

Capítulo 5

Luminarias para Iluminación de Interiores

Leonardo Assaf – Elisa Colombo – Beatriz O'Donell

1. Fenómenos físicos involucrados en el control óptico de la radiación luminosa.....	
2. Sistemas ópticos utilizados en luminarias	
2.1. Elementos reflectores	
2.2. Elementos refractores.....	
2.3. Dispositivos de apantallamiento y filtros.....	
3. La luminaria desde el punto de vista mecánico y eléctrico.....	
3.1. Partes de una luminaria	
3.2. Materiales.....	
4. Las luminarias según distintos criterios de selección.....	
4.1. Clasificación de las luminarias según su distribución luminosa.....	
4.1. Clasificación de distribución luminosa según la CIE (1986).....	
4.2. Clasificación de las luminarias según su aplicación	
4.4. Clasificación de las luminarias según el grado de protección.....	
4.5. Clasificación de acuerdo al grado de seguridad eléctrica	
4.6. Criterios de selección de una luminaria según factores de eficiencia.....	
Bibliografía.....	

Se denomina luminaria a la unidad de luz destinada a albergar una o varias lámparas. También puede alojar equipos auxiliares para el funcionamiento de la fuente de luz.

Las primeras luminarias fueron desarrolladas para posibilitar un montaje y un transporte seguro. A medida que se dispuso de lámparas más potentes, primero las de gas y luego las lámparas eléctricas, surgió la necesidad de lograr con estas luminarias una distribución luminosa apropiada, aumentando así la eficiencia del sistema. Para esto se utilizaron elementos constructivos convenientes recurriendo a diferentes fenómenos físicos para controlar la emisión de luz; de esta manera fue posible satisfacer las diferentes necesidades de iluminación del medio ambiente y el usuario, en cuanto a eficiencia y confort visual, así como la necesidad de aprovechar lo más posible la energía utilizada.

La definición de luminaria aceptada internacionalmente es: “dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación (CIE, 1986).

Para el logro de estos objetivos, una luminaria debe proveer las siguientes funciones:

1. Distribuir adecuadamente la luz en el espacio.
2. Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo.
3. Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas.
4. Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.

En el diseño de una buena luminaria se consideran también los siguientes aspectos:

- montaje seguro y sencillo para la instalación eléctrica y el mantenimiento.
- protección del usuario contra descargas eléctricas.
- efectos térmicos producidos por el confinamiento de la lámpara y los equipos auxiliares.
- interferencia electromagnética (EMI) y radiofrecuencia (RFI), provocada por las fuentes y los equipos auxiliares.
- alojamiento de los equipos auxiliares: debe disponer el espacio suficiente para los componentes y poseer los accesorios de fijación necesarios, brindando los medios de seguridad adecuados para un correcto funcionamiento.

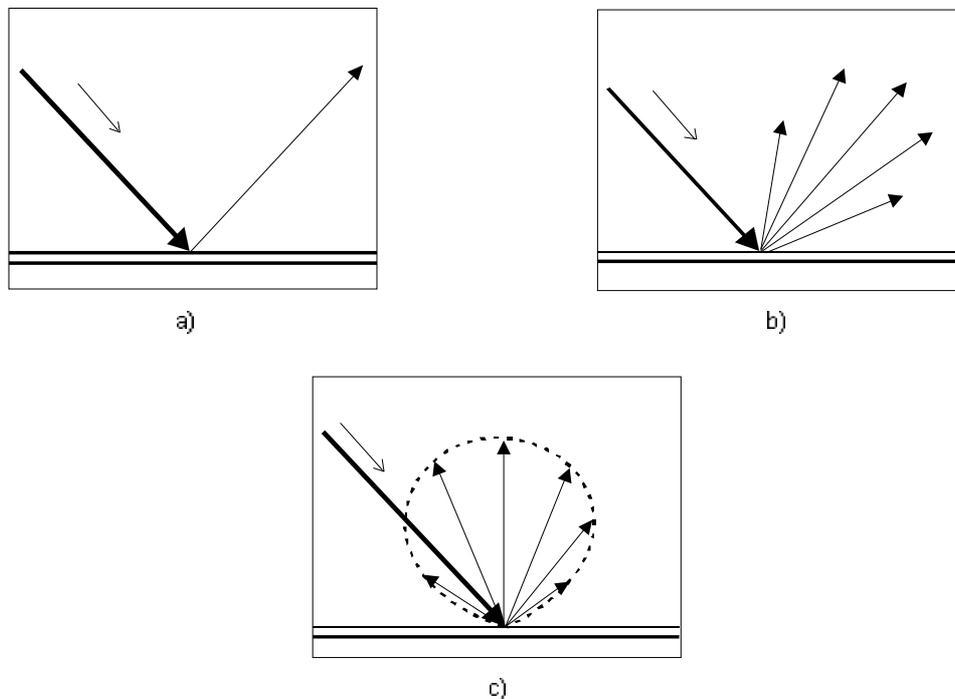
Las luminarias, para condiciones especiales de servicio, como por ejemplo entornos húmedos o con peligro de explosión, deben satisfacer exigencias mayores y requieren construcciones especiales.

En la actualidad, la tecnología de las luminarias ha permitido superar ampliamente a aquellas con las cuales se buscaba casi exclusivamente el apantallamiento de la lámpara, que en general tenían una escasa eficiencia. Sin embargo, en el campo de las luminarias decorativas la eficiencia es secundaria frente a los aspectos estéticos.

1. Fenómenos físicos involucrados en el control óptico de la radiación luminosa

Los fenómenos físicos involucrados en los controles ópticos usados en la construcción de luminarias son:

La reflexión de la luz: al incidir luz sobre un cuerpo ésta se refleja total o parcialmente, en forma especular o difusa, en general en forma mixta, y con una composición espectral diferente según sea la interacción de la luz con la materia y su dependencia con la longitud de onda. Este fenómeno es decisivo en la construcción de luminarias pues la forma de la óptica reflectora permite una orientación precisa de la luz siendo un elemento fundamental en el rendimiento del artefacto. La mayoría de los elementos reflectores combinan los tres tipos de reflexión -especular, extendida y difusa- dependiendo del tipo de superficie, como se muestra en la figura 1. En la figura 2 se muestran las combinaciones posibles entre los tres tipos de reflexión mostrados en la figura 1.



1

Figura 1. El tipo de reflexión depende de la superficie: a) superficie pulida, reflexión especular, b) superficie rugosa, reflexión extendida y c) superficie mate, reflexión difusa

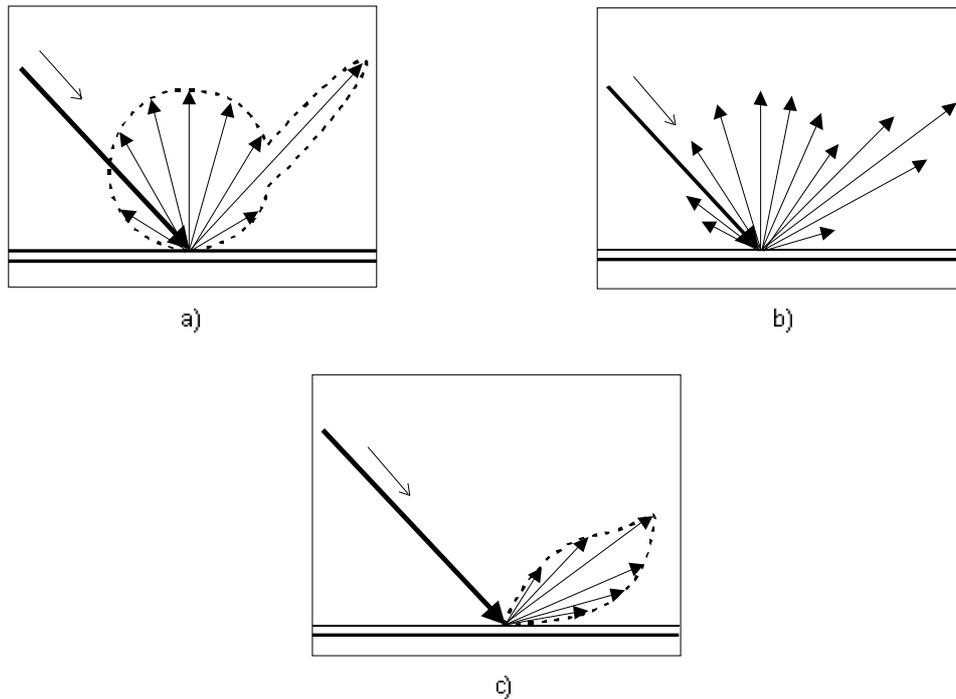


Figura 2. Ejemplos de reflexión compuesta: a) difusa y especular b) difusa y extendida c) especular y extendida

La absorción y la transmisión de la luz: cuando la radiación luminosa incide sobre un cuerpo es absorbida total o parcialmente según las características del mismo. En la construcción de luminarias la absorción plantea el compromiso entre dos aspectos, por un lado se aprovecha el apantallamiento de fuentes de luz lo que es imprescindible para lograr un adecuado nivel de confort visual, por el otro, reduce el rendimiento de la luminaria. Si la intensidad de la radiación de todas las longitudes de onda que llega a un cuerpo se reduce en aproximadamente la misma proporción, el material muestra una absorción general, caso contrario, presenta una absorción selectiva espectralmente. Algunos materiales como el vidrio, el plástico, los textiles, los cristales, etc. son buenos transmisores de la luz; el porcentaje de luz transmitida depende del factor de transmitancia del material y del espesor atravesado. Los medios transparentes no modifican la dirección de la radiación transmitida, mientras que los materiales translúcidos son aquellos que desvían la luz de su dirección original, en particular, los materiales difusores son aquellos que transmiten la luz en todas direcciones. Los materiales transparentes en luminarias se pueden utilizar solamente a los efectos de proveer el cierre de la luminaria o como filtro, ya sea neutro, disminuyendo la luminancia de la lámpara pero sin modificar la componente espectral o, como filtro espectral que absorbe selectivamente obteniéndose una luz coloreada o con menor componente UV o IR según sea el rango de longitudes de onda filtrado.

También se utilizan materiales difusores, por ejemplo vidrio, para evitar efectos de deslumbramiento mediante la reducción de la luminancia.

La refracción: cuando los rayos de luz pasan de un medio transmisor a otros de diferente densidad óptica, como por ejemplo del aire al vidrio, se produce el fenómeno de la refracción, es decir, se modifica la velocidad de propagación y su dirección, excepto cuando la luz entra en dirección perpendicular a la superficie del nuevo medio. La relación de la velocidad de

propagación en un medio a la velocidad de la luz en el vacío se llama índice de refracción y depende de la frecuencia de la radiación electromagnética. El cambio en la dirección original de propagación depende del índice de refracción de los dos medios, para la particular longitud de onda involucrada, y del ángulo de incidencia (Figura 3). En la figura 4 se presentan varios casos que se explican por refracción: a) cuando un haz de luz atraviesa un cuerpo de caras paralelas el efecto final es sólo de un desplazamiento paralelo de la dirección de propagación de la radiación, b) en el caso de un prisma, el haz de luz se dispersa, es decir, se observa la descomposición de la luz en su espectro, y en c) y d) se observa la formación de imágenes por una lente. En la construcción de luminarias se utilizan elementos refractores como prismas o lentes, a menudo en combinación con reflectores, para una conducción precisa de la luz.

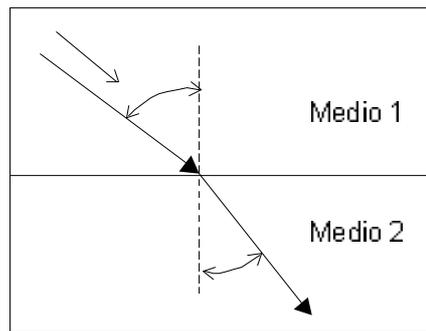


Figura 3. Fenómeno de refracción de la luz cuando pasa de un medio a otro.

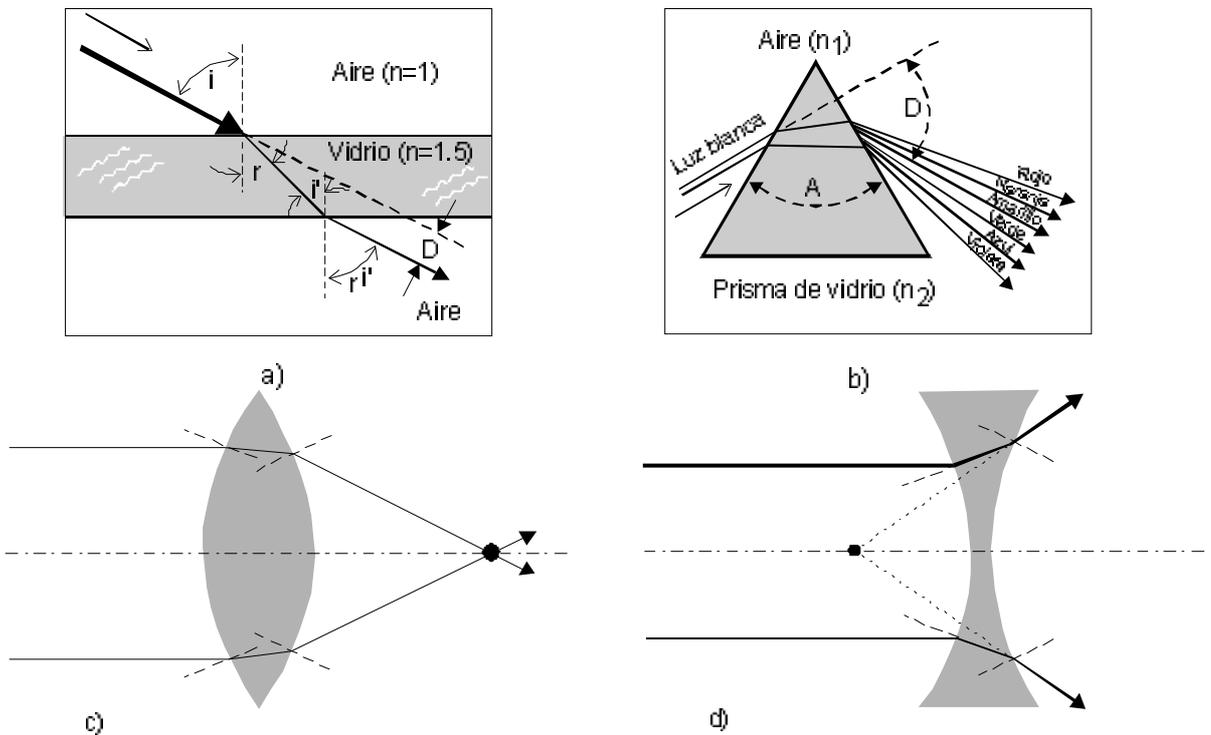


Figura 4. Refracción de la luz en: a) un cuerpo de placas paralelas, b) un prisma c) una lente convergente y d) una lente divergente

Reflexión total: cuando la radiación luminosa pasa de un medio de índice de refracción (n_2) mayor al otro (n_1), existe un ángulo de incidencia límite tal que para ángulos mayores se produce el fenómeno de *reflexión total*, es decir la componente que pasa al otro medio es nula (Figura 5). Este fenómeno es la base del principio de conducción de la luz en la fibras ópticas (figura 6). Se clasifican en fibras coherentes, utilizadas para transmitir imágenes, e incoherentes, para transmitir luz.

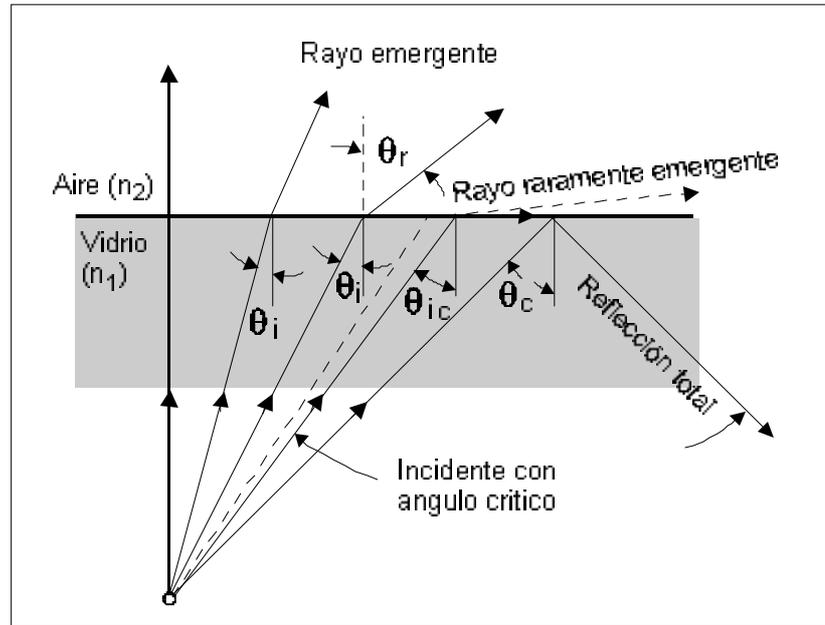


Figura 5. La reflexión total ocurre a partir de un ángulo de refracción de 90° . El ángulo de incidencia límite o crítico depende del medio.

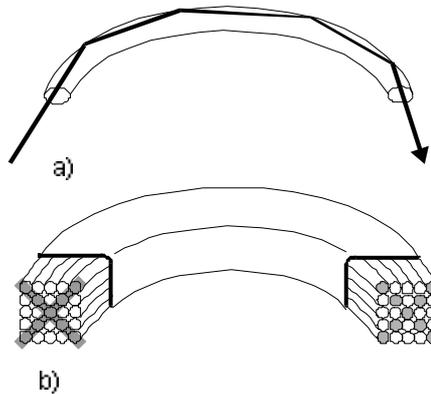


Figura 6. Representación de la transmisión de luz en a) una fibra óptica b) grupo de fibras ópticas

Otro fenómeno como el de *interferencia*, no tan importante en la construcción de luminarias, se utiliza en la construcción de filtros. Cuando la luz incide sobre capas muy delgadas ciertas frecuencias son transmitidas y otras reflejadas. Mediante una sucesión de capas, de elementos y espesor adecuados, se puede producir una capacidad de reflexión selectiva para determinados rangos de frecuencia. La importancia de los filtros de interferencia es que permiten obtener altos valores de transmitancia y muy buena selectividad, de manera que es posible construir filtros de color de calidad.

2. Sistemas ópticos utilizados en luminarias

Los sistemas de control óptico actúan con uno o más de los siguientes elementos de control: reflectores, refractores, difusores, dispositivos de apantallamiento y filtros.

2.1. Elementos Reflectores

En la construcción de luminarias se utilizan los reflectores con superficies de reflexión difusa, casi siempre blanco mate, y los que tienen superficies especulares, que originalmente se fabricaban en cristal espejado. En la actualidad se utilizan sobre todo aluminio anodizado y materiales sintéticos, como plástico, que llevan un recubrimiento de cromo o aluminio, respectivamente. Los reflectores de material sintético resultan más económicos, pero la carga térmica es limitada y no son tan robustos como los reflectores de aluminio, que, debido a su resistente capa anodizada, están mecánicamente protegidos, pudiendo soportar altas temperaturas.

Las posibilidades de control del haz son muy variadas ya que las superficies de reflector pueden tener distinto tipo de terminaciones, en su forma, en el grado de especularidad e incluso pueden ser facetadas o martilladas. En relación a la forma del reflector el mismo puede ser parabólico, esférico, elíptico o combinaciones de estos. Las superficies pueden ser lisas o mates; el efecto mate permite que se logre una mayor uniformidad. Para obtener diferentes aperturas del haz y bordes más difusos se recurre a las terminaciones facetadas o martilladas. Un reflector facetado consiste en un cierto número de pequeños reflectores contiguos, o facetas, que pueden ser de distintos tamaños, planas o curvadas, y que siguen la forma general del reflector. En la figura 7 se muestran distintos tipos de reflectores.



a)



b)



c)



d)

Figura 7. Reflector (a) mate, (b) martillado, (c) facetado y (d) especular

La característica de una luminaria se determina esencialmente por la forma del reflector utilizado.

Reflectores parabólicos

Los reflectores parabólicos son los más utilizados. Ofrecen la posibilidad de dirigir la luz de un modo más variado, obteniéndose radiación concentrada, paralela, abierta o asimétrica. Se emplean mucho en la iluminación de interiores.

La propiedad óptica más importante del reflector de sección parabólica es que una fuente de luz puntual situada en el foco de la parábola da lugar a un haz de rayos reflejados paralelo al eje parabólico, como se muestra en la figura 8, mientras que si la fuente se desplaza hacia atrás o hacia delante de dicho foco, el haz converge o diverge respectivamente. El apartamiento de la fuente de luz respecto de la forma puntual ideal, aumenta la divergencia del haz de luz emitido. Los ángulos de emisión y de apantallamiento se pueden escoger libremente de modo que se pueden proyectar luminarias con diferentes exigencias tanto para la distribución de luz como para la limitación de deslumbramiento.

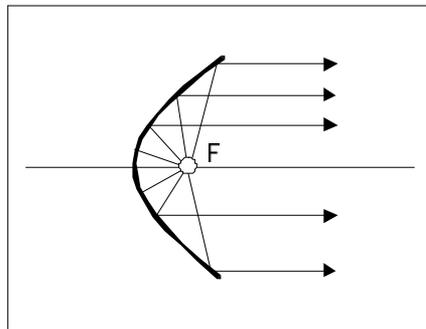


Figura 8. *Reflector parabólico: se muestra el haz paralelo de una fuente puntual ubicada en el foco*
De acuerdo al diseño de este tipo de reflectores, parte de la luz directa, procedente de la propia fuente, puede causar deslumbramiento. Una solución interesante consiste en utilizar un reflector en la misma lámpara, de manera que la luz directa se refleje hacia el artefacto (Figura 9).

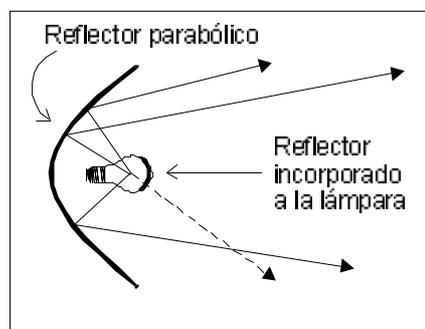


Figura 9. *Reflector parabólico para una lámpara con reflector incorporado*

Reflectores esféricos

Una fuente puntual situada en el foco de un reflector especular esférico orientará sus rayos reflejados en la forma indicada en la figura 10a, en la que se aprecia que solamente los rayos cercanos al eje, los rayos paraxiales, se reflejan casi paralelamente al mismo. Cuando la fuente puntual se ubica en el centro de curvatura los rayos incidentes sobre el reflector se reflejarán a través de la propia fuente en todas direcciones tal como se aprecia en la figura 10b. Si no hubiese pérdidas, la intensidad de la fuente en todas las direcciones sería el doble y se obtendría una ganancia igual a 2.

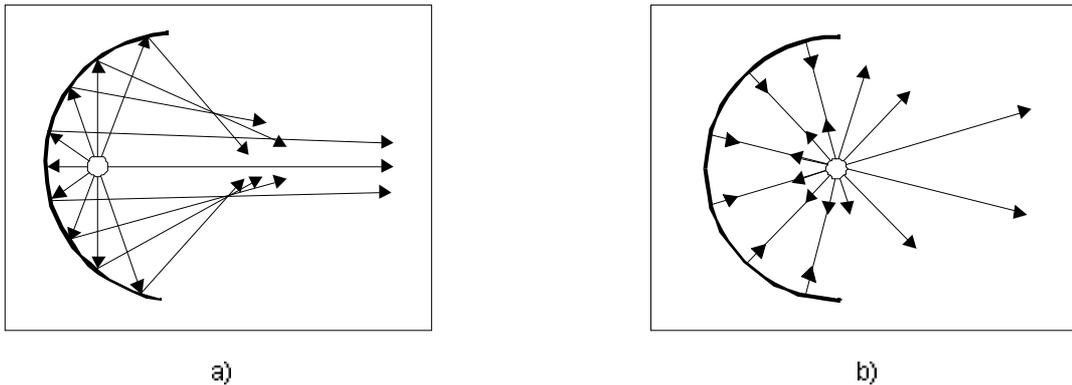


Figura 10. Reflector esférico con una fuente luminosa en: a) el foco y b) en el centro de curvatura

Este tipo de reflectores se utiliza combinado con lentes en sistemas de proyección para aumentar la intensidad de luz focalizada. Los reflectores cilíndricos se emplean, por ejemplo, en lámparas de vitrinas.

En las figuras 11a y 11b se ilustran dos ejemplos de luminarias en los que los reflectores parabólicos y esféricos se han combinado para dar lugar a una unidad reflectora integral, que mejora el aprovechamiento de la radiación luminosa. En los dos casos el centro de curvatura del círculo coincide con el foco de la parábola. El reflector esférico intensifica los rayos procedentes de la fuente antes de su incidencia sobre el reflector parabólico. En la figura 11a) la intensidad en la periferia del reflector será generalmente mayor que en el centro del haz, mientras que en la disposición de la figura 11 b) la intensidad del haz será más o menos constante.

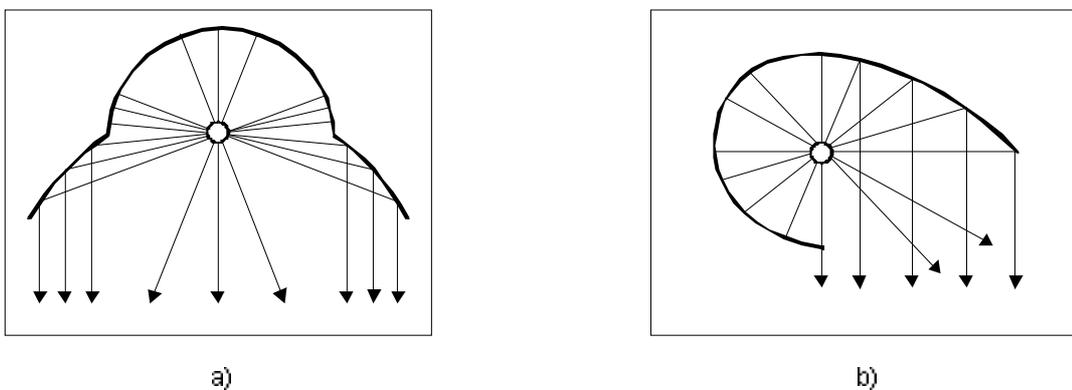


Figura 11. Combinaciones de reflectores esféricos y parabólicos: a) la intensidad en la periferia del reflector es mayor que en el centro, b) la intensidad del haz es constante

Reflectores elípticos

En estos reflectores la radiación luminosa de la lámpara que se encuentra en uno de los focos de la elipse se refleja hacia el segundo punto focal (figura 12a). También puede apreciarse el resultado de ubicar la fuente delante o detrás del foco (figura 12b y 12c). En la práctica, y puesto que la fuente tiene un tamaño finito, los rayos reflejados desde cada punto del reflector divergen ligeramente y no coinciden exactamente en el segundo foco.

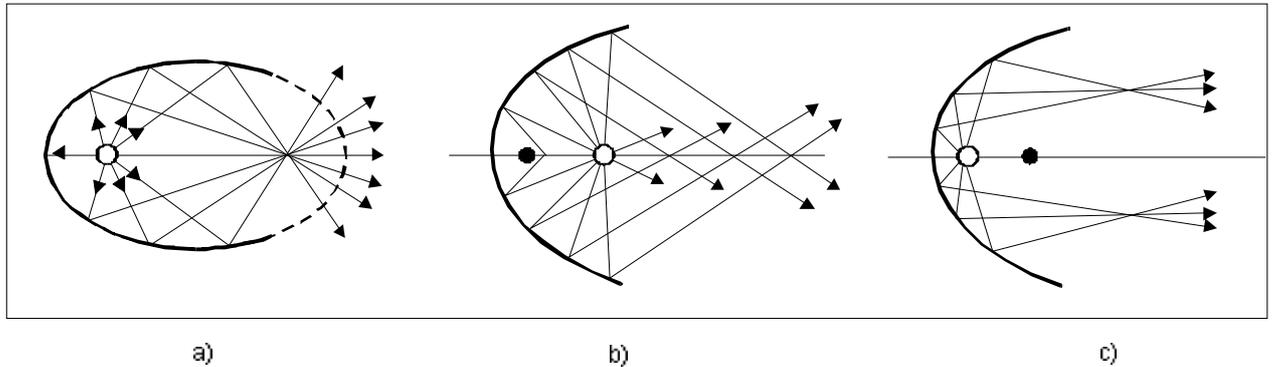


Figura 12. Esquema de comportamiento de los rayos en un reflector de sección elíptica, con la fuente ubicada en distintas posiciones respecto del primer foco: a) en el primer foco, b) desplazada hacia fuera, c) desplazada hacia el reflector

Quizás la aplicación más familiar se da en la iluminación arquitectónica, en forma de pequeños puntos circulares de iluminación de luz dirigida hacia abajo y con haces de divergencia apropiada. Se utilizan para producir un haz de luz directamente desde el techo, como si fuera un pequeño agujero, usando una luminaria tipo Downlights, que se verá más adelante. En este caso el segundo punto focal puede estar situado directamente en el plano del techo como fuente de luz imaginaria de libre radiación (Figura 13).

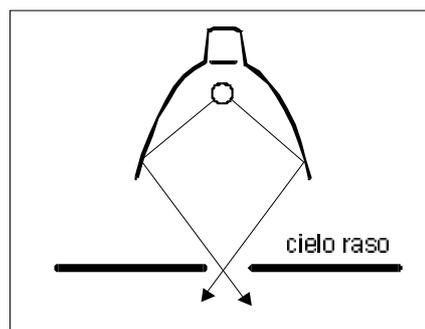


Figura 13. Ejemplo de un sistema de iluminación descendente tipo "pinhole" o agujero de luz, con reflector elíptico

Reflectores difusores

A diferencia de los reflectores especulares, los reflectores difusores no proporcionan un control de haz nítido pero son muy valiosos cuando lo que se pretende es dirigir la luz hacia zonas amplias del ambiente. Como difusor se usan metales y pinturas con acabados mates, así como pintura blanca vitrificada sobre metal. Los valores de reflectancia en estos casos pueden llegar al 90%.

En estos reflectores la forma del difusor es menos relevante y sirve sobre todo para captar la mayor cantidad de flujo luminoso y redirigirlo hacia el exterior. Cuánto menos profundo sea un reflector mayor será su eficiencia pues con la profundidad aumentan las interreflexiones y disminuye la proporción de luz emitida (Figura 14). Los reflectores difusores son ampliamente utilizados en luminarias de interiores a fin de conseguir niveles de luminancia uniformes.

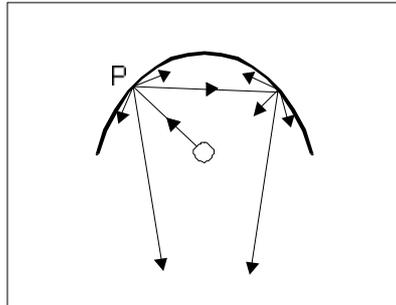


Figura 14. Reflector difusor donde se muestra un esquema de la marcha de rayos

2.2. Elementos refractores

Los elementos refractores utilizados en luminarias permiten un buen control direccional de la luz. Se trata de sistemas ópticos más complejos que utilizan las propiedades refractivas de lentes y prismas, o combinaciones de pequeñas porciones de estos, y elementos que solamente actúan como difusores.

Los *materiales de transmisión difusa* se utilizan en ciertos tipos de luminarias para distribuir la luz emitida por la lámpara, o lámparas, en todas direcciones, reduciendo así la luminancia de la luminaria para todos los ángulos de visión, al aumentar la superficie aparente de emisión luminosa. Se pueden fabricar de vidrio opalino, para las luminarias de lámparas incandescentes, o de vidrio translúcido, policarbonatos, metacrilatos o acrílico, para las de lámparas fluorescente. Estos materiales presentan el máximo grado de difusión de la luz junto a una mínima absorción.

Las *lentes condensadoras* se combinan casi siempre con un reflector curvo constituyendo un *sistema que permite un enfoque* preciso de la luz. Se utilizan para obtener un haz de luz paralelo ubicando la fuente de luz en el foco de la lente (Figura 15). Si se modifica la distancia de la lente condensadora a la fuente de luz se pueden realizar diferentes ajustes del ángulo de iluminación sobre la imagen con conos luminosos nítidos, cuyas formas se pueden manipular usando monturas con distintas formas que permiten proyectar motivos especiales acordes a los requerimientos escénicos.

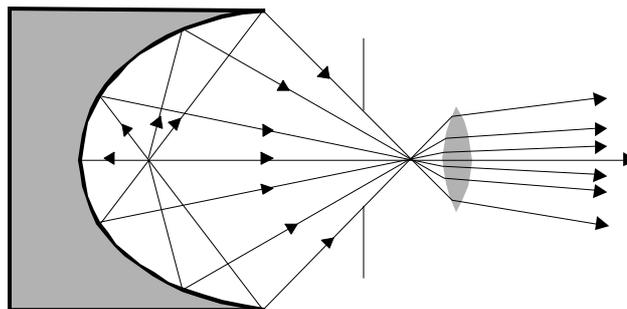


Figura 15. Luminaria con lente condensadora y reflector elipsoidal

En la figura 16 se muestra una *lente de Fresnel*, su superficie curvada es escalonada en su parte de atrás asegurando una acción óptica similar a la de una lente convergente pero con espesor reducido y mucho más plana, ya que se proyectan concéntricamente en forma anular. En algunos diseños la zona de los escalones se pinta de negro mate para evitar interreflexiones no deseadas. Se usan en proyectores escénicos y en iluminación arquitectónica, pues permiten regular los ángulos a diferentes distancias del objeto.

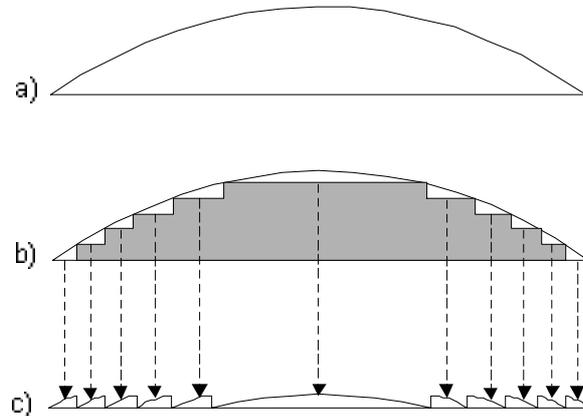


Figura 16. *Lente de Fresnel*

También la *refracción en prismas* se utiliza para un mejor redireccionamiento, tanto para lograr iluminación homogénea como para proveer apantallamiento, dependiendo de la elección adecuada del ángulo del prisma y de la disposición de los mismos para favorecer, cuando se requiere, que la luz incidente se refleje totalmente. Los sistemas prismáticos, que se utilizan sobre todo en luminarias para lámparas fluorescentes tubulares previstas para iluminación general (Figura 17), consisten de un panel horizontal liso en su parte superior y con prismas cónicos o piramidales en su parte inferior, que forma el cierre externo de la luminaria. En la fabricación de estos paneles se utiliza tanto el policarbonato como el acrílico.

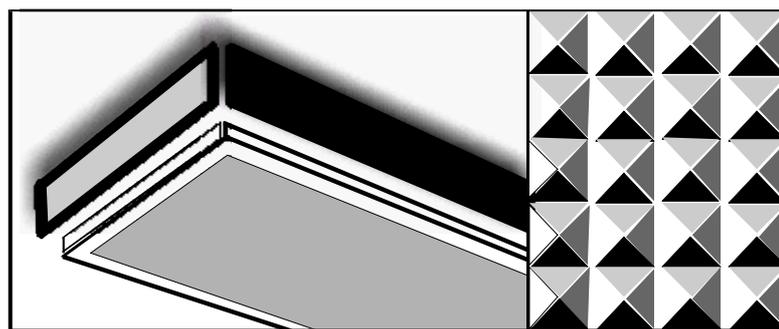


Figura 17. *Típico panel refractor prismático utilizado en luminarias de interior*

2.3. Dispositivos de apantallamiento y filtros

Las luminarias pueden ser equipadas también con otros elementos que ayudan a modificar sus cualidades luminotécnicas. Para ocultar la lámpara, o lámparas, de la visión directa, se utiliza la técnica del apantallamiento, que puede estar incluida en el diseño mismo de la luminaria o puede conseguirse mediante dispositivos adicionales. Cuando se quiere utilizar efectos de color o cuando es necesario limitar la radiación UV o IR, por ejemplo en iluminación de exhibición y decorativo, se puede recurrir a filtros de distintos tipos.

Apantallamientos y celosías

Para evitar el deslumbramiento, muchas luminarias se diseñan de manera de limitar la radiación en las direcciones de visión. Una forma de lograrlo consiste en disponer el reflector, o cierta parte del mismo, de manera que provea el grado de apantallamiento necesario (Figura 18). El grado en que una lámpara permanece oculta de la visión se expresa por el ángulo de apantallamiento (Figura 18a), es el que se forma entre la horizontal y la dirección en que la lámpara, o lámparas, justo deja de ser visible. A veces también se indica, como se muestra en la figura 18a, el denominado ángulo de corte (“cut off”), o ángulo de una luminaria medido desde el nadir entre el eje vertical y la línea de visión para la cual la fuente no es visible.

Para que el apantallamiento proporcionado por el reflector o carcasa sea efectivo, tales elementos deben ser bastantes profundos. Para obviar este problema, se puede incorporar un deflector adecuado. Por ejemplo en luminarias para lámparas fluorescentes se utiliza un elemento en forma de “V” situado entre las lámparas y paralelo a las mismas, como se muestra en la figura 18b. También se utiliza un deflector horizontal para reducir la cantidad de luz desviada hacia los lados del haz, como se muestra por ejemplo en el proyector de la figura 19.

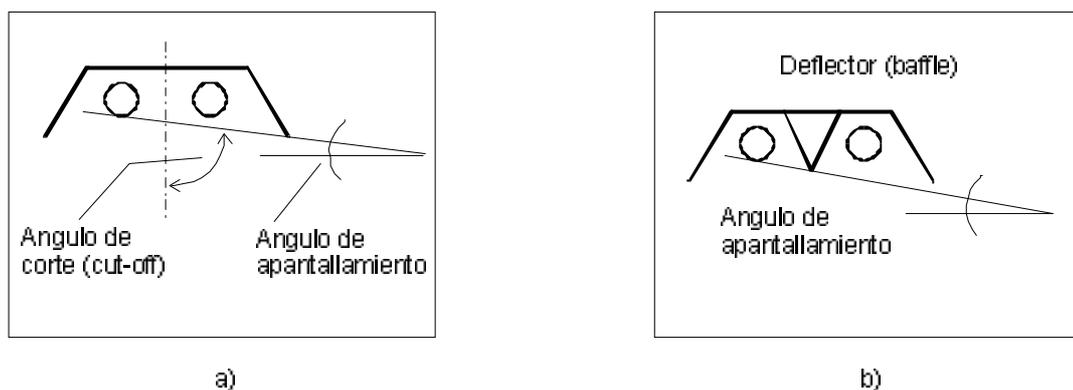


Figura 18. Reflector que proporciona apantallamiento de la lámpara. a) dado por el contorno de la lámpara, b) utilizando un elemento en forma de V.

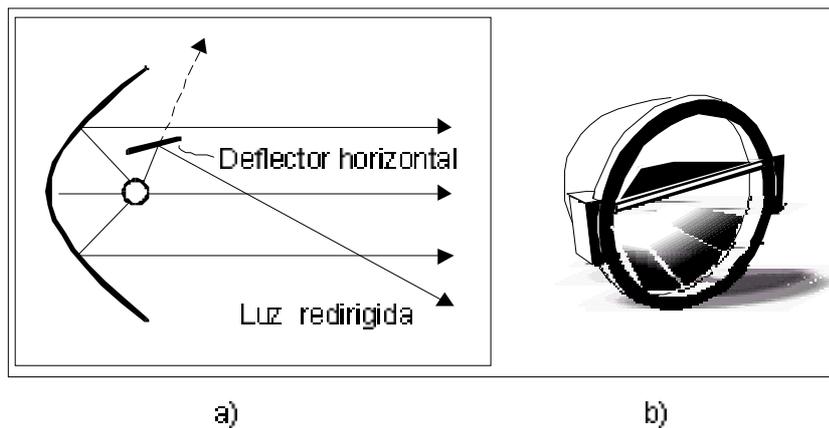


Figura 19. Deflector interno incorporado a un proyector de haz estrecho para reducir la cantidad de luz deslumbrante. a) diagrama de rayos, b) ejemplo de un proyector

Con el mismo propósito de apantallar, pero para otras aplicaciones, se diseñan distintos tipos de dispositivos –*celosías o louvers*– que se disponen en forma longitudinal, transversal o formando celdas a la salida de la luminaria. Su finalidad es limitar la emisión de luz en ángulos laterales adecuados, modificando la distribución luminosa de la luminaria. Entre otros pueden reconocerse los siguientes tipos: *Persiana, Casetón, Reticulado Parabólico y Doble parabólico*. Si sólo contribuyen a apantallar la lámpara sin modificar la distribución luminosa se les llama no focalizantes, caso contrario focalizantes.

Las primeras están diseñadas para su empleo en luminarias de interior para iluminación general; se fabrican generalmente con materiales reflectantes difusores tales como plástico opal y, acero o aluminio pintado en blanco, aunque se emplean también materiales especulares. El grado de apantallamiento queda determinado por la relación entre la profundidad y la separación de las láminas que forman la celosía. Un ángulo de apantallamiento normal es de unos 40° a 45° . Se adaptan también a proyectores cuando existe la posibilidad de que estos puedan producir contaminación lumínica o deslumbramiento.

El funcionamiento de las celosías focalizantes es más complicado. Se utiliza material reflectante especular y con una sección transversal parabólica o en forma de cuña. Trabaja como un reflector parabólico para dirigir la luz verticalmente hacia abajo, aumentando así el ángulo de apantallamiento (Figura 20). Estos tipos de celosías se emplean exclusivamente en luminarias de interior para iluminación general. Además de apantallar la lámpara de la visión directa ayudan a redirigir la luz hacia la superficie a iluminar, reduciendo el brillo de la luminaria cuando ésta se observa desde fuera del ángulo de apantallamiento, brindando mayor eficiencia.

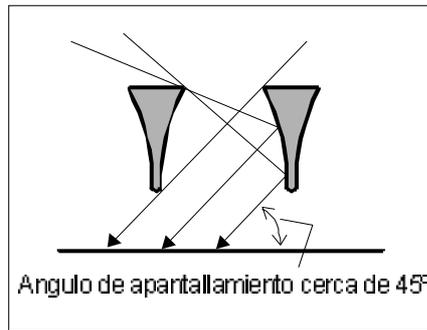


Figura 20. Esquema de funcionamiento de una celosía focalizante.

Para conseguir una limitación de deslumbramiento mas efectiva se utilizan rejillas de panal. En caso de elevadas cargas mecánicas, sobre todo en espacios destinados a los deportes y en zonas con peligro de vandalismo, se puede instalar una rejilla adicional de protección.

Filtros

Hay dos tipos de filtros: los de absorción y los de interferencia. La mayor parte de los filtros de absorción están hechos de plástico o vidrio coloreados con tinte transparente y, en general, debido a la absorción de la radiación de longitudes de onda no deseadas, la cantidad de luz transmitida se reduce fuertemente. Los valores típicos de transmitancia para los filtros utilizados en conjunción con lámparas incandescentes son: 5% para el azul, 15% para el verde, 20% para el rojo y 40% para el ámbar.

Dado que en los filtros de absorción parte de la radiación absorbida se transforma en calor, provocando un calentamiento del material, puede recurrirse a otro tipo de filtros denominados de interferencia. Los mismos consisten de dos láminas de vidrio trabajadas ópticamente con superficies adyacentes semiplateadas espaciadas a tal distancia que solamente una estrecha banda de longitudes de onda puede pasar, siendo el resto parcialmente reflejado, lo que permite un control ajustado del rango de longitudes de onda de la radiación transmitida y evita el problema de calentamiento.

También se utiliza este tipo de filtros para transmitir las radiaciones IR y reflejar las visibles o a la inversa, en cuyo caso se conocen como filtro de calor. Ambos tipos de filtros de interferencia se denominan *dicróicos* –dos colores– dado que el haz se descompone en luz transmitida y reflejada de diferentes longitudes de onda.

3. La luminaria desde el punto de vista mecánico y eléctrico

3.1. Partes de una luminaria

La diversidad de aplicaciones y diseños de luminarias dan como resultado una amplia variedad de las mismas, a pesar de lo cual es posible distinguir las siguientes partes o componentes: Cuerpo, Compartimiento porta-equipos, Cubierta y Controles ópticos. En la figura 21 se muestra un esquema de una luminaria.

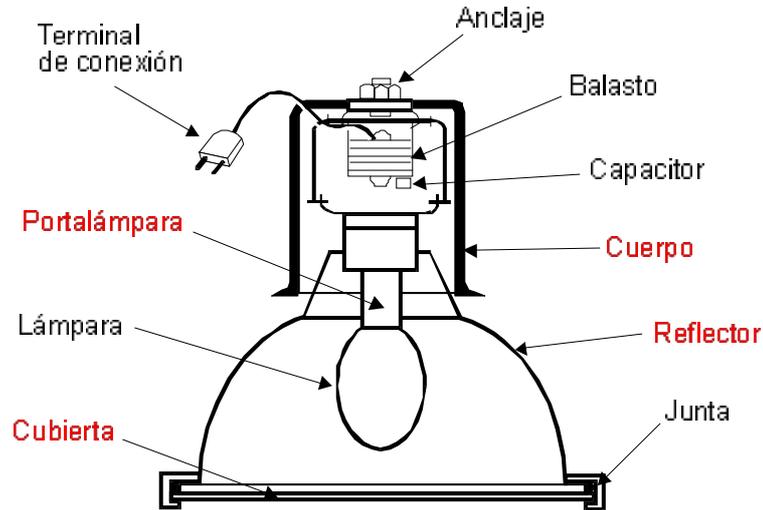


Figura 21. Esquema de una luminaria

El cuerpo es la parte que contiene el portalámparas y los equipos auxiliares. Se integra de una manera más o menos fija a las paredes, cielo raso, columnas u otros medios de fijación del local, como bastidores, o ménsulas.

El compartimiento porta-equipos es el espacio requerido para los equipos auxiliares integrados a las lámparas usadas, que no solamente debe ser suficiente para el alojamiento de los mismos sino también para los dispositivos de fijación. Para facilitar el mantenimiento e inspección periódica es preferible que este dispositivo sea removible, empleándose frecuentemente bandejas metálicas con perforaciones para los equipos, llamadas por ello bandejas porta-equipos. En la figura 21 se indica el dispositivo de anclaje en la parte superior del cuerpo.

La cubierta tiene por finalidad proteger las partes internas del ingreso de polvo, en el caso en que la luminaria esté diseñada para instalarse en lugares más o menos expuestos. Cuando no cumple ninguna función óptica debe ser lo más transparente posible para optimizar el rendimiento del artefacto.

Como ya se dijo, los controles ópticos pueden incluir un dispositivo reflector, un elemento refractor o difusor y sistemas de apantallamiento o filtros. El reflector por lo general se interpone entre el cuerpo y la(s) lámpara(s), mientras los elementos refractores y los dispositivos de apantallamiento y filtros se ubican en la boca de la luminaria.

Las restantes partes deben disponer de dispositivos de fijación mecánica y de conexión eléctricos removibles sin necesidad de herramientas para facilitar la extracción periódica para el mantenimiento o la inspección. La facilidad de desmontaje no debe implicar en modo alguno peligro de desprendimiento o desconexión.

3.2. Materiales

Los materiales de una luminaria se distinguen por la función que cumplen: mecánica, eléctrica u óptica. Los materiales comúnmente usados en artefactos de iluminación son aquellos con la terminación más estable y de buenas propiedades ópticas. Mencionaremos entre ellos:

- Hierro en forma de chapas lisas o perforadas, plegadas y soldadas
- Aluminio en forma de perfiles o chapas plegadas o láminas
- Plásticos moldeados, extruidos o soplados
- Vidrios planos o en forma de lentes
- Fibras ópticas, para canalizaciones de haces de luz

Tratamiento de superficies

El tratamiento de las superficies influye sobre sus propiedades ópticas. Las terminaciones más utilizadas para este fin en las luminarias son:

Para el aluminio:

- Pulido: acabado que se logra mecánicamente a fin de aumentar la reflexión especular
- Anodizado: acabado químico consistente en crear una capa superficial de óxido de aluminio, cuya propiedad es incrementar la reflexión especular
- Abrillantado: acabado químico de oxidación superficial con la incorporación de compuestos brillantes, que incrementa predominantemente la reflexión especular
- Gofrado: acabado mecánico que confiere múltiples relieves convexos a la superficie, incrementando la reflexión predominantemente difusa.

Para plásticos y metales:

- Plateado
- Dorado
- Niquelado
- Cromado

Pintado:

- Orgánico: adecuado para interiores
- Cerámico (a 500 °C): de gran resistencia a los agentes atmosféricos

Dispositivos de conexión eléctrica

Para los dispositivos de conexión eléctrica y sus accesorios se utilizan materiales especiales determinados por la función de proveer energía desde el punto de alimentación hasta los componentes del circuito, lámparas, equipos auxiliares y tierra eléctrica (ver Figura 21).

Los elementos de conexión son por lo general cables o barras de cobre de secciones adecuadas a la potencia de la(s) lámpara(s) o equipos conectados, asegurando la aislación acorde al régimen de tensión y temperatura de trabajo dentro de la luminaria. Los elementos de conexión y aislamiento son empalmes de manguito, fichas conectoras, borneras,

portalámparas y terminales, cuyo objetivo es facilitar la conexión y desconexión, preferentemente sin necesidad de herramientas.

En lo que se refiere a la tensión, las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) establecen una Tensión de Prueba igual a $(2.U_n + 1.000)$ V, siendo U_n la tensión nominal, de modo que, para una tensión nominal de 220V, la tensión de prueba es de 1.440 Voltios.

Los accesorios del sistema eléctrico de una luminaria tienen por finalidad facilitar la identificación, fijación y el pasaje de los conductores por la luminaria. Ellos son: prensacables, pasacables de goma y manguitos identificadores. No cumplen ninguna función eléctrica aunque tienen que ser aislantes y soportar altas temperaturas.

Las diferentes aislaciones que se emplean en las luminarias se distinguen por el grado en que están expuestas al calor, como ser los chicotes de acometida al portalámparas. Los rangos de temperatura son menores a 275 °C, y dependen del tipo y potencia de la lámpara que contenga la luminaria, así como de sus propiedades para disipar el calor. La Tabla 1 muestra las temperaturas de prueba de las distintas partes de una luminaria sometidas al calor. La Tabla 2 indica las temperaturas que pueden ser soportadas por distintos tipos de aislaciones. Las mismas nunca deben ser inferiores a las temperaturas desarrolladas por las luminarias, caso contrario podría deteriorarse la aislación y provocar daños de distinta naturaleza.

Tabla 1. Exigencias de temperatura para las partes de una luminaria	
<i>Parte de la luminaria</i>	<i>Temperatura de prueba, °C</i>
Casquillo de lámparas	275
Portalámparas	225
Arrollamientos	90
Partes metálicas	60
Partes no-metálicas	75
Materiales combustibles	90
Partes sometidas al haz central	90

Tabla 2. Exigencias de temperatura para los aislantes	
<i>Tipo de aislante</i>	<i>Temperatura de trabajo admisible, °C</i>
Fibra de vidrio barnizada	200
Politetrafluoroetileno (PTFE)	250
Caucho silicona	200
Cloruro polivinílico (PVC)	90

4. Las luminarias según distintos criterios de selección

La selección de la luminaria adecuada para cada tipo de instalación es un paso importante dentro del proyecto de un sistema de iluminación y debe realizarse en forma conjunta con la elección de la lámpara. Existen los más diversos tipos de luminarias y diferentes criterios de clasificación que un proyectista debe tener en consideración para elegir una luminaria, como por ejemplo:

- Clasificación según la distribución luminosa
- Clasificación según su aplicación
- Clasificación según el grado de protección
- Clasificación de acuerdo al grado de seguridad eléctrica

4.1. Clasificación de las luminarias según su distribución luminosa

Desde el punto de vista fotométrico una luminaria se puede caracterizar por su distribución de luz - cuerpo fotométrico - es decir, por la forma en que se distribuye el flujo luminoso radiado en las diferentes direcciones del espacio. Existen varias formas de representar gráficamente la distribución de la luz por una luminaria. A modo de ejemplo citamos el diagrama polar y el de coordenadas rectangulares (Figura 22)

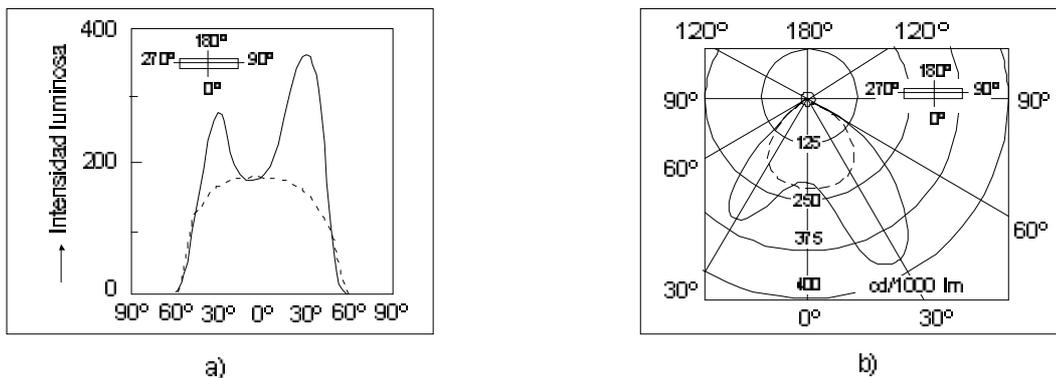


Figura 22. Representación gráfica de una distribución de luz asimétrica, por medio de:
a) coordenadas rectangulares, b) coordenadas polares.

Las distribuciones de luz pueden ser *simétricas o asimétricas, directas e indirectas* y según el ángulo de corte.

Distribuciones simétricas y asimétricas

Los cuerpos fotométricos pueden reconocerse según las distintas simetrías de sus curvas de distribución luminosa:

Simetría de revolución o rotacional es aquella por la cual la curva de distribución puede ser obtenida por la rotación de un semiplano alrededor de un eje de revolución y por lo tanto el cuerpo fotométrico puede ser representado por un solo plano. Una luminaria como la que se muestra en la figura 23 tiene una distribución de luz simétrica respecto al eje que atraviesa el

punto de luz. Además, dado que la luminaria es semiesférica, se evidencia que la distribución trazada sobre un plano que pase por el centro de la luminaria será idéntica a la trazada sobre cualquier plano que cumpla la misma condición.

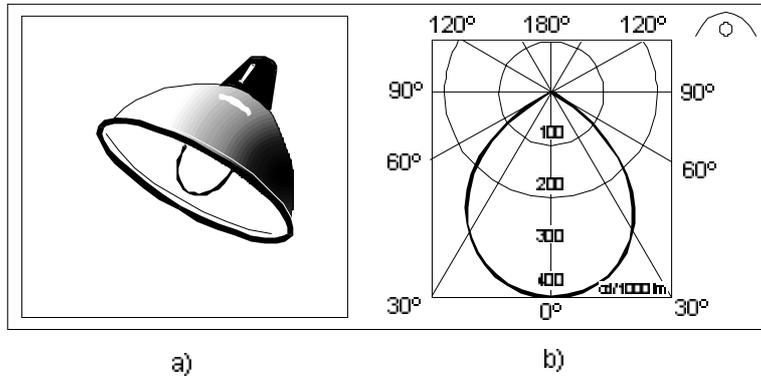
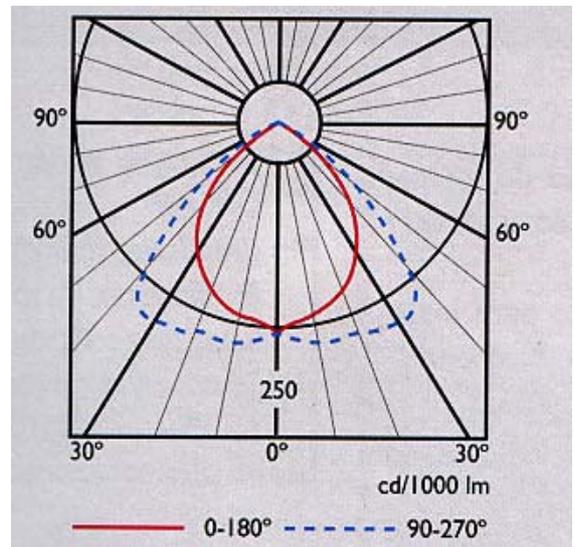
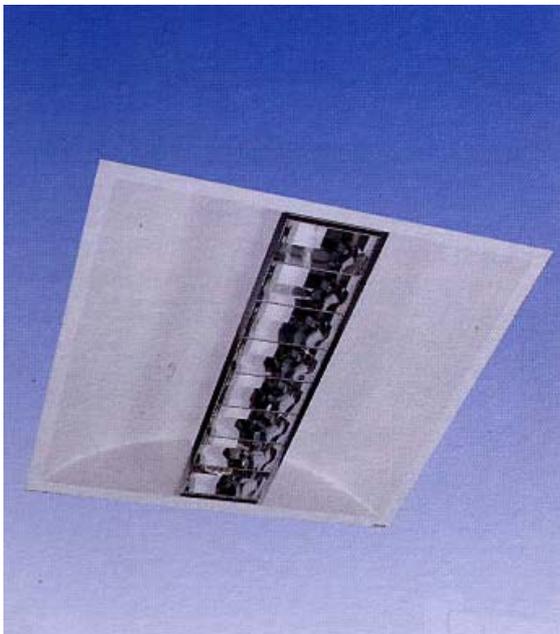


Figura 23. a) Luminaria con una distribución de luz simétrica de revolución
b) Curva de distribución de la luz de esa luminaria

Se habla de *bi-simetría* o *simetría plana* cuando la simetría se presenta en dos planos ortogonales. Por ejemplo una luminaria para lámpara fluorescente, como la que aparece en la figura 24, tiene una distribución luminosa simétrica, pero en este caso, la simetría queda limitada tan solo a dos planos verticales, uno de ellos perpendicular al eje de la lámpara y el otro paralelo al mismo.



a)

b)



c)

Figura 24. a) Luminaria con simetría según dos planos para una lámpara fluorescente compacta, b) Curvas de distribución de la luz de esa luminaria según los dos ejes normales, c) Ejemplo de utilización de esta luminaria en una sala de conferencia

Simetría longitudinal es aquella que se presenta en un solo plano, ya sea en el plano perpendicular al eje de la lámpara o en el eje paralelo al mismo. Una luminaria con reflector asimétrico, para iluminar superficies verticales –bañadores de pared- presenta este tipo de distribución (Figura 25).

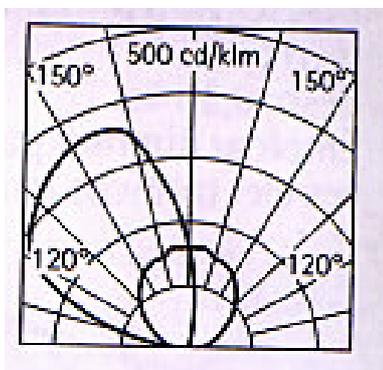
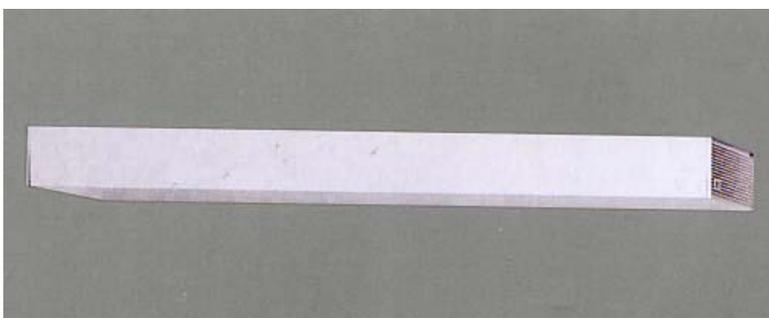


Figura 25. Luminaria asimétrica en un plano para fluorescente lineal, ejemplo de uso y curvas de distribución de la luz de esa luminaria según los dos ejes normales

4.1. Clasificación de distribución luminosa según la CIE (1986)

Distribuciones directa e indirecta.

Esta clasificación esta basada en el porcentaje del flujo luminoso total emitido por encima o por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. La Comisión Internacional de Alumbrado (CIE, 1986) reconoce seis tipos de distribuciones de intensidad luminosa, en artefactos de iluminación interior, desde iluminación totalmente directa a totalmente indirecta (Figura 26):

- Iluminación directa: cuando el porcentaje de luz emitida hacia abajo es del 90 al 100%. La distribución puede variar desde aquellas de haz abierto hasta la de haz estrecho, dependiendo del material reflector, terminación, contorno, apantallamiento y controles ópticos empleados.
- Iluminación semi-directa: cuando entre el 60 al 90 % del flujo luminoso es emitido hacia abajo y el resto hacia el techo o paredes superiores.
- Iluminación general difusa: cuando el porcentaje del flujo luminoso, entre el 40 al 60 %, es emitido en igual cantidad hacia arriba y hacia abajo.
- Iluminación semi-indirecta: cuando el sistema emite entre el 60 al 90% de su flujo luminoso hacia arriba.
- Iluminación indirecta: es el caso cuando entre el 90 al 100 % del flujo luminoso es emitido hacia arriba sobre el techo o paredes superiores.

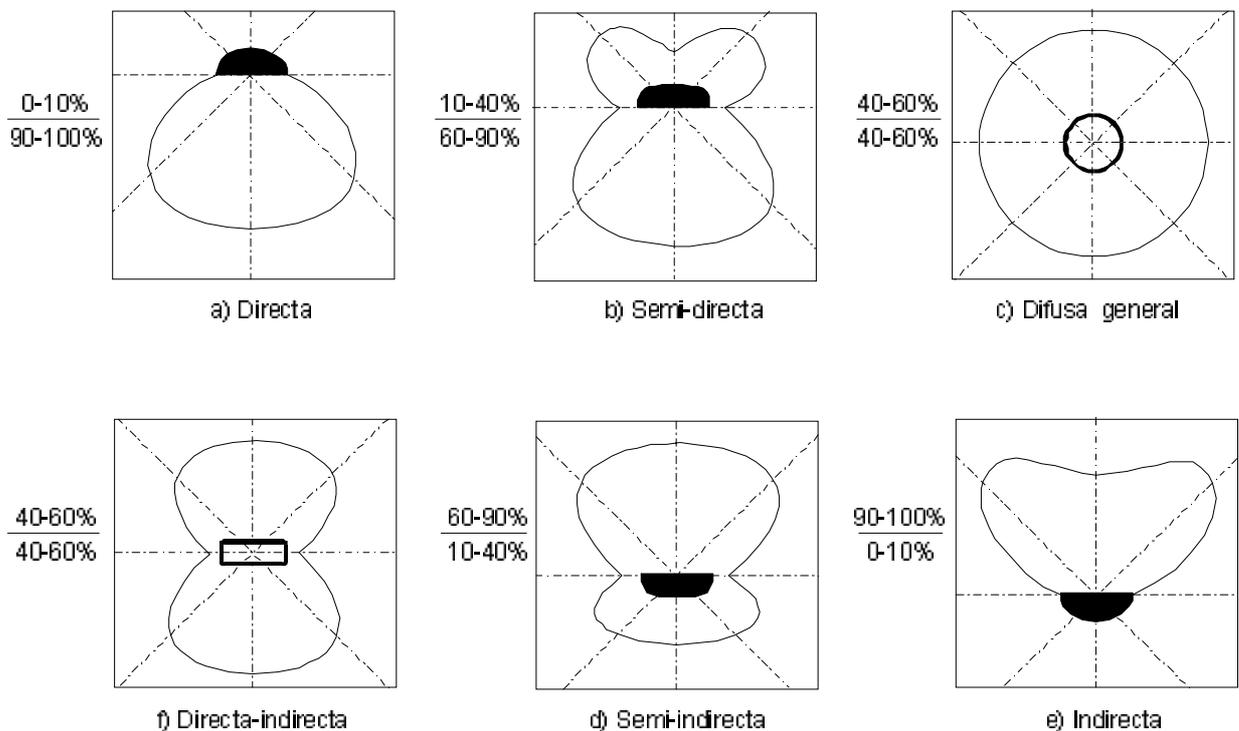


Figura 26. Clasificación de luminarias de acuerdo a la CIE. a) directa, b) semi-directa, c) general difusa, d) semi-indirecta e) indirecta.

Las distribuciones directas corresponden a luminarias de gran eficiencia, pero tienen la gran desventaja de que pueden provocar deslumbramiento. Se distinguen aquellas de haz estrecho y de haz ancho, característica que depende de la óptica, terminación, forma de apantallado, etc. Las luminarias de haz estrecho proveen de poca iluminancia vertical. Es casi la iluminación obligatoria en locales de baja altura.

La distribución semi-directa es predominantemente hacia abajo, pero permite también que, parte del haz luminoso sea dirigido hacia el techo. Son luminarias suspendidas. Si se suspenden a poca distancia del techo pueden producir manchas luminosas.

La luminaria con distribución difusa general tiene bajo rendimiento, menor que la luminaria de iluminación directa o semi-directa, aunque es apropiada para locales con reflectancias altas. En los casos en que pueda provocar deslumbramiento es necesario ubicarlas a mayor altura o bien elegir luminarias de menor potencia, si esto fuera posible.

La distribución semi-indirecta es similar al indirecto pero en este caso parte del haz se dirige también hacia el hemisferio inferior, en una proporción tal que la luminancia de la propia luminaria y la del cielo raso son equivalentes. Por tanto la luminaria debe ubicarse a una altura correcta. En este sistema debe controlarse el deslumbramiento.

Las distribuciones indirectas se logran con luminarias que aprovechan el cielo raso como amplio difusor, por tanto el local tiene que ser lo más claro posible para un mejor aprovechamiento. Todo el haz se dirige hacia arriba por lo que se debe tener cuidado que las luminarias no provoquen manchas de luz en el cielo raso, regulando convenientemente la altura de montaje. Favorece la uniformidad de la iluminación aún con pocos puntos de luz, lo que es apropiado para locales en donde se quiere limitar los reflejos, tales como los destinados a salas de computadoras y para gente de edad que tiene mayor sensibilidad al deslumbramiento. Es de menor eficacia que los sistemas anteriores.

Torchières Halógenas

Ciertos sistemas ubican la luminaria en un pedestal apoyado en el piso, que provee iluminación indirecta. A principios de los 1980, diseñadores italianos crearon atractivos modelos, combinando este tipo de artefacto con lámparas halógenas lineales utilizadas en la iluminación de exteriores. Este concepto resultó popular entre las personas que buscaban una luz cálida difusa, una atenuación completa en un artefacto fácil de mover.

Estos artefactos se llaman *torchières* (del francés, porta-antorcha) o *uplighters* (iluminando hacia arriba) *halógenas*.

Inicialmente costosos (en los EEUU se vendían por cientos de dólares), modelos económicos empezaron a fabricarse en Asia a precios que habían bajado a US\$ 12 en los EEUU para el año 1996.

A pesar de su popularidad, cabe observar que las *torchières* representan una alternativa de alto consumo energético, por el uso de lámparas incandescentes de alta potencia (de 300 W hasta 600 W) y por ser un artefacto de iluminación indirecta. A plena potencia la eficacia de la lámpara puede ser de 10 a 15 lm/W, pero atenuada sólo rinde 2 a 3 lm/W apenas más que la lámpara de Edison de 1879.

Considerando que la luz se dirige hacia arriba de donde está reflejada a las superficies horizontales y verticales del ambiente, sólo una pequeña parte del flujo luminoso es útil, por lo cual la combinación lámpara / luminaria tiene muy bajo rendimiento. Si bien una lámpara “uplighter” de 300 o 500 W puede generar suficiente luz para la lectura, la misma se puede lograr con una lámpara halógena de 20 a 50 W en una luminaria para la lectura o “downlight” (iluminando hacia abajo).

Debido a que la mayor parte de la potencia eléctrica produce calor y no luz, las lámparas son muy calientes con temperaturas muy por encima de aquella necesaria para la combustión de papel, tela y madera. Ver Fig. HT1.

Figura HT1. *El calor generado en una torchière halógena es suficiente para cocinar un huevo.*

Debido a que la torchière está abierta arriba, no es difícil que alguno de estos materiales inflamables tomen contacto con la superficie de la lámpara. En los Estados Unidos se han documentado docenas de incendios provocados por este proceso. En algunos casos, los artefactos fueron colocados cerca de cortinas, camas, plantas artificiales; en otros, las lámparas halógenas explotaron, esparciendo fragmentos calientes de cuarzo sobre materiales inflamables a su alrededor.

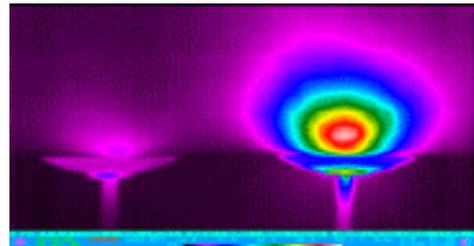


Se han estimado que por la popularidad de estos artefactos en los EEUU, el consumo de los mismos en 1996 superaban el ahorro logrado por todas las lámparas fluorescentes compactas instaladas. [Siminovitch y Page, 1996]

No obstante estos problemas, es posible gozar de las ventajas de una luz cálida difusa, con artefactos *torchières* utilizando lámparas fluorescentes. Investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley han desarrollado artefactos *torchières* que utilizan lámparas fluorescentes compactas con atenuación luminosa (“dimming”) al igual que las halógenas. Dicha atenuación se logra mediante balastos que permiten atenuación continua o con tres efectos de iluminación. Existen varios proveedores en el mercado norteamericano. La potencia máxima de una configuración típica es de 55 W que genera la misma cantidad de luz que una halógena de 300 W. Mediciones reportadas por Calwell y Mills (1996) indican que la eficacia de los sistemas con fluorescentes compactas es cinco veces el valor con las halógenas *a potencia máxima*. Sin embargo, con atenuación esta relación aumenta a 30. Esto se debe a que la eficacia de la halógena disminuye notablemente con la atenuación (tal como se ha comentado antes), mientras que la de la fluorescente compacta se mantiene casi constante.

La imagen infrarroja Fig. HT2 compara las temperaturas de instalaciones de *torchières* con halógena y con lámpara fluorescente compacta.

Figura HT2. Imagen termográfica de artefactos *torchières* equipadas con lámpara fluorescente compacta (izquierda) y con lámpara halógena (derecha). La temperatura de la lámpara fluorescente suele ser menor que la del exterior de la base de un artefacto con lámpara halógena.



Argentina lleva un retraso respecto a la situación norteamericana. En 1996, las *torchières* eran desconocidas aquí. Sin embargo, al momento de ir a la prensa (mediados del 2002), éstas están ganando popularidad en el mercado nacional. Las alternativas eficientes portando fluorescentes compactas no están disponibles todavía.

Calwell, C. y E. Mills, 1996, “Halogen uplights and hot ceilings”, *IAEEL Newsletter* 4/96. International Association for Energy-Efficient Lighting.

Siminovitch, M. y E. Page, 1996, “Energy-Efficient Torchières for Residential Applications”, *CBS Newsletter*, Fall 1996, p. 6. Center for Building Science, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.

La distribución *directa-indirecta* (Figura 26 f) no está incluida en la clasificación de la CIE Es una variante de la distribución difusa general, vista anteriormente, y a diferencia de ésta la luminaria emite muy poca luz para ángulos cercanos a la horizontal.

Clasificación de acuerdo al ángulo de corte (cutoff)

El ángulo de corte (cutoff) define la distribución luminosa de la luminaria. De acuerdo al ángulo de corte las luminarias pueden clasificarse como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de luminarias de acuerdo al ángulo de corte (IES, 2000)	
<i>Nombre</i>	<i>Distribución de intensidad</i>
Totalmente apantallado (<i>Full cutoff</i>)	Luminaria para la cual la intensidad nula se alcanza para un ángulo de 90° sobre el nadir y para todos los ángulos mayores. Además que la distribución luminosa en cd/1000 lm no exceda numéricamente en 100 (10%) para un ángulo de 80° a partir del nadir. Esto se aplica para todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.
Apantallado (<i>Cutoff</i>)	Cuando la distribución luminosa en cd/1000 lm no excede numéricamente en 25 (2.5%) para un ángulo de 90° sobre el nadir y en 100 (10%) para un ángulo de 80° sobre el nadir. Esto se aplica para todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.
Semi apantallado (<i>Semi-cutoff</i>)	Cuando la distribución luminosa en cd/1000 lm no excede numéricamente en 50 (5%) para un ángulo de 90° sobre el nadir y en 200 (20%) para un ángulo de 80° sobre el nadir. Esto se aplica para todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria
No apantallado (<i>Non-cutoff</i>)	Sin limitación de la distribución luminosa

4.2. Clasificación de las luminarias según su aplicación

Una forma común de clasificar a las luminarias para interiores es por su aplicación, lo que a su vez depende de la fuente usada, del montaje y su construcción. De este modo una clasificación simple sería:

- Luminarias para iluminación industrial
- Luminarias para iluminación comercial y/o oficinas
- Luminarias para iluminación residencial

Luminarias para iluminación industrial

En áreas *industriales* en general se usan luminarias con lámparas fluorescentes lineales o de alta intensidad dependiendo de las características del área a iluminar. Aquellas que contienen lámparas fluorescentes a menudo poseen reflectores no así elementos refractores (Figura 27). En ambientes con alto contenido de polvo o ambientes húmedos poseen cubiertas herméticas. También pueden instalarse luminarias con fluorescentes lineales sin ningún tipo de reflector en aquellos lugares donde se necesitan altos niveles de iluminación general difusa y donde las exigencias sobre protección de humedad o polvo no sean necesarias.

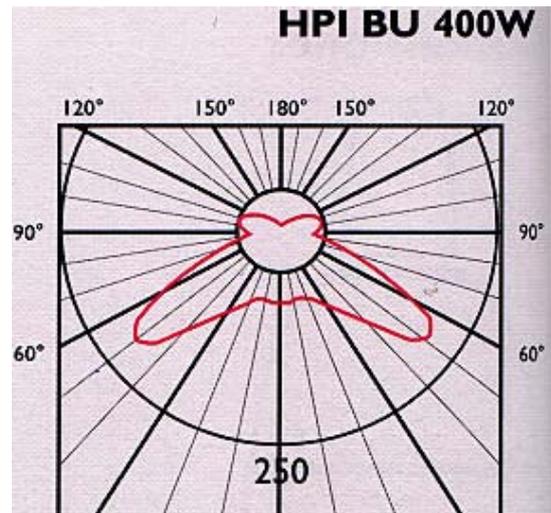


Figura 27.- Luminaria con cerramiento hermético para fluorescente lineal con su curva de distribución luminosa y ejemplo de uso.

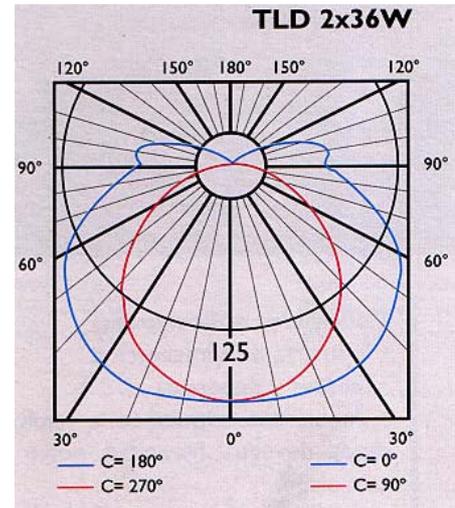


Figura 28.- Luminarias para lámparas de alta intensidad (halogenuro metálico) con su curva de distribución luminosa y ejemplo de uso.

Luminarias con lámparas de alta intensidad, como la que se muestra en la figura 28, se pueden instalar en espacios donde la relación espacio/altura de montaje es menor o igual a 1. En general son luminarias suspendidas o aplicadas sobre el techo, cerradas o abiertas. Las mismas poseen elementos reflectores y refractores con diferentes tipos de distribuciones de intensidad luminosa. Cuando la relación espacio/altura de montaje es mayor de 1 las luminarias deben proveer distribuciones de intensidad luminosa abiertas para lograr altos valores tanto de iluminancia horizontal como vertical.

Luminarias para iluminación comercial, de oficinas y residencial

Las luminarias adecuadas para *iluminación comercial, de oficinas y residencial* se consideran en forma conjunta ya que poseen características similares. Pueden ser clasificadas en:

Luminarias para iluminación localizada: pueden ser móviles como es el caso de un escritorio o fija cuando se instalan en muebles de cocinas o baños. Contienen en general lámparas fluorescentes compactas, incandescentes de bajo voltaje o incandescentes halógenas.

Luminarias tipo downlight, uplight o up-downlight: se trata de luminarias que dirigen la luz principalmente hacia abajo, hacia arriba o en forma mixta. Generalmente se indican por su nombre en inglés.

Las de tipo *downlight* se instalan en el techo, empotradas o suspendidas, pero cuando se usan en la iluminación de pasillos o de exteriores generalmente se aplican en la pared. Las de doble foco, debido a la forma de su reflector, ya mencionado en la sección de reflectores elípticos, posibilitan un alto rendimiento luminoso con una pequeña abertura de techo. Los bañadores de pared tipo *downlight* disponen de una distribución luminosa asimétrica ya que, no sólo dirigen la luz verticalmente hacia abajo, sino también directamente sobre superficies verticales. Los proyectores orientables tipo *downlight* sirven para la iluminación acentuada de diferentes áreas y objetos, mediante la orientación del cono luminoso que permite adaptarlos a diferentes tareas de iluminación.

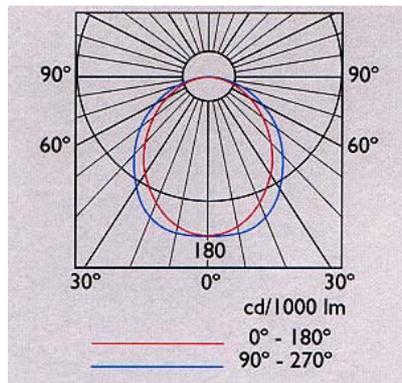
Las de tipo *uplight* se pueden aplicar para iluminar el techo, para iluminación indirecta de un dado espacio mediante luz reflejada en el techo o para iluminar paredes por reflexión. Se pueden instalar en el suelo o en la pared.

Las de tipo *updownlights* son la combinación de *uplight* y *downlight*, por lo que pueden proporcionar iluminación simultánea del suelo y del techo o una iluminación de pared por reflexión de luz. Se pueden instalar en la pared o suspendidos.

Este tipo de luminarias pueden alojar distintos tipos de lámparas, aunque las más habituales son lámparas incandescentes, halógenas incandescentes, halogenuros metálicos y fluorescentes compactas. Poseen en general aperturas moderadas con bajos valores de luminancia para ángulos de visión grandes, es decir un control adecuado de deslumbramiento. En la figura 29 se muestran este tipo de luminarias.



a)



b)

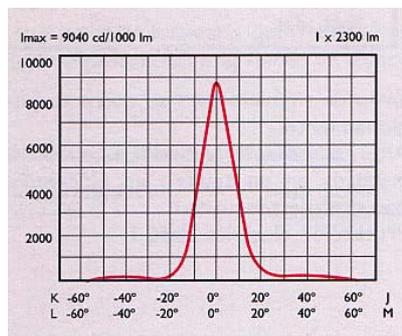


Figura 29. Luminaria: a) embutida tipo downlight, con lámpara fluorescente compacta
b) proyector tipo uplight embutida de piso para sodio blanco

Luminarias de retícula: construidas para fuentes tales como lámparas fluorescentes o fluorescentes compactas. Este nombre se debe a los distintos tipos de rejillas que utilizan como recubrimiento, las cuales controlan el deslumbramiento para ángulos determinados. Se utilizan sobre todo para la iluminación de grandes superficies.

Las luminarias de retícula tienen normalmente una forma rectangular alargada, aunque, para lámparas fluorescentes compactas también hay formas cuadradas y circulares. Hay modelos de tipos embutidas, de superficie y suspendidas. En su forma básica disponen de una distribución luminosa simétrica axial, con ángulos de apantallamiento entre 30° y 40° y diferentes curvas de distribución de luz a fin de adaptarse a las diferentes exigencias.

Mediante reflectores de rejilla que utilizan tanto material especular como mate, se consigue un grado de rendimiento mayor de la luminaria. Los reflectores mate proporcionan una luminancia de techo uniforme y adaptada a la luminosidad del reflector, en tanto que los especulares si bien pueden parecer oscuros dentro del ángulo de apantallamiento pueden causar reflejos molestos. Otra posibilidad para el control de la iluminación en estas luminarias son las rejillas prismáticas.

Las *luminarias de retícula asimétricas* proyectan la luz principalmente en una dirección y se pueden utilizar para la iluminación uniforme de paredes.

Las *luminarias de retícula con distribución luminosa tipo alas de murciélago* se emplean para la iluminación de puestos de trabajo con pantallas de video presentando en los dos ejes principales un ángulo de apantallamiento de por lo menos 30°, sin sobrepasar un valor de luminancia media de 200 cd/m² por encima del ángulo de apantallamiento. Por este motivo están principalmente equipadas con reflectores de alto brillo (Figura 30).



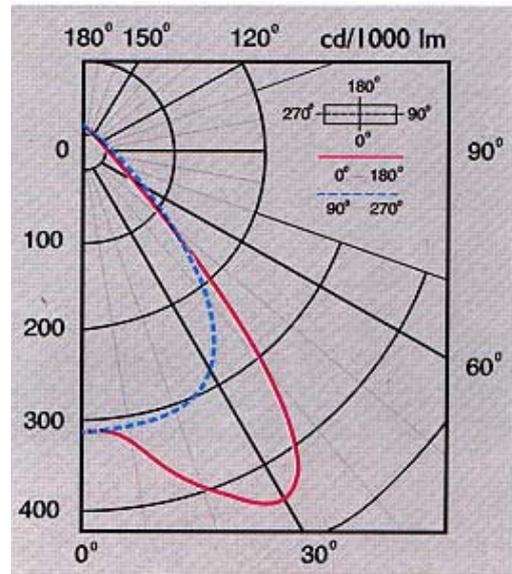
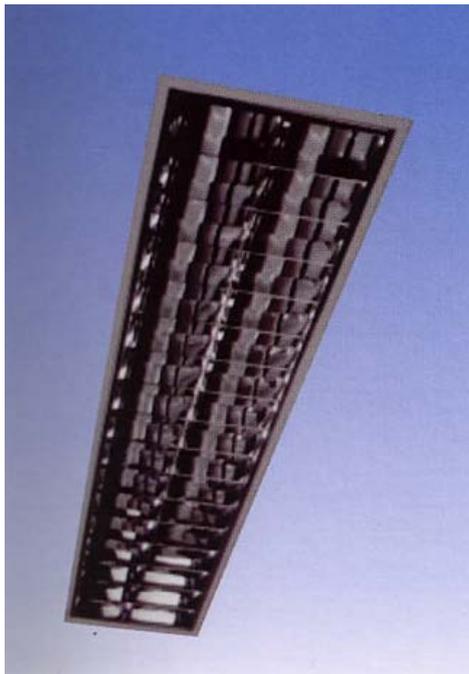


Figura 30. Luminaria para oficinas con terminales de video, con reflector doble parabólico para lámparas fluorescentes lineales con su distribución luminosa tipo ala de murciélago.

Las luminarias de retícula directa - indirecta se suspenden del techo o se sujetan a la pared. Producen una parte de iluminación directa sobre las superficies horizontales debajo de la luminaria al mismo tiempo que proporcionan luminosidad al techo, produciendo una iluminación general difusa.

La figura 31 muestra varios ejemplos de estos tipos de luminarias.

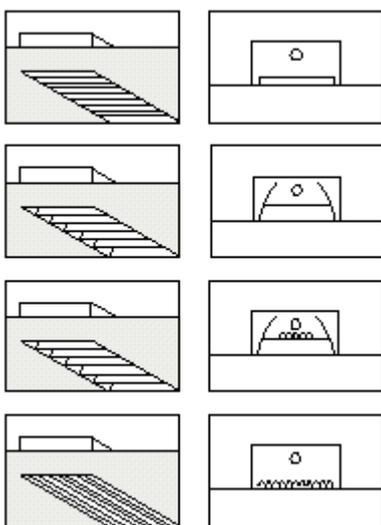


Figura 31. Luminarias de retícula de diferentes formas

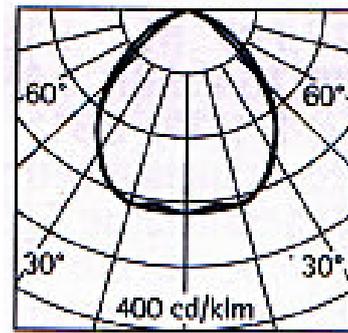
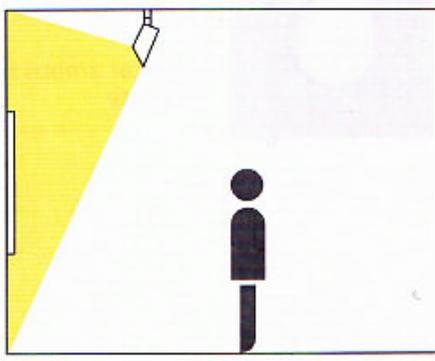
Bañadores: son luminarias que producen una distribución de iluminancia/luminancia sobre una superficie y que no es uniforme, sino que varía en forma gradual.

Los *bañadores de pared* de instalación fija existen en versiones empotrables y de superficie. Muchos de ellos se diseñan de tal modo que la relación de iluminancia entre la parte superior e inferior de la pared no sobrepasa un valor de 10. Pueden utilizarse con lámparas fluorescentes lineales, compactas, incandescentes halógenas y halogenuros metálicos. Aquellas que contienen fluorescentes lineales poseen reflectores que permiten ubicarlas muy cerca de la pared, mientras que aquellas que contienen fluorescentes compactas, incandescentes, incandescentes halógenas o halogenuros metálicos son luminarias más pequeñas en tamaño cuando se embuten en el techo y se parecen a las de tipo downlight.

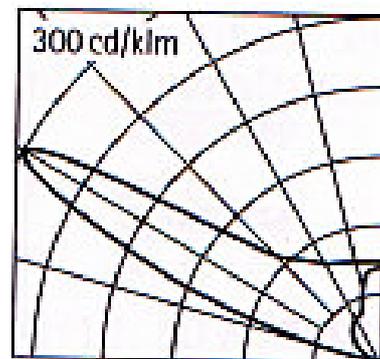
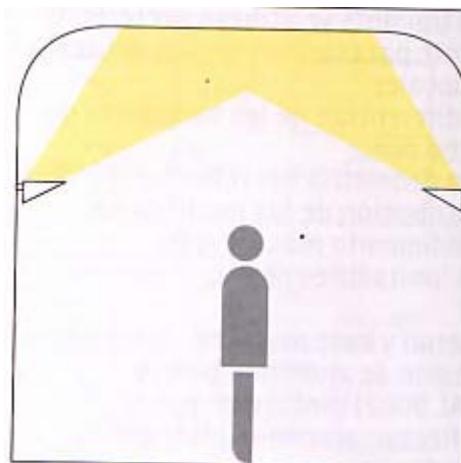
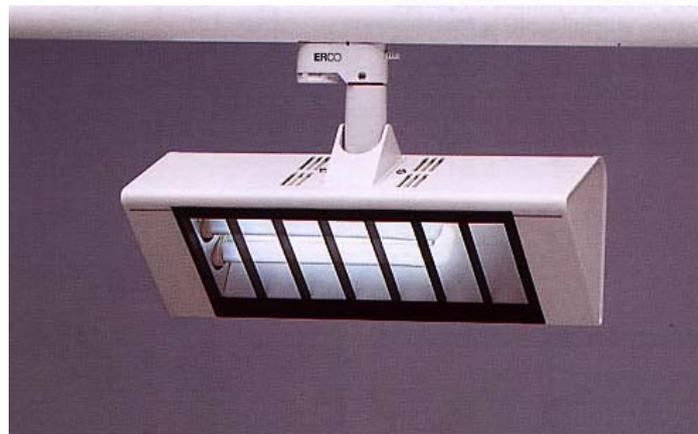
Los *bañadores de techo* sirven para iluminar techos así como para la iluminación general indirecta. Se ubican en la pared por encima del nivel de visión o suspendidos. Se equipan principalmente con lámparas halógenas incandescentes para tensión de red y lámparas de descarga de alta presión.

Los *bañadores de suelo* se utilizan principalmente para la iluminación de pasillos y otros pasos de circulación. Se ubican relativamente a baja altura, empotrados en la pared o en superficies ligeramente por encima del suelo.

En la figura 32 se muestran distintos tipos de bañadores.



a)



b)

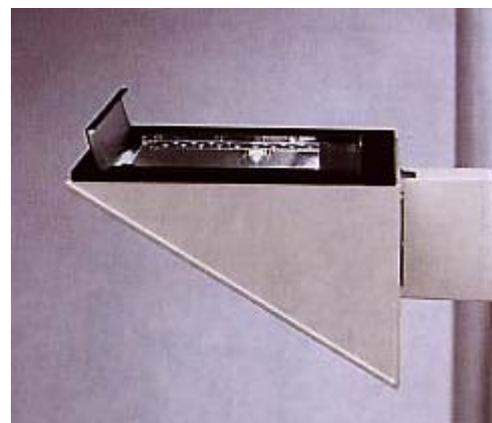


Figura 32. Bañadores a) de pared para fluorescente compacta, b) de techo para lámpara incandescente halógena.

Todas las luminarias descritas anteriormente pueden estar montadas de diferentes formas como elementos de iluminación arquitectónica. En este sentido el montaje se puede realizar de diversas formas de acuerdo a las necesidades o limitaciones de espacio, pueden estar aplicadas al cielo raso, a la pared, embutidas o suspendidas.

Las Figuras 33 a 36 muestran diferentes tipos de montaje para una misma luminaria ya sea del tipo downlight, uplight, bañador de pared o retícula.

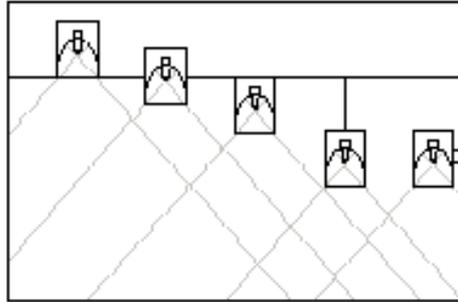


Figura 33. Formas de montaje de downlights; empotrado, semiempotrado, de superficie, suspendido y de pared.

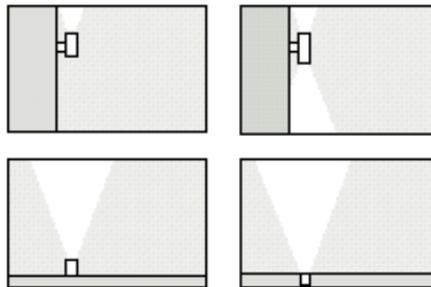


Figura 34. Formas de montaje de uplights y updownlight; de pared, sobre el suelo y empotrado en el suelo.

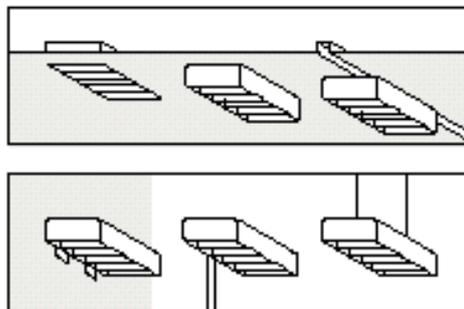


Figura 35. Formas de montaje de luminarias de retícula: empotrado en techo, en la superficie del techo, en rieles electrificados, en pared, con soporte y suspendido.

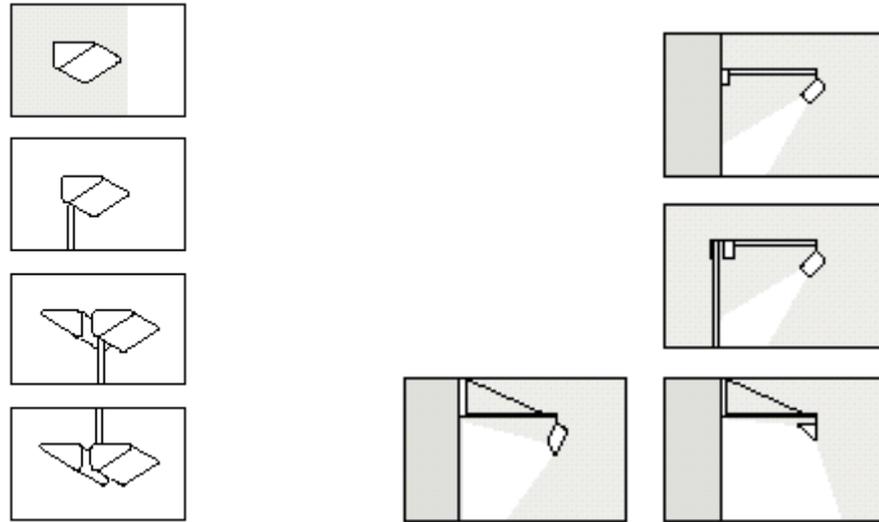


Figura 36. Formas de montaje de bañadores de (a) techo en pared, con soporte de una y dos luminarias y suspendido y (b) bañadores de pared montados en pared fija, móvil y con brazos.

Cuando una *luminaria es aplicada al cielorraso*, no queda espacio entre ambos entre el techo y la luminaria. Es apta para iluminación directa y para locales de baja altura. Cuanto más bajo es el cielo raso, mayor control del deslumbramiento se debe realizar, lo cual se logra disminuyendo la luminancia en aquellos ángulos expuestos a la visión (45° a 90°), aunque esta disminución podría resultar conflictiva con la regularidad lograda.

La *luminaria que se aplica a la pared* –apliqué–, es apropiada cuando se quiere iluminar una zona limitada, ya sea porque se carece de otro medio de fijación o por razones decorativas.

Las *luminarias embutidas* se aplican de tal modo que la boca de las mismas es lo único que emerge en el plano del cielo raso, quedando el cuerpo y los laterales embutidos, conformando cielo raso y luminaria un solo plano. La luminaria embutida se destina casi exclusivamente a cielo rasos que tienen el espacio adecuado a las dimensiones de la luminaria, por lo que en general se usan en cielo rasos suspendidos. Es apta para locales de baja altura, pudiendo emplearse luminarias orientables para iluminación de acento. Un factor a considerar en estas luminarias embutidas es el del confinamiento y sus consecuencias: caída de la eficacia luminosa, vida de lámpara y disminución de las propiedades de disipación térmica. Sus componentes, lámparas, portalámparas y cables, deben ser los suficientemente robustos para soportar mayores temperaturas y nunca deben usarse lámparas de potencia mayor a las especificadas por el fabricante.

Las *luminarias suspendidas* son adecuadas para crear un plano de iluminación más próximo al plano de trabajo, cuando el cielo raso está muy alto o bien tiene forma irregular. Todo lo expresado para luminarias aplicadas es válido para luminarias suspendidas.

Los elementos de suspensión pueden ser alambres, barrales o cadenas, amurados en techos o paredes. A menos que por alguna otra razón se pretenda crear un plano virtual, los elementos de suspensión deben ser de pequeña sección para que no sean demasiado intrusivos en el espacio y para permitir su correcta alineación.

Luminarias de integración arquitectónica: en algunos casos se utilizan elementos de la arquitectura como componente luminotécnico efectivo, como por ejemplo techos luminosos, iluminación de molduras o contornos que reciben luz indirecta. En estos casos se pueden usar luminarias convencionales con lámparas fluorescentes.

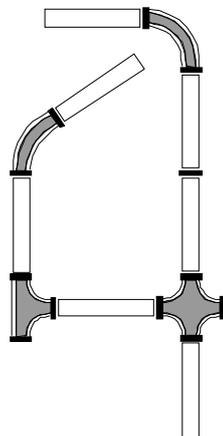
Por regla general, las propuestas de iluminación integradas en la arquitectura son poco eficientes y difíciles de controlar desde el punto de vista luminotécnico, no están diseñadas para brindar la iluminación general sino para destacar ciertos elementos de esa arquitectura.

Sistemas de iluminación con fibras ópticas: permiten el transporte de la luz en cualquier dirección, incluyendo trayectos curvos, de modo que es posible separar el origen de la radiación luminosa de la salida de luz, utilizando fibras ópticas para iluminación.

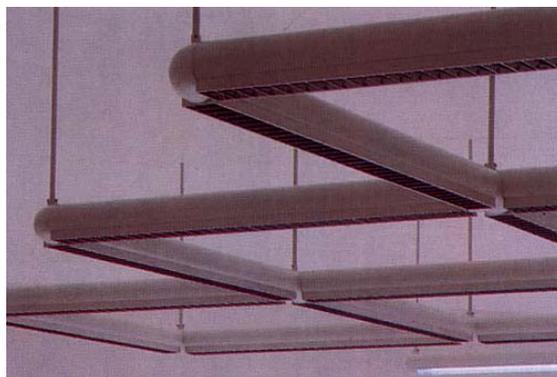
Se aprovechan sobre todo en lugares en los que no se pueden utilizar lámparas convencionales por su tamaño, por problemas de seguridad o por ocasionar unos costos de mantenimiento imposibles de asumir. Por ejemplo, se pueden iluminar vitrinas de cristal enteras desde su zócalo: al tener en el exterior la fuente de luz, la carga térmica y el riesgo de lo expuesto se reducen.

Estructuras luminosas modulares: se refiere a los sistemas que incluyen tanto las luminarias como los rieles diseñados para el montaje y la provisión de energía eléctrica de las mismas. A diferencia de las luminarias anteriores, de instalación fija, las luminarias para estos rieles se pueden desplazar permitiendo orientar la dirección de la luz.

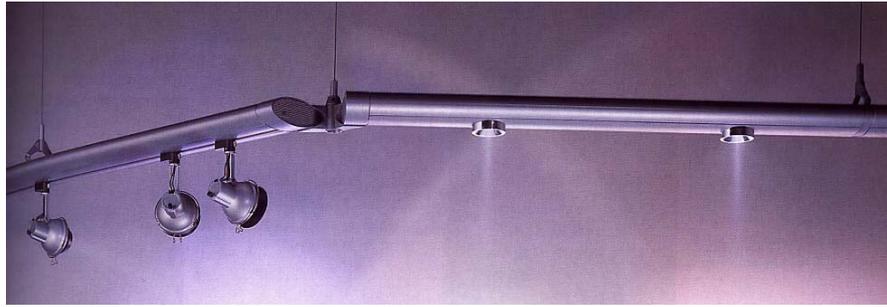
Los sistemas modulares originalmente fueron desarrollados para artefactos de lámparas fluorescentes lineales (Figura 37) aunque, con el auge de este tipo de instalación, han ido apareciendo en el mercado, en forma creciente, modelos para otros tipos de lámparas, como dicroicas o fluorescentes compactas, entre otras. Se aprovecha la estructura longitudinal de los artefactos fluorescentes para la canalización eléctrica. Pueden disponerse en forma aplicada o suspendida. Los artefactos se diseñan permitiendo el acoplamiento por los extremos formando estructuras lineales de luz. Los sistemas comercialmente ofrecidos cuentan con diversos accesorios para el acoplamiento en T, L, X (rígidos) o bien bajo cualquier ángulo (flexibles), permitiendo el pasaje de cables de alimentación de las luminarias, o para otras aplicaciones, tales como sistemas acústicos, telefonía, señalización etc. Son especialmente indicados para iluminación localizada de refuerzo, facilitando la ubicación de la luz sobre los puestos de trabajo aun si no se dispone de una buena distribución de las bocas de alimentación eléctrica.



a)



b)



c)

Figura 37. a) Esquema de un sistema modular con uniones en T y en cruz, b) aplicación de un sistema modular suspendido para luminarias con fluorescentes tubulares c) para sistemas de proyectores.

De este modo se tiene la posibilidad de adaptar estructuras luminosas a la arquitectura o incluso de crear estructuras arquitectónicas propias, que proporcionan un aspecto integrado y uniforme de la instalación de iluminación.

Los rieles electrificados consisten en perfiles preferentemente de aluminio, linealmente extruidos. Para la provisión de la energía se alojan en sus pliegues planchuelas de cobre aisladas, excepto en una franja en donde las terminales de los artefactos hacen contacto (Figura 38). Estos sistemas de iluminación otorgan flexibilidad a la instalación, permitiendo el desplazamiento de las luminarias.

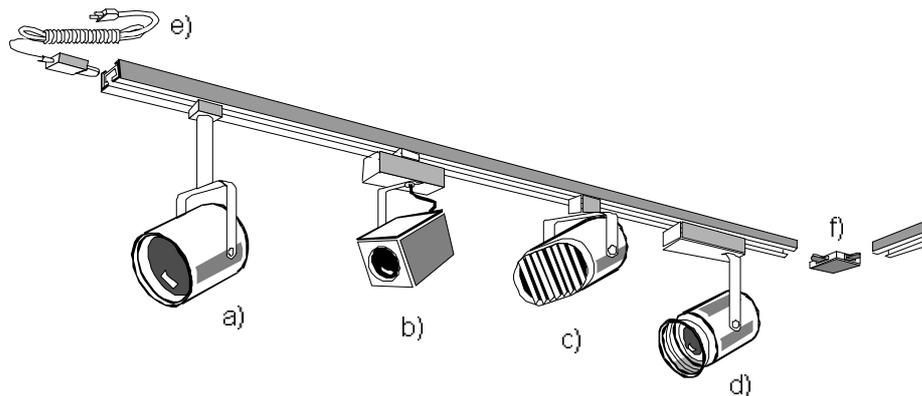


Figura 38. Luminarias para riel y accesorios: a) proyector para lámpara halógena para tensión de red, b) proyector para lámpara halógena de baja tensión con transformador incorporado, c) proyector para fluorescente compacta con louver tipo persiana, d) proyector para lámpara halógena de baja tensión con accesorios, e) accesorio para alimentación, f) unión en L.

Además de los rieles debe contarse toda la serie de accesorios de montaje, conexiones eléctricas y vinculación mecánica: empalmes en L, X o T, flexibles para adaptarse a cualquier patrón (Figura 39). Existen rieles de 1, 2 y 3 vías para mayor capacidad de carga y control de efectos. La carga estándar es de 10A para 220V. Si se usan lámparas de bajo voltaje se necesitan transformadores que pueden ubicarse de manera integrada con cada luminaria o, centralizado para toda la instalación. El sistema integrado, es decir cada luminaria con su transformador individual, es más caro pero permite aprovechar mejor la capacidad de carga del riel, ya que trabajando a tensión de red, involucra menores corriente por luminaria.

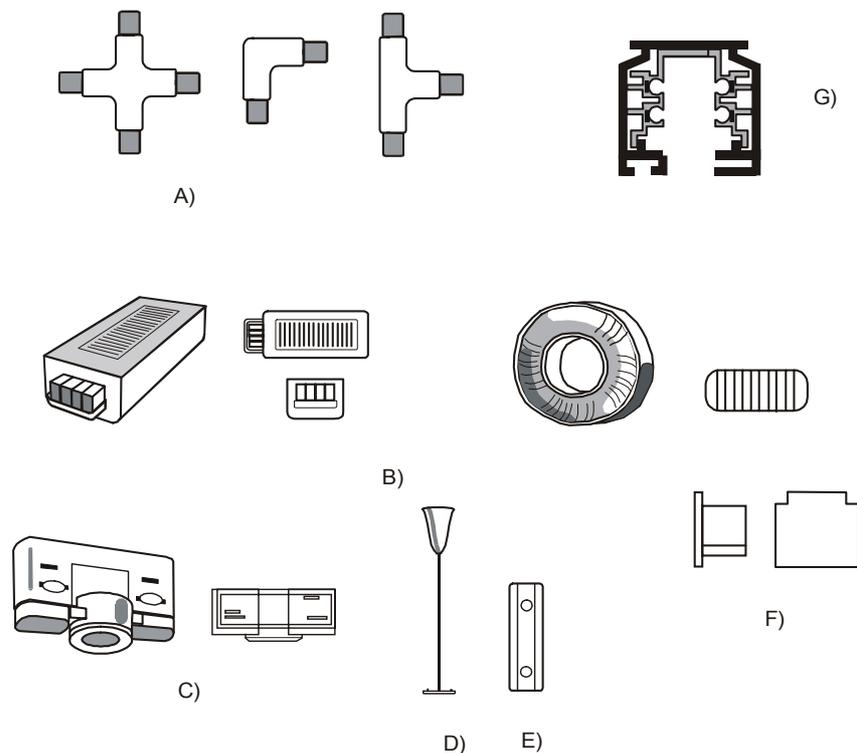


Figura 39. Algunos accesorios para rieles: a) unión de alimentación en cruz, flexible y en T b) transformador electrónico y toroidal, c) multiadaptador, d) cable de suspensión con unión mecánica, e) unión mecánica, f) tapa final, g) perfil de riel trifásico para aplicación en el techo.

Proyectores: el propósito de los mismos es resaltar la iluminación directa sobre determinadas áreas o volúmenes. Son apropiados para aquellos casos en que: (a) se requiere mayor nivel en áreas localizadas, (b) si por diversas razones no puede disponerse una iluminación general, (c) cuando se busca efectos atractivos o especiales, como modelado, exposición, exhibición, acento o contrastes de sombra. Las luminarias para proyectores deben contar con dispositivos que faciliten la orientación espacial del haz.

El cuerpo fotométrico de los artefactos usados como proyectores es estrecho en relación al haz principal. Generalmente son sólidos de revolución, por lo que puede ser caracterizado por un solo plano. Por su grado de apertura, los proyectores se clasifican en:

- Haz ancho, aperturas mayores de 30°
- Haz medio, aperturas de 30° a 15°
- Haz estrecho, aperturas entre 7° y 15°
- Haz muy estrecho, aperturas menores que 7°

El control del tipo de haz en un proyector se logra con la adecuada elección del sistema óptico. Cuanto más estrecho es el haz mayor control óptico es necesario. En general se equipan con reflectores o lámparas reflectoras y en algunos tipos se utilizan también lentes condensadoras o lentes Fresnel para lograr distintos ángulos de emisión.

En la figura 40 a) se muestra esquemáticamente un proyector de haz muy estrecho en el que la concentración del haz se logra mediante la combinación del reflector y un sistema de lentes denominado “contorneador”. En la figura 40 b) se muestra un proyector de este tipo.

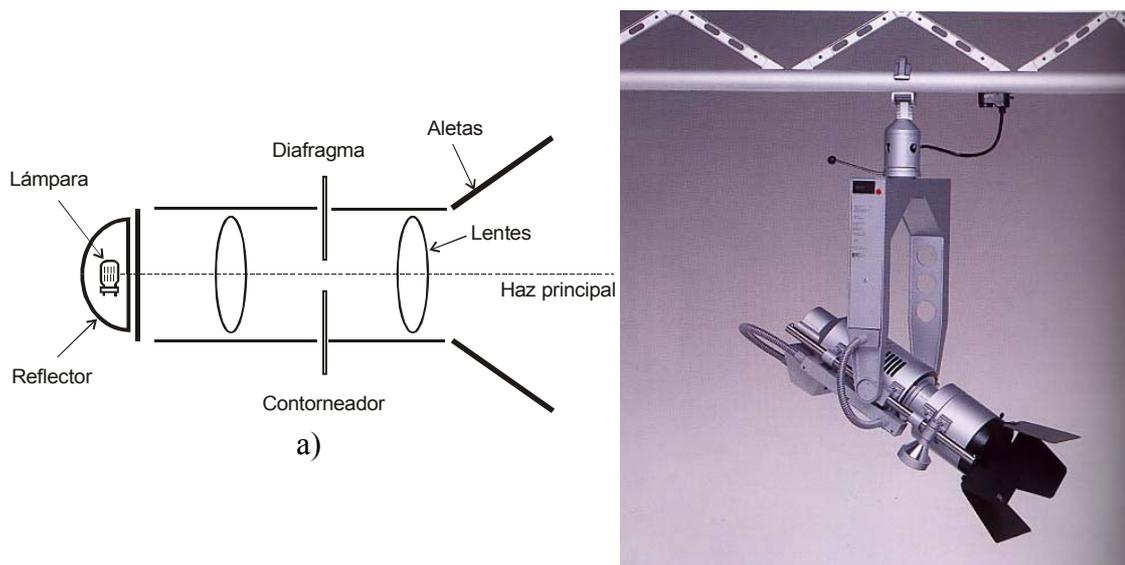


Figura N° 40.- (a) Esquema de un artefacto proyector de haz estrecho y (b) Proyector de este tipo.

Una de las características típicas de los proyectores es la posibilidad de agregarles, además, elementos como filtros de color, ultravioleta o infrarrojo, así como diferentes elementos antideslumbrantes, como viseras y cilindros antideslumbrantes, diafragma ranurado o rejillas de panel, y permiten la proyección de formas mediante diafragmas, etc., elementos ya mencionados entre los dispositivos de apantallamiento y filtros.

Los proyectores pueden alojar muy distintos tipos de lámparas. No obstante, como en general su uso está asociado al logro de una emisión intensa y definida, se utilizan preferentemente fuentes de luz tales como lámparas incandescentes, halógenas incandescentes y de descarga de alta presión, ocasionalmente también lámparas fluorescentes compactas. Lámparas de mayor volumen, como lámparas halógenas incandescentes de doble casquillo y lámparas de descarga de alta presión, así como lámparas fluorescentes compactas se utilizan principalmente para proyectores bañadores, mientras que las fuentes de luz casi puntuales como lámparas halógenas de bajo voltaje o lámparas de halogenuros metálicos posibilitan un enfoque especialmente intenso de la luz.

Luminarias con reflector secundario: debido el incremento de los puestos de trabajo con pantalla de video, han aumentado las exigencias respecto al confort visual, sobre todo en cuanto a la limitación del deslumbramiento directo y el deslumbramiento por reflexión. La ausencia de deslumbramiento se puede conseguir, como ya se dijo, mediante la utilización de luminarias con distribuciones tipo alas de murciélago, pero también se puede lograr utilizando iluminación indirecta, aunque ésta, si bien evita deslumbramiento, resulta poco efectiva, por lo que también se usan combinaciones de iluminación directa e indirecta, sea combinando luminarias de puesto de trabajo y bañadores de techo, sea utilizando luminarias con radiación directa- indirecta.

Una tecnología alternativa para el control óptico se obtiene con el doble sistema reflector (Figura 41), el primario, y otro secundario, que sustituye el techo como superficie de reflexión, que, desde el punto de vista luminotécnico, no puede ser controlada. De este modo se puede especificar completamente la información sobre sus propiedades de reflexión y luminancia.

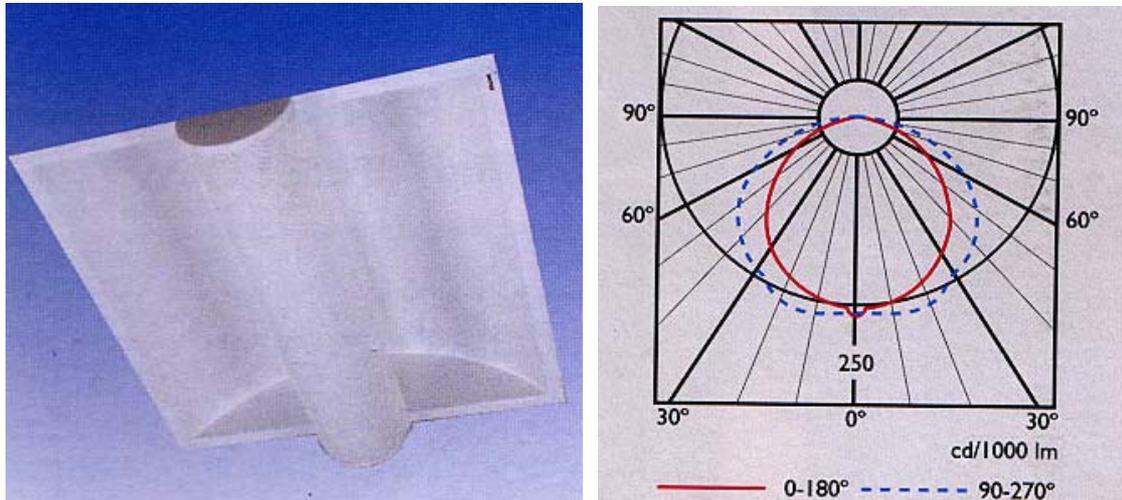


Figura 41. Luminaria con doble sistema reflector para lámpara fluorescente

Utilizando fuentes de luz de alta luminancia, como las lámparas halógenas incandescentes o de halogenuros metálicos, se puede conseguir un elevado confort visual sin renunciar a buenos niveles de iluminación.

4.4. Clasificación de las luminarias según el grado de protección

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) establece una clasificación que se ha impuesto en forma universal. La misma establece el “grado de protección” de la luminaria, mediante la sigla IP seguida por dos dígitos, de acuerdo a la capacidad de la misma contra el ingreso de cuerpos extraños y agua. El primer dígito indica el grado de protección de la luminaria contra ingreso de cuerpos extraños (Tabla 4). El otro dígito indica el grado de protección contra ingreso de agua, tal como muestra la Tabla 5. De acuerdo a esta clasificación una luminaria IP54, por ejemplo, está protegida contra el polvo y salpicaduras de agua.

Tabla 4. Grado de protección de una luminaria contra el ingreso de sólidos extraños (IEC)

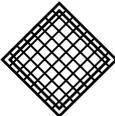
<i>Primer dígito</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Comentarios</i>
0		No-protegida	Sin ninguna protección
1		Protegida contra el ingreso de objetos sólidos mayores de 50 mm	por ejemplo una mano
2		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 12 mm	por ejemplo un dedo
3		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 2.5 mm	por ejemplo herramientas
4		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 1.0 mm	por ejemplo cables o alambres
5		Antipolvo	
6		Hermética al polvo	

Tabla 5. Grado de protección de una luminaria contra el ingreso de agua (IEC)

<i>Segundo dígito</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Comentarios</i>
0		No protegida	
1		Contra goteo	Si el agua cae verticalmente no provoca daño
2		Contra goteo con inclinaciones de hasta 15 grados	
3		Contra lluvia	Para lluvia con ángulos no mayores de 60°
4		Contra salpicaduras	Cualquier salpicadura no provoca daño
5		Contra chorro de agua	El chorro de una manguera desde cualquier dirección no daña
7		Contra inmersión	Breves inmersiones a determinada presión no provocan daño
8		Contra sumersión	Luminaria herméticamente sellada

4.5. Clasificación de acuerdo al grado de seguridad eléctrica

La clasificación de seguridad eléctrica preparada por el IEC abarca cuatro tipos de luminarias (ver Tabla 6).

Tabla 6. Grado de protección eléctrica de una luminaria (IEC)		
<i>Clase</i>	<i>símbolo</i>	<i>Comentarios</i>
0		Eléctricamente aisladas, sin puntos para conexión a tierra.
I		Además de estar aisladas eléctricamente disponen de una conexión a tierra
II		Diseñadas de tal modo que las partes metálicas expuestas no puedan llegar a estar bajo tensión, lo que se logra por un aislamiento doble reforzado
III		Aquellas en las que la protección contra descargas eléctricas se encuentra en la tensión de seguridad extrabaja y en las que no se generen tensiones superiores a 50V c.a. eficaces. No debe tener ningún medio de conexión a tierra de protección.

También se debe especificar la distancia de seguridad en las lámparas reflectoras y con distribuciones de haz estrecho, en las cuales se debe mantener una distancia mínima entre la fuente luminosa y la superficie a iluminar para evitar daños por temperaturas altas.

4.6. Criterios de selección de una luminaria según factores de eficiencia

En la selección de las luminarias se deberá tener en cuenta los distintos criterios de clasificación mencionados comenzando por su aplicación, aunque simultáneamente, entre los requisitos básicos, se deberán considerar *el rendimiento*, *el factor de atenuación*, *el factor de utilización* y *el factor de mantenimiento*.

Rendimiento luminoso de una luminaria: relación entre el flujo luminoso que sale de la luminaria, medido bajo condiciones prácticas de trabajo, y el flujo luminoso de la lámpara, o de las lámparas, funcionando fuera de la luminaria. Sin embargo, el rendimiento total de una luminaria no es en sí mismo una medida de su eficiencia ya que, como el rendimiento total puede considerarse formado por dos componentes, el rendimiento del hemisferio superior y del inferior, según sea el caso, puede interesar maximizar una de las componentes en lugar del rendimiento total. Por ejemplo, una lámpara fluorescente desnuda emite luz en casi todas las direcciones, con un alto rendimiento según la definición, pero si dicha lámpara estuviera en un artefacto similar provisto de un reflector adecuado, la luz se concentraría hacia el plano que podría considerarse el de trabajo, y, aunque en este caso el rendimiento total fuera menor, sería mayor el rendimiento útil y se lograría una iluminación más adecuada a la requerida. Las luminarias más eficientes son aquellas que optimizan la relación rendimiento luminoso y distribución de luz necesaria.

Factor de atenuación: es la relación de iluminancias entre la iluminancia máxima sobre el objeto o plano iluminado (E_s) y la iluminancia media horizontal (E_h):

$$\text{Factor de Atenuación} = E_s / E_h$$

Se obtienen distintos efectos según varíe esta relación, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Relación de los efectos con el factor de atenuación	
<i>Factor de Atenuación</i>	<i>Efecto</i>
2:1	Apenas perceptible
5:1	Ligeramente teatral
15:1	Teatral
30:1	Dramático
>30:1	Muy dramático

Factor de utilización: es la relación existente entre la iluminancia media en el plano de trabajo y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. En interiores, las características geométricas de un local, el color y reflectancia de sus paredes tienen importancia significativa en relación al ahorro de energía en la iluminación. Se volverá a este punto en el capítulo de diseño de iluminación.

Factor de mantenimiento: otro de los factores que influye sobre la disminución de la iluminancia provista por una instalación es el depósito de suciedad en lámpara y luminarias y decoloramiento o pérdida de sus propiedades ópticas, etc. Estos elementos se deberán tener en cuenta en la planificación del mantenimiento de la luminaria en sus condiciones iniciales de funcionamiento, facilidad de limpieza y recambio de lámparas, posibilidades de montajes, etc.

Bibliografía

CIBSE 1994. *Code for Interior Lighting. The Chartered Institution of Building Services, London.*

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), 1986. *Guide on interior lighting*, Publicación 29.2, Second Ed.

Coaton J.R. y Marsden A.M., 1997. *Lamps and Lighting*, Arnold Pub.

Comité Español de Iluminación, 1996. *Aplicaciones eficientes de luminarias*, Cuadernos de eficiencia energética en iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA), pp. 1-85.

G. Rüdiger, 2000. *Cómo planificar la luz*, ERCO Edición, España.

IEC, 1992. *Luminaires for General Service*, Publication No. 598. International Electrotechnical Commission.

IRAM/AADL, 1972. *IRAM/AADL Norma J 2028. Luminarias para uso general*. Instituto Argentino de Normalización y Asociación Argentina de Luminotecnia.

IES, 2000. *The IESNA Lighting Handbook*. 9th Edition. Illuminating Engineering Society North America.

Philips, 1977. *Manual de Alumbrado Philips*. Editorial Torroba, Madrid.

Osram 2000. *Catálogo General de Luz*.

Philips 2001. *Catálogo General de Luminarias*.