

# EL COLOR Y LOS ELEMENTOS REFLECTANTES EN PROTECCION

EMILIO GALLARDO AGUILAR  
C.N.M.P. SEVILLA



## INTRODUCCION

Para el correcto desempeño de sus actividades cotidianas, el hombre mantiene un mudo diálogo con el entorno que lo rodea requiriendo de él información, trivial en algunos casos, de vital importancia en otros. Es obvio señalar que, y en ello están de acuerdo infinidad de autores, de toda la información que el hombre recibe sobre el habitat en que se encuentra, al menos un 80% lo es a través de los órganos visuales.

Al realizar cualquier actividad laboral debemos repartir nuestra atención entre instrucciones de tipo profesional, para la correcta ejecución material de la tarea, y las concernientes a preservar nuestra integridad física frente a los riesgos que ello entraña. Si bien las primeras son relativamente constantes con cada tipo de labor, y por tanto pueden llegar a ser bastantes rutinarias con el paso del tiempo, las últimas están referidas no sólo al puesto de trabajo concreto, sino al medio en que éste se desarrolla, por los que son fluctuantes en el tiempo y el espacio.

Representa una ayuda enorme en las acciones preventivas, el recurrir a letreros o señales como vía informativa eficaz, ya que cumplen su misión recordatoria de forma ininterrumpida y al mismo tiempo ofrecen cierto ahorro de esfuerzo mental para el trabajador, obligado en ocasiones a distraer parte de su atención recordando consejos y normas que de esta manera tiene siempre presente.

De este modo, la actuación del técnico de seguridad

está enfocada en DESTACAR la existencia de un riesgo, ante la imposibilidad material de su erradicación. Para ello, como también para otras ocasiones (p.e. localización de objetos y personas en operaciones de rescate, etc.), lograr una buena comunicación visual es factor decisivo para llevarlas a feliz término.

Bajo la denominación de VISIBILIDAD se engloban dos aplicaciones diferentes. Una está referida a los objetos fijos en el espacio, sobre un fondo definido y con una iluminación relativamente constante. Es lo que se conoce como objetos de contrastes estables, y para ellos puede llegarse a cuantificar la visibilidad por medio de las técnicas e instrumentos fotométricos disponibles hoy día. Este sería el caso de rótulos y señales de seguridad. Cuando se trata de observar u objetos móviles, (como son conductores de vehículos, peatones, hombres trabajando en las carreteras, etc.), aunque la cuantificación de la visibilidad resulta algo más complicada también es factible su valoración en muchas ocasiones.

La segunda aplicación, más frecuente en la vida normal, se refiere al caso de objetos sobre fondos no específicos y bajo condiciones de iluminaciones indefinidas. A éstos se les llama objetos de contraste inestable, siendo muy difícil la cuantificación de su visibilidad. Con el uso de materiales reflectantes y fluorescentes, lo que se intenta es llegar a convertir estos casos de contraste inestable en otros de contraste estable.

## CONCEPTOS PREVIOS

La eficacia de la comunicación visual o visibilidad es función de diversos factores; unos intrínsecos del ser humano (el observador) y otros de la información a transmitir (objeto observado), pero sin olvidar que sobre ambos influyen a su vez variables relativas al entorno y a las condiciones ambientales. Se puede interpretar, en esencia, como una interrelación observador-objeto-luz en la que es imposible considerar aisladamente uno de los componentes de este trinomio sin tener en cuenta a los otros dos.

Abreviadamente diremos que la visibilidad de un objeto dependerá fundamentalmente de:

- las aptitudes visuales y
- predisposición del observador,
- el tamaño,
- la forma, y
- color del objeto,
- el fondo sobre el que está situado, y
- las condiciones de iluminación existentes.

Analizando con mayor detalle algunas de estas variables comprenderemos mejor como están interdependiendo y de qué forma podemos actuar para mejorar la comunicación visual en los casos que sea necesario.

No es difícil entender que la luz juega en el fenómeno visual un doble papel: como vehículo portador de la información y como "catalizador" o desencadenante de la misma. Aún estando presentes objeto y observador, si no hay luz no se establecerá la comunicación visual entre ellos.

Se considera como LUZ la porción de energía radiante del espectro electromagnético, capaz de provocar un estímulo en ojo humano. Se trata de la radiación de longitud de onda comprendida entre los 380 y 780 nm; aunque éstos no son unos límites matemáticamente exactos sino definidos por conveniencias normativas.

Sin embargo, la intensidad energética mínima requerida para desencadenar la sensación visual no es constante en todo el espectro visible sino que depende de la longitud de onda de la radiación. Su representación gráfica para visión fotópica y visión mesópica (dibujada en la fig. 1), se conoce como curva de sensibilidad del ojo.

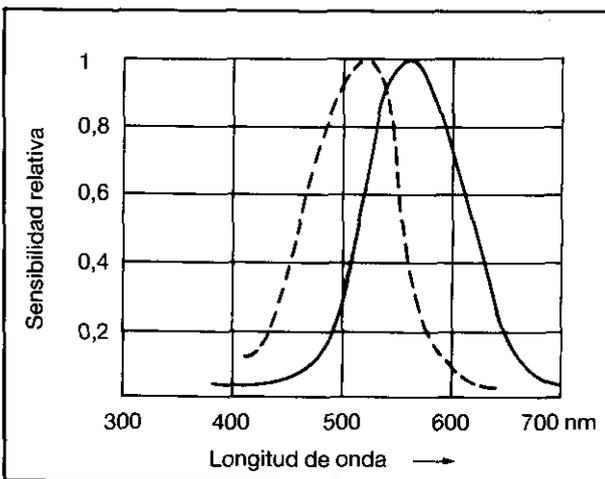


Figura 1.- Curva de sensibilidad espectral en la visión por conos (curva continua) y en la visión por bastoncillos (curva de trazo).

La radiación de longitud de onda inferior a los 380 nm. es absorbida por la córnea y el cristalino no llegando hasta la retina en las personas normales, por lo que los afacos, u operados de cataratas, amplían la banda de radiaciones visibles por el lado de los UV.

No todas las fuentes radiantes emiten igual intensidad energética ni la misma composición espectral, por lo que resulta conveniente aceptar la idea, pocas veces reflejadas en las directrices oficiales al respecto, que para conseguir unas buenas condiciones de iluminación no es suficiente indicar altos niveles luminosos sino también hacer referencia a su calidad o contenido espectral. Más adelante señalaremos como influyen ambas características sobre los restantes protagonistas de la comunicación visual.

En cuanto al observador, los atributos visuales que lo caracterizan son, entre otros: su agudeza visual; percepción de color; discriminación de contrastes luminoso y cromático; campo visual para apreciación del relieve y visión lateral; percepción de movimiento, etc. Podemos actuar sobre características de la iluminación o del objeto a fin de mejorar los tres primeros atributos citados, incrementando la eficacia de la comunicación visual.

La AV es la capacidad que tiene el ojo para percibir detalles, y se define como el límite en que pueden percibirse como distintos dos puntos muy próximos. A menudo se confunde la AV con una de las características de percepción de formas, como es el Mínimo Visible o diámetro aparente del punto más pequeño que puede ser reconocido sobre un fondo uniformemente iluminado. La AV no es una constante de cada individuo sino que varía con su edad, estado mental, estado refractivo, etc., pero además lo hace con factores externos como son el nivel de iluminación y el contraste objeto-fondo, siendo éstos los que se intentarán variar cuando pretendamos mejorar la visibilidad con un aumento de la AV del observador.

Como ejemplo de la influencia de la luz sobre la AV, diremos que durante la noche el valor de la AV puede llegar a ser la décima parte de la que se tiene en condiciones de iluminación diurna. Esto es porque la imagen retiniana de un punto no es un punto, sino un pequeño disco rodeado de anillos luminosos debido a la difracción de la luz producida en el ojo, siendo su diámetro inversamente proporcional al de abertura pupilar, por lo que si la pupila se dilata al haber poca luz, la AV disminuirá.

Cuando la energía radiante llega hasta la retina, el observador detecta una sensación de LUZ más o menos intensa. Al mismo tiempo, recibe otra sensación a la que se le da el nombre de COLOR. La información que un observador tiene del espacio que le rodea proviene del distinto color de las luces que llegan a sus ojos desde los diferentes puntos del espacio. El mínimo de información se tendría en el caso de que le llegue la luz del mismo color desde todas las zonas (espacio visualmente uniforme) y el máximo si suponemos el espacio dividido en unos once millones de zonas y de cada una de ellas le llegue luz de diferente color, ya que un observador normal es capaz de distinguir este número de colores si se le presentan simultáneamente.

La comunicación visual se establece en dos etapas: en la primera el observador se da cuenta de la presencia de algo, es la fase de PERCEPCION del objeto; después trata de reconocer el objeto o relacionarlo con algún significado previamente establecido, es la de IDENTIFICACION.

Las características del objeto que lo hacen más o menos visible son su FORMA, TAMAÑO y COLOR, siendo estas dos últimas las más interesantes para este estudio por estar involucradas en la fase de percepción. Más que el tamaño en sí del objeto, lo que realmente importa es su tamaño aparente, es decir, el ángulo visual subtendido, cuyo límite inferior es el llamado mínimo visible y por debajo del cual nada podemos hacer para facilitar su detección.

Los objetos no poseen color propio sino que este depende de la composición espectral de la luz que los ilumina. Ahora bien, el observador no detecta la luz que llega al objeto (iluminación) sino la que éste envía en su dirección (luminancia), por lo que debemos distinguir entre color físico y color psíquico, existiendo una tercera definición, el color psicofísico que es la utilizada para la medida objetiva normalizada de los colores.

El color PSÍQUICO se refiere a la sensación que una determinada luz procedente de un objeto provoca en un cierto observador, el cual le dá nombre y no tiene por qué ser la misma producida en otro observador distinto. En la clasificación más precisa de los colores psíquicos efectuada, se ha establecido que el color es trivalente y se puede especificar mediante tres atributos: TONO, SATURACION y LUMINOSIDAD. La medida del color psíquico solo puede hacerse por comparación con una colección de colores definidos de antemano.

El color FÍSICO de la luz emitida o reemitida por una superficie está determinado por su radiancia espectral en dirección al observador. Por tanto, no es tri sino multivariante, dependiendo de la precisión de los instrumentos de medida utilizados.

El color PSICOFÍSICO corresponde al estímulo (energía radiante) que produce en un cierto observador determinado color psíquico (sensación visual). Es la respuesta de un observador ficticio representante del observador humano medio, bajo determinadas condiciones de observación. Se define matemáticamente por medio de tres funciones de las que se obtienen los tres valores que especifican al color psicofísico.

Cualquier color real puede considerarse como una mezcla aditiva de colores del espectro. Se deduce que el punto representativo de cualquier color real ha de encontrarse dentro de la región limitada por el diagrama cromático. (Fig. 2).

Sin embargo, al mezclar tintas o pinturas, los colores conseguidos siguen un proceso substrativo. Estas

están integradas por una BASE o vehículo líquido, incoloro y transparente, en el que se encuentran suspendidas finas partículas sólidas transparentes, con un índice de refracción tan distinto como sea posible del líquido vehículo. Al incidir la luz sobre una superficie que limita dos medios de distinto índice de refracción, parte es reflejada. Por esto, el haz que llega a un objeto pintado es reflejado en parte por la superficie aire-vehículo de la pintura, y el resto penetra e incide sobre una superficie que separará al agente vehículo de una partícula sólida, en la cual es nuevamente reflejada. La parte reflejada vuelve a la superficie, y la parte que queda penetra más, siendo a su vez, parcialmente reflejada en cada superficie límite que cruza.

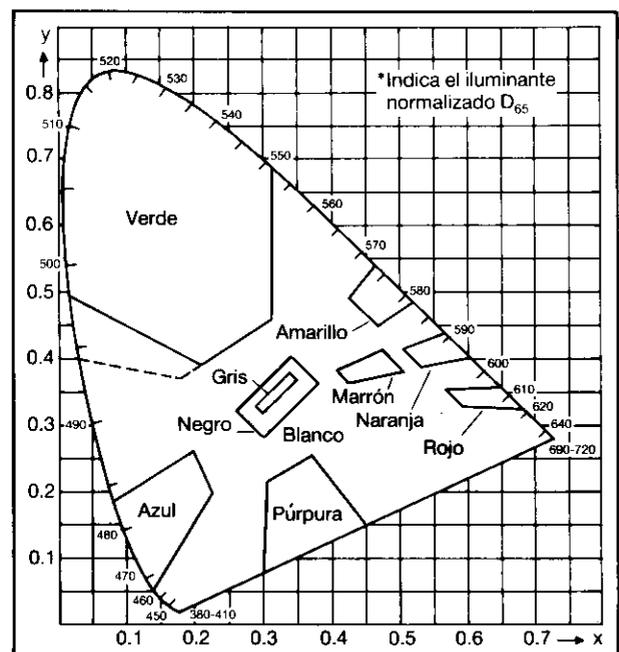


Figura 2.- Colores de los pigmentos ordinarios.

Si las partículas suspendidas son incoloras, la pintura reflejará por igual todas las longitudes de onda de la radiación incidente y aparecerá como de color BLANCO. Si se quiere una pintura coloreada, las partículas suspendidas serán del color deseado, comportándose como filtros. La luz reflejada en la forma antes descrita tiene que pasar por ellas en su camino de entrada y salida por lo que la distribución espectral de la radiación incidente se modifica por esta absorción y decimos que la pintura es coloreada.

Entendemos por contraste la diferencia entre los coeficientes de reflexión de la luz que presentan dos superficies contiguas iluminadas al mismo tiempo. Hay dos tipos de contraste: el luminoso y el cromático. El primero se dá cuando las cantidades de luz emitidas por las superficies son diferentes y en él se distinguen el llamado contraste marginal que aparece en la línea de separación y sirve para el reconocimiento de formas, y el de superficie que se presenta entre una su-

perficie pequeña y el fondo que la rodea. Matemáticamente, el contraste luminoso puede ser descrito como la diferencia de luminancias dividida por la luminancia del fondo, siendo imposible la percepción visual cuando toma un valor inferior a 0,1. El recíproco del mínimo contraste detectado por un observador se conoce como **sensibilidad de contraste**. Generalmente se acepta que a medida que el tamaño de un objeto aumenta, se reduce la luminancia del campo de fondo requerida para la sensibilidad de contraste dada. Es decir, cuanto mayor se hace un objeto menor es la degradación de la sensibilidad al contraste.

El contraste cromático se refiere a las distintas composiciones espectrales de las luminancias recibidas de las superficies contiguas, es decir de sus diferentes colores. Si dos puntos deben ser discriminados sobre un fondo blanco, esto se hace más fácilmente si los puntos son negros que si son grises. Ello es debido a que al aumentar el contraste disminuye el ángulo de discriminación y, por tanto, aumenta la AV.

El contraste es mayor cuanto más notoria es la diferencia entre ambas superficies, por lo que se dá el máximo contraste luminoso cuando una superficie luminosa aparece bajo un fondo oscuro, y el máximo contraste cromático cuando una coloreada tiene de fondo otra de color complementario. Sin embargo, el máximo contraste cromático se tiene cuando no existe contraste luminoso o es mínimo.

Según algunas normas, la escala decreciente de contrastes cromáticos es la siguiente:

- Negro sobre amarillo.
- Negro sobre blanco
- Verde sobre blanco
- Amarillo sobre negro
- Rojo sobre blanco
- Blanco sobre rojo
- Azul sobre blanco
- Blanco sobre verde
- Blanco sobre azul
- Blanco sobre negro

## ALTA VISIBILIDAD

Los materiales de ALTA VISIBILIDAD son muy variados y están basados en principios diferentes, unos puramente físicos (materiales reflectantes) y otros conseguidos gracias a procedimientos químicos (materiales luminiscentes). Tanto en un caso como en el otro, lo que se pretende es que del objeto emane la cantidad de energía luminosa suficiente para provocar la sensación visual.

### a) Materiales luminiscentes

Cuando la luz emitida por un objeto no tiene su origen en una alta temperatura, es decir no procede de un foco calorífico, se dice que es luz fría. Hay productos químicos que tienen esta propiedad, si bien hay dos causas distintas que la producen: la fosforescencia y la fluorescencia.

Los materiales FOSFORESCENTES están compuestos por fósforos cuya estructura subatómica se altera al exponerlos a la radioactividad o cuando sobre ellos incide radiación UV como la contenida en el espectro de la luz solar o de lámparas artificiales. Cuando cesa la irradiación luminosa, el fósforo vuelve a su estructura primitiva, y es durante este proceso cuando emite radiación visible, aunque no demasiado intensa generalmente, lo cual hace poco utilizables a estos materiales o no ser para visión de cerca en la oscuridad.

Si la irradiación ha sido de tipo radioactivo, el material fosforescente no precisa ninguna luz para ser activado, el material fosforescente no precisa ninguna luz para ser activado pues ya lo está, y en este caso, permanece brillante en tanto que continúa siendo radiactivo.

Los colores fosforescentes de luz diurna son distintos de los colores ordinarios y hay que añadir aditivos para modificar los colores sin afectar la luminiscencia. Generalmente son compuestos sintéticos de sulfuros de zinc, cadmio, calcio y estroncio, los cuales consiguen sus características fosforescentes por medio de procesos térmicos a altas temperaturas. Aunque estos compuestos no son radioactivos, pueden ser tóxicos por lo que en su empleo deben tomarse ciertas precauciones. Los pigmentos fosforescentes de calcio y estroncio son sensibles al agua y los ácidos, y también son inestables a no ser que se les proteja con un medio aglomerante.

Puesto que la luminiscencia se destruye con la humedad, los plásticos luminiscentes deben ser del tipo resistente al agua y las pinturas fosforescentes deben estar protegidas por una capa transparente u otro medio efectivo. La reexcitación no deteriora el producto, teniendo conocimiento de materiales que continúan respondiendo a la luz diez años después de haber sido fabricados. La intensidad de brillo depende de la cantidad de activación a que han sido previamente sometidos, y su duración depende, fundamentalmente de la intensidad excitadora, del tiempo de excitación y del color del pigmento usado. A igualdad de tiempo e intensidad, mientras que un pigmento naranja o amarillo brilla durante un cierto tiempo T, uno verde mantiene el brillo cuatro veces ese tiempo, y los azules llegan hasta veinte veces.

Para los productos FLUORESCENTES también es necesaria una activación luminosa, durante la cual están emitiendo luz que se suma a la reflejada de su superficie, apareciendo más brillantes que lo correspondiente a una superficie de igual poder reflectante. Sin embargo, el proceso de regreso al estado originario es prácticamente instantáneo por lo que en el momento en que desaparece la radiación excitadora también lo hace la emisión de luz propia. Por esto, tal tipo de productos no deben ser usados en la oscuridad ya que son ineficaces.

La fluorescencia es la capacidad de un material para absorber la luz UV y visible de gran energía para volver a emitir en la misma longitud de onda que la luz reflejada. Los pigmentos que producen en mayor grado este efecto son los de la banda de menor energía del espectro visible: amarillo, naranja y rojo.

Al igual que ocurre con los fosforescentes, los materiales fluorescentes coloreados difieren en sus límites cromáticos de los de los pigmentos ordinarios (Fig. 3).

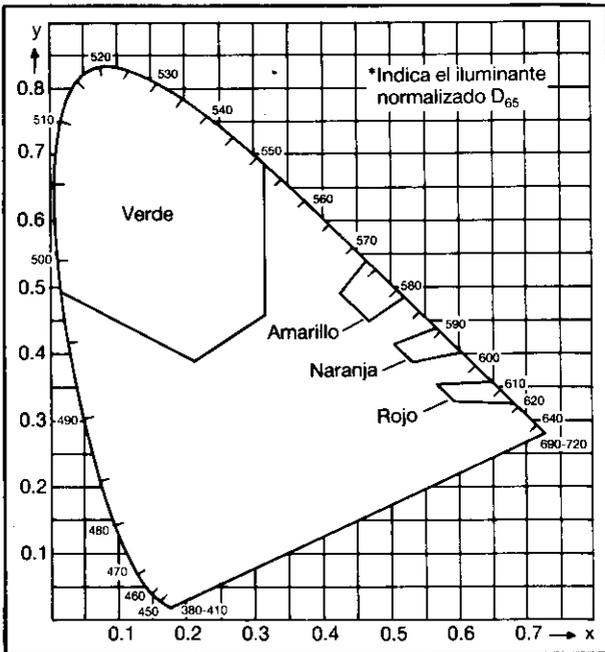


Figura 3.- Colores de materiales fluorescentes.

La fluorescencia se emplea cuando es necesaria gran visibilidad del objeto en situaciones en que al mismo tiempo el ojo ha de estar adaptado a condiciones de oscuridad, lo cual será posible si se cuenta con una fuente adicional de luz UV para iluminar al objeto (cuatro de instrumentos en los vuelos nocturnos p.e.) a fin de evitar deslumbramientos.

**b) Materiales reflectantes**

Cuando en una superficie cualquiera incide un haz luminoso, parte de la radiación es devuelta hacia el exterior en forma de luz reflejada. Esta proporción de luz devuelta es característica de cada superficie y viene determinada por el llamado coeficiente de reflexión de esa superficie. Sin embargo la manera en que es reflejada puede resultar muy variada dependiendo del estado o acabado de la superficie sobre la que llega la radiación incidente.

Cuando el haz luminoso cae sobre una superficie microscópicamente rugosa, la luz es devuelta en todas direcciones, denominándose REFLEXION DIFUSA. Tal es el caso de los tejidos, paredes de cemento, etc. Como del total de luz reflejada sólo una pequeña parte es devuelta en dirección de la fuente luminosa o del observador, estos materiales resultan muy difíciles de ver en condiciones de bajo nivel de iluminación.

Otro caso bien diferente se tiene cuando la superficie reflectante es microscópicamente lisa. Ahora toda la luz que se devuelve sigue una misma dirección originando un haz luminoso que forma con la vertical a la superficie igual ángulo que el haz incidente, estando ambos en un mismo plano pero en distintos cuadrantes. Este tipo de REFLEXION se

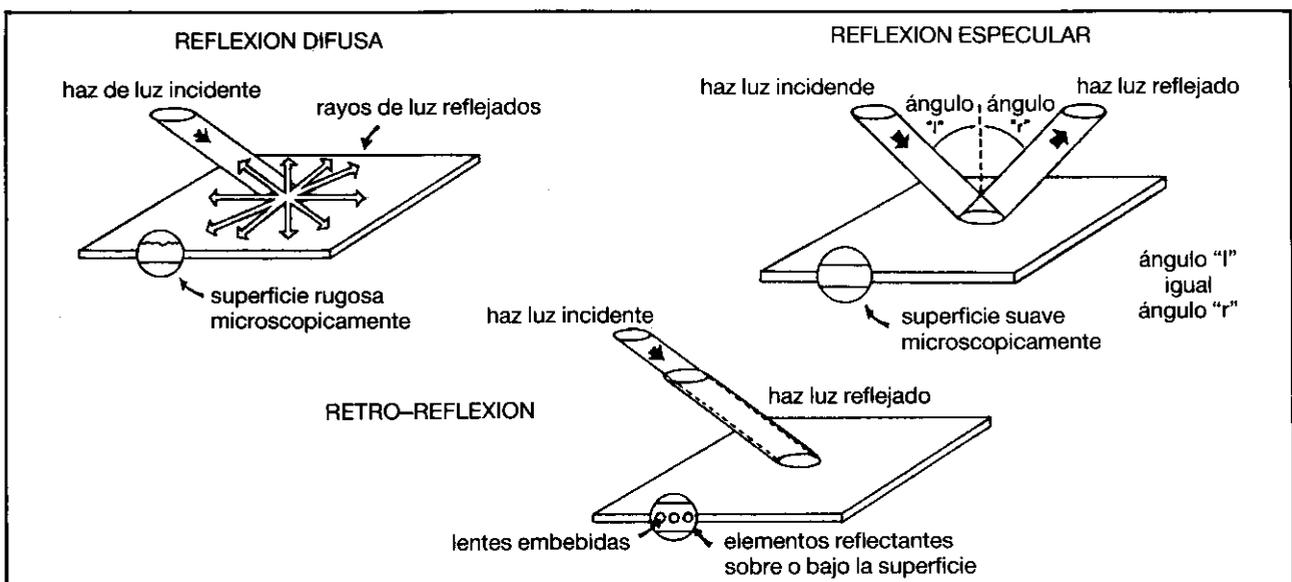


Figura 4.- Tipos de reflexión.

llama ESPECULAR y es en este principio en el que se basan los faros de los vehículos (toda la luz emitida hacia atrás es recogida por una semiesfera espejizada interiormente, que la devuelve hacia delante concentrada en un haz de mayor intensidad).

Por último existen superficies con un acabado logrado artificialmente, en las que la luz incidente es devuelta siguiendo la misma dirección de llegada, o prácticamente la misma. Hablamos entonces de RETROREFLEXION, y los materiales que poseen esta característica son eficaces sólo cuando el observador se encuentra en las proximidades del manantial luminoso que los irradia, p.e. la lámpara de un minero, los faros de un auto, etc. (Fig. 4).

Este efecto especial se consigue por medio de pequeñas esferas de plástico o de vidrio transparente, (Fig. 5) de alto índice de refracción, dispuestas uniformemente sobre una base reflectante. De esta manera, al llegar la luz sobre una de ellas actúa como una lente concentrando la luz en conos estrechos, y resultando un pequeño proyector independiente, siendo el efecto general el de una superficie brillante uniforme. El humo, la niebla, el rocío, la escarcha y otros tipos de condensación sobre estos materiales reducen la cantidad de luz reflejada (a veces casi a cero), por lo que pierden efectividad. Sin embargo la lluvia, parece ser que no produce igual efecto, aunque puede alterar la dirección del haz reflejado. Debido a esto, las nuevas técnicas utilizan esferas embebidas por completo en el material de base con lo que reducen este efecto (Fig. 6).

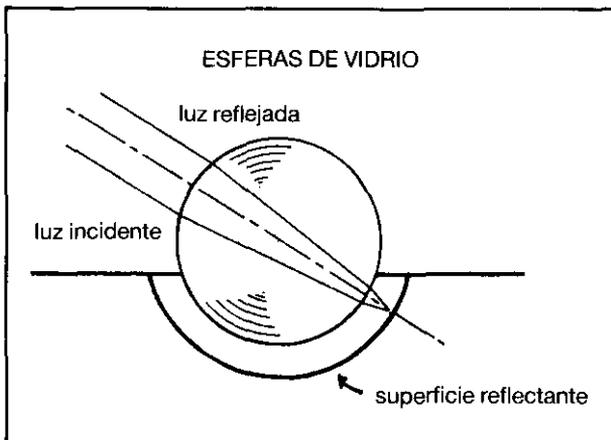


Figura 5

Este tipo de superficies pueden llegar a ser más de tres mil veces más brillantes que la pintura blanca ordinaria. Pero en el afán de lograr más rendimiento, se trabaja hoy día con microprismas cúbicos, (Fig. 7) en lugar de esferas, presentando las aristas hacia el observador y obteniendo varias veces más luz reflejada. Si al material que constituye la base reflectante se le añaden pigmentos, la luz

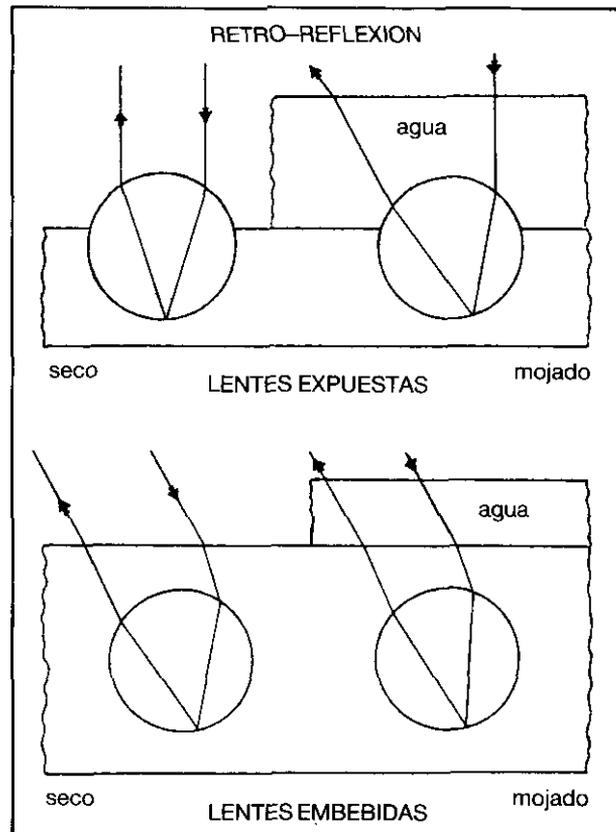


Figura 6.- Efectos del agua según el tipo de encapsulamiento.

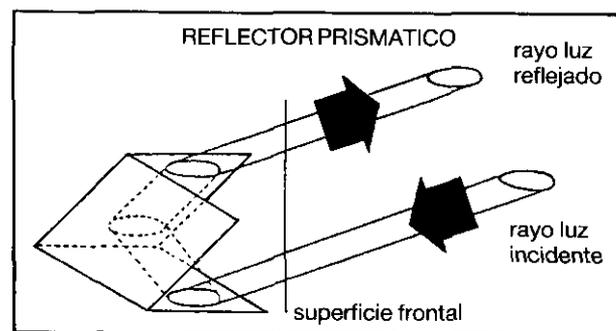


Figura 7.- Retroreflexión por prismas.

devuelta será coloreada, aunque tampoco coinciden los límites de estos colores con los de los materiales fosforescentes o los pigmentos ordinarios, como puede apreciarse en la (Fig. 8).

## USO Y APLICACIONES

En condiciones normales de iluminación, se puede mejorar la visibilidad de un objeto cambiando su color (nos referimos al COLOR FISICO naturalmente). Puesto que éste depende de la distribución espectral de la luz que baña al objeto, tenemos distintas opciones para cambiarlo: actuando sobre su reflectancia espectral sobre la irradiancia espectral que recibe. Pero

también puede lograrse actuando sobre el sistema visual del observador, mediante filtros que cambien la intensidad y la distribución espectral de la luz que proviene del objeto.

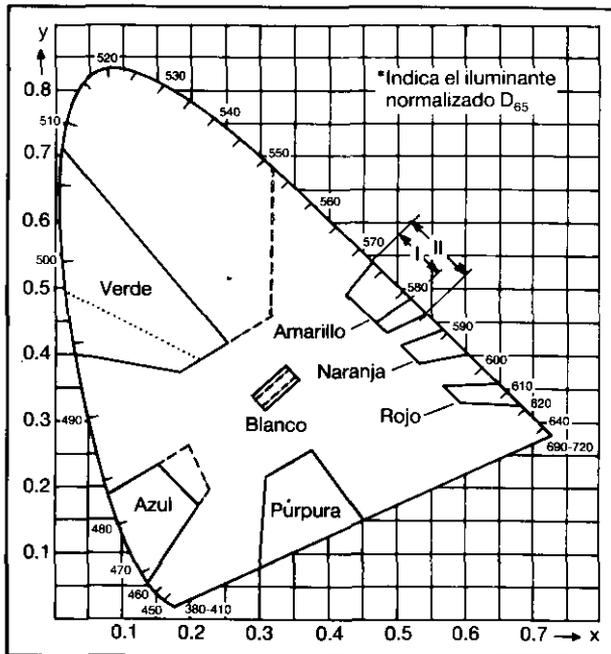


Figura 8.- Colores de materiales retrorreflectantes (trazos continuos) comparados con los ordinarios (punteados).

Si recordamos la curva de sensibilidad del ojo, y tenemos en cuenta la distribución espectral de la luz visible, observaremos que el color mejor detectado es el amarillo-naranja, correspondiente a una longitud de onda aproximada de 550 nm. A partir de ese punto, tanto si nos desplazamos hacia la derecha como a la izquierda por el eje de ordenadas, comprobamos que los colores son más difíciles de ver requiriendo mayores niveles de iluminación para aparecer como igualmente brillantes. Como caso extremo, diremos que el color negro refleja sólo la mitad que lo hace el blanco, por lo que se precisa un 50% más de luz sobre él para causar igual estímulo visual en el observador.

Pero en la vida real no es frecuente la necesidad de ver el objeto totalmente aislado, sino situado en un entorno coloreado, generalmente no uniforme, el cual puede producir un efecto de camuflaje no deseable. En estos casos, el cambiar de color al objeto tiene por finalidad aumentar el contraste cromático que tiene con un fondo en que se encuentra. La elección del color blanco para la pelota de golf, o el negro para el disco de hockey sobre hielo no es caprichosa, sino que está basada en este mecanismo de actuación. Aunque pueda parecer tan solo anecdótico, merece la pena mencionar que, con el fin de mejorar la visión de la pelota por el bateador y el catcher, en algunos campos americanos de beisbol se ha llegado incluso a dejar vacía una zona central de los graderios de sol, la

cual se pinta de color verde. Con esto se crea una ampliación ilusoria del terreno de juego y se evita el perder de vista la pelota entre la algarabía multicolor del fondo formado por las camisas de los hinchas.

Cuando el nivel luminoso es bajo (de noche, en el interior de una mina, etc.) o las condiciones meteorológicas son adversas (niebla, bruma, nieve) con la existencia de luz difusa y sombras, no es suficiente el uso del color para mejorar la visibilidad del objeto. Recordemos que, en estas circunstancias, la visión se efectúa más con los bastones que con los conos y se hace cierto el refrán "por la noche todos los gatos son pardos". Aunque a veces se recurre a ello, no siempre es factible aumentar localmente la iluminación, y además, las altas luminancias producidas en las diferentes zonas que constituyen el entorno pueden originar un efecto contrario: el DESLUMBRAMIENTO del observador, haciéndole perder su estado de adaptación y reduciendo su agudeza visual. Es entonces cuando hay que pensar en el uso de materiales de alta visibilidad.

Hoy día cualquier producto, ya sea papel, tela, madera, metal, etc., puede ser tratado para aumentar la eficacia de emisión luminosa. Cuando se utiliza esta propiedad junto con una forma adecuada del objeto y un código de colores preestablecido, la comunicación visual llega a ser totalmente satisfactoria, lográndose una PERCEPCION e IDENTIFICACION completas del objeto (para nosotros mensaje de seguridad).

El uso más extendido está, quizás en el tráfico vial. Para los automovilistas, o conductores nocturnos en general, resulta muy familiar la visión de pinturas reflectantes y retrorreflectantes aplicadas a barreras en autopistas, barandillas de seguridad, pilastras de puente y muchos otros riesgos así destacados de la oscuridad. Las placas de matrícula reflectantes en los vehículos no solo son más visibles al ser iluminadas por los faros de otro vehículo, sino que al estar montadas centralmente en la parte posterior, sirven de orientación para distinguir si se trata de una moto, o de un auto al que se le ha fundido uno de los pilotos traseros, debido a la situación de la placa respecto al piloto restante.

Otros materiales de uso corriente para señalización nocturna son los fosforescentes, combinados con colores fluorescentes a fin de facilitar también la visión durante el día. Los tejidos con capas fluorescentes se aplican a menudo en tráfico: guantes, polainas y gorros de los agentes municipales y guardia civil, brazaletes y tahalies de las patrullas de boy-scout, ropa de trabajo de los servicios de Limpieza y Obras Públicas, banderolas de señales, conos de situación, etc.

En la industria y lugares públicos, son muy útiles las pinturas fosforescentes para localización del material de lucha contra incendios, y salidas de emergencia. La aplicación de tiras adhesivas en los cascos de seguridad colaboran en la mina a destacar la presencia del minero. En operaciones de carga y descarga de vago-

nes de ferrocarril o camiones desde plataformas de embarque, los choques producidos durante la aproximación al embarcadero han disminuido al emplear pinturas de alta visibilidad en los tabloneros amortiguadores de choque, o en las compuertas traseras de los vehículos. Los motociclistas, conductores de vehículos de nieve, y otros usan con mayor frecuencia cascos y chaquetas decorados con elementos de colores reflectantes. También se facilita a los asistentes a espectáculos de masas la localización nocturna de sus vehículos en los inmensos aparcamientos, si colocan pequeñas bocas o gallardetes fosforescentes en las antenas desplegadas de sus autos.

Crece el uso de estos materiales en la navegación, natación y otros deportes acuáticos, siendo aplicados a muy diferentes equipos: bañadores y gorros de baño de los vigilantes en las playas y piscinas, chalecos salvavidas, boyas e incluso en los números de matrícula de embarcaciones de todo tipo y tamaño. Las operaciones de búsqueda de naufragos durante la noche ha encontrado un valioso aliado en los materiales fosforescentes adheridos a balsas, botes salvavidas, etc. Hasta los clásicos faros adquieren una nueva imagen, por cierto mucho más visible durante el día, al ser pintados en franjas o cuadros como un tablero de ajedrez con pintura reflectante.

Sin embargo, el uso indiscriminado o inadecuado de los materiales de alta visibilidad puede resultar peligroso. Prueba de ello dan la marcas de frenazos o las abolladuras en las barandillas de seguridad de las carreteras, que atestiguan que las franjas a rayas blancas y negras no siempre son eficaces de noche, cuando llueve nieve o hay niebla, pues entonces, estos dos colores, bajo iluminación difusa, tienden a armonizar dando como resultado una sensación de gris uniforme y perdiendo totalmente su significado. Se obtendría

una respuesta cuatro veces más eficaz si las franjas se pintasen alternadamente de color amarillo y negro.

Aunque por suerte no sean frecuentes, si se han detectado accidentes (con agentes de tráfico como víctimas) en los que el desconocimiento del mecanismo de actuación de los materiales de alta visibilidad ha sido la causa principal. En efecto estos agentes, conociendo la seguridad adicional que ofrecen los elementos fluorescentes usados durante el día, han pensado erróneamente que durante la noche también serían visibles para los conductores y se han expuesto al riesgo de dirigir el tráfico nocturno en sitios peligrosos. Pero las pintura y películas fluorescentes son ineficaces durante la noche debido a la ausencia de radiación UV que las excite, y para los ojos del conductor, al ser iluminadas por la luz de los faros aparecen como marrón oscuro siendo difícil distinguirlas del entorno negro en que se hallan. Solo los materiales fosforescentes o reflectantes son adecuados para uso de noche.

## NORMAS Y ENSAYOS DE VERIFICACION

Por las repercusiones favorables que de su observancia se deriva, las autoridades de distintos departamentos gubernativos, nacionales y extranjeros, están considerando la implantación con carácter obligatorio de normas relativas al uso de materiales de alta visibilidad indicando sus características y ensayos de verificación, así como las aplicaciones con destino a muy diferentes objetivos.

Con el convencimiento de que no se trata ni mucho menos de un estudio exhaustivo, se comentan a continuación algunas de las encontradas como más directamente relacionadas con medios de protección y rescate.

### FRANCIA

*Disposición de 21 de Noviembre de 1.975, del Ministère de l'Équipement, sobre "Elementos de señalización en los cascos para conductores y pasajeros de vehículos".*

En ella se fijan las directrices para la verificación y homologación de elementos, fluorescentes de color naranja y retrorreflectantes de color blanco, de conformidad con el punto ó de la norma NF S 72-301, acoplables en los cascos de automovilistas y motoristas.

Las propiedades colorimétricas de los materiales fluorescentes quedan definidas por las coordenadas cromáticas medidas con iluminante C, y el factor de luminancia

total, el cual se exige sea superior al 50%. Para el blanco retrorreflectante, además del color se indican los valores del CIL en milicand/lux medidos sobre una muestra de 18 cm<sup>2</sup> de área, bajo un ángulo de observación de 20' y para tres ángulos de incidencia diferentes.

envejecimiento a las muestras. Si son materiales fluorescentes es por radiación (según ISO R 105/V), tras lo cual se admite una variación en el CIL del 5% pero manteniéndose no inferior al 40%. Para los retrorreflectantes, las agresiones son por calor y agentes exteriores (tal como se

Angulo de incidencia	Angulo de observación	C.I.L. (mcd/lux)
0°	20'	100
20°	20'	60
40°	20'	25

Estas características deben mantenerse aún después de haber sometido a diferentes agresiones o

especifica en los Anexos 9 y 11 del Reglamento n° 3 del Acuerdo de Ginebra de 20-3-58), exigiendo que el

CIL no sea inferior al 60% del valor inicial, observado bajo un ángulo de 20' siendo el de incidencia de 0°.

*Norma AFNOR NF S 78.001 "Elementos retrorreflectantes para peatones en la noche".*

Tiene por objeto la verificación de los tejidos o elementos acoplados en la ropa a fin de hacerla visible en la circulación nocturna por carreteras.

Por una parte, se indican los requisitos a cumplir en cuanto a las características fotométricas, (midiendo el coeficiente de Intensidad Luminosa), y colorimétricas con el fin de que las coordenadas cromáticas, medidas según la Norma NF R 14-318, estén dentro de los márgenes de color del código usado para señalización del tráfico rodado.

Por otro lado, se fijan ensayos para medir, tanto la resistencia mecánica del material, como la variación experimentada por el CIL, al ser sometido a agresiones tales como fricción, lluvia, calor, luz, lavado y limpieza en seco; estando en estudio la resistencia al planchado.

**ITALIA**

*Publicación del Ministerio de la Marina Mercante, de Marzo de 1.985, bajo el nombre de "Guía para aceptación y pruebas de los materiales retrorreflectantes a utilizar en los medios de salvamento".*

*Documento de la Comisión Permanente para Experimentos sobre Material de Guerra del Instituto de Equipamiento Naval, que trata de las "Condiciones Técnicas y Normas de Prueba para Aprovechamiento de Películas y Tejidos Reflectantes para uso de la Marina de Guerra Italiana".*

En ambos documentos se recogen las características y ensayos para dos tipos de materiales de color blanco plata: películas autoadhesivas y tejidos flexibles, ambos retrorreflectantes del tipo de microesferas de vidrio de alto índice de refracción encapsuladas en material plástico.

La característica fotométrica a

evaluar es el CIL por unidad de área de la superficie reflectante, es decir, el factor de retrorreflexión R'(cd/lux m<sup>2</sup>) que, para material nuevo tiene especificaciones distintas según el documento de que se trate:

rina de Guerra, se realizan prácticamente los mismos ensayos.

**ESPAÑA**

*Orden Ministerial del Ministerio*

Valores exigidos por la Marina Mercante:

Angulo de Incidencia	R'(cd/lux m <sup>2</sup> )			
	Angulo de observación			
	0,2°	0,33°	0,5°	2°
5°	175	130	72	4,5
30°	135	105	70	3,1
45°	65	60	45	2,6

Valores exigidos por la Marina de Guerra:

Angulo de Incidencias	R'(cd/lu m <sup>2</sup> )	
	Angulo de observación	
	30'	2°
0°	70	6
5°	60	3
10°	60	3
20°	60	3
30°	60	2
40°	50	2
50°	20	1

En la Guía de la Marina Mercante se hace además la medida del CIL con la muestra mojada, admitiendo una reducción no superior al 10%, medida con ángulo de incidencia de 5° y de observación de 0,2°. Trás un envejecimiento con lámpara de Xenon durante 480 horas, el cambio de color debe estar dentro de los límites cromáticos dados, y se admite una variación del CIL menor del 20%. Otras agresiones exigidas son: por inmersión en agua dulce y salada, calor y frio, y niebla salina tras las que se mide el CIL.

En cuanto a ensayos de tipo mecánico figuran el de flexibilidad después de acondicionar a -30°C, de rotura por tracción; de separación de las capas en tejidos y de adherencia para las autoadhesivas.

En las especificaciones de la Ma-

*de Transportes y Comunicaciones del 2 de Enero de 1.980, sobre "Materiales reflectantes para elementos de salvamento en buques nacionales".*

Se trata de una PRESCRIPCIÓN UNIFORME relativa a la homologación de los elementos utilizados como ayuda complementaria en las operaciones de búsqueda y salvamento en el mar.

Su contenido está dividido en dos grandes apartados:

a) Verificación de las características de los materiales, entre las que figuran:

- Adhesividad, comprobada mediante un ensayo de resistencia a la tracción.
- Flexibilidad.

- Resistencia a los solventes.
- Determinación del color (calculando las coordenadas tricromáticas usando el iluminante A, bajo ángulo de incidencia de 5° y de 20° de divergencia).
- Medida de la intensidad reflectante bajo diferentes ángulos de incidencia y observación.
- Resistencia al agua, dulce y salada, evaluando posteriormente las características fotométricas.
- Resistencia a la temperatura y la humedad, tras lo que se comprueba la alteración sufrida en las características, tanto mecánicas como fotométricas de los materiales.

b) Uso y aplicaciones, donde se dan las directrices para dimensiones y ubicación de los elementos retrorreflectantes en balizas, chalecos salvavidas, botes, etc.

## REINO UNIDO

*Norma Nacional BS 4610 "Colores de ropa de alta visibilidad".*

Solo se refiere a los colores para uso bajo condiciones normales de iluminación y sobre fondos habituales en la ciudad y el campo. Están excluidos del ámbito de aplicación: el color BLANCO debido a su escaso contraste; los fondos de gran colorido, y las luces de composición espectral no usuales, así como los materiales reflectantes y los luminiscentes. Sólo es aplicable a los colores verde-amarillo (zona 1), amarillo-naranja (zona 2) y rojo-anaranjado (zona 3), para los que se especifican los valores de las coordenadas cromáticas y el factor de luminancia según CIE.

En cuanto a los ensayos definidos para medir la resistencia a la alteración del color, hace una distinción entre los tejidos para uso prolongado y los de corto uso, siendo distintos los valores admisibles en la diferencia de color antes y después de ser sometidos a ensayos de envejecimiento acelerado. Estos ensayos son:

- Resistencia a la luz diurna, en tejidos recubiertos o no, y en láminas poliméricas.
- Resistencia al lavado y a la sudoración en tejidos no revestidos.
- Resistencia a la limpieza en seco.
- Resistencia al frotamiento.

*Norma BS 5064, "Propiedades ópticas de los materiales reflectantes usados en ropa y accesorios de alta visibilidad".*

Su propósito es el de especificar las propiedades fotométricas (dadas por el C.I.L. y el factor de luminancia) que deben poseer los materiales reflectantes blancos o cuyo color esté dentro de los límites cromáticos definidos en la BS 4610, así como las variaciones máximas que pueden experimentar estas propiedades tras haber sometido a las muestras a la acción de abrasión y lavado.

Los materiales blancos deben satisfacer los requisitos:

por 0,35 (color zona 3). Todos estos valores corresponden a medidas sobre muestras secas. También se miden las muestras estando cubiertas por una película de agua, debiendo tener en estas condiciones unos valores (para un ángulo de incidencia de 0°, y +0,2° como ángulo de observación) superiores al 50% de los exigidos para muestras secas.

Tras el ensayo de abrasión se admite una pérdida del 5% en la medida bajo ángulo de incidencia de 0°. Después de lavadas las medidas serán superiores al 90% de los valores de la tabla.

## ALEMANIA

*Norma DIN 67520 "Materiales retrorreflectantes para seguridad vial. Características fotométricas, medida y clasificación".*

En ella se recoge un nuevo parámetro fotométrico: el ángulo de semibrillo. Es el ángulo +L o -L de inci-

Angulo de Incidencia	Angulo de Observancia	Factor Luminancia	C.I.L. por m <sup>2</sup> (cd/lux)
0°	+ 0,2°	150	48
	+ 1°	20	6,4
	+ 10°	1	0,31
	+ 30°	0,6	0,17
	+ 50°	0,5	0,10
30°	+ 0,2°	133	32
	+ 1°	20	4,8
	+ 10°	1	0,26
	+ 30°	0,7	0,19
	- 30°	0,7	0,095
60°	+ 0,2°	40	3,2
	+ 1°	5,5	0,45
	+ 10°	1	0,1
	+ 30°	0,7	0,096
	+ 50°	0,6	0,094

Los materiales coloreados deberán tener como mínimo los valores anteriores multiplicados por 0,6 (color zona 1), 0,4 (color zona 2) ó

incidencia, para el que, bajo un ángulo de observación constante, el C.I.L. medido es el 50% del valor correspondiente al ángulo de inci-

dencia de +5° y -5° respectivamente.

Los materiales a que se hace referencia son los de retrorreflexión axialmente simétrica, es decir, cuando cumplen que el valor del coeficiente de retrorreflexión (cociente entre la intensidad luminosa retrorreflejada en una dirección dada y la iluminación perpendicular a la dirección de incidencia) es independiente del ángulo de orientación de la muestra, si el ángulo de observación es de 20° y el de incidencia de +5° y +30°.

Las características evaluadas son: la intensidad luminosa retrorreflejada y el color de la luz retrorreflejada (pues hacen distinción entre el color de esta luz y el del material retrorreflectante), usando para ambas

el iluminante A. Para la primera se usan ángulos de observación entre 0,2° y 2°, recomendándose especial cuidado en evitar la reflexión especular que enmascara los resultados cuando los ángulos de incidencia son pequeños.

La clasificación en función del án-

gulo de semibrillo es la que se expresa en el cuadro adjunto:

En los métodos de ensayo se insiste mucho en la geometría de la medición, y se tiene en cuenta que puede hacerse sobre muestras secas o mojadas.

Clase	Denominación del Material	Angulo Semibrillo
1	De muy gran ángulo de retrorreflexión	$40^\circ \leq \delta_i$
2	De gran ángulo de retrorreflexión	$25^\circ \leq \delta_i < 40^\circ$
3	De estrecho ángulo de retrorreflexión	$10^\circ \leq \delta_i < 25^\circ$
4	De muy estrecho ángulo de retrorreflexión	$\delta_i < 10^\circ$

## CONCLUSIONES

Pocas conclusiones espectaculares pueden derivarse del estudio efectuado, salvo la de que existe un gran desconocimiento de las posibilidades técnicas de los materiales de alta visibilidad, y convendría una más amplia difusión de sus ventajas e inconvenientes a nivel de usuario.

En general queda por realizar mayor investigación

práctica enfocada a la evaluación de la eficacia real de estos materiales cuando son usados en prevención de accidentes laborales.

Con respecto a la metodología de ensayos y parámetros fotométricos determinantes de sus prestaciones, debería intentarse la unificación de criterios entre los distintos organismos normalizadores, cuidando sobretodo en la definición de los valores mínimos exigidos en normas, guías o recomendaciones técnicas.

Este pequeño libro pretende ayudarle a convertir su hogar en un lugar seguro. En él se analizan los principales riesgos que se pueden presentar en las distintas dependencias de su casa, así como las acciones a adoptar con el fin de evitar los accidentes.

Autor: Grupo de trabajo de INSHT.  
 Coordinado por: Forest, M.  
 Publicación de 44 págs.  
 Editado en 1.983 por el INSHT.  
 Precio de venta **50 ptas.** (+6% I.V.A.).

