



Estudio RACE:

Iluminación del automóvil y seguridad vial



Estudio RACE

ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

INDICE

- 1.- Introducción
- 2.- Estadísticas de accidentalidad
- 3.- Percepción óptica
 - 3.1.- El ojo humano
 - 3.2.- La visión defectuosa
 - 3.2.- Valoración de la capacidad visual
 - 3.3.- Seguridad perceptiva
- 4.- Condicionantes de la visión
 - 4.1.- Mermas de visión:
- 5.- Evolución del alumbrado
- 6.- Sistemas de alumbrado de vehículos.
- 7.- Sistemas de alumbrado de la parte delantera del vehículo
 - 7.1.- Elementos de los faros
 - 7.2.- Faros principales
 - 7.3.- Faros antiniebla
 - 7.4.- Otros tipos
 - 7.5.- Limpieza de los faros
- 8.- Sistemas de alumbrado de la parte trasera del vehículo
 - 6.1.- Elementos de las luces
 - 6.2.- Otros tipos
- 9.- Normalización y homologación
 - 7.1.- Siglas de identificación
 - 7.2.- Productos adaptables no originales

10.- Circulación nocturna con luz de cruce.

10.1.- Velocidad límite de circulación en recta que permite detener el vehículo dentro del campo de visión que proporciona el haz de cruce.

10.2.- Velocidad límite de circulación en curva que permite detener el vehículo dentro del campo de visión que proporciona el haz de cruce.

11.- Desarrollo actual y tendencias futuras

11.1.- Desarrollo actual

10.1.1. Night-Guide

10.1.2. XENON

11.2.- Tendencias futuras

12.- Importancia de la regulación del sistema de faros en la seguridad vial

13.- Consejos de utilidad

13.- Bibliografía

ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

1. INTRODUCCIÓN.

En un coche, *los faros son a la oscuridad lo que las ruedas al asfalto*. Sin un foco de luz que alumbré convenientemente la carretera, es imposible conducir de noche. Dicho así parece una perogrullada; sin embargo, iluminar bien el área que antecede la marcha de un vehículo no es tan sencillo, como pueden corroborar los ingenieros de la industria automovilística. Después de cien años de historia del automóvil, estos expertos han llegado a desarrollar toda una ciencia dedicada a producir, condensar, expandir y conducir paquetes de fotones de tal manera que el ojo humano sea capaz de aprender toda la información necesaria para una conducción segura, incluso en las noches más cerradas.

Unos faros y luces eficaces en las partes delantera y trasera del vehículo **son la base para satisfacer debidamente la función de "ver y ser vistos"**.

La importancia de una buena iluminación en el tráfico rodado queda de manifiesto por el hecho, científicamente contrastado, de que *el noventa por ciento de todos los datos que precisa un conductor se perciben a través de la vista*, mientras que el diez por ciento restante se reciben por el oído y el sentido del equilibrio. Sin embargo, de día el ojo recibe un exceso de información que a veces puede desembocar en un error de conducción por distracción, situación que se invierte completamente por la noche: el ojo padece un importante déficit de información. En estas condiciones, *la capacidad visual del conductor se reduce al veinte por ciento* respecto a la conducción diurna, los contrastes son reducidos, así como la habilidad para percibir distancias y campos de visión.

Respecto al ojo humano, cabe destacar la conclusión de que a mayor edad, más importante es aún disponer de un buen sistema de alumbrado en el vehículo. **Siendo** la iluminación uno de los sistemas de seguridad más importantes del vehículo, **es quizás uno de los conjuntos a los que menos atención se les presta** en cuanto a mantenimiento y control se refiere.

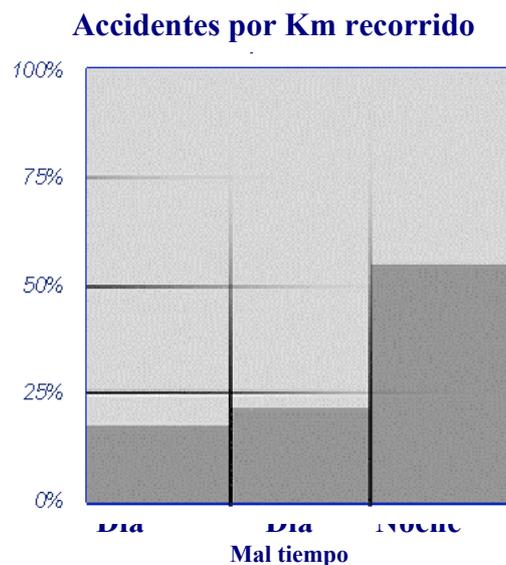
2. ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTABILIDAD

Siendo la noche el periodo del día con más baja intensidad de tráfico es, sin embargo, el más peligroso, computando el 37% de las víctimas mortales. Pero si tenemos en cuenta también el crepúsculo, cuando las condiciones de visibilidad tampoco son las más idóneas, las estadísticas de la DGT nos revelan que durante el periodo comprendido **en la noche y el crepúsculo se producen el 42% de las víctimas mortales**, aún cuando **la intensidad de tráfico es mucho más reducida** que durante el día.

	Accidentes	%	Muertes	%
Día	62.308	66%	2.733	58%
Noche y crepúsculo	31.701	34%	2.008	42%
Total	94.009	100 %	4.741	100 %
Sólo Noche	27.588	29%	1.755	37%

Este dato nos revela que siendo menor el número de vehículos que circulan por las vías, los usuarios que circulan de noche tienen una mayor probabilidad de verse implicados en un siniestro de circulación con consecuencia fatales o graves.

El siguiente gráfico muestra claramente la relación existente entre la visibilidad y el incremento en el número de accidentes por kilómetro recorrido:



Fuente: Administración de Tráfico Alemania(Bast)

Desde luego existen diversos factores que pueden ofrecer una explicación sobre estos datos, como por ejemplo la relación existente entre noche – fin de semana- alcohol, o bien los efectos de la somnolencia y el sueño, pero está demostrado que una buena visibilidad se presenta como elemento fundamental de seguridad en la carretera.

Además una buena iluminación retardará la aparición de los efectos de la fatiga y el cansancio, no viéndose obligado el conductor a mantener unos niveles de atención que superen su capacidad de reacción.

Respecto a cómo se produce el siniestro por la noche. en la siguiente tabla podemos comparar la tipología de accidente en función de la luminosidad de la vía. En este caso, se han utilizado datos de accidentes en los cuales han existido víctimas mortales:

	TOTAL	Uno o más vehículos	Obstáculo en la calzada	Atropello de peatones	Atropello de animales	Vuelco en calzada	Salida de calzada	Otro tipo de accidente
En pleno día	2067	1029	33	246	5	44	648	62
Noche y crepúsculo	1576	520	40	268	8	30	671	39
TOTAL DE ACCIDENTES	3643	1549	73	514	13	74	1319	101

Podemos comprobar cómo existen algunas tipologías de accidente que se dan más frecuentemente por la noche, resultando evidente la importancia que una buena iluminación tiene como elemento fundamental para haber evitado el siniestro:

- Obstáculo en la calzada
- Atropello a peatones y animales
- Salida de la calzada

Desde el punto de vista del peatón, destacar que en los meses de diciembre a marzo los atropellos con resultado mortal se han producido mayoritariamente de noche, un 61%.

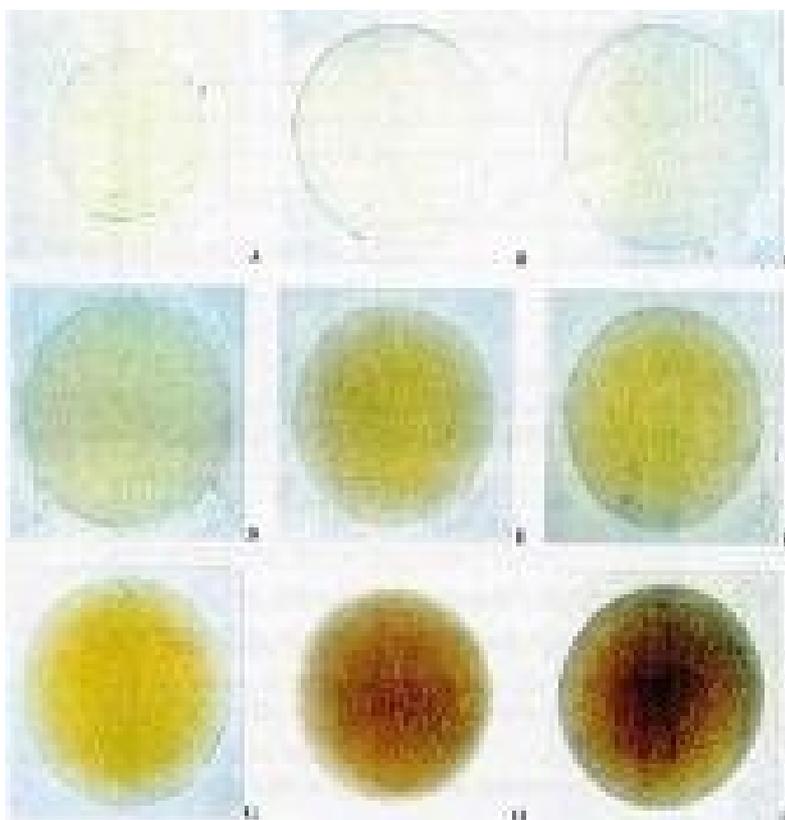
Todos los datos de este apartado corresponden a datos facilitados por la DGT correspondientes al año 2004.

3. PERCEPCIÓN ÓPTICA

3.1. EL OJO HUMANO

El ojo humano tiene sus debilidades, siendo la agudeza del ojo humano cambiante respecto edad.

En la ilustración adjunta podemos ver cómo varía la transparencia de la lente humana según la edad del individuo. De izquierda a derecha, y de arriba abajo, corresponde a un bebé de 6 meses, un niño de 8 años, de 12, un joven de 25 años, de 47 años, 60, 70, 82 y finalmente 91 años.

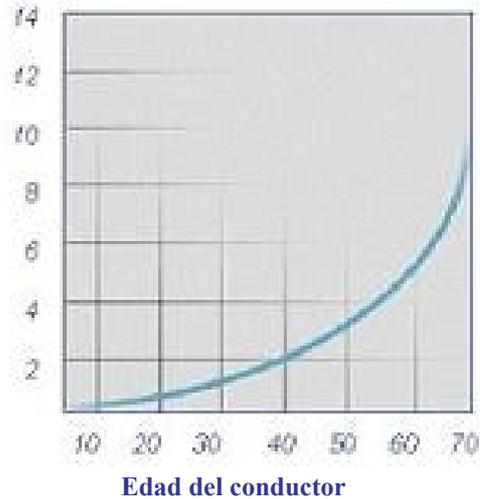


Transparencia de la lente humana a diferentes edades

Durante todo este proceso, el cerebro crea mecanismos de aprendizaje para que la pérdida de agudeza visual afecte en lo menos posible nuestra vida diaria, pero resulta evidente que según avanza la edad tenemos una mayor necesidad de luz.

Si además consideramos el efecto de la edad, mediante diferentes estudios se ha comprobado que cada 13 años de envejecimiento de un individuo, es necesario el doble de iluminancia para provocar la misma sensación luminosa. Las estadísticas de los oftalmólogos demuestran que **la capacidad visual se reduce como media un 30% entre los 30 y los 65 años.**

Necesidad de luz



El ojo se adapta a las condiciones luminosas existentes por medio de diferentes mecanismos:

- Modificando la sensibilidad de la retina.
- Adaptándose al brillo mediante el iris, que rodea al cristalino como un diafragma y que al ensancharse o contraerse amplía o reduce la abertura visual que constituye la pupila.

Ante un deslumbramiento repentino el ojo se contrae, la persona afectada entorna los párpados y durante unos momentos la capacidad de percepción disminuye considerablemente. Por este motivo, es fundamental que los sistemas de alumbrado no produzcan deslumbramientos y aseguren un rendimiento visual lo más continuo posible.

3.2. VISIÓN DEFECTUOSA

Mucha gente desconoce sus problemas de visión nocturna.

Durante más de 10 años, la Association nationale pour l'amélioration de la vue (ASNAV) en Francia ha controlado la visión de más de 30.000 conductores.

Los resultados de dicho estudio muestran datos realmente interesantes:

- **Uno de cada 3 conductores tiene un defecto de visión y lo desconoce.**

- El 30% de los conductores disponen de gafas/lentes mal graduadas con su visión actual.
- El 25% suele frecuentar alguna vez al óptico
- El 5% presenta problemas serios de visión
- El 2% no deberían conducir bajo sus actuales circunstancias de poca visión, por ejemplo menos de 5/10 visión binocular

3.3. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD VISUAL

El sistema visual del ser humano suministra alrededor del 90% de la información sensorial. Toda la información visual se percibe fundamentalmente como brillo, impresión de color y forma.

Dos factores muy importantes que determinan la capacidad visual en la conducción nocturna son:

- Alcance visual
- Limite de percepción de luminosidad

Por alcance visual se entiende la distancia a la que todavía se reconocen objetos (vehículos, personas o cosas) sobre la calzada o al borde de la carretera. En el alcance visual influyen la forma, el tamaño y el grado de reflexión de los objetos, la superficie de la calzada, la ejecución técnica de los cristales y faros, y su estado de limpieza, así como la capacidad visual de la persona.

Por la cantidad de factores que influyen no es posible fijar valores numéricos para evaluar el alcance visual. En condiciones especialmente favorables (en el margen derecho de la calzada) puede ser superior a 100 m, mientras que en condiciones desfavorables (en el lado izquierdo de la calzada) puede limitarse a menos de 20 m.

Por limite de percepción de luminosidad entendemos la distancia a la que es posible reconocer aún una señal luminosa, como por ejemplo, las luces traseras de otros vehículos, con atmósfera turbia o con niebla.

3.4. SEGURIDAD PERCEPTIVA

La seguridad perceptiva es de vital importancia para la conducción. Se entiende por seguridad perceptiva el agotamiento de todas las medidas que puedan adoptarse para que las impresiones o señales ópticas y acústicas procedentes del tráfico puedan ser percibidas y reconocidas por el conductor sin ningún impedimento. Del sistema de alumbrado de un vehículo es de quién depende la percepción luminosa en conducción nocturna, siendo por tanto, de especial importancia para la seguridad perceptiva.

4. CONDICIONANTES DE LA VISIÓN

Para estudiar con detalle los condicionantes de la visión, se han establecido cuatro magnitudes que determinan la visibilidad de un objeto:

- la relación del objeto con el entorno.
- el tamaño del objeto
- el tiempo de reconocimiento
- la adaptación (el tiempo que necesita el ojo humano para ajustar la visión a un paso brusco de claridad a oscuridad y viceversa).

Estos parámetros se relacionan entre sí en el mismo proceso de la visión, que comprende tres niveles consecutivos: ver, percibir y reconocer.

Éste proceso depende a su vez de las características fotométricas de las fuentes luminosas (ya sean naturales o artificiales), determinadas fundamentalmente por su:

- Flujo luminoso: potencia de luz emitida por una fuente luminosa, medida en lumen.

Una lámpara halógena (H4) suministra un flujo luminoso de 750 lumen en luz de cruce y de 1.250 lumen en luz de carretera (12 voltios).

- Intensidad luminosa: cantidad de flujo luminoso que parte de una fuente de iluminación en una dirección dada. Su unidad es la candela (cd).

A título de ejemplo los proyectores de cruce de un automóvil proporcionan en su eje intensidades luminosas comprendidas entre 20.000 y 150.000 cd (mínimo y máximo de la norma europea).

Por otra parte, la capacidad para visualizar un objeto depende de su iluminancia, cantidad de iluminación recibida al nivel del objeto, medido en lux. Esta depende directamente de la intensidad de la fuente luminosa y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia del objeto a la fuente. Por ejemplo, un proyector de carretera de 50.000 cd de intensidad luminosa, proporciona una iluminancia igual a 80 lux a 25 metros y de 5 lux a 100 metros (la iluminancia mínima necesaria para poder distinguir un objeto es de 2 lux).

4.1. MERMAS DE LA VISIÓN

A pesar de la calidad en aumento de las características de los proyectores de los automóviles utilizados para paliar la falta de iluminación natural, existen una serie de factores que disminuyen, en proporciones algunas veces dramáticas, la visión de los automovilistas:

- **Conducción nocturna**

Respecto a la conducción nocturna, conviene resultar que el ojo humano no se hizo para ver durante la noche:

- La agudeza visual por la noche es 1/3 si lo comparamos respecto al día
- Por la noche se reduce ampliamente nuestra visión
- Los contrastes son reducidos
- La habilidad de percibir distancias y campos de visión son también reducidos

Si las condiciones de visibilidad están limitadas (crepúsculo u oscuridad, conducción en túneles o en bosques frondosos), es el sistema de alumbrado del vehículo el que garantiza la seguridad perceptiva.

El pavimento de una carretera seca y clara absorbe el 70% de los rayos de luz incidentes, quedando por lo tanto sólo el 30% restante para percibir la iluminación de la calzada.

- **Lluvia y visibilidad**

Influencias atmosféricas u otros fenómenos merman la visión del conductor. La lluvia, la nieve, la niebla, así como pequeñas partículas debidas a la contaminación, son origen de minúsculas fuentes luminosas consecuencia de la reflexión y/o refracción de la luz, creando una iluminación parásita que, por disminución del contraste, convierten los objetos observados en menos discernibles.

Un pavimento oscuro y mojado absorbe el 85% de los rayos de luz incidentes. En tales condiciones, el sistema de alumbrado con luz de cruce, faros antiniebla o luz de carretera mejora ostensiblemente la seguridad perceptiva.

Los factores que influyen en los accidentes que se producen con tiempo lluvioso son múltiples y complejos. Entre los más importantes cabe destacar la baja adherencia entre el neumático y el suelo en condiciones de lluvia, hecho muchas veces ignorado por el público. Otro factor que tiene una influencia significativa es la reducción de la visibilidad, no solo debido a la intensidad de la lluvia, sino también a la velocidad del tráfico. En este apartado, tomando como base el estudio realizado por Ivey en 1975, se pretende poner de manifiesto la necesidad de reducir la velocidad cuando se conduce bajo condiciones atmosféricas de lluvia, no solo por efecto de la reducción del coeficiente de adherencia sino, también, por la influencia en la visibilidad.

Visibilidad atmosférica en condiciones de lluvia.

Si en el espacio comprendido entre un objeto a identificar y el ojo del observador, aparece algún tipo de interferencia para las ondas de luz, el reconocimiento de dicho objeto puede verse dificultado. Este es el caso durante los períodos de lluvia. Durante la lluvia, el espacio comprendido entre un objeto y su observador está repleto de gotas de agua. La luz proveniente del objeto sufre una refracción cada vez que atraviesa la capa límite entre el aire y el agua, distorsionando la información que llega al observador y llegando a convertir al objeto en imposible de discernir, en condiciones extremas.

A través de datos experimentales [Wilson, 1968] se ha establecido una aproximación de la distancia de visibilidad (expresada en metros) en función de la intensidad de lluvia (expresada en milímetros por hora). Como puede observarse en dicha fórmula, la distancia de visibilidad es inversamente proporcional a la intensidad de la lluvia.

$$D_{\text{VISIBILIDAD ATMOSFERICA}}(m) = \frac{41048,59}{\left[I \left(\frac{mm}{h} \right) \right]^{0,68}}$$

Factores que provocan baja visibilidad en la conducción. Visibilidad desde el interior del vehículo.

Existen una serie de factores adicionales que reducen considerablemente la visibilidad durante la conducción en situaciones de lluvia, respecto a la visibilidad atmosférica tratada anteriormente, dependiente únicamente de la intensidad de la lluvia. Estos factores que degradan todavía más la visibilidad del conductor son:

1. La capa de agua acumulada sobre el parabrisas, que depende principalmente de la intensidad de la lluvia, de la velocidad del vehículo, de la inclinación del parabrisas, del estado de los limpiaparabrisas y de la velocidad de funcionamiento de estos últimos.
2. Suciedad, pequeñas roturas y otros defectos en el parabrisas.
3. Tamaño, color y reflectividad natural del objeto a identificar y de su entorno.
4. Interacciones con el resto del tráfico, que pueden provocar acumulaciones puntuales de agua.

Mediante la realización de ensayos experimentales [Ivey, 1975], se ha llegado a obtener una relación empírica, ver la ecuación 1, entre la distancia de visibilidad media para un conductor bajo condiciones de lluvia, en función de la intensidad de la lluvia y de la velocidad de circulación.

$$D_{\text{VISIBILIDAD}} (m) = \frac{353954,88}{\left[I \left(\frac{mm}{h} \right) \right]^{0,68} V \left(\frac{km}{h} \right)}$$

Como puede observarse en la ecuación 2, la distancia de visibilidad es inversamente proporcional a la intensidad de lluvia, expresada en milímetros por hora e inversamente proporcional a la velocidad de circulación del vehículo expresada en kilómetros por hora.

Velocidad límite de circulación en condiciones de lluvia.

Conduciendo bajo la lluvia existen tres factores claves que reducen la seguridad y que como se pondrá de manifiesto aconsejan reducir la velocidad de circulación:

1. La visibilidad queda restringida en función de la intensidad de la lluvia y de la velocidad de circulación.
2. El coeficiente de adherencia entre el neumático y el suelo queda drásticamente reducido respecto a las condiciones de suelo seco y limpio, limitando los esfuerzos que se generan entre el neumático y el suelo.
3. La aparición de una capa de agua en el suelo puede ser causante del fenómeno conocido como acuaplaning o hidroplaneo.

El fenómeno del hidroplaneo, consiste básicamente en la pérdida de contacto entre neumático y suelo, cuando aquel rueda sobre una superficie cubierta de agua. Depende fundamentalmente de la película de agua existente entre la calzada y el neumático y de la presión de inflado de éste. En este apartado nos limitaremos a señalar que en condiciones de lluvia intensa, con películas de agua de más de dos milímetros de altura y con presiones de inflado del neumático de 2 bar (típicas de un turismo), la velocidad a la que se produce este fenómeno es de aproximadamente 90 km/h. Velocidades superiores a esta supondrían la pérdida total del control del vehículo.

En la figura 1 se representa conjuntamente:

1. La distancia de parada requerida en recta en función de la velocidad de circulación, para un coeficiente de adherencia entre neumático y calzada de 0,4 y suponiendo un tiempo de reacción de un segundo.
2. La distancia de visibilidad durante la conducción en función de la intensidad de lluvia (en mm/h) y de la velocidad de circulación, ecuación 3. Las intensidades de lluvia consideradas (entre 60 y 1.200 mm/h), corresponden a la mínima intensidad de lluvia que puede provocar problemas de visibilidad en la conducción y a la máxima intensidad puntual de lluvia previsible en nuestro país. Los puntos de corte de estas curvas con la anterior, indican las velocidades máximas de circulación segura en cada caso, ya que para velocidades mayores, la distancia de visibilidad sería inferior a la requerida para parada.

Podemos observar que para intensidades de lluvia inferiores a 220 mm/h, es más crítica la velocidad de acuaplaning que la limitación impuesta por la distancia de parada, siendo de vital importancia en estas condiciones un buen drenaje de la calzada que evite la aparición de este fenómeno.

Intensidades de lluvia mayores disminuyen las velocidades de circulación segura por debajo de la de acuaplaning. Si para una intensidad de lluvia dada se circula a una velocidad superior a la indicada por el punto de corte entre la curva de distancia de visibilidad y la de distancia de parada, no será posible detener el vehículo ante un posible obstáculo que surja en el campo de visión del conductor.

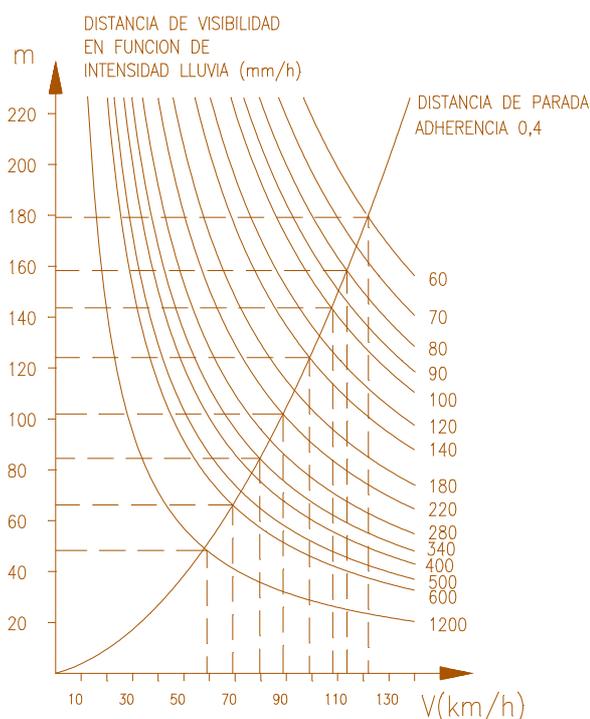


Figura 2 Distancia de parada y de visibilidad en condiciones de lluvia.

Durante la conducción bajo la lluvia se ve incrementado el riesgo de accidente ya que:

1. Existe baja adherencia entre el neumático y el suelo, hecho muchas veces ignorado por el público. Debe concienciarse a los conductores de que en estas condiciones la capacidad de maniobra de su vehículo queda drásticamente mermada respecto a las condiciones de suelo seco.

2. Se produce una reducción significativa de la visibilidad, no solo debido a la intensidad de la lluvia, sino también a la velocidad del tráfico. A menor velocidad de circulación, mayor será la distancia de visibilidad y menor la distancia requerida para detener el vehículo, aumentando el margen de seguridad en la conducción.
3. La visibilidad en el vehículo queda además limitada por: la inclinación del parabrisas, el estado de los limpiaparabrisas, la velocidad de funcionamiento de estos últimos y suciedad, pequeñas roturas y otros defectos en el parabrisas. Debe concienciarse a los conductores de la importancia de un correcto mantenimiento y limpieza de los elementos citados.
4. La existencia de embalsamientos de agua puede hacer aparecer el fenómeno del acuaplaning. Para presiones de inflado del neumático de aproximadamente 2 bar, velocidades del orden de 90 km/h pueden provocar la aparición de este fenómeno y la pérdida total del control del vehículo. Presiones de inflado inferiores (debidas a un mantenimiento incorrecto), reducen drásticamente la velocidad a la que se produce el acuaplaning. Este fenómeno puede ser evitado con un correcto drenaje de la calzada que evite la acumulación de agua sobre la misma.

- La velocidad

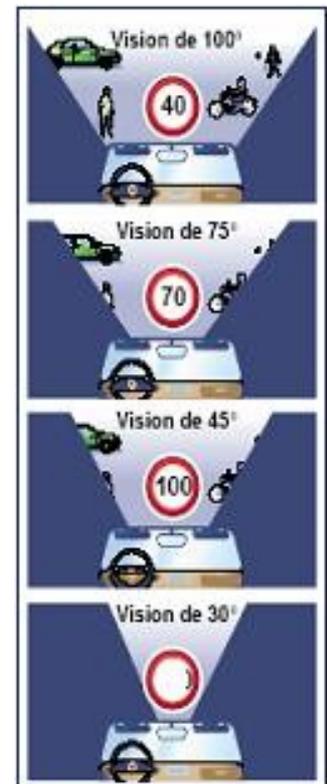
La velocidad también afecta a nuestra visión.

Cuanto más rápido conducimos, nuestro campo de visión se reduce como consecuencia de la concentración, por lo que experimentamos un requerimiento mayor de luz en aquellas zonas que entran dentro de nuestro actual campo de visión.

También debemos tener en cuenta el efecto de la fatiga, lo que provocará un mayor esfuerzo visual.

Las citadas influencias pueden contrarrestarse con muy diversos medios:

- Sistemas de limpieza de faros.
- Distribución variable de la luz.
- Iluminación adecuada de la calzada.
- Amplia iluminación lateral.
- Buena profundidad de iluminación.



- El nivel ambiente:

El dominio energético abarcado por la visión humana está comprendido entre los 10^{-7} lux, límite absoluto de la visión, y aproximadamente 7.000 lux, límite superior de tolerancia visual. Un sol de mediodía, sobre suelo nevado sin polucionar, puede llegar a producir iluminancias del orden de 10.000 lux, mientras que los mejores proyectores de automóvil para luz de cruce, en laboratorio, no proporcionan más de 50 lux sobre un panel vertical situado a 25 metros de distancia.

- La vista y la fatiga:

La capacidad visual depende en gran medida de la densidad de iluminación de los objetos observados. Un sujeto que presente una capacidad visual del 100% con iluminación diurna, verá reducida dicha capacidad a sólo un 70% en una calle bien iluminada durante la noche y tan sólo a un 30% en el caso de circulación nocturna con luz de cruce. La percepción cromática queda igualmente afectada.

- Parabrisas y gafas:

Los parabrisas tintados y fuertemente inclinados atenúan hasta en un 70% los rayos luminosos que los atraviesan. Las gafas graduadas, sin tintar, provocan una atenuación de al menos un 10%, ya que no existe ningún vidrio perfectamente transparente.

- La tensión disponible:

La intensidad luminosa de un proyector varía con la tercera potencia de la tensión disponible. Esto quiere decir que la pérdida de un voltio debido, por ejemplo, a un cableado defectuoso o en mal estado, disminuye la intensidad luminosa de la fuente en un 28%.

- El reglaje:

Para no deslumbrar a los conductores que circulan en sentido contrario, la luz de cruce está colocada de manera que el haz es dirigido hacia el suelo. Una pequeña variación del reglaje debida, por ejemplo, a vibraciones, puede provocar dos efectos contrarios, pero igualmente desastrosos: un reglaje muy alto, por el deslumbramiento que produce a los conductores que circulan en sentido contrario, o muy bajo, por la reducción de la distancia de visibilidad.

Con una desviación de tan solo dos grados de su posición nominal, si esta tiende a levantar el haz el conductor que circula en sentido contrario recibe una iluminancia 10 veces superior, mientras que si tiende a bajarlo, la zona de visibilidad de 2 lux se ve reducida 35 metros.

- El deslumbramiento:

El problema del deslumbramiento es el tiempo necesario para recuperar una visión normal. Un estudio de la Universidad de Michigan, a puesto de manifiesto que ***son necesarios 3,6 segundos para recuperar una visión normal después de ser deslumbrado por una luz de cruce y más de 5 segundos en el caso de una luz de carretera.***

- El ensuciamiento:

Unos proyectores ligeramente sucios, pierden hasta un 25% de su intensidad luminosa.

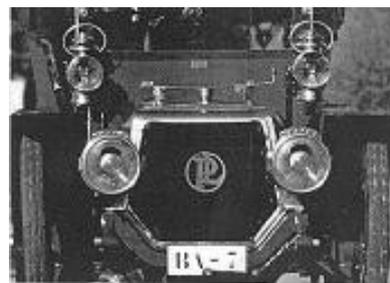
La acumulación de los factores citados provocan un retraso en la percepción real e identificación de un posible peligro. Al circular a mayor velocidad, se recorrerá un mayor espacio durante dicho período de retraso y puede llegar a convertirse en imposible la realización de una maniobra evasiva o bien convertirla en ineficaz, en cuyo caso puede producirse un accidente de mayor o menor severidad.

5. EVOLUCIÓN DEL ALUMBRADO

En los primeros vehículos de finales del siglo XIX el alumbrado no representaba un papel importante, debido a que conducir de noche era arriesgado por la escasa seguridad de funcionamiento de los vehículos.

Antes de utilizar los faros eléctricos, en los primeros tiempos, se utilizaron faroles con velas, después faroles de petróleo y por último faroles de acetileno.

En los primeros años del siglo XX se empezaron a utilizar las lámparas eléctricas, pero únicamente para realizar funciones de señalización de la posición del vehículo. Se utilizaron en faroles auxiliares para la parte trasera y lateral. Esto era así porque las baterías no se podían cargar durante la marcha, con el peligro de producirse la descarga de la batería en medio del recorrido y quedarse sin iluminación en medio de la noche.



Con la aparición de la dinamo de alumbrado, hacia el año 1908, se pudo conseguir que el uso de los faros eléctricos se extendiera poco a poco.

Desde esos primeros tiempos, los sistemas de alumbrado han ido evolucionando debido al aumento de las prestaciones en los vehículos, la creciente densidad de tráfico y los exigentes requisitos de diseño, debiendo encontrar soluciones para las necesidades que se iban planteando, entre las que podemos citar las siguientes:

- Necesidad de reforzar la iluminación de la calzada

En los primeros tiempos se adoptaron formas especulares parabólicas en los reflectores para desviar el haz luminoso de la fuente de luz hacia la calzada. Se empleaban dispositivos de enfoque para situar el filamento incandescente en el foco. Estos faros eran por lo general faroles y la luz que emitían producía solamente una mancha clara en la carretera.

Uno de los objetivos buscados en esta época, fue el tener en cuenta que cuanto más uniforme es la iluminación de la calzada, mayor es la seguridad de marcha.

En 1917 se normaliza un nuevo portalámparas que junto con el empleo de espejos de metal pulido de alto brillo y de lámparas de incandescencia apropiadas, permitió suprimir el inestable dispositivo de enfoque.

- Necesidad de reducir el deslumbramiento

Hasta 1919 la evolución del sistema de alumbrado consistió en utilizar lámparas cada vez más potentes, lo que produjo problemas de deslumbramiento cuando dos vehículos se cruzaban. Para solucionar esto en un principio se empezaron a utilizar dobles faros, uno para luz de carretera y otro para luz de cruce, con un sistema de conmutación para pasar de una a otra según fuese necesario.

En 1925, para evitar la disposición de doble faro, se ideó una lámpara con dos filamentos, uno para luz de carretera y otro para luz de cruce. Con este tipo de lámpara no se producía el deslumbramiento debido a que el filamento de luz de cruce estaba cubierto con una caperuza de chapa de forma que únicamente irradiaba luz a la parte superior del reflector y de esa forma se iluminaba solo la proximidad del vehículo.

- Necesidad de mejorar la dispersión lateral

Para satisfacer las necesidades relativas a la dispersión lateral y a la iluminación de la calzada situada justo delante del vehículo, se empezaron a utilizar cristales de vidrio prensado con óptica de lente cilíndrica vertical, los cuales prolongaron el haz luminoso a lo ancho sin aumentar el deslumbramiento con la luz de cruce.

En 1931, como complemento a las luces ordinarias del vehículo se empieza a utilizar una lámpara antiniebla, con un haz luminoso oblicuo dirigido hacia un lado y hacia abajo, que hacía más visible el borde de la calzada.

- Necesidad de aumentar el alcance

La necesidad de aumentar el alcance se debe al desarrollo de las carreteras. Con la construcción de autopistas y autovías, las velocidades de los vehículos aumentan y esto hace que el alcance de la luz de carretera no sea suficiente y menos aún el de la luz de cruce.

Se hizo necesario incorporar proyectores de largo alcance que ampliaran el alcance de la luz de carretera desde los 200 m hasta 800 m.

- Necesidad de una distribución asimétrica de la luz

Debido al aumento de la densidad del tráfico, y por consiguiente al aumento en el cruce entre vehículos, comenzó a incrementarse el uso de la luz de cruce hasta el punto de que la luz de carretera se usaba en raras ocasiones.

La introducción en 1957 de la distribución asimétrica de la luz, hizo posible una considerable ampliación del alcance de la luz de cruce en el borde derecho de la calzada sin deslumbrar a los vehículos que circulaban en sentido contrario.

- Necesidad de incrementar los valores de iluminación

Debido a que las lámparas de incandescencia convencionales utilizadas desde la aparición del alumbrado eléctrico, tenían el inconveniente de que los vapores de Wolframio desprendidos del filamento incandescente se depositan en forma de partículas en la ampolla de la lámpara, ennegreciéndola con el paso del tiempo.

Este proceso reduce los valores de iluminación y limita la vida útil de la lámpara.

La introducción de las lámparas halógenas aportó mayor densidad luminosa del filamento y mayor tiempo de servicio. En un principio se introdujeron las lámparas halógenas de un solo filamento, y posteriormente las de dos filamentos, uno para la luz de cruce y otro para la luz de carretera.

Actualmente existen avances en lámparas halógenas que proyectan la luz sobre la vía con una graduación diferenciada según la zona de la calzada de que se trate, aumentando la seguridad en la conducción. Este sistema es conocido como NightGuide.

En la actualidad se ha incrementado aún más el valor de iluminación con la aparición de las lámparas de descarga de gas o Xenon. Estas se caracterizan porque producen una mejor iluminación de la calzada con una superficie de salida de luz más pequeña, así como por una mayor duración.

- Necesidad de una señalización efectiva hacia atrás

La evolución de las luces traseras ha transcurrido de forma similar a la de las luces delanteras.

En un principio existían luces traseras independientes de posición, de freno, captadores catadióptricos y de iluminación de matrícula. Pero con el paso del tiempo se fue tendiendo a la agrupación de los distintos componentes entre sí.

Hoy en día los vehículos generalmente cuentan con unidades completas integradas en la carrocería y situadas en ambos lados de la misma.

Las luces traseras están equipadas desde los primeros tiempos con lámparas de incandescencia convencionales, y aunque en la actualidad están empezando a utilizarse LED para estos sistemas de iluminación, sigue siendo la lámpara de incandescencia convencional la más utilizada en la actualidad.

- Necesidad de una clara indicación de la dirección de marcha

Debido a que los primeros vehículos eran abiertos, no era necesario que dispusieran de un sistema de indicación de cambio de marcha. En su defecto, el conductor avisaba con la mano su intención de cambiar de dirección.

Con la introducción de los vehículos cerrados aparecieron los primeros sistemas de indicación, los cuales estaban formados por un brazo oscilante en el lado izquierdo y derecho del vehículo que era accionado por un electroimán al tiempo que se encendía una lámpara de incandescencia en el brazo oscilante.

A partir de 1949 se impuso la sustitución progresiva de estos indicadores de dirección por las centrales de intermitencia eléctricas, lográndose así una clara mejora de la señalización.

6. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE VEHÍCULOS

Siendo **la iluminación uno de los sistemas de seguridad más importantes del vehículo**, como ha quedado justificado, es quizás uno de los conjuntos a **los que menos atención se les presta en cuanto a mantenimiento y control se refiere**.

Con mucha frecuencia el conductor no es consciente de circular con un proyector fuera de servicio, o cuya intensidad luminosa es deficiente. En la mayoría de los casos, este hecho no es achacable a la inexperiencia del conductor, sino a que simplemente se ha ido adaptando a la merma de visibilidad que aportan los proyectores, llegando a considerarla como normal. Como principal consecuencia, el esfuerzo adicional a que se someten las pupilas provoca un mayor agotamiento físico, y una mayor sensibilidad a los deslumbramientos, aumentando consecuentemente el tiempo de reacción.

Según estadísticas elaboradas por la Dirección General de Tráfico, como ya hemos visto, es en las noches de los meses de invierno donde se producen más accidentes, debido al elevado porcentaje de horas de oscuridad y a las condiciones atmosféricas que suelen ser bastante adversas.

El sistema de alumbrado del vehículo es el elemento fundamental de seguridad activa en el tráfico nocturno. La misión del sistema de alumbrado de un vehículo es iluminar durante la noche el camino que recorre el vehículo y señalar su posición y los cambios de dirección. Para realizar esta misión los vehículos disponen de un sistema de faros y luces.

Una buena iluminación de la calzada en todas las situaciones refuerza y posibilita las sensaciones visuales del conductor. Entre estas sensaciones se incluyen la captación de brillo, color y espacio, la percepción de forma y movimiento, y el reconocimiento de las diferencias de densidad luminosa y de color. Este es el motivo de que los faros de los vehículos deban cumplir unos requisitos luminotécnicos estrictos.

Unos faros y luces eficaces en las partes delantera y trasera del vehículo son la base para satisfacer debidamente la función de "ver y ser vistos".

La función principal de los faros situados en el frontal del vehículo es iluminar la calzada, de manera que el conductor pueda percibir los acontecimientos del tráfico y reconocer a tiempo los obstáculos. Otra misión complementaria es emitir juegos de señales que sirvan de marcas de identificación al tráfico en sentido opuesto. Los intermitentes permiten informar a otros conductores de la intención de cambiar de dirección de marcha o de la existencia de una situación peligrosa.

Las luces de la parte delantera del vehículo son:

- o Faros de carretera y cruce.
- o Faros antiniebla.
- o Faros adicionales de carretera.
- o Intermitentes.
- o Luces de estacionamiento.

- o Luces de posición y gálibo.
- o Luces diurnas (en los países que estén prescritas).

Las luces de la parte trasera del vehículo señalan la posición del mismo y la forma y dirección en que se desplaza.

Las luces de la parte trasera del vehículo son:

- o Luces de posición.
- o Luces de freno.
- o Luces de niebla.
- o Intermitentes.
- o Luces de estacionamiento.
- o Luces de gálibo.
- o Luces de marcha atrás.
- o Luz de matrícula.

7. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE LA PARTE DELANTERA DEL VEHICULO.

7.1. ELEMENTOS DE LOS FAROS

Los faros de los vehículos se componen de:

- Lámpara → es la fuente luminosa.
- Reflector → recoge los rayos de luz y los agrupa en un haz luminoso efectivo.
- Cristal de dispersión → desvía los rayos luminosos en la dirección que interese.

En muchos casos, sobre todo actualmente, el reflector desempeña también la función del cristal de dispersión y desvía la luz en el sentido necesario. En este caso, el cristal solo tiene la misión de sellar el faro por delante y protegerlo de la suciedad.

7.1.1. Lámparas

Son los elementos que generan el foco luminoso o fuente de iluminación en el interior de los faros o pilotos. La calidad de la iluminación depende, en gran medida, de la calidad de la fuente luminosa. Las lámparas generan luz absorbiendo energía calorífica. La luz emitida es más intensa cuanto mayor es la temperatura a la que se puede calentar. Fundamentalmente, en el automóvil se utilizan tres tipos de homologados de lámparas para el sistema de alumbrado (cruce/carretera):

Lámpara de incandescencia

Este tipo de lámpara tiene un filamento de wolframio que se pone incandescente al ser atravesado por una corriente eléctrica. Tiene un rendimiento luminoso pequeño, al igual que su vida útil, por el ennegrecimiento de la ampolla con las partículas de wolframio evaporadas del filamento. Han sido sustituidas casi completamente por lámparas de halógeno.

El rendimiento luminoso (lumen por vatio) es el rendimiento luminotécnico obtenido en función de la potencia eléctrica suministrada. En las lámparas de incandescencia, este rendimiento es de 10 a 18 lm/W.

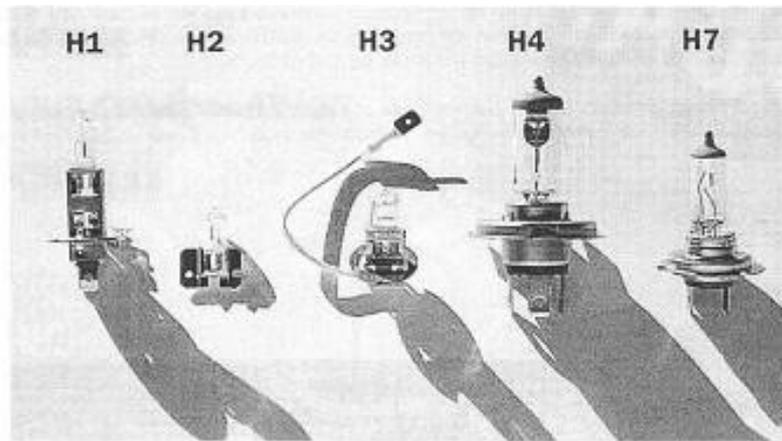


Lámparas de halógeno

Las lámparas de halógeno pueden tener un único filamento incandescente (H1, H3, H7, etc) o bien dos filamentos (H4). En el primer caso se utilizan para luz de cruce, de carretera o antiniebla y en el segundo caso para luz de carretera/cruce en la misma lámpara.

Una lámpara de halógeno con 60/55 W de potencia irradia aproximadamente el doble de luz que la equivalente de incandescencia convencional con 45/40 W.

Las lámparas están rellenas con un halógeno (yodo o bromo) que permite que la temperatura del filamento alcance casi el punto de fusión del wolframio (unos 3400 °C) y por tanto un alto rendimiento luminoso. El wolframio evaporado se une con el gas halógeno en las proximidades de la pared caliente de la ampolla y forma haluro de wolframio que es un gas transparente. Este compuesto gaseoso es estable en un intervalo de temperaturas de 200 a 1400 °C. Cuando llega a las inmediaciones del filamento se descompone como consecuencia de la alta temperatura de éste y entonces forma sobre él un sedimento homogéneo de wolframio. Para mantener este proceso cíclico se requiere que la temperatura de la ampolla de la lámpara sea de 300 °C aproximadamente. Esto exige que la ampolla de cristal de cuarzo rodee estrechamente al filamento.



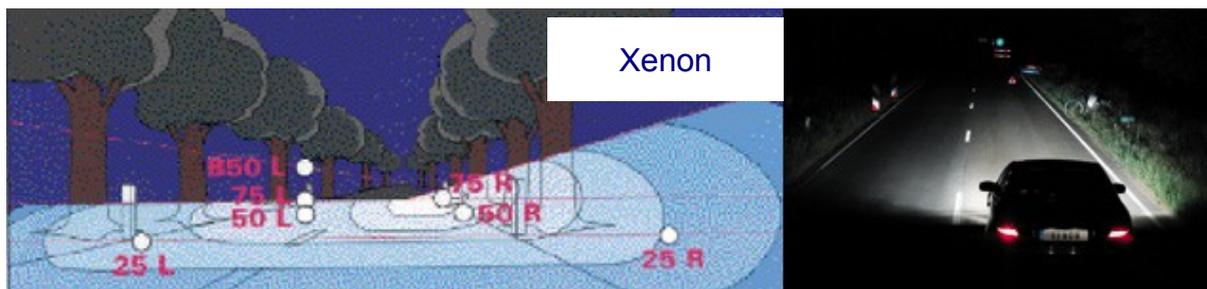
En las lámparas de halógeno el rendimiento luminoso es de 22 a 26 lm/W y se debe sobre todo a la mayor temperatura del filamento.

Tipos de lámparas halógenas:

Denominación	Duración	Potencia	Especificaciones	Observaciones
	media	(12 V)		
H4	400 h (Cruce)	55/60	<ul style="list-style-type: none"> • 2 filamentos • Cazoleta sobre 1 filamento • Utilización para proyectores principales • Con o sin filtro amarillo 	Dispone de dos filamentos en línea para el alumbrado de cruce y de carretera. Su flujo luminoso es de 1.000/1.650 lm respectivamente.
H1	400 h	55	<ul style="list-style-type: none"> • 1 filamento axial • Utilización para proyectores principales y auxiliares 	Se emplean habitualmente en iluminación de cruce, de carretera y de antiniebla. Su flujo luminoso es de 1.350 lm. Las bombillas con filtro ultravioleta incorporado, se identifican mediante una letra adicional (U) o mediante un punto blanco.
H2	400 h	55	<ul style="list-style-type: none"> • 1 filamento axial • Utilización para proyectores auxiliares (lámpara plana) 	Es muy similar a la anterior, pero de menor longitud. Se utilizan para alumbrado de carretera y de antiniebla. Su flujo luminoso es de 1.800 lm.
H3	400 h	55	<ul style="list-style-type: none"> • 1 filamento transversal • Utilización para proyectores auxiliares (antiniebla) 	En este tipo de lámparas, el filamento se dispone transversalmente. Se utiliza, en la mayoría de los casos, en los faros auxiliares (antiniebla y largo alcance). Su flujo luminoso es de 1.450 lm.
H5	400 h	55/60	<ul style="list-style-type: none"> • 2 filamentos • Cazoleta sobre 1 filamento • Utilización para proyectores principales • Admitido solamente en proyectores halógenos 	Es muy similar al anterior, pero con casquillo de código europeo. Se equipa en exclusividad, sobre proyectores halógenos. Incorpora un escudo para la luz directa.
H7	400 h	55	<ul style="list-style-type: none"> • 1 filamento • Utilización para proyectores principales (especialmente para proyectores de superficie compleja) • Menores emisiones de radiaciones ultravioletas • Adaptadas a proyectores de cristal plástico 	Son lámparas de un filamento. Se fabrican con una gran precisión, ya que se suelen montar sobre proyectores de superficie compleja. Disponen de un filtro ultravioleta, y de un escudo para la luz directa.

Lámpara de descarga de gas

También conocidas como XENON. Esta técnica tiene ventajas decisivas en comparación con las lámparas de incandescencia, como podremos ver más adelante en el capítulo “desarrollo actual”.



7.1.2. Reflectores

La misión de los reflectores de los faros es captar la mayor cantidad de luz posible de la lámpara del faro y conseguir el máximo alcance.

Antes, casi todos los reflectores tenían forma parabólica, mientras que hoy se recurre a reflectores escalonados, con superficies de forma libre o sistemas de faros con óptica de reproducción de imagen (Sistema PoliElipsoide PES).

Reflexión

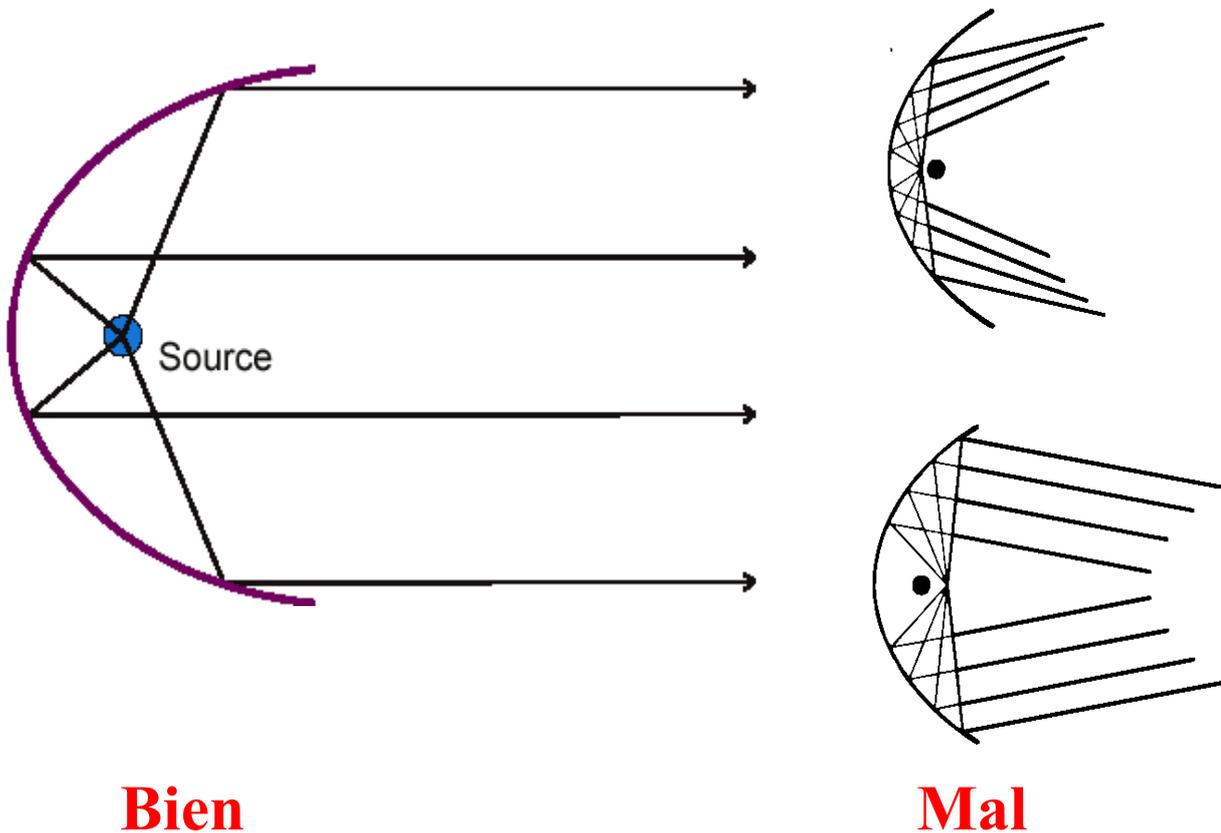
Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie especular, se produce una elevada reflexión, siendo devuelto el rayo por la superficie. En este fenómeno, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Como esta regla rige también para las superficies especulares curvas, en los reflectores de los faros de forma parabólica todos los rayos de luz procedentes del foco salen reflejados en un haz paralelo al eje del reflector.

Distancia focal de un reflector

Una distancia focal pequeña del reflector, o entre mediana y pequeña, favorece el aprovechamiento adecuado de la lámpara y por tanto un alto rendimiento, ya que el reflector abarca la mayor parte de la lámpara y una gran parte de la intensidad luminosa puede contribuir a formar el haz luminoso.

La distancia focal de los reflectores convencionales (distancia entre el vértice de la parábola y el foco) es del orden de 15 a 40 mm.

Los reflectores modernos se desvían de las formas parabólica, a veces considerablemente. La forma óptima se logra por procedimientos matemáticos especiales (Homogeneous Numerically calculated Surface HNS). Para el cálculo se utiliza una distancia focal intermedia, referida a la distancia entre el vértice del reflector y el centro del filamento. Los valores son de 15 a 25 mm. Con distancias focales pequeñas, es posible acomodar en el espacio constructivo de un reflector parabólico convencional (lámpara H4), tres reflectores separados para luz de cruce, luz de carretera y luz antiniebla (lámparas H1 ó H2) y al mismo tiempo aumentar el rendimiento luminoso.



Materiales del reflector

Los reflectores generalmente se fabrican en chapa de acero o en plástico.

Los reflectores de chapa de acero se fabrican mediante un procedimiento de estampado en frío que le da la forma parabólica o una de las formas complejas antes mencionadas y después se le protege contra la corrosión mediante cincado o un recubrimiento en polvo. Después de alisado con esmalte, se incorpora la capa reflectora por vaporización o por un "proceso de bombardeo iónico" con aluminio y por último se protege con una capa especial, también aplicada por vaporización o "bombardeo iónico".

Los reflectores de plástico se inyectan en el caso de fabricarse con termoplástico o se prensan en el caso de fabricarse con duroplástico, consiguiéndose una gran exactitud de reproducción de la forma. Con este procedimiento se pueden realizar reflectores de escalonamientos especiales y sistemas de cámaras múltiples. Aunque este material no exige un tratamiento anticorrosión, la capa reflectora se protege también con una capa especial.

7.1.3. Cristales de dispersión

La misión de los cristales de dispersión es la de desviar con precisión la luz emitida por reflectores y dispersarla o agruparla en un haz para lograr el efecto luminoso deseado sobre la calzada.

Refracción y reflexión

Para que las luces y faros puedan irradiar luz se requieren materiales transparentes como el aire, vidrio o plásticos. En la superficie interfacial entre el aire y el material transparente del cristal de dispersión del faro, un rayo incidente se descompone en una fracción refractada y otra pequeña reflejada. La refracción de la luz es originada por las diferentes velocidades de propagación de las ondas luminosas en el aire y en el vidrio o plástico.

La cara interna del cristal de dispersión contiene una determinada disposición de elementos lenticulares y prismáticos, así como superficies planas, con el fin de lograr tanto una luz de carretera de largo alcance, como una luz de cruce bien distribuida. El tipo y la disposición de estos elementos ópticos en el campo del cristal de dispersión dependen del tamaño y la distancia focal del reflector y de la distribución luminosa deseada.

La cara externa del cristal de dispersión es siempre lisa, para evitar que se acumule suciedad.

Elementos ópticos

Los elementos ópticos de un cristal de dispersión pueden ser:

- Elementos lenticulares
- Elementos prismáticos
- Elementos combinados

Cuando los rayos paralelos inciden sobre un elemento lenticular, se dispersan a causa de la refracción, en dirección perpendicular al eje de la lente cilíndrica. El efecto de dispersión aumenta si el radio de la lente se hace más pequeño.

Cuando los rayos luminosos inciden con un ángulo determinado sobre un elemento prismático, se desvían un ángulo que depende de la geometría de dicho elemento. Los rayos paralelos que inciden en un prisma discurren también paralelos después de ser desviados.

Los elementos combinados se componen de elementos lenticulares y elementos prismáticos.

Cristales de cierre "diáfanos"

En la actualidad es normal el uso de reflectores de formas libres, los cuales no necesitan cristales de dispersión con elementos ópticos y si utilizan cristales de cierre "diáfanos".

Materiales de los cristales de dispersión

Los cristales de dispersión tradicionales son de vidrio con un alto grado de pureza y exento de burbujas y aguas. Pero con el paso del tiempo y buscando una reducción del peso, la posibilidad de modelar y conformar los faros y un ahorro de costes, suele elegirse el plástico como material para estos cristales.

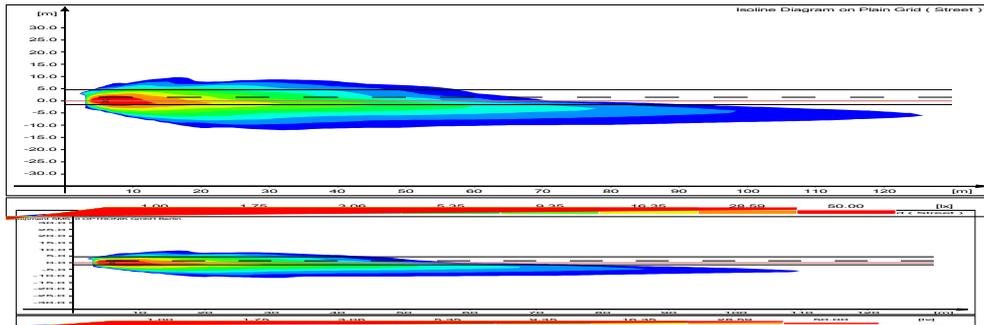
7.2. FAROS PRINCIPALES

Los faros principales de un vehículo tienen que cumplir una doble misión:

- Deben garantizar el máximo alcance visual con mínimo deslumbramiento del tráfico que circula en sentido contrario.
- Deben proporcionar una distribución luminosa que satisfaga las necesidades de circulación en el área cercana al vehículo.

7.2.1. Luz de carretera

La luz de carretera es producida por una fuente luminosa que normalmente está dispuesta en el foco del reflector, con esto se consigue que la luz reflejada salga en un haz paralelo al eje del reflector. La máxima intensidad de iluminación de la luz de carretera depende principalmente de la superficie luminosa del reflector.



7.2.2. Luz de cruce

En casi todos los sistemas de faros utilizados hasta 1988 (con lámparas de la categoría H4), la fuente de luz de cruce se encuentra delante del foco del reflector parabólico. Con ello se logra que, después de la reflexión, la luz tienda a inclinarse hacia el eje reflector. Una caperuza cubre la fracción de luz que en el campo inferior se reflejaría en forma plana hacia arriba.



7.2.3. Tipos de faros

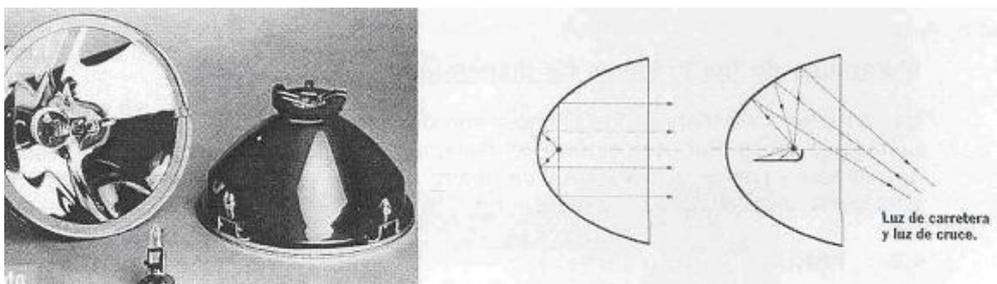
En cuanto a constitución se refiere, los faros o proyectores pueden clasificarse atendiendo a la geometría del reflector utilizado. Los más importantes son:

Parabólicos

Son faros de reflexión, denominados "de tipo convencional", En ellos, la luz de las lámparas se concentra en un reflector parabólico (a modo de espejo), y se refleja hacia la calzada, pasando previamente por el cristal de dispersión. En este tipo de faros la calidad de la luz de cruce mejora al aumentar el tamaño del reflector, Un montaje lo más alto posible produce un gran alcance geométrico, pero en contraposición con esta medida la aerodinámica exige mantener bajo el frontal del vehículo.

Cuando se conecta la luz de carretera el filamento de la lámpara que se ilumina, se encuentra exactamente en el punto focal (punto característico de la parábola) del reflector, De este modo, la luz sale totalmente paralela al eje del reflector con amplitud y profundidad,

Cuando se acciona la luz de cruce, el filamento correspondiente de la lámpara, se encuentra delante del punto focal, con lo que la luz no sale de forma paralela, sino que se refleja plana, hacia arriba y hacia abajo. La eliminación del haz de luz de trayectoria ascendente (deslumbrante) se consigue incorporando una pantalla bajo el filamento de cruce. Esta pantalla tiene una ligera inclinación para conseguir un haz de luz asimétrico.



Elípticos

Son faros de alto rendimiento, mucho más pequeños que los convencionales (aportando la misma intensidad luminosa) y de gran profundidad, que se suelen utilizar para los proyectores principales y el alumbrado antiniebla. Su principio de funcionamiento es similar al de un proyector de diapositivas, por lo que también se les denomina "faros de proyección".

Consta de un reflector, una lámpara H1, una pantalla y una lente convergente. En lugar de una diapositiva, lo que se coloca es el filamento de la lámpara, lo que produce el contorno del haz luminoso al ser proyectado por la lente, lo

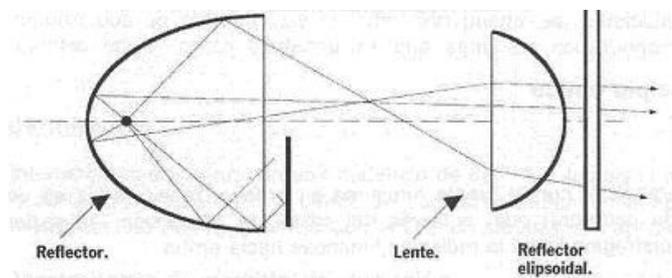


que permite eliminar todos los rayos deslumbrantes, proporcionando una iluminación óptima. La función del objetivo la cumple una lente que proyecta y distribuye la luz a la calzada.

Gracias a la compleja geometría del reflector, el haz luminoso se proyecta completo junto con el límite claro-oscuro. Con este sistema se consigue una mejor iluminación de todo el campo de visibilidad, tanto frontal como lateral, y una disminución del auto-deslumbramiento .

Reflector de superficie compleja

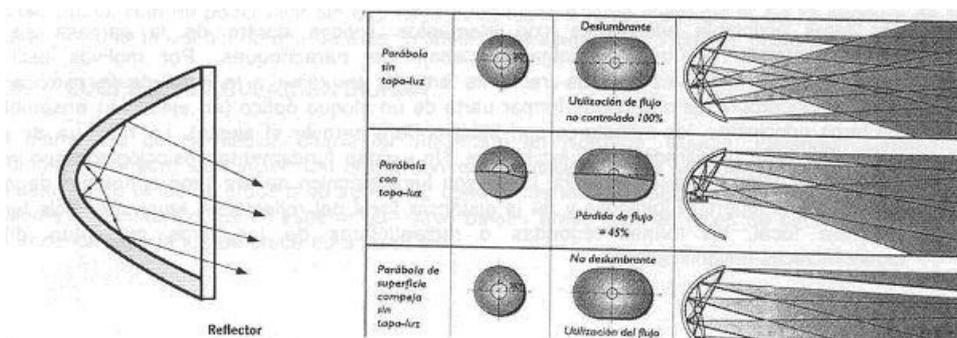
En este tipo de faros (de reflexión), el reflector ya no es liso sino escalonado. Consta de secciones o segmentos parabólicos y no parabólicos. Este escalonamiento del reflector es específico para cada vehículo y su cálculo y diseño se realiza con ayuda del ordenador (50.000 puntos aproximadamente) lo que permite una distribución ideal del flujo luminoso sin necesidad de tallado para guiar el haz de luz, utilizando por lo tanto, cristales transparentes. Las distintas secciones del reflector tienen diferentes focos, de manera que los rayos reflejados poseen distintos grados de inclinación, de este modo la luz se proyecta hacia abajo por todos los segmentos del reflector. Así pues, en este tipo de faro no se requiere la pantalla de la lámpara, aprovechándose el reflector completo para la luz de cruce. La orientación de cada punto del reflector está calculada en función de la aplicación para la que ha sido desarrollado (cruce, antiniebla, carretera, etc.).



En ciertos casos, se utiliza un sistema con dos reflectores y dos lámparas monofilamento. La lámpara suplementaria (H1) para la luz de carretera crea el foco para un segundo reflector, el cual se encuentra integrado en el reflector de la luz de cruce. Cuando se conecta la luz de carretera se encienden las dos lámparas (luz de carretera "superpuesta"), consiguiéndose una distribución armónica de la luz, al superponer ambos campos de iluminación. La avanzada tecnología que utilizan este tipo de proyectores, permite la optimización de la distribución del flujo luminoso, consiguiéndose un grado de eficiencia luminosa de hasta un 50% mayor que en los proyectores convencionales.

Las ventajas que presenta la utilización de proyectores de superficie compleja pueden resumirse en los siguientes factores: aportan un 80% más de luz, no existen zonas oscuras al pasar del haz de cruce al de carretera, la disminución de la temperatura del

haz luminoso permite la utilización de cristales lisos de plástico, que posibilitan conseguir formas complejas (hasta un 60% de inclinación) que favorecen una mayor libertad de estilo en el diseño de la carrocería, en caso de rotura del cristal el haz de luz no se altera, por lo que las prestaciones no se ven alteradas de forma importante, y se adaptan a todas las funciones de iluminación (cruce, antiniebla, carretera, etc.).



7.3. FAROS ANTINEBLA

Los faros antiniebla deben servir para mejorar la iluminación de la calzada cuando la visibilidad es mala (niebla, nevada, lluvia fuerte o nubes de polvo).

7.3.1. Principio óptico

Paraboloide

Un reflector parabólico, con la fuente luminosa en el foco, refleja la luz en un haz paralelo al eje (como la luz de carretera) que, a través del cristal de dispersión, se extiende en una banda horizontal. Un diafragma limita la radiación luminosa hacia arriba.

Técnica CD

Con la ayuda de nuevos métodos de cálculo (CAL Computer Aided Lighting) se pueden diseñar los reflectores de manera que dispersen la luz directamente, es decir, sin perfil óptico en el cristal de dispersión y que al mismo tiempo generen, sin utilizar ningún medio de oscurecimiento separado, un límite nítido entre la zona iluminada y la oscura (delimitación entre rayos luminosos de dirección alternante). La dirección alternante (convergente-divergente) de los rayos de luz condujo a la técnica CD.

Por el gran contorno de la lámpara se obtiene un volumen de luz muy elevado con una anchura máxima de dispersión.

Faro antiniebla PES

Con esta técnica se minimiza el deslumbramiento propio del conductor cuando hay niebla. El diafragma, que con ayuda de la lente se proyecta sobre la calzada, genera un contraste máximo del límite entre la zona iluminada y la oscura.

7.3.2. Tipos constructivos

Los faros antiniebla adicionales con elementos ópticos dentro de la carcasa se montan verticalmente en el frontal o colgados debajo del parachoques. Por motivos estilísticos o aerodinámicos, cada vez es más frecuente adaptar los faros a la línea de la carrocería como unidades incorporadas o hacerlos formar parte de un bloque óptico (en ejecución ensamblada con los faros principales, los reflectores son móviles para permitir el ajuste). La mayoría de los faros antiniebla están preparados para luz blanca. No existen fundamentos psicológicos que respalden posibles ventajas de la luz amarilla. La acción luminotécnica de los faros antiniebla depende del tamaño de la superficie luminosa y de la distancia focal del reflector. A igual superficie luminosa y distancia focal, las formas redondas o rectangulares de los faros presentan diferencias luminotécnicas insignificantes.

7.4. OTROS TIPOS DE LUCES

7.4.1. Faros de carretera adicionales

Los faros de luz de carretera adicionales sirven para mejorar la acción de la luz de carretera en sistemas de dos, cuatro y seis faros. Generan un haz de luz muy agrupado y por lo tanto poseen un gran alcance.

Principio óptico

El principio óptico consiste en un reflector aproximadamente parabólico con la fuente luminosa en el foco. En ciertos casos se utiliza un cristal de dispersión adicional, adecuado para cumplir los requisitos luminotécnicos de la luz de carretera.

7.4.2. Sistema de intermitentes

El sistema de intermitentes debe emitir señales de cambio de dirección y de emergencia. Los intermitentes han de servir, como indicadores de dirección, para señalar un cambio de dirección intencionado y, como luces de emergencia, para indicar una situación de peligro. Deben estar ubicados y conformados de manera que la indicación pueda ser percibida con claridad por los demás participantes en el tráfico cualesquiera que sean las condiciones de alumbrado y de marcha.

Señales intermitentes

Las señales intermitentes destellan con una cadencia de 60... 120 impulsos por minuto y tienen un tiempo relativo de brillo del 30 al 80%. Cuando se concretan deben emitir luz en menos de 1,5 s. Si falla un intermitente, los demás deben seguir emitiendo señales perceptibles.

Indicación intermitente de cambio de dirección

Para esta indicación, todos los intermitentes de un mismo lado del vehículo emiten una señal sincrónica. Las luces cuentan con un sistema de supervisión eléctrica. Un fallo de funcionamiento se indica mediante un testigo o por una modificación sustancial de la cadencia de la señal intermitente.

Luces intermitentes de emergencia

La indicación de emergencia consiste en el destello sincrónico de todos los intermitentes del vehículo, incluso con el motor parado

7.4.3. Luces de posición y de gálibo delanteras

Las luces de gálibo y de posición han de servir para que los vehículos grandes sean reconocidos por los demás participantes en el tráfico.

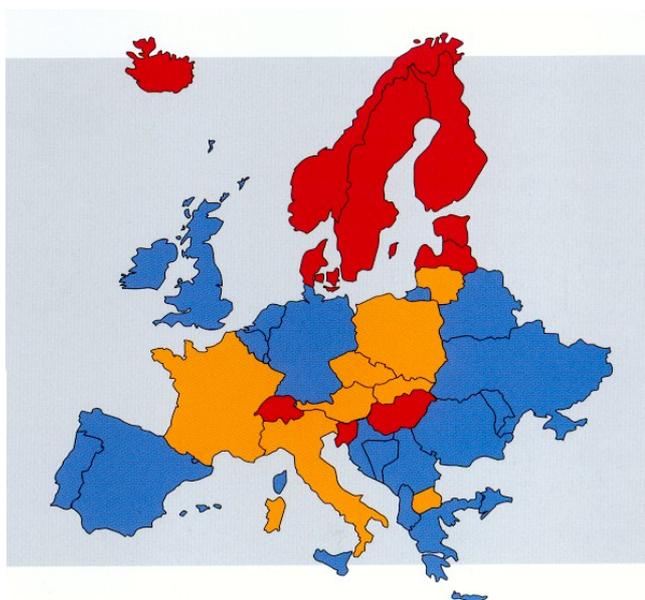
7.4.4. Luces de estacionamiento delanteras

Las luces de estacionamiento deben hacer reconocible el vehículo cuando se encuentra estacionado. Han de poder lucir sin que haya otras luces o faros encendidos. En la mayoría de los casos, la función del alumbrado de estacionamiento la asumen las luces de posición.

7.4.5. Luces de circulación diurna

El alumbrado de circulación diurna es obligatorio en países como Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca, Polonia, Austria y Canadá. La función del alumbrado de circulación diurna se puede cumplir mediante el encendido de la luz de cruce o de carretera, cuando las intensidades luminosas coincidan con los valores especificados. Es de esperar que otros países prescriban en el futuro las luces de circulación diurna o el encendido de la luz de cruce durante el día.

- Obligatorio
- Recomendado
- Permitido



7.5. LIMPIEZA DE LOS FAROS

Los sistemas de limpieza de los faros eliminan la suciedad de los cristales de dispersión de los faros principales. De este modo garantizan la iluminación de la calzada sin pérdida de luz y evitan el deslumbramiento de! tráfico en sentido opuesto.

7.5.1 Construcción y funcionamiento

Para la limpieza de los faros existen dos sistemas:

Limpialavafaros

Es comparable al sistema de limpieza del parabrisas. Su empleo se limita a los cristales de dispersión de vidrio, ya que la superficie de las placas de dispersión de plástico, a pesar de la capa de alta resistencia a los arañazos, es muy delicada para una limpieza mecánica.

Lavafaros de alta presión

Este sistema ha adquirido una importancia cada vez mayor, dado que puede utilizarse tanto con placas de dispersión de vidrio como de plástico. La acción detergente está determinada sobre todo por el impulso limpiador de las gotas de agua. Para ello son decisivas las siguientes magnitudes:

- distancia entre los surtidores y la placa de dispersión.
- tamaño, ángulo de impacto y velocidad de impacto de las gotas de agua.
- caudal de agua.

Aparte de los portasurtidores de montaje fijo en los parachoques, los hay también telescópicos. Como estos últimos pueden moverse a una posición de rociado óptima, el efecto de limpieza mejora notablemente. Además, el portasurtidores puede ocultarse en el parachoques cuando está inactivo.

Los sistemas de lavado a alta presión constan de lo siguiente:

- depósito de agua, bomba, latiguillo y válvula de retención.
- portasurtidores, que además puede ser extensible mediante un mecanismo telescópico e ir provisto de uno o varios surtidores.

7.5.2. Sensores

El sensor de lluvia se compone de un segmento emisor-receptor óptico. La luz irradiada bajo un cierto ángulo hacia el parabrisas se refleja en la superficie interfacial seca externa (reflexión total) y llega al receptor, orientado también en un ángulo determinado. Si en la superficie exterior hay gotas de lluvia o partículas de suciedad, una parte considerable de la luz se refracta hacia fuera y debilita la señal de recepción. Entonces se conecta automáticamente el limpiacristales.

La barrera de luz reflejada del sensor de suciedad se compone de una fuente luminosa (LED) y de un receptor óptico (fototransistor). Se coloca en la cara interna del cristal de dispersión, dentro de área de limpieza, pero no en la trayectoria óptica directa de la luz de marcha. Cuando el cristal de dispersión está limpio o cubierto de gotas de agua, la luz de medición, irradiada en el intervalo del infrarrojo próximo, sale al aire libre sin impedimento y sin reflexión sustancial. Pero si la luz de medida encuentra partículas de suciedad en la superficie externa del cristal de dispersión, en el camino de vuelta al receptor se dispersa proporcionalmente al grado de suciedad. En ese caso el sistema de limpieza de los faros se dispara automáticamente cuando se enciende la luz de marcha.

8. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE LA PARTE TRASERA DEL VEHÍCULO

8.1. ELEMENTOS DE LAS LUCES

Los elementos de las luces de la parte trasera del vehículo deben permitir reconocer el vehículo y sus movimientos.

8.1.1. Prescripciones

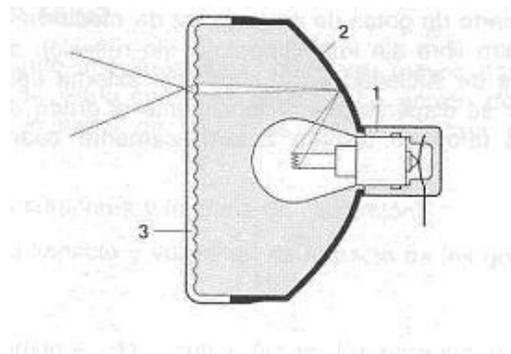
Para todas las luces traseras se exigen intensidades luminosas mínimas y máximas en el sentido de su eje central que, por un lado, deben garantizar la percepción de la señal y por otro evitar molestos deslumbramientos a otros conductores.

El valor de la intensidad luminosa en sentido lateral, hacia arriba y hacia abajo, puede ser inferior al valor en el eje central.

8.1.2. Tipos constructivos

Luces con óptica de reflector

En este tipo la luz de la lámpara se desvía en direcciones próximas al eje por medio de un reflector de una forma cualquiera (suele ser parabólica), y es distribuida por un cristal con elementos ópticos.



1 Carcasa

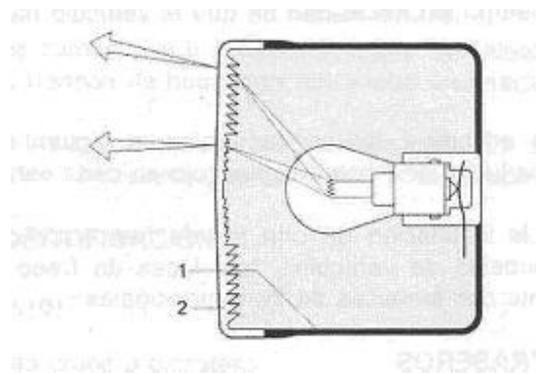
2 Reflector

3 Cristal con lentes cilíndricas de dispersión

Luces con óptica Fresnel

En este caso la luz de la lámpara incide directamente sobre el cristal, sin ser desviada por el reflector, y es refractada por una óptica Fresnel del cristal para que emerja en las direcciones deseadas.

Las ópticas Fresnel tienen por lo general menor rendimiento que las ópticas de reflector.

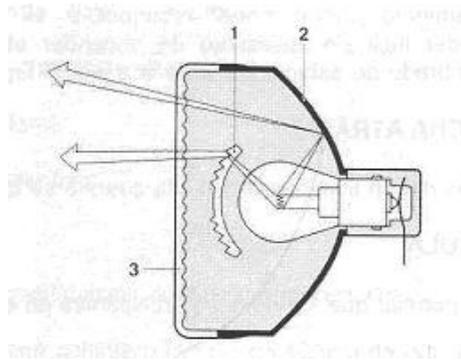


1 Carcasa

2 Cristal con óptica Fresnel

Luces con óptica de reflector y óptica Fresnel

En este caso se utiliza una combinación de los dos tipos anteriores, Se consigue para una misma intensidad luminosa, una disminución del volumen, es decir, de las superficies de salida y de la profundidad del reflector.



1 Caperuza Fresnel

2 Reflector

3 Cristal con lentes dispersoras cilíndricas

8.1.3. Filtros de color

Según el tipo de uso (luces de freno, intermitentes, luces de niebla traseras), las luces de los vehículos deben presentar tonos de color especiales en la escala del rojo o del amarillo.

8.2. TIPOS DE LUCES

8.2.1. Luces traseras y luces de galibo

Las luces traseras y las de galibo tienen la misión de permitir que los conductores que sigan al vehículo lo reconozcan a tiempo sin necesidad de que el vehículo haya frenado.

8.2.2. Luces de freno

Las luces de freno deben advertir a los conductores que siguen a un vehículo que éste está frenando. Se prescriben dos luces de freno de color rojo en cada vehículo.

En Europa es obligatoria la instalación de una luz de freno adicional, en posición centrada y elevada, en los nuevos modelos de vehículos. Las luces de freno elevadas adicionales deben, encenderse simultáneamente con las luces de freno principales.

8.2.3. Intermitentes traseros

Los intermitentes han de servir, como indicadores de dirección, para señalar un cambio de dirección intencionado y, como luces de emergencia, para indicar una situación de peligro. Deben estar ubicados y conformados de manera que la indicación pueda ser percibida con claridad por los demás participantes en el tráfico cualesquiera que sean las condiciones de alumbrado y de marcha.

8.2.4. Luces de niebla traseras

Las luces de niebla traseras tienen por misión hacer reconocible a tiempo el vehículo en marcha normal a los conductores que lo siguen, cuando la visión está dificultada por la niebla u otras circunstancias.

8.2.5. Luces de estacionamiento traseras

Las luces de estacionamiento deben hacer reconocible el vehículo cuando se encuentra estacionado. Han de poder lucir sin necesidad de encender otras luces. En la mayoría de los casos, la función del alumbrado de estacionamiento la asumen las luces traseras y las de posición.

8.2.6. Luces de marcha atrás

Las luces de marcha atrás deben iluminar la calzada cuando se conduce marcha atrás.

8.2.7 Luz de matrícula

La luz de matrícula debe permitir que los demás participantes en el tráfico puedan leer la matrícula del vehículo.

9. NORMALIZACIÓN Y HOMOLOGACIÓN

Todos los sistemas de iluminación y señalización, por ser elementos de seguridad del vehículo, deben cumplir con las normas de homologación a nivel internacional.

Las marcas normalizadas indican que el producto en cuestión respeta las normas internacionales, superando los correspondientes ensayos para su homologación.

9.1. SIGLAS DE IDENTIFICACIÓN

Función del proyector

C/R Código Europeo cruce o carretera.

HC Halógeno cruce.

HR Halógeno carretera o largo alcance.

HCR Halógeno cruce + carretera.

HC/R Halógeno cruce o carretera.

DC Lámpara de descarga cruce.

DR Lámpara de descarga carretera.

DC/R Lámpara de descarga cruce o carretera.

DCR Lámpara de descarga cruce + carretera.

RL Luz obligatoria de circulación diurna.

SM1-2 Luz de posición lateral.

A Luz de posición delantera.

F ó B Antiniebla.

PL Cristal plástico (a continuación del tipo de proyector).

1 Indicador de dirección delantero (a más de 40 mm de la zona de iluminación del proyector).

1a Indicador de dirección delantero (entre 20 y 40 mm de la zona de iluminación del proyector).

1b Indicador de dirección delantero (a menos de 20 mm de la zona de iluminación del proyector).

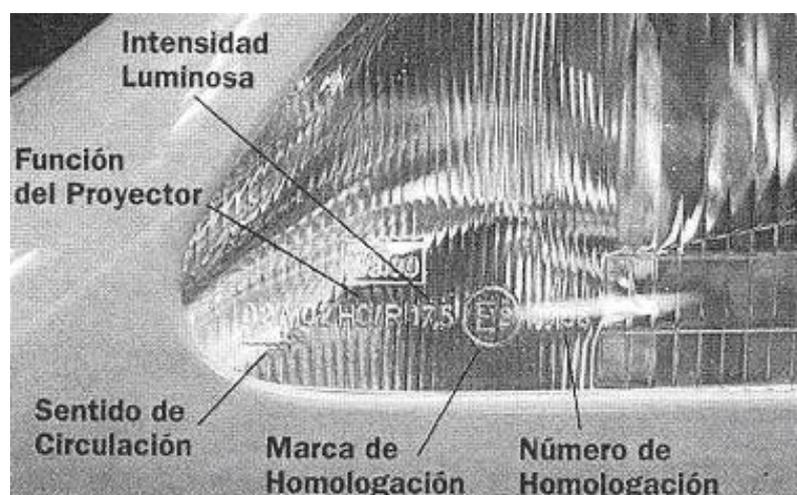
Marca de homologación

E Seguido de un número correspondiente al país que otorga la homologación:

1. Alemania
2. Francia
3. Italia
4. Países Bajos
5. Suecia
6. Bélgica
7. Hungría
8. Checoslovaquia
9. España
10. Yugoslavia
11. Reino Unido
12. Austria
13. Luxemburgo
14. Suiza
15. Federación Rusa

Sentido de circulación

- Circulación a la izquierda (GB e Irlanda).
↔ Circulación a derecha e izquierda.
Sin flecha Circulación a la derecha.



Intensidad luminosa del haz de carretera

Índica la intensidad luminosa del proyector. El número que representa este dato (10 - 17,5 - 20 - 25 - 27,5 - 30 - 37,5) multiplicado por 3.000 da idea de las candelas que emite el proyector. La intensidad máxima autorizada en la parte delantera del vehículo es de 75 (37,5 en cada proyector), que corresponde a una intensidad luminosa de 225.000 cd (75 x 3.000).

9.2. PRODUCTOS ADAPTABLES NO ORIGINALES

En este punto es importante resaltar los riesgos que supone, para la seguridad vial, el utilizar proyectores adaptables como sustitutos de los productos originales que equipan los vehículos.

Analizando las pruebas comparativas a que someten los fabricantes a este tipo de proyectores, se llega a la conclusión que el utilizar estos productos supone una merma muy significativa en cuanto a seguridad y durabilidad se refiere. Mediante las diferentes pruebas que conforman la fase de ensayo para la homologación de un proyector se ponen de manifiesto de manera notable las deficiencias que ofrecen los denominados productos "piratas". Como ejemplo, una vez realizada la prueba de corrosión, en la cual se introduce el proyector en una cámara con niebla salina durante 96 horas, en los productos adaptables se aprecian señales evidentes de corrosión en el portalámparas y en la parábola, que ocasionan un envejecimiento prematuro, un mal funcionamiento y un evidente riesgo de cortocircuito.

En líneas generales, se pueden distinguir cuatro tipos de productos:

- a) Productos homologados por el constructor, o de calidad equivalente. Superan sobradamente los ensayos establecidos por los constructores y las reglamentaciones vigentes.
- b) Productos con homologación oficial. Superan los ensayos establecidos por la legislación vigente, aunque sus requerimientos son inferiores a los cuadernos de cargas de los constructores.
- c) Productos adaptables no homologados. Son productos "piratas" de origen desconocido y que no cumplen la reglamentación vigente. Su utilización está prohibida por la ley.
- d) Productos procedentes de desguaces (reutilizados). Pueden presentar propiedades altamente deterioradas por el uso.

10. CIRCULACIÓN NOCTURNA CON LUZ DE CRUCE.

El Código de Circulación establece, que cualquier vehículo capaz de superar los 10 km/h debe disponer de un sistema de iluminación, no deslumbrante, capaz de iluminar eficazmente una zona de 40 metros de longitud, como mínimo, por delante del vehículo.

Para conseguir este objetivo se utiliza (en España desde 1968) el HAZ EUROPEO UNIFICADO. Dicho haz está diseñado de tal manera que:

- Hasta los 25 o 30 metros por delante del vehículo, proporciona iluminancias superiores a los 12 lux, lo que proporciona sensación de seguridad en circulación en recta y permite realizar una conducción confortable en carretera sinuosa.
- Entre los 30 y los 60 metros por delante del vehículo, proporciona iluminancias superiores a los 6 lux. Esta zona corresponde a la distancia de visibilidad en atención difusa que representa aproximadamente el 80% del tiempo de conducción.
- Entre los 60 y los 75 metros por delante del vehículo, proporciona iluminancias superiores a 2 lux, lo que permite distinguir un objeto con atención concentrada.
- Ilumina de manera asimétrica la zona delante del vehículo para evitar que un conductor que circule en sentido contrario reciba iluminancias superiores a 0,4 lux y corra el riesgo de ser deslumbrado. Debido a esta asimetría el alcance máximo del haz es, en su zona derecha de 75 metros, viéndose reducido en su zona izquierda a 40 metros. En la figura 1 se puede observar la zona iluminada por el haz europeo en planta.

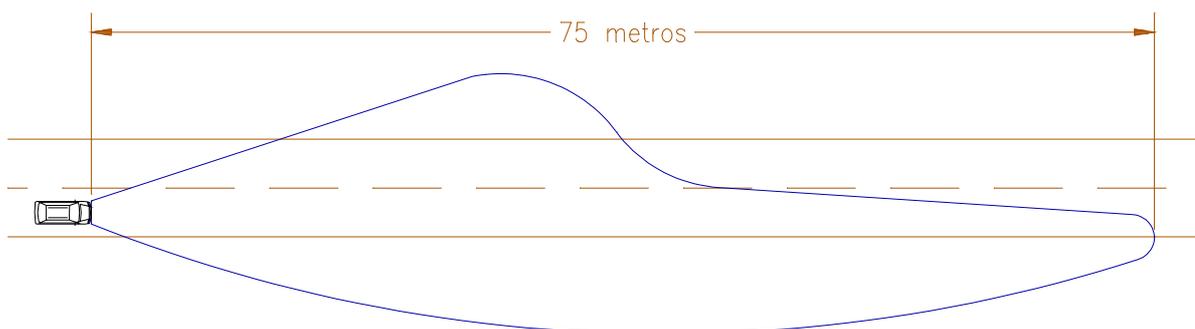


Figura 1 Zona iluminada por el haz unificado europeo en planta.

- Proporciona luz difusa alrededor del cono luminoso principal, útil para descansar la vista y ayudar al conductor a orientarse. Otra pequeña parte de la luz es dispersada hacia arriba para que la señalización vertical sea visible.

Durante la circulación nocturna con luz de cruce en vía insuficientemente iluminada, la zona de visibilidad del conductor queda reducida a la zona iluminada por el haz de luz. En esa distancia, ante un posible obstáculo o situación imprevista en la carretera, el conductor debe percibir el

peligro, comprenderlo y reaccionar en consecuencia, tiempo durante el cual se recorre un espacio que es directamente proporcional a la velocidad de circulación. Aún en el caso más favorable, el área de maniobra disponible es muy reducida.

En los apartados siguientes se analizará el caso de maniobra evasiva necesaria para evitar el accidente más desfavorable con que un conductor se puede encontrar, verse obligado a detener el vehículo ante un obstáculo que aparece en su trayectoria. En todos los casos se ha supuesto conducción concentrada y tiempos de reacción (conductor + vehículo) muy favorables (un segundo), analizándose diferentes situaciones en función de que la circulación se desarrolle en recta o en curva y del coeficiente de adherencia entre el neumático y la calzada.

Velocidad límite de circulación en recta que permite detener el vehículo dentro del campo de visión que proporciona el haz de cruce.

Circulando en recta, en vía insuficientemente iluminada y haciendo uso de la luz de cruce, la distancia de visibilidad máxima queda limitada a 75 metros. En ese espacio el conductor debe reaccionar ante el posible peligro y realizar una maniobra evasiva adecuada que permita evitar el accidente. Suponiendo un tiempo de reacción para el conductor de un segundo desde el punto de percepción posible (instante en el que el obstáculo es iluminado por la zona del haz más distante en la trayectoria seguida por el vehículo), hasta el inicio de la maniobra de frenado y un óptimo aprovechamiento de la adherencia disponible para detener el vehículo antes de colisionar con el obstáculo, las velocidades máximas de circulación que permiten detener el vehículo son:

- Con adherencia de 0,8 (calzada seca en buen estado y neumáticos en buen estado) 98 km/h.
- Con adherencia de 0,4 (calzada ligeramente mojada y neumáticos en buen estado) 75 km/h.
- Con adherencia de 0,1 (calzada muy mojada y neumáticos desgastados o calzada con hielo)..... 42 km/h.

Si en las mismas condiciones tomamos los tiempos de reacción medios defendidos en algunos trabajos de investigación (2,5 segundos según Sumala en 1981), a una velocidad de 108 km/h alcanzaríamos el objeto sin haber podido hacer nada para iniciar una maniobra evasiva.

Velocidad límite de circulación en curva que permite detener el vehículo dentro del campo de visión que proporciona el haz de cruce.

Circulando en curva, debido a la asimetría del haz de cruce europeo, la distancia de visibilidad varía para curvas del mismo radio en función de que su desarrollo sea a derechas o a izquierdas. En la figura 2 se puede observar la diferencia en las distancias de visibilidad para dos curvas de 250 metros de radio. En el centro de la trayectoria teórica del vehículo, en el caso de la curva a derechas la distancia de visibilidad es de 60,7 metros y en el caso de la curva a izquierdas de 41 metros.

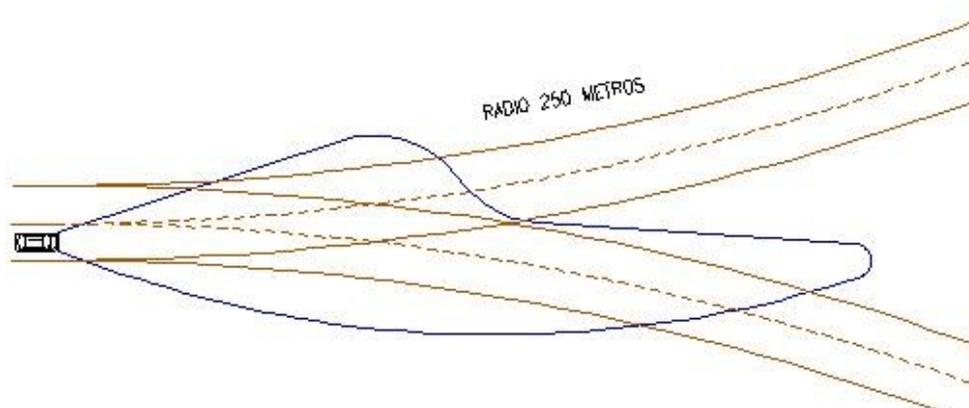


Figura 2 Distancias de visibilidad con el haz de cruce europeo en curva de 250 r

Además del problema existente con la reducción de las distancias de apercebimiento al circular en curva, lo que a iguales tiempos de reacción limita todavía más el área de maniobra disponible, debemos tener en cuenta que debido a que el vehículo está circulando en curva, parte de la adherencia disponible se está consumiendo en forma de esfuerzos laterales que permiten al vehículo mantener su trayectoria. Debido a ello los esfuerzos longitudinales que el neumático es capaz de transmitir al suelo están más limitados que en el caso de circulación en recta. Dicho de otra forma, la capacidad de frenado del vehículo queda disminuida con respecto a la disponible en recta. Una frenada brusca puede provocar el bloqueo de los neumáticos y la pérdida de control direccional debido a inestabilidad (trompo) o insensibilidad (salida de curva por la tangente). El conductor debe por tanto moderar la severidad de la frenada en la maniobra evasiva para evitar perder el control del vehículo.

En la Tabla 1 y la Tabla 2 se analizan las velocidades máximas de circulación en curva y la severidad máxima de la frenada posible que no provoca pérdida de control direccional, que permiten detener el vehículo en el campo de visibilidad proporcionado por el haz de cruce en curvas de diferentes radios, con desarrollos a derechas o a izquierdas, para diferentes valores de la adherencia.

En dichas tablas:

- V.MOPU Señal: Velocidad señalizada por el MOPU (en km/h), según Borrador de Instrucción 8.1.-IC/91: "Señalización Vertical".
- p (%): Peralte correspondiente en % según la Instrucción Española de Carreteras.
- R_{MIN} (m): Radio mínimo en metros para la velocidad señalizada.
- R_{MAX} (m): Radio máximo en metros para la velocidad señalizada.
- D_{Rmin} (m): Distancia del punto de percepción posible al obstáculo con luz de cruce para radio mínimo.
- D_{Rmax} (m): Distancia del punto de percepción posible al obstáculo con luz de cruce para radio máximo.
- V_{max}: Velocidad máxima de circulación posible que permite detener el vehículo en la distancia que separa el punto de percepción posible del obstáculo, en km/h.
- Sev. Fren.: Severidad de la frenada en porcentaje, respecto a la máxima frenada que el conductor puede realizar con adherencia 0,8 en recta, que no provoca pérdida de control direccional.

Tabla III Velocidades máximas de circulación y severidad de frenada, que permiten detener el vehículo en el campo de visibilidad del haz de cruce en curvas a derechas.

Señal V.MOPU	p (%)	R _{MIN} (m)	R _{MAX} (m)	D _{g_{MIN}} (m)	D _{g_{MAX}} (m)	Adherencia $\mu=0.8$				Adherencia $\mu=0.4$				Adherencia $\mu=0.1$			
						R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)		R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)		R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)	
						V _{max}	Sev. Fren.										
20	10		20,2		14.1			29.8	73.4			23.1	33.4			14.3	8.37
30	10	20,2	36,0	14.1	22.3	29.8	73.4	39.7	68.2	23.1	33.4	31.0	33.6	14.3	8.37	17.8	7.5
40	10	36,0	56,2	22.3	30.3	39.7	68.2	48.6	68.3	31.0	33.6	37.6	33.9	17.8	7.5	21.2	7.5
50	9	57,9	83,4	30.9	38.4	48.9	67.1	56.6	68.7	37.9	33.7	43.5	34.2	21.4	7.5	24.2	7.5
60	8	85,9	116,9	39	45.6	57.0	68.3	63.5	70.2	43.8	34.0	48.3	34.6	24.4	7.5	26.6	7.5
70	8	116,9	152,7	45.6	51.3	63.5	70.2	68.9	72.0	48.3	34.6	52.0	35.1	26.6	7.5	28.4	7.5
80	7,5	155,1	196,2	51.6	56.3	69.1	71.9	73.6	73.6	52.1	34.9	55.1	35.4	28.5	7.5	29.9	7.5
90	7	199,3	246,1	56.6	60.4	73.7	73.5	77.4	75.0	55.2	35.3	57.7	35.7	30.0	7.5	31.1	7.5
100	6,5	250,0	302,5	60.7	63.9	77.5	74.8	80.5	76.2	57.8	35.6	59.7	35.9	31.2	7.5	32.1	7.5
110	5,5	312,4	371,8	64.4	67	80.7	75.8	83.2	77.0	59.9	35.7	61.5	36.0	32.2	7.5	33.0	7.5
120	4,5	384,4	451,1	67.5	69.6	83.3	76.6	85.4	77.6	61.5	35.8	62.9	36.0	33.1	7.5	33.6	7.5
> 120	3	475,3		70.3		85.6	77.1			63.1	35.9			33.8	7.5		

Tabla IV Velocidades máximas de circulación y severidad de frenada, que permiten detener el vehículo en el campo de visibilidad del haz de cruce en curvas a izquierdas.

Señal IV.MOPIU	p (%)	R _{MIN} (m)	R _{MAX} (m)	D _{remi} (m)	D _{rema} (m)	Adherencia $\mu=0.8$				Adherencia $\mu=0.4$				Adherencia $\mu=0.1$			
						R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)		R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)		R _{MIN} (m)		R _{MAX} (m)	
						V _{max}	Sev. Fren.										
20	10		20,2		16,3			31,8	66,0			25,3	33,3			14,8	7,4
30	10	20,2	36,0	16,3	26,6	31,8	66,0	43,7	63,8	25,3	33,3	34,4	33,1	14,8	7,4	19,6	7,4
40	10	36,0	56,2	26,6	34,4	43,7	63,8	52,0	65,6	34,4	33,1	40,4	33,5	19,6	7,4	22,6	7,4
50	9	57,9	83,4	34,6	37,2	52,3	65,7	55,9	70,0	40,5	33,5	42,8	34,6	22,7	7,4	23,6	7,4
60	8	85,9	116,9	37,4	38,5	56,0	70,0	58,0	73,6	42,8	34,5	44,0	35,5	23,7	7,4	23,9	7,3
70	8	116,9	152,7	38,5	39,3	58,0	73,6	59,4	76,5	44,0	35,5	44,9	36,2	23,9	7,3	24,0	7,1
80	7,5	155,1	196,2	39,3	40,1	59,4	76,4	60,7	78,5	44,8	36,1	45,6	36,6	24,1	7,2	24,2	7,0
90	7	199,3	246,1	40,2	41	60,7	78,3	61,9	79,9	45,6	36,5	46,2	36,7	24,4	7,2	24,6	7,1
100	6,5	250,0	302,5	41	41,8	61,9	79,7	62,9	80,9	46,3	36,8	46,7	36,5	24,7	7,2	25,0	7,2
110	5,5	312,4	371,8	41,9	42,7	62,9	80,4	63,9	81,3	46,9	36,8	47,3	36,6	25,0	7,2	25,3	7,2
120	4,5	384,4	451,1	42,9	43,8	63,9	80,9	64,9	81,5	47,5	36,8	48,0	36,7	25,4	7,3	25,7	7,2
> 120	3	475,3		44,1		66,4	80,9			49,1	36,5			26,4	7,3		

Del análisis de las tablas de la página anterior, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Para curvas de desarrollo a derechas:
 1. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo seco, limpio y calzada en buen estado ($\mu = 0,8$), nunca deberían superarse los 86 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.
 2. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo mojado ($\mu = 0,4$), nunca deberían superarse los 63 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.
 3. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo helado ($\mu = 0,1$), nunca deberían superarse los 34 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.

En la Figura 3 se representa, para el caso de circulación nocturna con luz de cruce, la velocidad máxima de circulación que permite parar el vehículo al detectar un obstáculo fijo, para diferentes condiciones de la adherencia y para diferentes radio de curva.

- Para curvas de desarrollo a izquierdas:
4. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo seco, limpio y calzada en buen estado ($\mu = 0,8$), nunca deberían superarse los 65 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.

CIRCULACION NOCTURNA EN CURVA

VELOCIDAD MAXIMA DE CIRCULACION QUE PERMITE PARAR AL DETECTAR UN OBSTACULO FIJO.
CURVAS A DERECHAS

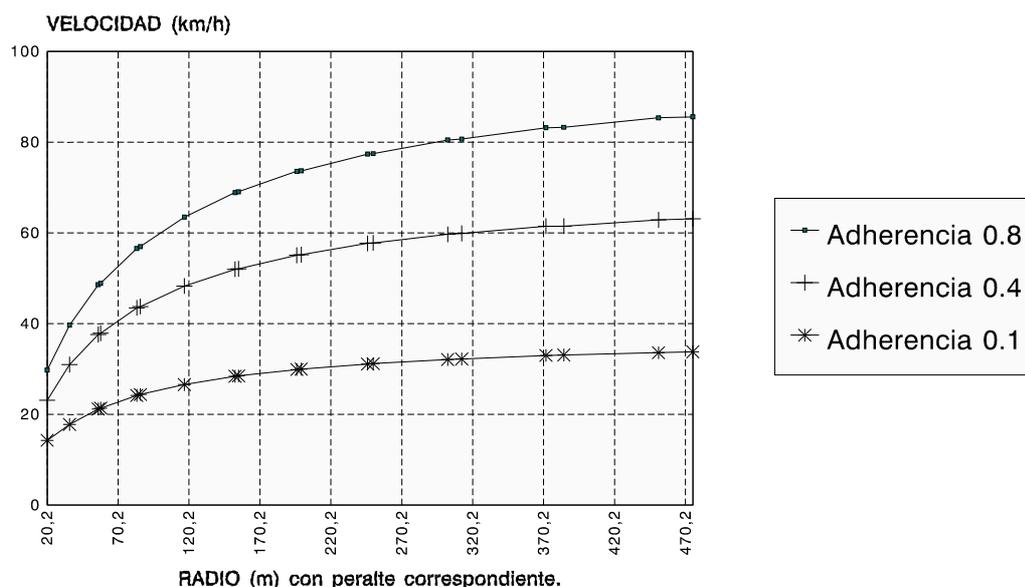


Figura 4 Curvas a derechas. Velocidad máxima de circulación que permite parar al detectar un obstáculo fijo.

5. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo mojado ($\mu = 0,4$), nunca deberían superarse los 49 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.
6. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo helado ($\mu = 0,1$), nunca deberían superarse los 27 km/h, para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión.

En la figura 3 se representa, para el caso de circulación nocturna con luz de cruce, la velocidad máxima de circulación que permite parar el vehículo al detectar un obstáculo fijo, para diferentes condiciones de la adherencia y para diferentes radio de curva.

CIRCULACION NOCTURNA EN CURVA
VELOCIDAD MAXIMA DE CIRCULACION QUE PERMITE PARAR AL DETECTAR UN OBSTACULO FIJO.
CURVAS A IZQUIERDAS

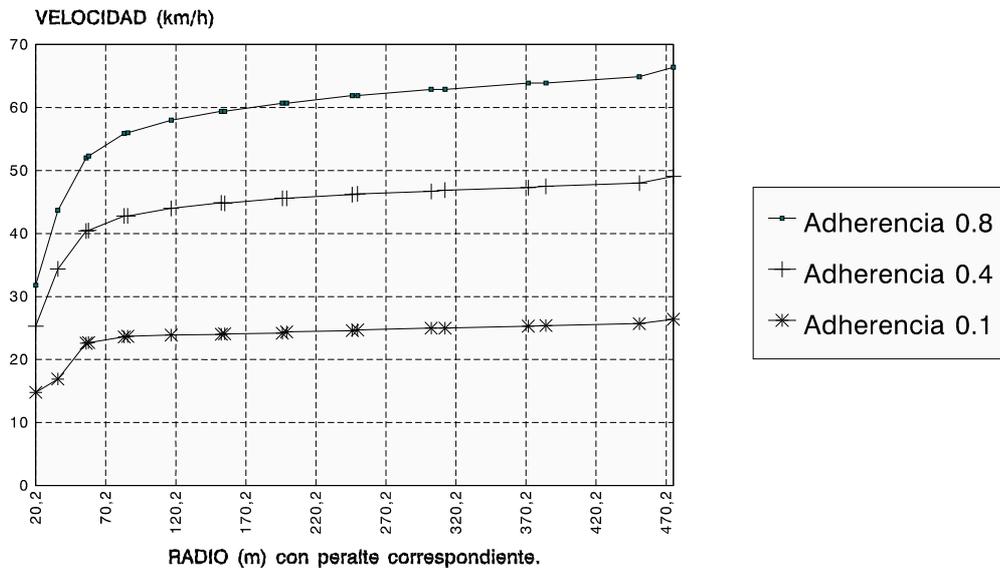


Figura 3 Curvas a izquierdas. Velocidad máxima de circulación que permite parar al detectar un obstáculo fijo.

7. Para un radio de curva dado, circulando de noche y haciendo uso de la luz de cruce, si la curva es a izquierdas debe circularse del orden de un 11% más despacio que si es a derechas.

Comparando estas velocidades máximas de circulación nocturna con la velocidad de señalización y las velocidades de derrape y segura tratadas anteriormente, se puede observar que:

8. Las velocidades máximas en circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce que permiten detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión, son siempre muy inferiores a la velocidad de derrape y a la velocidad de conducción segura.
9. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo seco, limpio y calzada en buen estado ($\mu = 0,8$), se debe circular como media un 5,2% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 4).

10. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo seco, limpio y calzada en buen estado ($\mu = 0,8$), se debe circular como media un 13,4% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 4).

CIRCULACION EN CURVA
 COMPARACION VELOCIDADES MAXIMAS DE CIRCULACION (SEÑALIZACION, DERRAPE, SEGURA, CIRC. NOCTURNA).
 ADHERENCIA 0.8

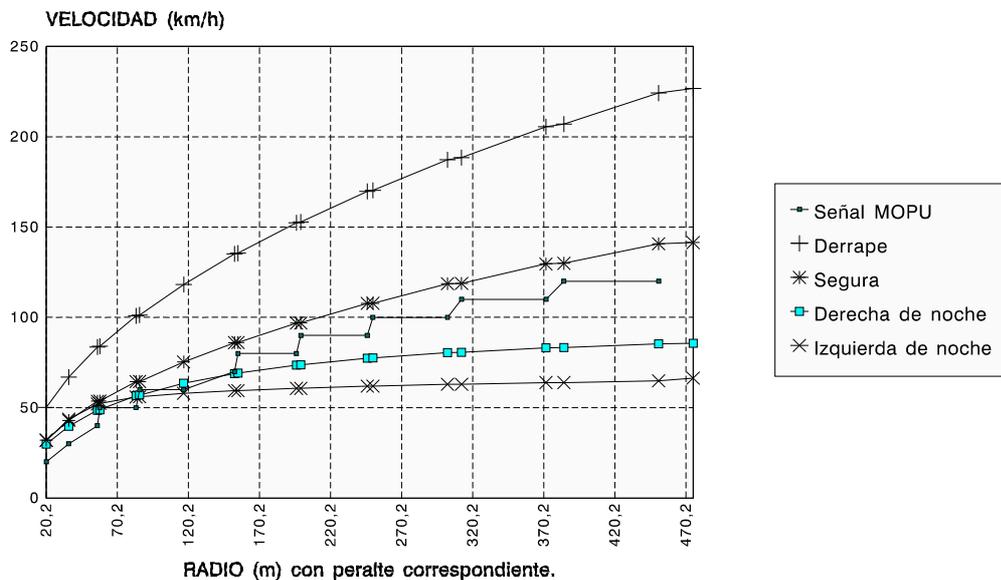


Figura 4 Comparación de velocidades máximas de circulación en curva con adherencia de 0,8.

11. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo mojado ($\mu = 0,4$), se debe circular como media un 28,1% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 5).
12. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo mojado ($\mu = 0,4$), se debe circular como media un 33,7% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 5).

CIRCULACION EN CURVA

COMPARACION VELOCIDADES MAXIMAS DE CIRCULACION (SEÑALIZACION, DERRAPE, SEGURA, CIRC. NOCTURNA).
ADHERENCIA 0.4

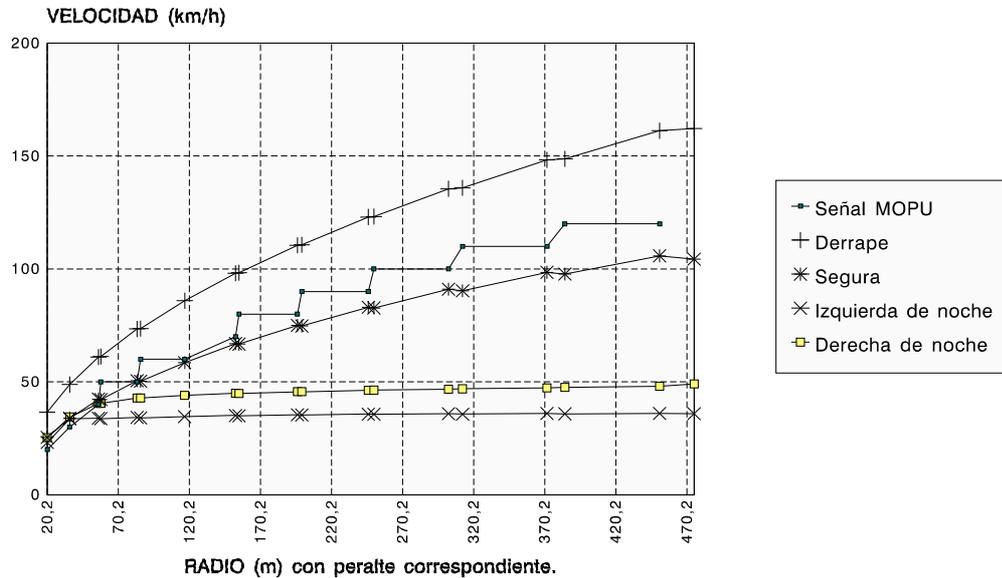


Figura 5 Comparación de velocidades máximas de circulación en curva con adherencia de 0,4.

13. En curvas a derecha, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo helado ($\mu = 0,1$), se debe circular como media un 60% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 6).
14. En curvas a izquierda, con circulación nocturna haciendo uso de la luz de cruce y con suelo helado ($\mu = 0,1$), se debe circular como media un 63,6% por debajo de la velocidad señalizada para poder detener el vehículo ante un obstáculo fijo que aparezca en nuestro campo de visión. (Figura 6).

CIRCULACION EN CURVA

COMPARACION VELOCIDADES MAXIMAS DE CIRCULACION (SEÑALIZACION, DERRAPE, SEGURA, CIRC. NOCTURNA).
ADHERENCIA 0.1

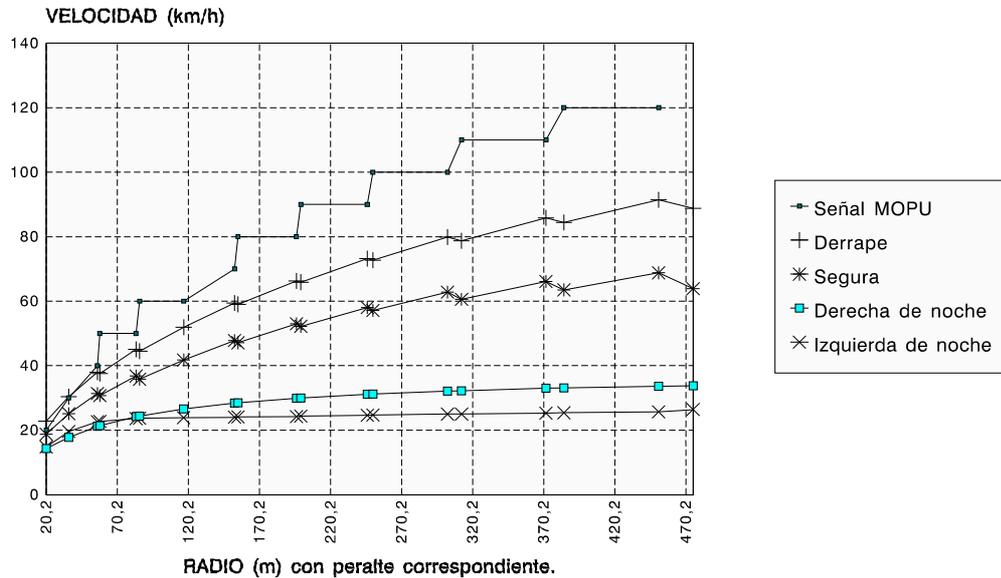


Figura 6 Comparación de velocidades máximas de circulación en curva con adherencia de 0,1.

En relación con la frenada en porcentaje, respecto a la máxima frenada que el conductor puede realizar con adherencia 0,8 en recta, que no provoca pérdida de control direccional, para circulación nocturna en curva con luz de cruce, a las velocidades máximas obtenidas en los puntos anteriores, se puede observar que:

15. Con adherencia de 0,8, la máxima frenada que se puede realizar sin correr peligro de perder el control direccional del vehículo, es como media un 74% de la máxima frenada que el conductor puede realizar con adherencia 0,8 en recta.
16. Con adherencia de 0,4, la máxima frenada que se puede realizar sin correr peligro de perder el control direccional del vehículo, es como media un 35% de la máxima frenada que el conductor puede realizar con adherencia 0,8 en recta.
17. Con adherencia de 0,1, la máxima frenada que se puede realizar sin correr peligro de perder el control direccional del vehículo, es como media un 7,5% de la máxima frenada que el conductor puede realizar con adherencia 0,8 en recta.

11. DESARROLLO ACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

11.1. DESARROLLO ACTUAL

11.1.1 NightGuide

Como ya hemos comentado en apartados anteriores, la calidad de la iluminación depende especialmente de la calidad de la fuente luminosa. Las lámparas que se utilizan en la actualidad son por lo general de halógeno, y en este campo se proponen nuevas soluciones que mejoran la iluminación y por lo tanto la visibilidad.

Nightguide es una tecnología desarrollada por Philips, y consiste en una bombilla que proyecta la luz sobre la vía con una graduación diferenciada según la zona de la calzada de que se trate, es decir, el calibrado del color y el enfoque del haz de luz es distinto según qué información precisa el conductor en cada zona de la carretera.

Esta tecnología persigue aumentar la seguridad de la conducción mediante una mejor iluminación de la vía, según la necesidad de tipo de luz que el conductor tiene en cada área de su campo de visión.

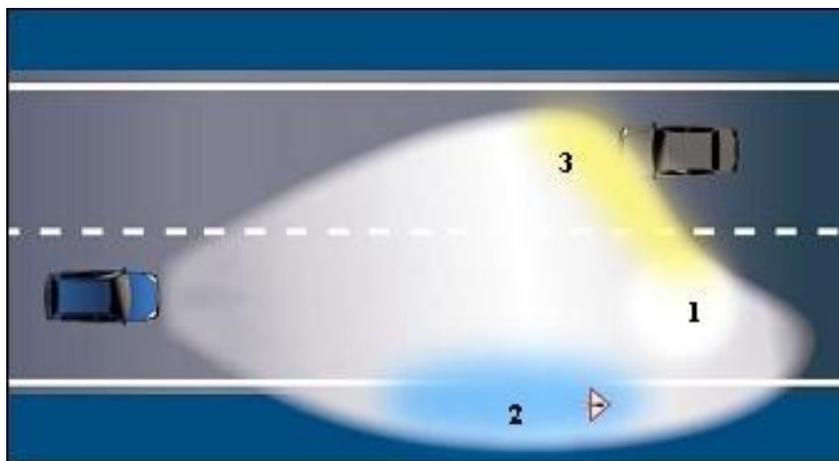
Así, esta tecnología divide el haz de luz en tres zonas diferenciadas sobre las que proyecta distintas tonalidades de luz blanca debidamente calibrada:

- 1) **Zona de seguridad:** En esta zona se proyecta un 50% más de luz respecto a las lámparas convencionales, consiguiendo un haz de luz de unos 10 o 20 metros más de longitud. Esto proporciona conducir con mayor anticipación al disponer de más metros de visión al frente. Cabe destacar que recientes estudios indican que una persona necesita más luz a medida que va cumpliendo años para ver la misma distancia y reaccionar en el mismo tiempo.



- 2) **Zona de información:** En esta zona se proyecta un tipo de luz denominada luz blanca fría (azulada) la cual favorece el reflejo, para así reconocer con mayor facilidad y anticipación dentro de nuestro campo de visión a personas y cosas. Corresponde a la parte derecha de la calzada, donde podemos encontrar señales verticales, las líneas longitudinales, peatones, chalecos reflectantes, etc.

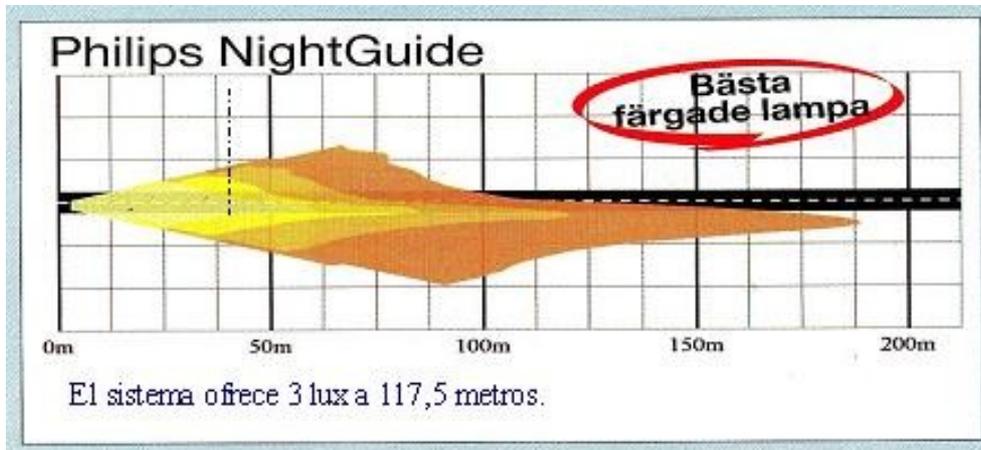
Gráfico de la lámpara Nightguide a vista de pájaro



- 3) **Zona de confort:** En esta zona se proyecta un tipo de luz blanca suave, denominada también cálida, que reduce la distracción del conductor concentrándose en la zona de más importancia, la zona de seguridad que hemos denominado con el número 1, y reduciendo el deslumbramiento a conductores que conducen en sentido contrario.

Proyección de la lámpara Nightguide sobre una pared blanca





NightGuide es una lámpara que puede acoplarse a cualquier vehículo que disponga de luces halógenas convencionales, pudiendo adquirirse en cualquier comercio habitual de accesorios para el automóvil, convirtiéndose en una solución óptima para vehículos que no disponen de faros con tecnología de Xenon.

11.1.2 Luces de descarga o XENON

Actualmente el desarrollo de la iluminación de vehículos se centra en la tecnología de los faros de xenón.

XENON HID LIGHT (HID= High Intensity Discharge) se desarrolló hace unos 15 años suponiendo un paso muy importante en la visibilidad del automóvil y la seguridad vial.

Las luces de xenon suponen uno de los últimos avances en la iluminación de los automóviles, basado en la tecnología utilizada en el alumbrado público. La luz de xenón consigue una iluminación más homogénea y una mejor iluminación de los flancos, proporcionando al conductor un mayor nivel de confort y seguridad en los viajes nocturnos y al circular en condiciones meteorológicas adversas.

Se entiende por descarga de gas la descarga eléctrica producida al pasar la corriente eléctrica a través de un gas, proceso en el que se emite radiación. Este tipo de lámpara permite una mejor adaptación a los hábitos visuales, mayores alcances y una iluminación más clara y homogénea de la calzada.

La lámpara de descarga de gas se rellena con *Xenon* y una mezcla de haluros metálicos.

Para su encendido y funcionamiento es necesario montar un circuito electrónico auxiliar. Cuando se aplica la tensión de encendido de 10 a 20 kV, el gas situado entre los electrodos se hace conductor (se ioniza) y origina la formación de un arco voltaico. Mediante la alimentación controlada de corriente alterna (400 Hz), la sustancia metálica de relleno se evapora como consecuencia del aumento de temperatura en el quemador y la lámpara emite luz.

La lámpara no suele alcanzar todo su brillo hasta unos segundos después, cuando se han ionizado todas las partículas. Para acelerar este proceso, se hace circular una corriente de arranque más elevada. Una vez logrado el máximo rendimiento luminoso, se limita la corriente de la lámpara y entonces es suficiente con una tensión de funcionamiento de sólo 85 V para mantener el arco voltaico.

En las lámparas de descarga de gas el rendimiento luminoso es de unos 85 lm/W, lo que supone un aumento importante respecto a los otros tipos de lámparas.

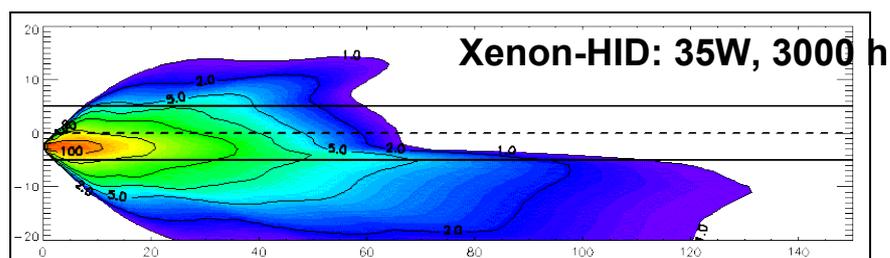
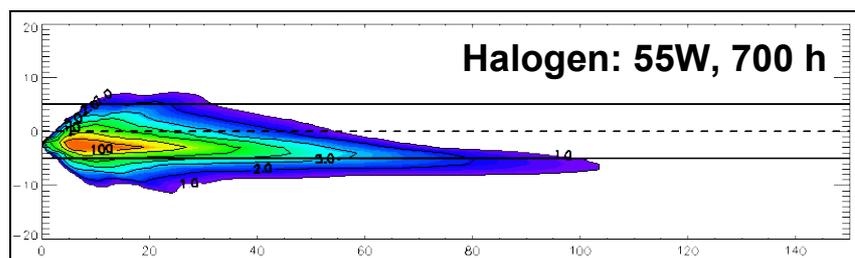
Lámparas de descarga de gas

Denominación	Duración media	Potencia (12 V)	Especificaciones	Observaciones
D2S, D2R	3.000 h	35	<ul style="list-style-type: none"> Dispone de dos electrodos de tungsteno separados 4 mm 	Se utiliza en proyectores principales para cruce/carretera. Su flujo luminoso es de 3.250 lm. El efecto de lámpara fría genera menos luz infrarroja pero más U.V. Producen una luz muy blanca.

Las lámparas de xenón están homologadas en España para vehículos que estén equipados con correctores automáticos del haz de luz y de un sistema limpiaparos. Al principio, esta tecnología se usaba únicamente en las luces de cruce, aunque en la actualidad ya existen vehículos que la incorporan también en el alumbrado de carretera y antiniebla.

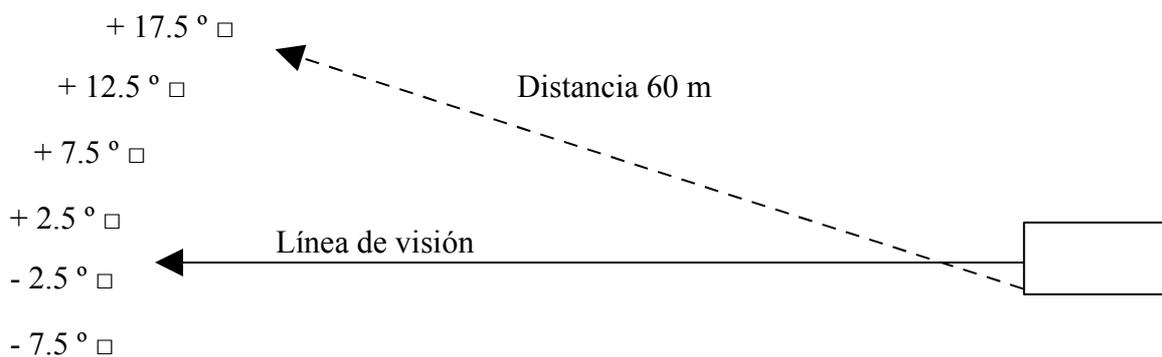
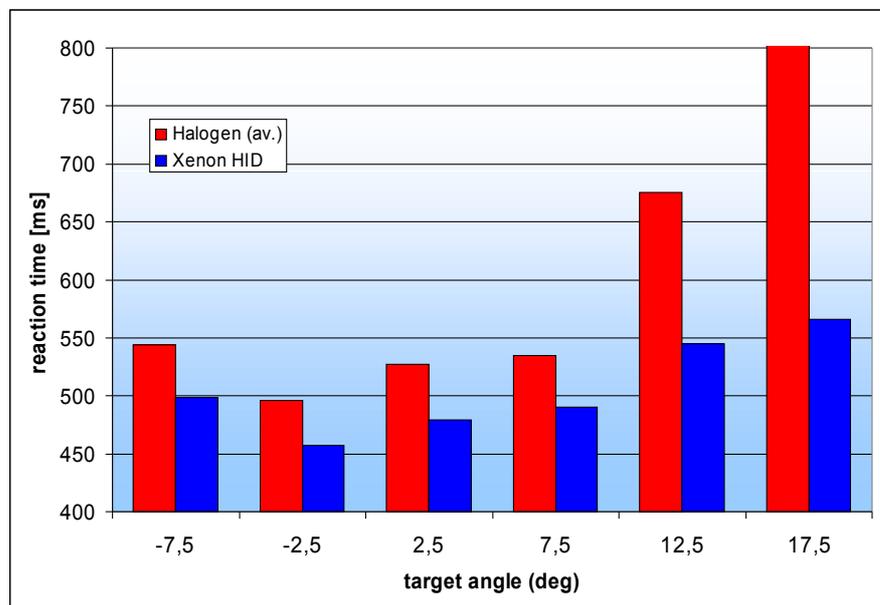
Las ventajas esenciales que ofrece este sistema son las siguientes:

- Emite un haz de luz mucho más intenso, más parecido a la luz natural, reduciendo la fatiga visual en la conducción nocturna. Comparado con una luz halógena estándar, ofrece el doble de iluminación sobre la carretera.
- Iluminación más ancha de los flancos, lo que permite una mejor visión de las señales de tráfico, peatones, etc.



- El campo de iluminación es mayor, favoreciendo el reconocimiento de posibles obstáculos a una mayor distancia de acuerdo con la trayectoria del vehículo. Lo cual posibilita el incremento del tiempo que disponemos para reaccionar ante un imprevisto, teniendo más posibilidades de anticipar nuestra respuesta.

En el siguiente gráfico se muestran los resultados de un experimento realizado por el *Rensselaer Polytechnic Institute NY*, en el cual se realiza una comparativa entre luces halógenas y de Xenon, teniendo en cuenta las diferencias en los tiempos que tardamos en reaccionar ante un imprevisto, y ordenando los resultados según el ángulo desde el punto de proyección.



El gráfico indica que los conductores con luces Xenon son capaces de percibir objetos en la carretera antes que con las luces halógenas convencionales, especialmente en ángulos amplios, lo cual ayuda especialmente en vías con multitud de curvas, así como en la detección de peatones, animales u otros objetos.

- El flujo luminoso es constante y no depende de la red del vehículo. La tensión de alimentación de la lámpara es constante gracias a un módulo electrónico, por lo tanto las posibles variaciones de tensión no alteran las características de iluminación.
- La duración de la lámpara es prácticamente la del vehículo. Sin embargo, en el caso de lámparas halógenas, al no disponer del módulo electrónico que controla la tensión de la alimentación, las variaciones de tensión pueden reducir la vida de la lámpara (incremento del voltaje de 0.5 V reduce la vida útil un 40%, un descenso de 0.5 V reduce la emisión de luz un 15%).
- Consume casi la mitad de energía que una lámpara halógena desarrollando dos veces más flujo luminoso, lo que significa un mayor consumo de combustible.
- El ajuste del haz de luz es automático, protegiendo de deslumbramiento a los conductores que circulan en sentido contrario.



Luz halógena convencional



Luz Xenon

El circuito está compuesto por el grupo óptico, un sistema de limpiafaros y un corrector automático de profundidad de iluminación. Cada grupo óptico está compuesto a su vez por los elementos necesarios para que funcione de forma individual (reflector, lámpara de xenón, módulo de mando y actuador de inclinación de los faros), de tal manera que si por avería o golpe falla una lámpara, sigue funcionando la otra. El conjunto se completa con el resto de los componentes tradicionales de un sistema de alumbrado clásico (luces de cruce, posición y carretera).

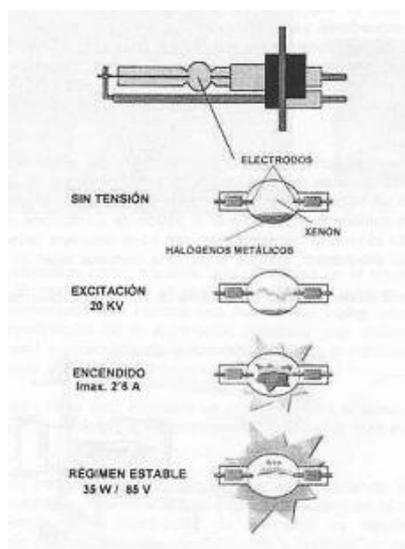
Los reflectores utilizados pueden ser de superficie elíptica, parabólica o de superficie compleja.

La lámpara de xenón es una lámpara de descarga que está formada por una ampolla cuyo interior está lleno de un gas noble (xenón) y sales metálicas. También tiene dos electrodos de tungsteno separados unos 4 mm, donde se produce el arco eléctrico necesario para provocar la luminiscencia del gas.

El módulo electrónico (también denominado balastro) es el encargado de convertir la corriente continua de baja tensión que proviene de la batería en corriente alterna de media y alta tensión, necesaria para iniciar y mantener el arco eléctrico en los electrodos. Asimismo, controla la luminosidad e indica al conductor de las posibles averías o fallos del sistema.

La lámpara de xenón no ilumina a intensidad máxima de forma instantánea nada más pulsar el interruptor, como ocurre con las lámparas de incandescencia, sino que debe transcurrir un determinado tiempo para que se inicie su funcionamiento y alcance su nivel óptimo de luminosidad, siendo ésta una de las dificultades que condicionan su utilización en la iluminación de carretera, aunque se están dando los pasos para superar éste inconveniente. El funcionamiento de la lámpara se inicia cuando el conductor pulsa el interruptor, entonces el módulo electrónico genera una tensión de 20.000 V en corriente alterna (AC), capaz de establecer el arco eléctrico en los electrodos de la lámpara, este periodo se le denomina excitación y dura aproximadamente una fracción de segundo.

Tras la excitación, el balastro alimenta a la lámpara durante unos segundos con una sobrecorriente que eleva rápidamente la temperatura, hasta conseguir el valor necesario para la evaporación de las sales metálicas. En esta fase y por un tiempo inferior al segundo, el haz luminoso tiene una intensidad superior respecto al funcionamiento normal. En una última fase el balastro alimenta la lámpara con una tensión de 85 V para mantener el arco eléctrico, regulando a continuación de forma constante, la corriente necesaria para que funcione en un régimen estable de 35 W.



Una vez establecido su funcionamiento, el sistema puede desactivar la luz de xenón por motivos de seguridad para proteger la lámpara o el balastro. La posible desactivación puede producirse por una sobretensión de la batería (más de 16 V), una subtensión de la batería (menos de 7,5 V) o una avería de la lámpara. También por accidente: en caso de una colisión, pudiera ocurrir que se produjera un cortocircuito. El sistema incorpora un dispositivo que al superar los 30 mA en un intervalo de 0,2 segundos, se desconecta. Si la corriente es mayor, más rápida es la desconexión.

El actuador de inclinación de los faros consiste en un motor eléctrico del tipo paso a paso, ubicado en el grupo óptico, que hace pivotar al reflector mediante un reductor tornillo/tuerca, que transforma el movimiento giratorio en movimiento lineal.

Debido a que este sistema de iluminación emite una elevada luminosidad, es indispensable que el vehículo incorpore un corrector automático de profundidad de iluminación, que evite el deslumbramiento de los conductores de los vehículos que circulan en sentido contrario, como consecuencia de las variaciones de inclinación que puede sufrir el vehículo por la distribución de la carga (corrección estática), o por las aceleraciones o desaceleraciones que se producen en la marcha (corrección dinámica).

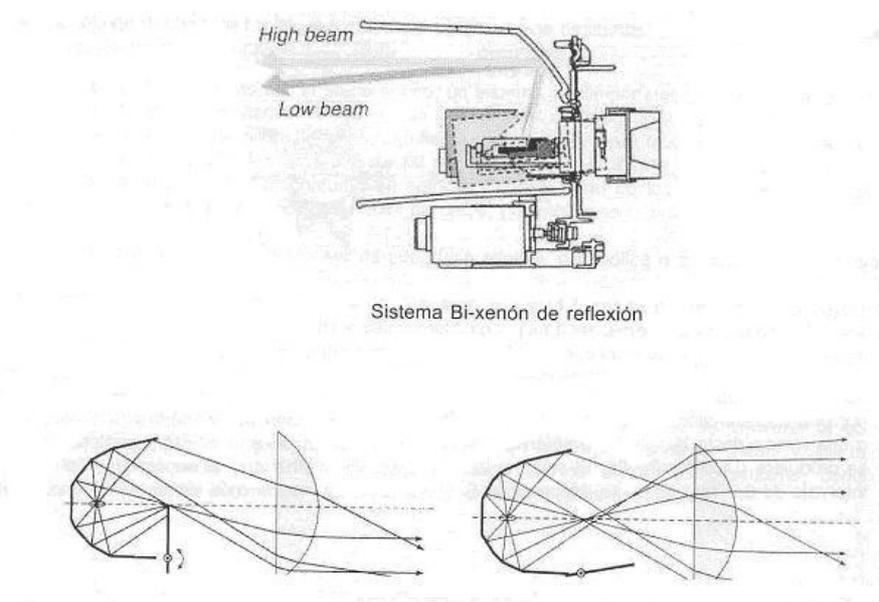
Este corrector está compuesto por dos sensores que miden la inclinación del vehículo, los actuadores que se encuentran en los grupos ópticos y el calculador.

Los sensores de inclinación son del tipo resistivo, con un valor de $1200\ \Omega \pm 20\%$. Están situados en la suspensión delantera y trasera mediante una biela. Es alimentado con una baja tensión ($\pm 5\ \text{V}$) y suministra a la salida una señal distinta en función de la posición de la suspensión.

El calculador alimenta a los sensores, recoge y analiza la información que le envían los sensores, contrastándola con la información que tiene almacenada, elaborando una nueva señal que transmite a los actuadores para que modifiquen la posición del reflector. Para evitar correcciones no deseadas de la inclinación de los reflectores, producida por ejemplo por circular por adoquines, firme irregular, etc., el ajuste no se realiza de forma inmediata, si no que la información es adecuadamente mediada y filtrada para detectar si es una simple pulsación de la suspensión, o por el contrario supone una variación en la que es necesario efectuar modificación en la posición de los reflectores.

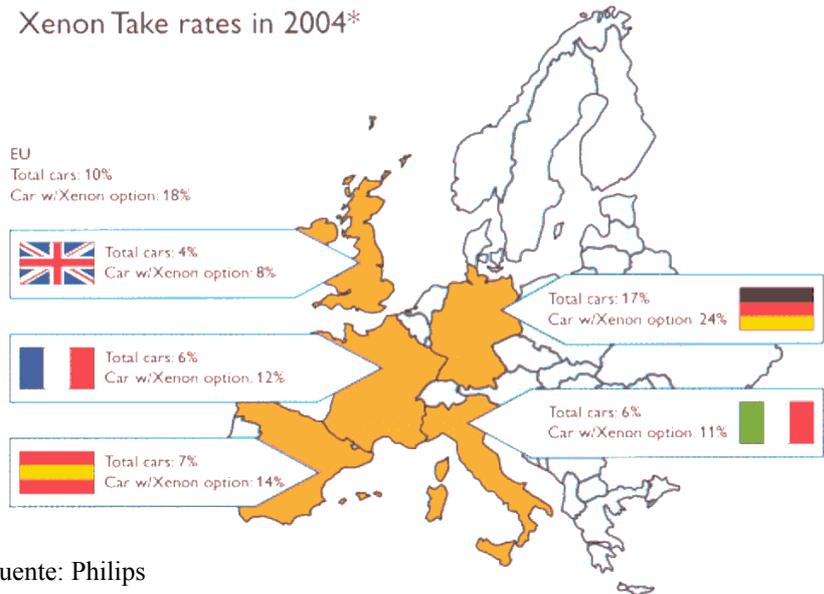
Dentro del sistema de iluminación basado en faros de xenón se ha empezado a implantar en algunos vehículos de altas prestaciones o de lujo el sistema de faros delanteros Bi-xenón. Este sistema produce los haces corto y largo a partir de una única fuente de luz, utilizando una pantalla móvil que puede cambiar mecánicamente el patrón de distribución de luz del haz corto al haz largo y viceversa. Esto elimina la necesidad de que haya otro faro delantero de xenón con su propia unidad de control electrónica, aunque la pantalla necesita tener un accionador.

Los faros bi-xenón pueden utilizar un sistema de reflexión o bien de proyección.

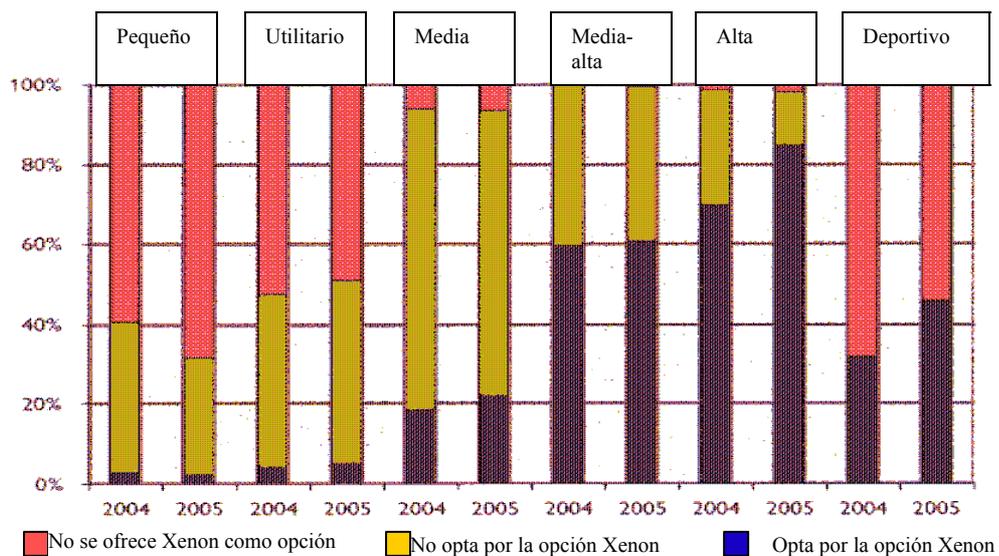


- Satisfacción del usuario

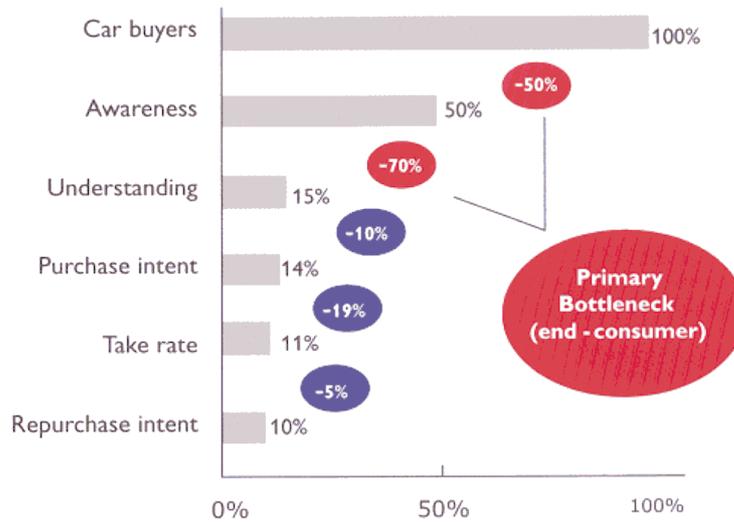
El ratio de uso de los faros de Xenon es muy bajo en la actualidad, tal y como podemos apreciar en el siguiente mapa. Como podemos ver, en 2004 en España solo un 7% de los vehículos están equipados con luces de Xenon, y solo un 14% lo ofrece como opción en la compra del vehículo. A nivel Europeo, el ratio de vehículos equipados con luces de Xenon asciende al 10%, y el 18% lo ofrece como opción.



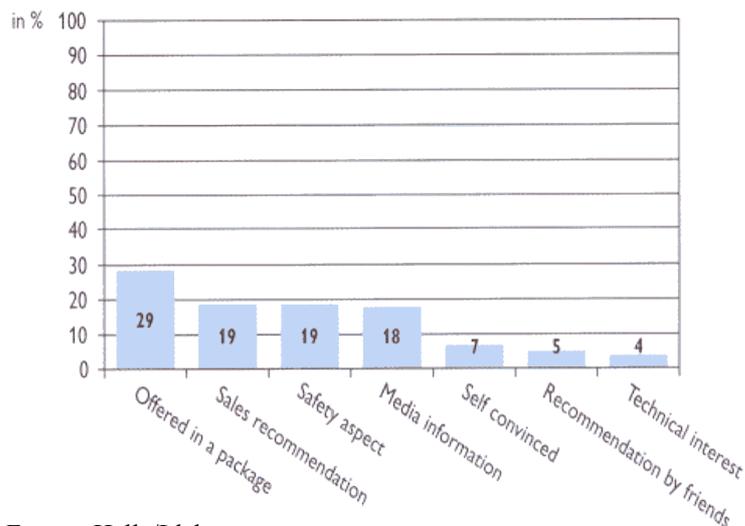
Respecto a la tasa de uso de luces de Xenon por gama de vehículo, podemos apreciar que según aumenta la gama del vehículo, la tasa de uso de las luces de Xenon es mayor:



Un estudio de BBDO Consulting realizado en Europa reveló que solo un 50% de los compradores de vehículos son conscientes de la existencia de las luces de Xenon, y solo un 15% conoce de qué se trata. Esto demuestra la escasa divulgación que se ha realizado sobre las ventajas para la Seguridad Vial de las luces de Xenon.



Respecto a las razones por las cuales un automovilista decide equipar su vehículo con luces de Xenon, en el siguiente gráfico podemos observar cómo en el 29% de los casos viene ofrecido dentro de un mismo paquete al comprar el vehículo, en el 19% por recomendación del vendedor y en otro 19% por aspectos de seguridad.



Fuente: Hella/Llab

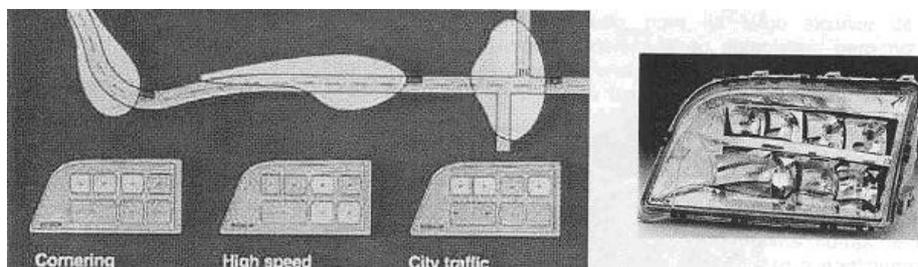
Un estudio realizado en Alemania por EMNID detectó un alto nivel de satisfacción entre los conductores que han utilizado el sistema:

- el 95% lo demandarían de nuevo en la compra de su siguiente vehículo
- el 93% lo recomendaría que fuera de serie
- más del 95% afirma que su visibilidad es mucho mejor y la conducción más segura.

11.2. TENDENCIAS FUTURAS

Recientes investigaciones han revelado que los conductores necesitan una iluminación frontal que responda a diferentes condiciones luminosas, no solo de día, desde el amanecer hasta la oscuridad, sino también en túneles y en condiciones atmosféricas diferentes, incluidas lluvia, niebla o nieve. También demandan una mejor iluminación en las curvas y en los laterales de la carretera, así como iluminación adicional al aparcar.

En un principio se ha investigado la posibilidad de implantar faros de distribución de luz variable, es decir, un faro que cuenta con la particularidad de poder adaptar automáticamente la iluminación a las condiciones de circulación.



Grupos de trabajo internacionales como aquellos que participan en el proyecto Eureka EU 1403 Sistemas de Iluminación Frontal Adaptable (Adaptive Frontlighting Systems, AFS) esperan lograr una distribución de luz armonizada que permita una iluminación frontal adaptable. El objetivo del proyecto es mejorar el rendimiento de la iluminación mediante una definición más clara de los límites en cuanto a contraste y geometría de la luz, reducción de la iluminancia en el área frontal del vehículo y una reducción del autodeslumbramiento.

La creciente capacidad de procesadores y sensores, que está aportando mejoras masivas a las características de los automóviles, desempeñará un papel significativo en la mejora de los sistemas de iluminación. El desarrollo de la iluminación de vehículos ha resultado ser un proceso relativamente lento durante muchas décadas, consiguiendo a menudo un rendimiento mejor de la iluminación mediante el uso de faros más grandes o más faros. El uso de reflectores más complejos y de gas halógeno, y más tarde, de gas xenón, ha permitido un mayor rendimiento y una distribución más precisa de la luz, pero se puede lograr mucho más mediante sistemas "inteligentes".

En el pasado ha habido algunos intentos para dotar a los sistemas de iluminación de "inteligencia" mecánica, uniendo la dirección del haz de luz a los movimientos del volante. Varias compañías han probado esta opción. Citroën en su modelo OS, más conocido como Citroen Tiburón, lo puso en práctica con éxito a finales de los 60. El Citroën SM tenía esa mejora unida a faros auto- nivelantes, pero todo esto se consideró como algo exótico.

A finales de los 90, Citroën realizó algunos trabajos de desarrollo en su modelo C5, utilizando un faro antiniebla que se encendía automáticamente en algunos giros o curvas. Sin embargo, este proyecto se paralizó por conflictos con la legislación de algunos mercados sobre el uso de iluminación frontal asimétrica (sólo el faro antiniebla del lado al que girase el coche se encendería).

Estos avances implican el uso de tecnologías totalmente nuevas que pueden responder de diferentes formas a distintas situaciones, algunas de las cuales exigen patrones de distribución de luz contradictorios. Para lograr estos objetivos, se están utilizando filosofías de integración de sistemas.

En una primera etapa, se ha desarrollado un sistema de proyección de vario-xenón junto con un sistema de proyección bi-xenón. Mediante la manipulación de la geometría de la formación interna de imágenes de un sistema de proyección, se pueden generar hasta cinco funciones de iluminación con un solo sistema óptico. Con un sistema vario-xenón de este tipo se puede hacer también para que gire y se adapte dinámicamente a las curvas. Este camino da lugar a funciones extremadamente flexibles que ofrecen una iluminación total de la carretera desde la parte delantera del vehículo hasta el alcance del haz de las luces largas de luz xenón.

Los nuevos patrones de iluminación que se han buscado son:

- 1) Luz ciudad. Esta es una función de iluminación con un corte simétrico, una dispersión amplia y homogeneidad en toda el área de iluminación. El corte tiene una pendiente débil. En contraste con el haz corto de hoy en día, no hay ningún sector asimétrico que aumente el alcance en la carretera en el lado del conductor. Esto evitará el deslumbramiento de otros conductores cuando haya tráfico denso. El máximo alcance de la iluminación (la línea 1-lx) es menor de 60 metros. En esta situación no son necesarias áreas de elevada intensidad en la distribución de la luz. También se presupone que una gran parte de la actividad conductora tendrá lugar en sitios parcialmente iluminados y que las velocidades serán relativamente bajas.



Haz asimétrico normal



Patrón para áreas urbanizadas

- 2) Luz de carretera comarcal. Las exigencias en la iluminación para carreteras comarcales son particularmente duras, ya que el conflicto entre el alcance de visión del conductor (o iluminación) y el deslumbramiento de otros usuarios es muy grande. Además, las investigaciones realizadas han demostrado que la posibilidad de verse involucrado en un accidente de tráfico en una carretera comarcal por la noche es muy elevada en comparación a otros escenarios.

Las exigencias en la iluminación de carreteras comarcales incluyen:

- Reconocimiento del recorrido de la carretera.
- Reconocimiento de objetos en la vecindad de la carretera (por ejemplo, peatones, ciclistas, obstáculos, señales de tráfico).
- Guía de atención del conductor a zonas importantes de la carretera.

Estas exigencias requieren automáticamente un corte relativamente definido, así como áreas de intensidad de elevada directamente debajo del corte. Los análisis y pruebas en carretera realizados han demostrado que un corte curvado ofrece las condiciones deseadas para conseguir un equilibrio entre el alcance de la visión y la reducción del deslumbramiento.

- 3) Luz tipo autopista. Para adaptarse a la situación de tráfico en una carretera de alta velocidad por la noche, el objetivo de este tipo de luz es ofrecer al conductor el alcance de visión más grande y el menor deslumbramiento posible al tráfico en sentido contrario. Por esta razón, se cree que la mejor aproximación al problema es una distribución de luz simétrica con un límite definido y un ángulo de inclinación hacia delante muy pequeño. Deben generarse directamente en el corte niveles elevados de iluminancia (80-100 lx, cerca del haz de luz de carretera). No es necesaria una dispersión amplia, ya que la iluminación de las zonas periféricas distraería la atención del conductor de la zona lejana. A pesar de la elevada intensidad y del pequeño ángulo de inclinación hacia delante, una distribución de luz de este tipo no deslumbraría al tráfico en sentido contrario gracias a la dinámica relativamente estable del vehículo combinada con un sistema de nivelación de faros rápido y dinámico. Esta función sólo se pondría en funcionamiento a velocidades elevadas.



Haz asimétrico normal

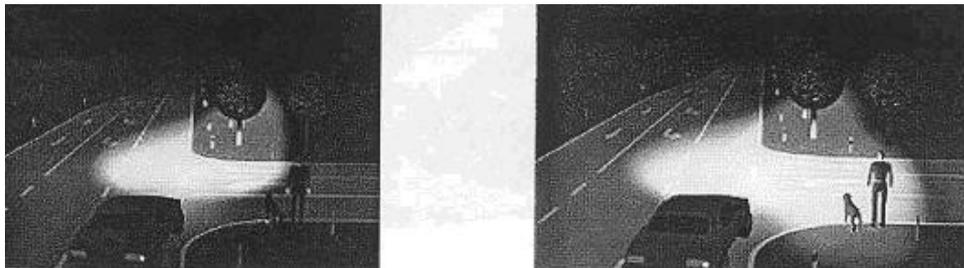


Patrón para autopistas

4) Luz para climatología adversa. Las carreteras mojadas, la lluvia, las nevadas y la niebla alteran la visibilidad de la carretera. Se produce el deslumbramiento a los conductores en sentido contrario por el reflejo de la carretera. Debido a la elevada proporción de luz reflejada hacia delante, el conductor percibe una reducción en la iluminancia delante de su vehículo. Por consiguiente, las funciones de los faros son:

- Ofrecer al conductor una buena iluminación y guía produciendo una intensidad elevada de luz en la zona lejana en el lateral exterior de la carretera.
- Iluminar la anchura de la carretera (con orientación al lado derecho o izquierdo de la carretera).
- Reducir el nivel de iluminación en la zona frontal inmediata (hasta 20 metros delante del vehículo), para mantener a un nivel aceptable el deslumbramiento por reflejo de los conductores en sentido contrario.

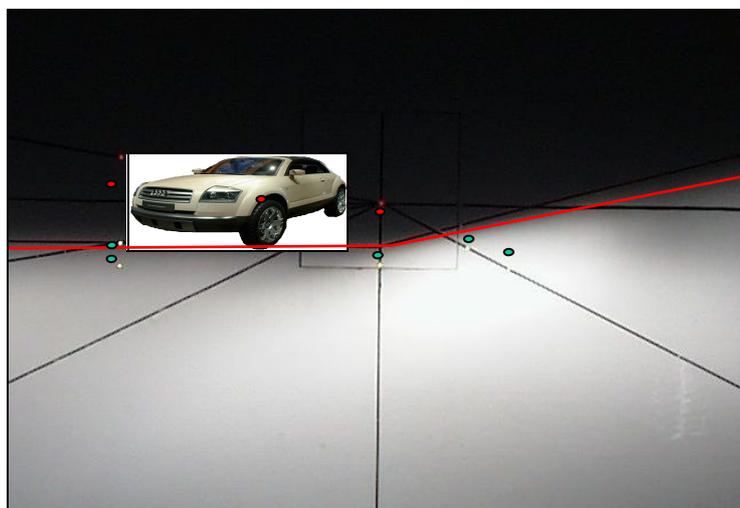
5) Luz para curvas. La función de luz en curvas puede lograrse en principio utilizando un sistema dinámico o un sistema estático. Con luces estáticas para curvas, se enciende un faro a un lado y/o se aumenta su brillo. Una luz dinámica para curvas se consigue girando el haz de luz total según el radio de la curva bien a ambos lados del coche o con el faro interno a la curva. Se controla girando el volante o mediante aceleración lateral y puede iluminar áreas adicionales al lateral del vehículo. Esta es una función de iluminación para usar a bajas velocidades, en curvas cerradas y para entradas estrechas. Sólo se enciende el faro que señala la curva. Un límite evita el deslumbramiento de los conductores en sentido contrario.



12. IMPORTANCIA DE LA REGULACIÓN DEL SISTEMA DE FAROS EN LA SEGURIDAD VIAL

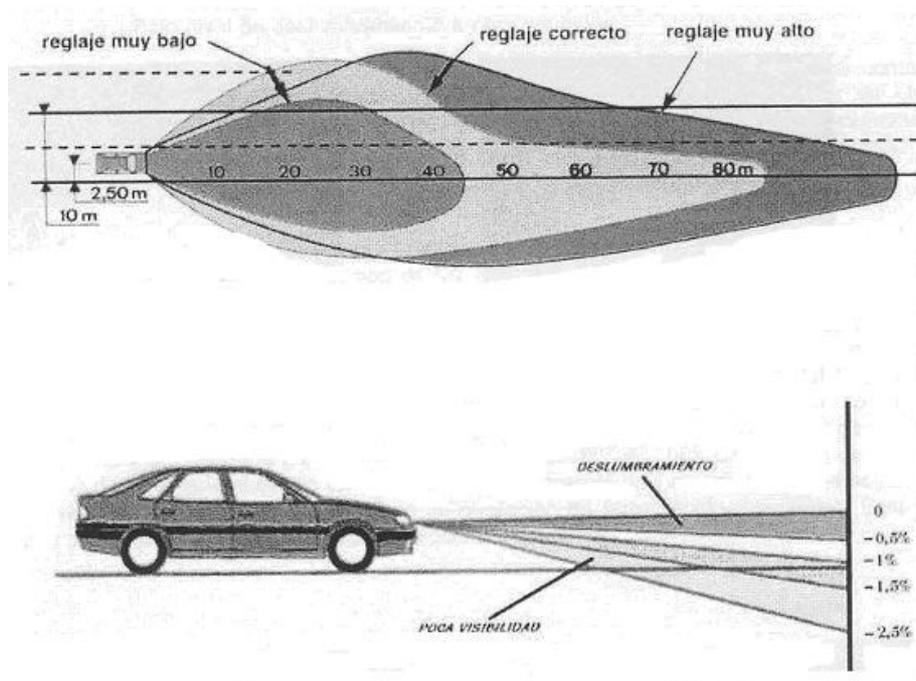
Al ser los proyectores elementos de seguridad, deben estar regulados convenientemente para evitar pérdidas de visibilidad, o deslumbrar a los conductores de los vehículos que circulan en sentido contrario. Un desreglaje de un grado hacia abajo de diferencia respecto a lo indicado por el fabricante del vehículo provoca una disminución apreciable de la eficacia luminosa de los proyectores. Por el contrario, un desreglaje de un grado hacia arriba multiplica por 20 el nivel de deslumbramiento.

Según estudios realizados por expertos del sector, **uno de cada tres proyectores se encuentra desreglado o con un deterioro tal que es necesaria su sustitución.** En el siguiente gráfico se muestra cómo debe ser un correcto reglaje de los faros:



Cuando los proyectores están regulados correctamente, proyectan un haz de luz con una inclinación hacia el suelo comprendida entre -1% y $-1,5\%$ con relación a la horizontal que pasa por el centro del proyector. Una inclinación inferior al $0,5\%$ proyecta un haz de luz demasiado alto, provocando un deslumbramiento que produce una disminución durante varios segundos de las facultades de visión del conductor que circula en sentido contrario. En cambio un haz de luz con una inclinación superior al $2,5\%$, proyecta un haz demasiado bajo, disminuyendo notablemente la zona iluminada y por lo tanto la visibilidad, creando malestar e inseguridad en el conductor. Ambas irregularidades pueden, y de hecho provocan, accidentes de tráfico que son fácilmente evitables sensibilizando a los conductores sobre **la importancia que tiene realizar un mantenimiento periódico del sistema de iluminación.**

Como ya se ha comentado anteriormente, un estudio de la Universidad de Michigan a puesto de manifiesto que **son necesarios 3,6 segundos para recuperar una visión normal después de ser deslumbrado por una luz de cruce y más de 5 segundos en el caso de una luz de carretera.**



La regulación de la orientación del haz de luz se realiza a través de dos tornillos de reglaje dispuestos diagonalmente, el de abajo regula el campo horizontal y el de arriba regula el campo vertical. Además, algunos vehículos disponen de una palanca (corrector de altura) para regular el haz de luz en función del estado de carga del vehículo. En los países de la UE, todos los vehículos matriculados a partir del 1 de enero de 1998 deben estar equipados con correctores del haz de luz desde el puesto de conducción, bien de forma manual, o automáticamente, como es el caso de los vehículos equipados con lámparas de xenón.

Para efectuar el ajuste de los faros se utiliza el regloscopio, que permite reproducir sobre una pantalla la proyección de un haz de luz semejante a la que se obtendría a una distancia de 25 m.

13. CONSEJOS DE UTILIDAD

- Recordemos que el 42 % de las víctimas mortales se producen en condiciones de poca visibilidad.
- Asegúrese siempre de limpiar el faro de posible barro y suciedad.
- Una batería de carga por encima de lo establecido por el fabricante actúa de forma negativa en la vida de las lámparas, especialmente si se encienden antes de arrancar el motor y usar el alternador.
- Las lámparas se deben cambiar de dos en dos, debido a que su uso es simétrico en la mayoría de los casos, es decir, se encienden por igual dos luces de cruce, de posición, de frenado.
- Debemos tener en cuenta que la lámpara de filamento va reduciendo su flujo a medida que se enciende, por lo que aunque funcione, llega un momento que debe cambiarse igualmente.
- El proceso de desgaste es mayor en una lámpara de baja calidad que en una de calidad de origen.
- Si cambia sólo una de las lámparas halógenas, al haber perdido parte del flujo luminoso, hace que la vista se fije más en las luces que en la carretera.
- Las luces de freno son tan importantes como las del faro: es tan importante ver que ser visto.
- No es lo mismo que la luz vaya sobre el lado de la carretera que queremos, que por ejemplo ilumine el cielo ó el lado opuesto de la carretera.

Para reducir el número de vehículos que circulan con el sistema de alumbrado en mal estado, parece que se puede atacar el problema desde tres puntos de vista diferentes:

- 1) Desde el punto de vista de la calidad de los elementos que equipan el vehículo. Es muy importante asegurar que el coche siempre se equipe con faros de calidad, que no produzcan en ciertos puntos bajas intensidades lumínicas, y en otros, deslumbramientos. Así, si es necesario sustituir el faro original, se debe exigir la instalación de un faro homologado por el fabricante.
- 2) Desde el punto de vista de los sistemas de detección de fallos. En los sistemas actuales de xenón parece que se le ha dado la importancia debida al sistema de regulación automático y al de detección de fallos. No obstante un sistema de chequeo de lámparas fundidas debería ser obligatorio en todos los vehículos y no solamente como un elemento extra en vehículos de alto standing. De esta forma sería difícil encontrarse con vehículos que llevan alguna luz fundida, caso que se agrava cuando se lleva más de una fundida y sobre todo cuando éstas son las luces traseras de freno o los intermitentes.

- 3) Desde el punto de vista del mantenimiento. Los talleres de reparación deben colaborar en la prevención de accidentes asesorando a los usuarios sobre el correcto mantenimiento del sistema de iluminación. Como primer paso para conseguir este objetivo, al finalizar la intervención demandada por el cliente, convendría realizar una verificación del estado del sistema mediante un regloscopio de faros.

Un sistema de control que debería implantarse en todos los sistemas de seguridad del vehículo y en particular en el sistema de alumbrado. Una revisión del sistema de alumbrado del vehículo no lleva más tiempo que una comprobación de presión de los neumáticos.

No debemos olvidar que el buen funcionamiento de los sistemas de seguridad es fundamental para reducir el número de accidentes, pero normalmente le damos la importancia que tiene cuando ya es tarde. Por eso, la exigencia de un mantenimiento adecuado de todos los sistemas de seguridad del vehículo, y en particular del tema que nos ocupa, es fundamental para nuestra seguridad y la del resto de usuarios de la vía.

14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AUSTIN, R.L. AND WOLMAN, H.L.
Evaluation of headlamp systems for night-time safety. Int. Journal of vehicle design, vol. 9, N° 4/5, 1988.
- [2] BOEBEL, D., EICHLER, H., HEBLER, V.,
Artículo: "HID for both beams".
Revista Automotive Engineering. SAE International, 2000.
- [3] COHEN, DANIEL S., JETTNER, EDWARD AND SMITH, WILLIAM E.
Light vehicle Frontal Impact Protection. 820243. Crash Protection SP-513. SAE
- [4] DAVISON, P.A.
The role of drivers vision in road safety. Lighting Research and Technology 10, 1978.
- [5] EVANS, L.
Traffic Safety and the driver. Van Nostrand Reinhold. New York. 1991
- [6] HAMM, M., SPINGLER, T., BOEBEL, B., WÖRNER, J. Lipart., BAUER, H.
Instrucción Técnica BOSCH. Sistemas de alumbrado. Robert Bosch GMBH, 2000
- [7] IVEY, D.L. LEHTIPUU, E.K. AND BUTTON, J.W.
Rainfall and visibility- The view from behind the wheel. Journal of Safety Research, Vol. 7, N° 4, pp. 156-169. 1975
- [8] MARTÍN, J., GÓMEZ, T.,
Artículo: "La iluminación en el automóvil".
Revista Nuestros Talleres. Tecnipublicaciones
- [9] MEATYARD, A.G, FOWKES, M. AND WALL, J.G.
An investigation, into rear lighting arrangements for cars. Int. Journal of vehicle design, vol. 9, N° 3, 1989.
- [10] MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. SECRETARIA GENERAL PARA LAS INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS.
Borrador de instrucción 8.1-IC/91 Señalización Vertical.
- [11] MOPU. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
Norma Complementaria de la 3.1-IC. Trazado de Autopistas. 1988

- [12] MOPU. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
Instrucción de Carreteras 3.1-IC. Trazado. 1987
- [13] MORTIMER, RUDOLF G.
Motor vehicle Headlighting: Consideration of older drivers. 12th International Conference on Experimental Safety Vehicles. May 1989. Goteborg.
- [14] MOURANT, R.R., ROCKWELL, T.H.
Strategies of visual search by novice and experienced drivers. Human Factors 14, 1972.
- [15] MOURANT, R.R. AND DONOHUE, R.J.
Acquisition of indirect vision information by novice, experienced, and mature drivers. Journal of safety Research, Vol. 9, N° 1, pp. 39-46 1977
- [16] OLSON, P.L. AND SIVAK, M.
Comparison of headlamp visibility distance and stopping distance. Perpetual and Motor Skills, N° 57, 1177-1178. 1983
- [17] SEKO, YATOSHI.
Analysis of optimum low-Beam illumination pattern based on human visual perception characteristics. 12th International Conference on Experimental Safety Vehicles. May. 1989. Goteborg.
- [18] SERRES, A.M.
Images for the investigation of night visibility. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées Paris, France.
- [19] SIVAK, MICHAEL, PH. D. AND OLSON, PAUL L., PH. D.
From headlamp illumination to headlamp performance: A critical review of the Ford Motor Company, Detect model. Int. Journal of vehicle design, vol. 8, N°3, 1987.
- [20] Stuart Birch. Revista Automotive Engineering. SAE International, 2001
Artículo: "Iluminación frontal adaptable".
- [21] T.M., M.G.P
Artículo: "Comparativa de faros".
Revista Autopista. Luibe-motorpress, 1996.
- [22] W. SCHLAGER. Philips Business Center Automotive
How Xenon >HID light has improved and will further improve traffic safety

Fotos

Revistas Motor Clásico. Motorpress-Ibérica.

Revistas Nuestros Talleres. Tecnipublicaciones.

Revistas Automóvil. Motorpress-Ibérica.

Revistas Autopista. Motorpress-Ibérica.

Revistas Automotive Engineering. SAE International.

Con la colaboración de la *Universidad Carlos III*



