ 16. E 75 R	
Entre H y P'	> 16	> 24	
Entre P' y P''	> 4	> 6	

W = 5 justamente admisible.

W = 7 agradable.

W = 9 muy confortable.

Es decir, a medida que aumentan los valores de W disminuye el deslumbramiento y por tanto aumenta el confort.

La molestia producida por el deslumbramiento W, se puede expresar por la fórmula:

$$W = C_1 - C_2 \log \frac{E_{BI}}{C_3 \left(1 + \frac{L_u}{C_u}\right) \theta_i^T}$$

En donde:

E_{BI} = Iluminancia producida en los ojos del observador, por los faros de otro vehículo, en lux.

θ_i = Angulo entre la dirección visual y la dirección de los ojos del observador hacia los faros, en minutos.

L_u = Luminancia de fondo, en cd/m^2 .

C_1 = Constante, de valor 5 (lux. arc. min.).

C_2 = Constante, de valor 2 (lux. arc. min.).

C_3 = Constante, de valor $3 \cdot 10^{-3}$ (lux. arc. min.).

C_u = Constante, de valor $4 \cdot 10^{-2}$ cd/m^2 .

T = Constante, de valor 0,46.

Uniformidad de la iluminancia

Este factor también es de gran importancia en la valoración de la calidad de un haz luminoso; porque tanto la excesiva intensidad luminosa hacia la derecha como hacia la izquierda puede dar la impresión de la existencia de obstáculos irreales.

Los criterios de valoración son los mismos que los empleados en alumbrado público, es decir, relación entre la luminancia de un punto cualquiera y la luminancia media, y la relación entre la mínima y la máxima.

Ahora bien, en automóvil se delimita una zona que corresponde a 50 m por delante del vehículo propio cuando circula solo y 100 m cuando existe otro que viene en sentido contrario, considerando que aquél está a esa distancia de 100 m.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EUROPEO

Estas características están recogidas en:

- Reglamentos 1 y 2 (Lámparas de faro europeo).
- Reglamentos 8 y 20 (Lámparas de halógenos).

Es frecuente considerar los proyectores rectangulares mejores que los circulares, y esto es sólo cierto a medias, pues debido a su gran diámetro horizontal dan lugar a haces de cruce mejores, pero en cambio, sus haces de carretera no son superiores a los obtenidos con faros de 174 mm.



Fig. 5

Que están resumidos en la tabla I. No obstante, dentro de distribuciones fotométricas análogas existen características diferenciales que también es interesante conocer, como son:

- Dimensiones del proyector.
- Flujo luminoso disponible.
- Luminancia de la fuente.

Está demostrado la importancia que tienen las dimensiones del proyector para obtener buenos rendimientos, pero esto no quiere decir que sea este el criterio que prevalece, pues precisamente en los últimos años parece existir una tendencia entre los constructores de vehículos a montar faros de pequeñas dimensiones.

Los diámetros más frecuentemente son de 174 mm, de 146,5 mm y de 128 mm, siendo estos últimos los empleados generalmente en vehículos deportivos.

En este mismo orden de ideas, es frecuente considerar los proyectores rectangulares mejores que los circulares, y esto es sólo cierto a medias, pues debido a su gran diámetro horizontal dan lugar a haces de cruces mejores, pero en cambio sus haces de carretera no son superiores a los obtenidos con faros de 174 mm.

Asimismo, la utilización de lámparas de halógenos, hoy día totalmente generalizada, permite variar en forma importante los puntos relativos a flujo luminoso y luminancia, con relación a la lámpara de faro europeo.

ALUMBRADO DE CARRETERA

Colocando una pantalla a 25 m delante del proyector, perpendicularmente al eje de éste (fig. 6 y



Fig. 6

7bis) debe suceder:

— El punto H debe encontrarse en el interior de la isolux 90 % de la iluminancia máxima y no debe ser inferior a 32 lux.

— A partir de H, hasta una distancia de 1,125 m sobre la horizontal a derecha e izquierda, debe obtenerse una iluminancia superior a 16 lux.

Entre la distancia de 1,125 y 2,250 de la misma horizontal, la iluminancia no debe ser inferior a 4 lux.

Las diferencias existentes entre los proyectores equipados con lámparas de halógenos y lámparas de faro europeo, son:

— La iluminancia máxima con lámpara de halógeno permite asegurar una gran distancia de visibilidad.

— El nivel de luminancia sobre la calzada es prácticamente constante con el primer tipo de lámpara y la homogeneidad de las iluminancias es mejor que con el faro europeo.

— Finalmente, el usuario dispone de una repartición análoga, pero de un nivel luminoso prácticamente el doble con la primera en relación con la segunda. Esto le produce al conductor una importante disminución de la fatiga.

ALUMBRADO DE CRUCE

La realización de un proyector de cruce es más compleja que el de carretera. El que lleva lámpara de faro europeo se caracteriza por un «corte» nítido que separa una zona inferior fuertemente iluminada de otra superior prácticamente oscura.

Este «corte» se obtiene mediante

la colocación de una «cazoleta» junto a uno de los filamentos de la lámpara.

El Reglamento 1, como se indica en la tabla I, exige determinadas iluminancias para ciertos puntos de haz de cruce, como por ejemplo:

— La intensidad en la dirección de cualquier punto en la zona III, no debe sobrepasar las 440 cd (0,7 lux a 25 m). Estos puntos, por estar situados en la zona de sombra inmediatamente por encima del corte determinan el deslumbramiento causado por el proyector.

— En cambio, la intensidad luminosa en la dirección de los puntos 75R y 50R deben ser superiores a 3.750 cd (6 lux a 25 m). Estos puntos situados en la zona iluminada inmediatamente debajo del corte, corresponden a puntos de la calzada situados a 75 m y 50 m delante del vehículo.

La mayor dificultad en la realización de un proyector suele consistir en obtener diferencias de intensidades tan grandes entre los puntos de la zona III y 75R, por lo que en forma simplista se podría tomar como criterio de calidad la relación de las iluminancias entre estos puntos.

El haz de cruce con halógenos, se puede obtener con lámparas de uno o dos filamentos. El flujo disponible con estas lámparas permitirá obtener luminancias mucho más elevadas en los puntos 75R y 50R, pero podría correrse el riesgo de que aumentase también en puntos de la zona III y entonces la solución no sería válida.

En los Reglamentos internacionales, está perfectamente indicado el sistema de reglaje de los faros para efectuar las medidas de ilumi-

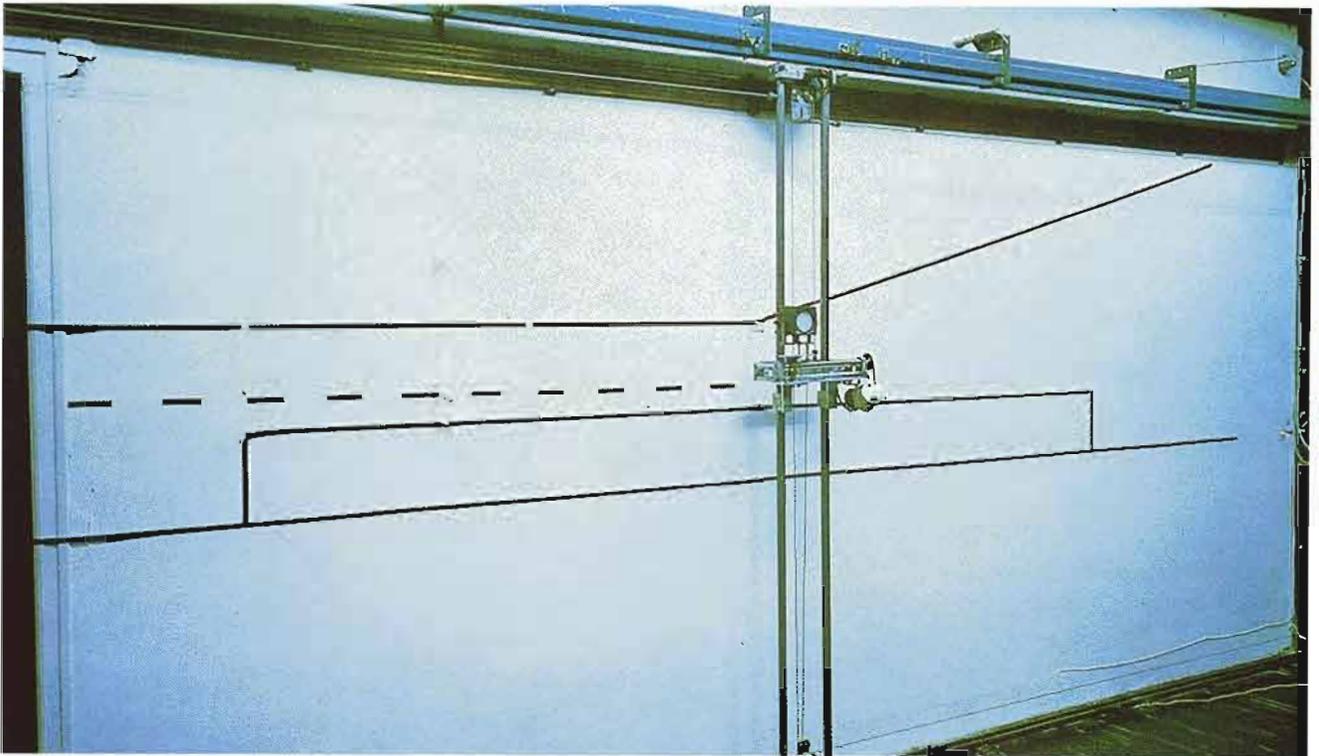


Fig. 7

Es aconsejable, desde el punto de vista de una mejor eficacia luminica, sustituir las lámparas después de un año de utilización a pesar de que sigan luciendo.

nancias en cada punto. Este reglaje se obtiene mediante un ajuste visual de la línea de corte del haz de cruce.

CONCLUSIONES

— España aplica los Reglamentos de Ginebra a todos sus fabricantes del automóvil, y en particular a los productos objeto de este artículo: lámparas y proyectores.

— Estos Reglamentos desde el punto de vista del usuario, están contemplados a través del Código de la Circulación.

— El Código de Circulación establece la obligatoriedad de llevar en el automóvil un estuche de recambio de lámparas.

— Está totalmente prohibido y sancionado en el Código de la Circulación, incorporar lámparas halógenas en proyectores diseñados para lámparas de faro europeo.

— Es aconsejable, desde el punto de vista de una mejor eficacia luminica, sustituir ambas lámparas después de un año de utilización a pesar de que sigan luciendo.

— En caso fortuito de rotura de una de las lámparas, es aconsejable sustituir las dos, con el fin de evitar una excesiva diferencia de luminosidad entre los dos faros, perjudicial tanto para el conductor del vehículo contrario como para él mismo.

