



ILLUMINACION
DE FACHADAS EN LOS VALORES
ARQUITECTONICOS
URBANOS

S
ARQUI
C331B
1997

TEMA DE ARQUITECTURA

ILUMINACION
DE FACHADAS EN LOS VALORES
ARQUITECTONICOS
URBANOS



54222

Alumno: CARLOS CARVAJAL BUTRAGUEÑO
Profesor: LUIS BRAVO HEITMANN



Escuela de arquitectura de la Universidad de Valparaíso, marzo de 1997.

Recibido de la Escuela de Arquitectura el día 30 ABR 1997

ARGUI
C 331B
1997
C

MFN 3502

05 ABR 2001
MARC 2487

...a Sol y a mi hijo.

INDICE

INTRODUCCION:..... PAG. 4

PARTE PRIMERA **LA OBRA EN LA CIUDAD**

CAPITULO 1: PRESENCIA DE LA OBRA ARQUITECTÓNICA.....PAG. 7
CAPITULO 2: PERCEPCIÓN DE LA OBRA ARQUITECTÓNICA.....PAG. 12

PARTE SEGUNDA **ACERCA DE LA LUZ**

CAPITULO 3: LUZ Y ARQUITECTURA..... PAG. 18
CAPITULO 4: LA LUZ, ILUMINACIÓN Y TEORÍA.....PAG. 24
CAPITULO 5: FÍSICA DE LA LUZ..... PAG. 36

PARTE TERCERA **LUZ DE NOCHE**

CAPITULO 6: ILUMINACIÓN DE FACHADAS..... PAG. 45

PARTE CUARTA **TECNICA Y TECNOLOGIA**

CAPITULO 7: CONCEPTOS LUMINOTECNICOS..... PAG. 61
CAPITULO 8: FUENTES DE LUZ - TECNOLOGIA PAG. 71
CAPITULO 9: REFERENCIAS RECONOCIBLES PAG. 96

GLOSARIO PAG. 108

CONCLUSIÓN PAG. 121

BIBLIOGRAFÍA PAG. 123

54222

INTRODUCCIÓN

En la manifestación de la Arquitectura, participan muchos elementos que hacen de esta un arte visual, pero por sobre todo, es la Luz la que hace sublime en nuestra memoria la percepción del “paisaje del hombre”, así como hace sublimes los paisajes naturales desde que el hombre existe para admirarlos.

Cada imagen que podemos recordar, cada momento retenido, no es sino la impresión dejada por la convergencia de un sinfín de rayos luminosos en el fondo de nuestras retinas.

Esta Luz, la que nos ilumina, es el objetivo de este estudio, que a través de la Arquitectura entendida como una multiplicidad de pantallas reflejantes pretendo conocer.

También pretendo reconocer la Arquitectura, con sus juegos de planos y volúmenes, a través de la Luz, de las sombras, brillos, colores y opacidades. Podría ser la Luz el medio para repasar Arquitectura o al revés la Arquitectura la excusa para hablar de Luz.

La Luz que expondré en este estudio como objetivo central es aquella que se genera artificialmente en medio de la oscuridad y que persigue exaltar la Arquitectura como valor expresivo de las ciudades. No se pretende proceder con una metodología donde se presentan hipótesis a través de casos para finalizar con la formulación de enunciados o tesis (método científico), sino simplemente reflexionar acerca de una técnica que considero valiosa para la percepción de nuestras ciudades además de aportar al oficio del arquitecto dándole la posibilidad de crear con este elemento que es la Luz.

Tanto el planteamiento teórico como la definición técnica son consideradas en el trabajo por cuanto constituyen capítulos esenciales para la exposición del tema.

En la ejecución de este texto, consideré esenciales la representación visual mediante imágenes de la mejor definición posible. Esto, para entender así acerca de lo que se expone, para entender la emoción que es capaz de producir el encontrar durante la oscuridad de la noche la sobrecogedora imagen de una obra de Arquitectura inmersa en un baño de Luz. Para ojalá lograr transmitirla.

PARTE PRIMERA

LA OBRA EN LA CIUDAD



CAPITULO 1

PRESENCIA DE LA OBRA ARQUITECTÓNICA



Torre Eiffel; Paris Francia

La mayoría de nosotros, al caminar por las calles, nos vemos afectados, de un modo o de otro, por el aspecto de los edificios que encontramos a nuestro paso y por su colocación en el espacio. El espectáculo de las ciudades puede producir un placer especial, al igual que el placer que nos podría producir el enfrentarnos a un paisaje natural determinado. La obra arquitectónica, leída como forma integrante de una totalidad, es en todos sus aspectos un hecho del espíritu humano. Es la experiencia de los sentidos de la vista y el sonido, tacto y calor, frío y comportamiento muscular, así como de los pensamientos y esfuerzos resultantes.

Kevin Lynch; en el libro “El urbanismo, utopías y realidades”, es el que se ha preocupado de pensar la

ciudad en los mismos términos de la conciencia que la percibe, es decir, de re-encontrar la imagen de la ciudad en la lectura de esta ciudad.

La ciudad, fragmento arquitectónico, es una construcción espacial, una construcción a gran escala, un hecho perceptible solamente a través de múltiples secuencias temporales, cada una de estas, conformada por una imagen retenida en la memoria. Además, la ciudad es contemplada bajo todas las luces y en todos los tiempos.

Zonas urbanas representativas

Dentro de la totalidad urbana, existen construcciones connotadas que le confieren la particularidad a cada ciudad; así, los monumentos de importancia estética o histórica y los edificios y parques, o sea todos aquellos elementos que constituyen el carácter hermoso e individual de una ciudad, son merecedores de una especial atención y cuidado por cuanto son portadores de una parte de la historia de nuestras ciudades, pues reflejan testimonios sociales y culturales de épocas pasadas.



Museo del Louvre París, Francia

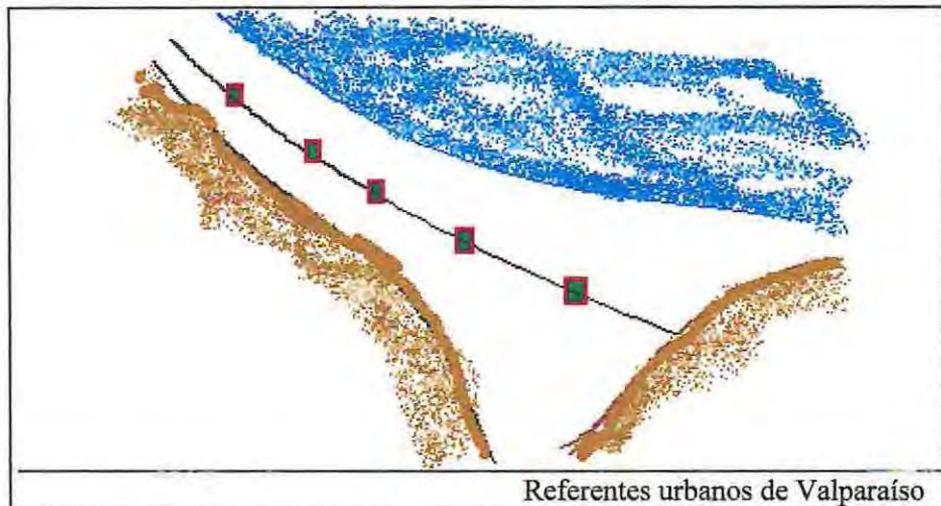
Este carácter de connotación, les confiere además, un rol estructurante en la percepción de la totalidad urbana, nosotros generamos una planimetría mental de la ciudad a partir de las imágenes que

mas nos impactaron, por su novedad, belleza, imponencia. Se constituyen así como hitos dentro de nuestra memoria, un referente, que en relación a otros, nos permite entender la ciudad, ideando un código mental particular a cada individuo y a cada ciudad.

Así por ejemplo, Valparaíso presenta un trazado muy particular, que responde a la situación topográfica en que se encuentra, donde una sucesión de cerros próximos al borde costero, determinan en la ciudad la predominancia de una longitudinalidad. Esta longitudinalidad, para el caso de la zona plana o baja de

la ciudad, está insinuada y siempre referida en torno a dos límites: la secuencia de cerros por un lado y el borde-mar por el otro.

En esta longitudinalidad, se establecen referentes muy claros para el habitante, estos referentes son las plazas, que van marcando un ritmo en el recorrer la extensión urbana del puerto y le van dando una medida a esta extensión.



Así como las plazas, vacíos o concavidades urbanas logran ser referentes en una linealidad, lo son también los llenos urbanos o volúmenes como lo son los edificios; estos pueden constituir hitos referenciales para quien recorre la ciudad y sin lugar a duda la belleza de un edificio es motivo más que suficiente para constituirse como hito, aunque no es tema de este seminario el discutir la belleza o la no belleza de una u otra edificación.

Pudiera ya deducirse que estamos rozando la posibilidad de valorar por separado al objeto-edificio en su particular relación con el medio y en su peculiar relación con el contexto. El edificio puede participar en la ciudad a través de su forma como imagen, y en tal caso la ciudad es un medio o un campo visual, y también puede insertarse en la ciudad como estructura, lo que permitiría reconocer la existencia de un contexto.

De acuerdo a estos preceptos, es que considero que es esencial para una ciudad como es en el caso de Valparaíso el generar una transformación urbana que le permita potenciar sus signos más personales, su historia y sus peculiaridades arquitectónicas de modo de potenciar la imagen única de la ciudad,

convirtiendo los elementos mas emblemáticos de la ciudad y sus símbolos en buenos instrumentos de comunicación.

Valor Heredado

La ciudad como testigo historicista graba su relato en su propia morfología, construyendo sus formas de acuerdo a situaciones temporales que evidencian la pertenencia a uno y a muchos tiempos distintos. Así los edificios que hoy consideramos monumentales no lo han sido siempre, muchos nacieron con el mismo carácter contingente de aquéllos a los que sustituyeron. Quienes los construyeron no pretendían instituir un modo de vida donde tales objetos fueran instituíbles. Como señala Argan, *“sus descendientes eran libres para demolerlos”*, y añade:

¹“Si nosotros conservamos esos monumentos lo hacemos porque esa es una exigencia de nuestra cultura, ya que nosotros atribuimos a esos monumentos un significado completamente distinto de aquel para el que fueron construidos”

Giulio Carlo Argan

Valores artísticos, históricos, arqueológicos, típicos y tradicionales del patrimonio arquitectónico de la ciudad y de sus elementos urbanos de interés.

Se consideran incluidos en este concepto:

- Los edificios con valor monumental y ambiental de interés histórico artístico, declarados según su legislación específica.
- Los edificios y los elementos o fragmentos arquitectónicos y ornamentos de interés artístico, histórico, arqueológico, típico o tradicional.
- Los conjuntos o perímetros urbanos que por su belleza , importancia monumental, recuerdos históricos o valores tradicionales sean declarados de interés.
- Las obras públicas conmemorativas, monumentos, estatuas, esculturas emblemas, piedras heráldicas y otros elementos de análoga condición.

¹ Giulio Carlo Argan, Proyecto y destino, p. 292.

En las condiciones actuales de la vida urbana y de percepción de la ciudad, se puede considerar perfectamente que los monumentos juegan un papel nada despreciable en la formación de la imagen de la ciudad. En la sociedad contemporánea no solo se ha superado el riesgo de caducidad del valor monumental, sino que los monumentos han revalorizado su papel debido en parte a la incapacidad que nuestro tiempo demuestra para producir lo que Ledrut ha llamado los monumentos modernos. La iconicidad del monumento tradicional se ha reforzado y al tiempo hemos asistido a la reactivación del ambiente como la expresión de un clima que, pudiendo estar presidido por uno o varios monumentos, no parece quedar limitado a la capacidad escenográfica de éstos, sino que comporta condiciones especiales de interacción figura-fondo solo posibles en los centros históricos con cierto grado de simbiosis entre edificación y monumentos, de acuerdo con los postulados de Giovannoni.

“El presente se ve bajo el ángulo del pasado: la personalidad urbana se manifiesta a través de lugares y monumentos establecidos. Se concede la primacía a los ordenes, las formas y los signos instituidos. Es una imagen de culturalistas, no de modernistas.”

Raymond Ledrut²

² Kenneth Frampton, *Richard Meyer in Europe: recent work*. Véase “Progetti in Europa di Richard Meier & Partners”, en *Casabella*, num. 574, diciembre 1990, p. 61.

CAPITULO 2

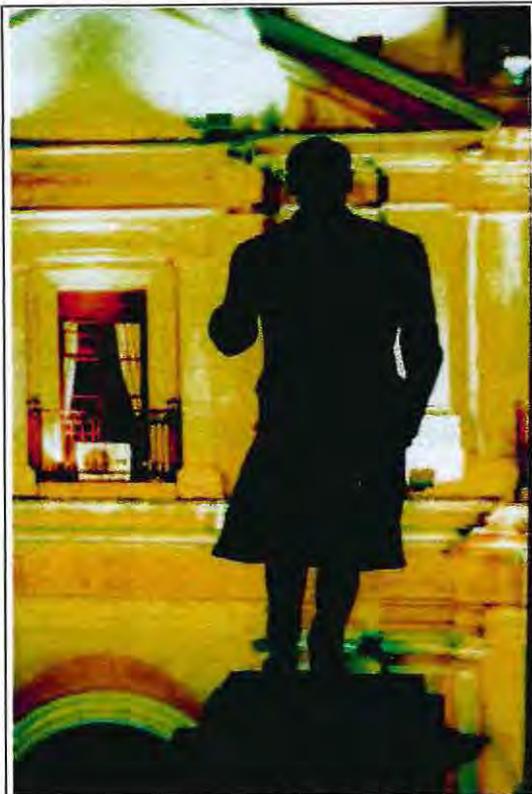
PERCEPCIÓN DE LA OBRA ARQUITECTÓNICA

“Ver arquitectura significa reunir en una sola imagen mental toda la serie de imágenes interpretadas tridimensionalmente que se nos presentan cuando recorremos los espacios interiores y caminamos alrededor de sus paredes exteriores”.

Paul Frankl,

**Principios Fundamentales de la
historia de la Arquitectura.**

La expresión visual es un atributo indispensable, y desde luego ineludible, de toda forma arquitectónica. Desde este punto de vista, no hay diferencia esencial entre la expresión recta y sin adornos en una columna de hormigón, y la de las fantasías de estuco de una fachada barroca. Cada una satisface una necesidad sensorial de acuerdo con la filosofía de la vida del arquitecto y del cliente. La diferencia es puramente estilística. Un edificio no es solo un objeto para ser contemplado, sino también una parte del medio humano en el que hombre y edificio han de influenciarse mutuamente, el hombre ha de poder integrarse a si mismo y al edificio en una continua corriente perceptiva.



Detalle de La Moneda

Libros como *La imagen de la ciudad*, de Kevin Lynch, o *Townscape*, de Gordon Cullen, suponen el reconocimiento del poder de la imagen en los comportamientos ciudadanos y no invalidan aquella otra aproximación a la ciudad que parte de considerarla como una estructura formal. Realidad física que supone un bien colectivo en cuanto expresión de la vida urbana, hecha objeto mediante las peculiares leyes de conformación de la ciudad. Leyes que pertenecen al dominio de la disciplina arquitectónica según el propio Rossi.

Un edificio está siempre siendo contemplado, como parte conformadora de ciudad. Una ciudad es siempre contemplada por sus habitantes y con esto es siempre sometida al juicio público de

acuerdo a la impresión por ella producida. La arquitectura se vive visualmente, se recorre visualmente, así como quien percibe una obra escultora. Al habitar cotidianamente la ciudad, nuestro sentido visual va reteniendo infinidad de imágenes que estructuran luego de un proceso mental nuestra idea de ciudad; así podemos reconocer el valor arquitectónico de una edificación por sobre otra, así podemos formarnos una opinión acerca del entorno que nosotros mismos creamos.

La psicología de la percepción ha venido haciendo hincapié en conceptos como imagen de la ciudad, preexistencias ambientales, memoria colectiva, permanencias y otros: se ha querido informar sobre la necesidad de estabilizar las imágenes de la ciudad. Como han señalado Brandolini y Croset:

¹ *“La emergencia en estos últimos veinte años de la noción de lugar, la recuperación de la idea de permanencia de los trazados, la importancia que ha asumido la memoria colectiva y subjetiva, el interés por lo arquetípico y lo*

¹ Sebastiano Brandolini y Pierre -Alain Croset, “Strategie della Modificazione”, en Casabella, num. 498-499 de 1984, pp. 40-42.

simbólico que prevalece como deseo insatisfecho en muchos de los proyectos contemporáneos, son otros aspectos de esta tensión a favor de la pertenencia a un contexto."

Imaginemos a un personaje viajando en vehículo por un camino nunca antes recorrido por él, todo el entorno, todo lo que logre captar va a ser novedad para el que lo ve por primera vez y de seguro tratará de viajar cerca de la ventanilla del vehículo, para tener el mayor dominio posible del paisaje. Reparará en todas las edificaciones que le llamen la atención y formará una imagen, guardada en la memoria, del recorrido realizado. Durante un segundo recorrido por el mismo trayecto reconocerá formas antes percibidas así como incorporará imágenes nuevas. La sucesiva retención de series de imágenes luego de repetidos recorridos irán creando un reconocimiento cada vez más detallado de las formas existentes en el trayecto.

Ahora, un personaje que repite habitualmente un recorrido y luego de haber logrado el conocimiento de todas sus partes no va a tener la misma atención que quien pasa por primera vez, las imágenes pasarán por sus ojos como una suerte de constatación de algo ya sabido, sin embargo será muy sensible a la capitación de cambios del entorno.

En un sentido óptico, la condición de percepción, se cumple cuando el objeto puede acomodarse en su integridad dentro del campo visual. Ya que estamos tratando de una imagen proyectiva, su tamaño dependerá del área física ocupada por la parte visible del objeto en su relación con la distancia visual. El campo que la visión humana puede abarcar es, de manera aproximada, un medio círculo en dirección horizontal. En la cabeza humana, los ojos miran al frente y cada uno de ellos compensa la destrucción de la parte nasal del campo del otro ojo. Cada ojo cubre un ángulo aproximado de 145° , que crea una coincidencia central de unos 110° , disponible para la visión binocular. En la dirección vertical, desde luego, los dos campos no se completan entre sí. El límite vertical llega a 110° , con unos 45° sobre el nivel del ojo y 65° por debajo. Debo añadir sin embargo que la visión aguda está limitada a un pequeño ángulo de alrededor de 1° , de modo que todas las imágenes menos las diminutas deben ser registradas por los movimientos del ojo para ser percibidas con propiedad. El alcance del campo tiene considerable influencia en la experiencia visual.

Cuando el edificio tiene en cuenta la habilidad del hombre para observar, lo hace para expresar y explicar no solo sus formas y sus cualidades expresivas como particularidad, sino que a su vez constituye un eslabón de la ciudad como totalidad.

PARTE SEGUNDA
ACERCA DE LA LUZ



CAPITULO 3

LUZ Y ARQUITECTURA

Nosotros contamos con tres fuentes de luz natural: el sol, la luna y las estrellas, fuentes que sin duda alguna ejercen influencias decisivas sobre nuestras vidas y actividades.

Casi todas nuestras actividades conscientes, por no decir todas, se efectúan en presencia de la luz, a tal punto que si nos preguntamos sobre qué recordamos de nuestra existencia, la mayoría de los sucesos que reconstituiremos se basan en imágenes que hemos visto, y para ver lógicamente necesitamos luz. El fenómeno visual, mental y espiritual están muy interrelacionados en el mundo de la luz, del color y de las artes.

Al hablar de luz en arquitectura, podemos aludir a la luz que nos sirve al “confort visual”, la luz que nos permite realizar nuestras actividades cotidianas. Para esto, al definir una edificación, es fundamental el resolver cómo incorporar la luz natural (exterior) a un espacio habitable por lo general de orden interior. Es en la resolución de esta necesidad en donde surge parte importante de la expresión de toda obra de arquitectura, en la definición de los llenos y vacíos, los opacos y los traslúcidos de modo de incorporar la luz natural de una forma controlada.

Las distintas tareas y los distintos usos dados por el hombre a cada espacio, requieren a su vez distintos niveles de luminancia, así un recinto destinado a la lectura como una biblioteca, requiere un cierto nivel de luminancia muy distinta a la requerida para una sala de exposiciones, una de oración o de cirugía medica.

Al finalizar el día y con el ocaso solar, la consecuente disminución de la luz natural, es reemplazada por la luz artificialmente generada a través de técnicas cada vez mas diversas y sofisticadas. En muchos casos y para ciertas tareas específicas, se suele prescindir de la luz natural debido a su característica cambiante tanto de dirección como de intensidad que la hacen difícil de manejar y se reemplaza por un sistema totalmente independiente de las condiciones lumínicas del exterior, es el caso por ejemplo de los quirófanos donde se debe contar a cualquier hora del día (o de la noche) de un alto nivel

lumínico en un punto específico, requerimiento imposible de resolver con luz natural.

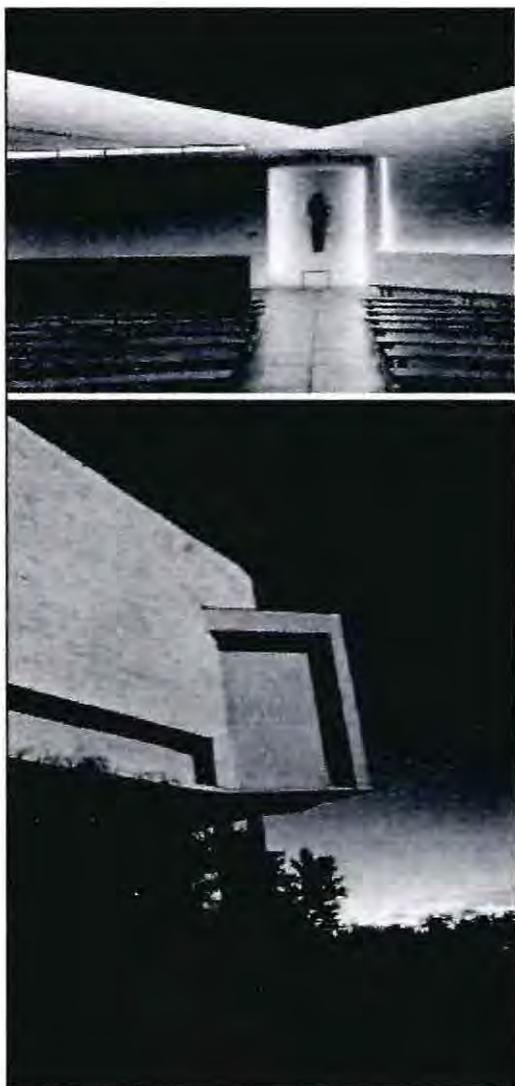
A veces también se recurre a sistemas mixtos de iluminación, complementándose por ejemplo un alumbrado general mediante luz natural, con iluminación artificial en puntos específicos o en el total del recinto. Es así como logramos contar siempre con esta iluminación que podríamos llamar “iluminación de servicio”.



Por otro lado, existe también una iluminación que está al servicio de la expresión arquitectónica, una iluminación destinada a enaltecer la forma a través de una percepción cargada de valores formales y no a simples funciones de orden práctico y operativo. De esta forma, una ventana puede ser de muy diversas formas para cumplir con su misión de entregar luz a un interior que la reclama pero no de muchas formas es que esa ventana debe de ser (por no decir de cualquiera) para llenar de riqueza expresiva, lo que podría ser un simple espacio. La luz en la arquitectura, acentúa los caracteres tales como la unidad, variedad o proporción. Esta, eleva el

efecto óptico de cada uno de los elementos constructivos, y con ello, de el total de la obra, ya que esto se efectúa a través de una sensación visual que involucra los aspectos de forma, color y textura.

Un caso ejemplar de lo que significa la consideración de este aspecto, lo constituye la iglesia del monasterio benedictino de las condes, obra de dos jóvenes arquitectos miembros de esta comunidad monacal. La composición formal que sigue una geometría nítida, el elaborado juego de planos y el control de la luz, que en la iglesia alcanza una “corporeidad inmaterial”, recuerdan la lección básica de Le Corbusier : La arquitectura como el sabio manejo de los volúmenes bajo la luz.



IGLESIA DEL MONASTERIO BENEDICTINO DE LAS CONDES, OBRA DE LOS ARQUITECTOS MONJES HÑOS. MARTÍN CORREA Y GABRIEL GUARDA.

“El edificio inicial de Jaime Bellalta, que habitábamos ya unos cinco años, nos había marcado por su veracidad, austeridad y alegría. El paso de esta tradición viva era una responsabilidad muy grande pero a la vez una inspiración cierta. Fue así como, buscando el alma de nuestra iglesia, me encontré un día en medio de un bosque de pinos. A través de las ramas mas altas el sol brillante caía transformado en luz matizada.

Era un espacio despejado de troncos, compuesto de silencio, recogimiento, acogida y trascendencia. Era un espacio mágico en el que por sobre todos los detalles, se daba una “atmósfera religiosa”. Este era el desafío. O se creaba en nuestra iglesia una “atmósfera de oración” o no sería iglesia aunque se llenara de signos explícitos.

Entonces nos quedó claro como nunca que la luz sería el alma del conjunto que de otro modo permanecería inerte.”

Hno. Gabriel Guarda.

La arquitectura en cierto modo, por su característica de creación de impresiones visuales como complejo de impresión óptica

es un arte hecho para la luz. De esta manera la tecnología de la luz puede tener un fin artístico, funcional y plástico tan indispensable en la arquitectura que podemos considerar a la luz como un material arquitectónico, que nos permite crear atmósferas únicas con una expresión propia y que es imposible obtenerlas

de otro modo, lo que permite al arquitecto ampliar sus posibilidades de creación arquitectónica.

Al igual que cualquier material, la luz tiene sus formas y posibilidades verdaderas formadas por los rayos radiados desde la fuente. De esta manera la iluminación se transforma en un elemento estereoplástico en si permitiéndonos hacer pintura y escultura, creando así un nuevo medio de expresión artística.

Pensemos en un edificio iluminado por una luz difusa de modo que no produjese ni sombra ni brillo alguno; estaríamos frente a un volumen que no parecería tal, sino un objeto plano e inerte, carente de la textura y volumen que le confieren los distintos matices de luz y de sombra y que le dan esa sensación de tridimensionalidad y de movimiento.

LUZ NATURAL Y LUZ ARTIFICIAL

La luz natural, por sus particulares características, genera situaciones naturalmente diversas en el transcurso de cada día. Así con el recorrido diario del sol, se genera una dinámica en las sombras, siendo éstas distintas a cada momento. Debido a la rotación terrestre es que todo objeto iluminado por el sol cambia su posición con respecto a éste a cada minuto, incidiendo en el ángulo y en la intensidad de los rayos que sobre él caen.

Este fenómeno determina por un lado la modificación constante de las sombras y por otro, la variación en la apariencia de color, dada por la temperatura de color, lo que provoca una percepción cambiante de los colores.

La "luz natural blanca", aquella que emite el sol con cielo despejado, tiene una temperatura de color de 5800 K cuando se encuentra en el cenit y de 2000 K cuando está en el horizonte.



Para la arquitectura, el dominio de la luz artificial, significa poder manejar las condiciones lumínicas a su total antojo. la iluminación artificial puede ser trabajada de modo de añadirle a la obra un valor adicional, el que un baño de luminosidad esculpa las sombras, reflejos y luces en todos sus matices haciendo de ésta una imagen connotada en el contexto ciudadano.

BREVE HISTORIA DE LA LUZ ARTIFICIAL¹

La iluminación artificial, nos permite suplir la natural carencia de luz durante la noche. El hombre siempre le tuvo miedo a la oscuridad, de día caminamos hacia todos los lados debido a que vemos; de noche cuando no vemos nada e iluminamos una zona, esta nos hace ir hacia la luz e introducirnos en ella. Los rayos caídos durante las tormentas le dieron la primera "lámpara" al provocar el incendio de un árbol. El hombre antiguo trató de prolongar la duración del encendido de la madera sumergiéndola en grasa animal, resina o brea. Así inventó la antorcha. Parece ser que fueron los romanos los que inventaron la vela, originalmente formada por un trozo de lino trenzado que se sumergía en sebo o cera de abejas, caliente. Durante mucho tiempo las velas fueron caras, solamente la Iglesia y los ciudadanos ricos podían permitirse su uso. Después, en 1820, aparecieron las velas de estearina, que se fabricaban en grandes cantidades y, por lo tanto, eran baratas. Posteriormente aparecieron las velas de parafina.

Entre tanto, se fue introduciendo en los países occidentales un nuevo tipo de iluminación: la luz de gas. Alrededor del año 1690 el científico inglés John Clayton observó que el calentamiento de carbón sin dejarlo quemar completamente origina una mezcla combustible de óxido de carbono y nitrógeno. En 1803 Londres recibía su primera luz de gas, en 1821 gran parte de París ya contaba con este alumbrado, en 1823 Nueva York, en 1826 Berlín y Hamburgo en 1846.

La electricidad empezó a desempeñar un papel trascendental en los últimos veinticinco años del siglo pasado. El hombre que contribuyó más que ningún otro a su utilización práctica fue el inventor norteamericano Thomas Alva Edison. El 4 de septiembre de 1882 empezó para Nueva York en particular y para la humanidad en general, la era de la electricidad cuando Edison conectó la corriente que iluminó las 2300 lamparitas instaladas en 85 edificios del centro de Nueva York.

Karl Aven von Welsbach, físico austríaco, mejoró la lámpara eléctrica. Su experiencia le llevó a reemplazar el hilo de carbón de Edison por un metal pesado, el osmio, que más tarde fue sustituido por el wolframio. Desde 1918 las bombillas se llenaron con gas, en la actualidad se emplea una mezcla de argón y nitrógeno.

Posteriormente, se experimentó con una nueva forma de generar luz, la lámpara fluorescente. Esta encontró su primera aplicación como luz de neón en los carteles publicitarios. La dificultad se encontraba en la fabricación de un tubo que originase una especie de luz diurna con suficiente color azul. En 1920 tres ingenieros alemanes patentaron por primera vez ese tubo luminoso y diez años más tarde el norteamericano Arthur H. Compton, de la General Electric, introdujo en el mercado el modelo mejorado.

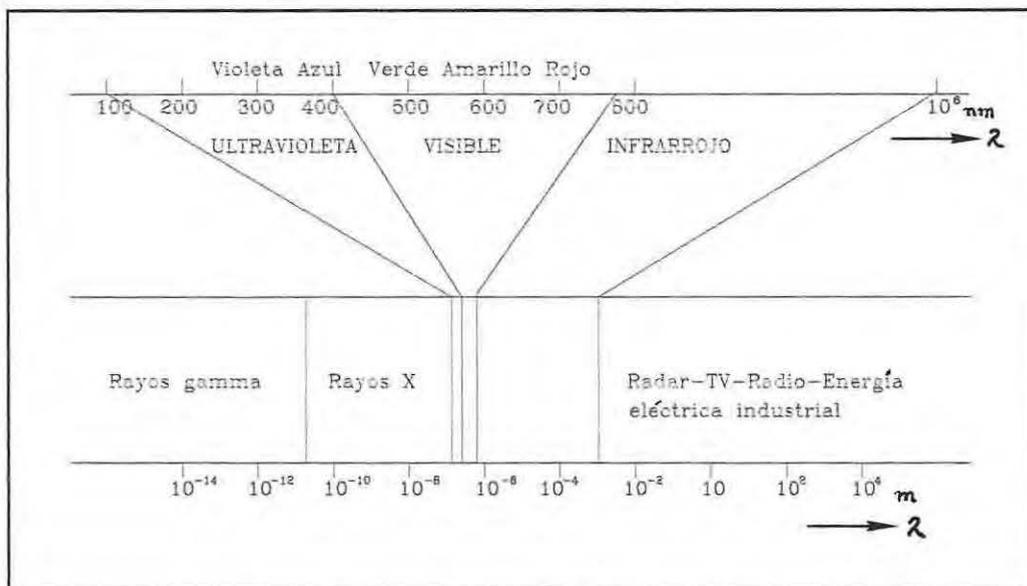
La ventaja económica del tubo luminoso está basada en que trabaja en frío, es decir, que se pierde muy poca energía eléctrica en forma de calor. Este tubo es unas cincuenta veces más económico que la primera de Edison con filamento de carbón.

¹"Historia de la luz artificial", *Revista internacional de luminotecnia (RIL)* num. 2/1992, pag. 64.

CAPITULO 4
LA LUZ;
ILUMINACIÓN Y TEORÍA

Naturaleza de la luz

la luz es una forma de radiación (emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas), ésta puede definirse como radiación capaz de producir directamente sensación visual. La luz no es perceptible si no hay un aparato adecuado para recibirla. Un ciego no ve porque sus ojos no están en condiciones de recoger la luz. Las ondas luminosas percibibles por el ser humano ocupan solamente una pequeña parte del espectro de ondas electromagnéticas. Los límites de la radiación visible no están bien definidos y varían según el individuo, el límite inferior se sitúa generalmente entre los 380 y 400 nm, el superior entre 760 y 780 nm. (1 nanómetro(nm) = 10^{-9} m.



espectro electromagnético

Dentro de este “espectro visible”, cada longitud de onda produce un estímulo ligeramente diferente en el fondo de nuestros ojos. Cada tipo de estímulo es reconocido por el cerebro como un “color”. Una mezcla de todas o casi todas las longitudes de onda visibles, se conoce como la luz “blanca”.

Imaginémonos dentro de una sala oscurecida mirando una fuente luminosa que irradia luz de una sola longitud de onda a la vez, pero que puede ser variada a través de todo el espectro visible. Trabajando a 400 nm, la luz tiene un aspecto violeta intenso y oscuro, haciéndose cada vez mas azul a medida que la longitud de onda aumenta a 450 nm. A 500 nm el azul da lugar al azul verdoso; entre esta longitud de onda y aproximadamente 580 nm el verde es menos azul y cada vez mas amarillo. A 600 nm el amarillo se transforma en naranja y a aproximadamente 650 nm el naranja habrá perdido el amarillo para transformarse en rojo. Ese rojo se vuelve cada vez menos amarillo y mas intenso, mas oscuro... hasta que a los 700 nm se vuelve débil y difícil de reconocer como la luz violeta intensa de 400 nm.

El espectro visible se aprecia como una mezcla continua de impresiones de color (fig. 1), sin divisiones abruptas a longitudes de onda determinadas. No obstante, para fines prácticos generalmente suponemos que el “violeta” es una franja de longitudes de onda entre 400 y 500 nm, el verde de 500 a 580 nm, el amarillo de 580 a 610 nm y el rojo de 610 a 700 nm.

380 - 436 nm violeta

436 - 495 nm azul

495 - 566 nm verde

566 - 589 nm amarillo

589 - 627 nm naranja

627 - 780 nm rojo



fig.1:espectro visible. este puede dividirse de modo aproximado en una serie de intervalos de longitud de onda, según la impresión de color que producen en el ojo humano.

Las radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda cercanas a los extremos violeta y rojo del espectro visible se conocen respectivamente como radiación ultravioleta e infrarroja pero por su característica de no ser visible al ojo humano es que las descartamos para este estudio.

La luz como forma de radiación se desplaza a una velocidad cercano a los 300.000 kilómetros por segundo (299.772,5 k/h según los cálculos mas recientes.)

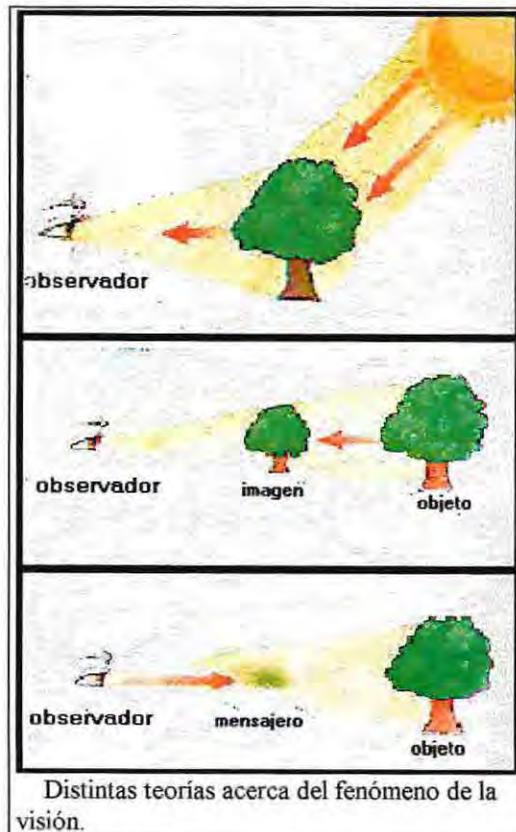
Para que podamos percibir la luz es necesario que existan objetos sobre los que aquella pueda reflejarse en forma de imágenes. La luz se hace visible cuando rebota en un cuerpo, cuando mediante formas nos produce una sensación visual.

Resumiendo, podríamos decir que para que podamos ver, se deben cumplir necesariamente tres condiciones:

- a)Existencia de una fuente luminosa.
- b)Existencia de un aparato receptor (órgano visual) en condiciones adecuadas.
- c)Existencia de objetos que reflejen la luz.

A lo largo de la historia, el hombre ha ido formulando distintas ideas sobre la naturaleza de la luz, ideas que han evolucionado con el paso del tiempo. Las antiguas civilizaciones creían que el fenómeno de la visión necesitaba una especie de “intermediario” que uniera nuestra mente con el objeto que se veía.

La escuela “atomística” de filósofos griegos sostenía que la visión se producía porque los objetos emitían imágenes de ellos



mismos que llegaban a nuestra mente a través de los ojos. Por el contrario, la escuela “pitagórica” defendía que era el ojo quien enviaba un “mensajero” a tocar y explorar los objetos.

Cuerpos iluminados

Cuerpos iluminados son aquellos que no emiten luz propia, pero absorben o reflejan luz que les envían uno o varios cuerpos luminosos u otros cuerpos iluminados. Lo mismo que un cuerpo luminoso, el cuerpo iluminado está formado por una infinidad de puntos objeto, cada uno de los cuales absorbe o refleja luz independientemente de los demás.



Si la naturaleza estuviera compuesta de cuerpos brillantes casi como espejos, viviríamos cegados por la luz. Afortunadamente existen los cuerpos opacos. A su vez, en el transcurso de la evolución, hombres y animales se han adaptado a recibir la luz y sombras reflejadas desde los objetos opacos en forma de imágenes y no desde la luz directa que rebota en ellos enceguciéndolos.

En una habitación por ejemplo, la luz reflejada por los objetos iluminados la llena de imágenes que se entrecruzan en todas direcciones, pero solo vemos aquellas que penetran nuestras pupilas.

Luz reflejada

La cantidad de luz reflejada que emite un objeto, el ángulo en que pueda proyectarla, y la posibilidad de que sus rayos puedan penetrar en nuestras pupilas, depende de diferentes factores, entre otros, los siguientes:

La intensidad de la fuente luminosa que le refleja o lanza luz. Como es lógico, a mayor intensidad de ésta, más luz recibe y refleja el cuerpo iluminado y mas nítida vemos su imagen (o sus millones de imágenes).

La distancia a que se encuentre la fuente luminosa que lo ilumina. A mayor distancia menor luz.

La distancia entre nuestro ojo y el cuerpo iluminado.

la frecuencia de la onda luminosa. A mayor frecuencia, mayor número de fotones por rayo que recibe o refleja el punto objeto.

La mayor o menor irregularidad de su superficie. una superficie brillante reflejará mucha luz. Una superficie irregular, desvía gran parte fuera de nuestros ojos y se verá opaca y sombría.

La sombra que puede proyectar un objeto que se interponga entre la luz y el objeto iluminado.

La cantidad de luz que lo rodea. Mientras más brillante sea la luz que rodea a un objeto, menos luminoso se verá éste (contraste).

El ángulo en que una luz condensada como la de un reflector o fraccionada como una luz de ventana, incide sobre un objeto. Si el ángulo de reflexión coincide con nuestros ojos, lo veremos más luminoso, si no, se verá sombrío. si cambiamos de posición, podrá verse luminoso, si no se verá sombrío y viceversa. Un cuerpo iluminado ha incorporado algo que el cuerpo luminoso no poseía, o solo muy poco, y es el factor negro, gris y color, o contraste, indispensable para que nuestro ojo perciba imágenes.

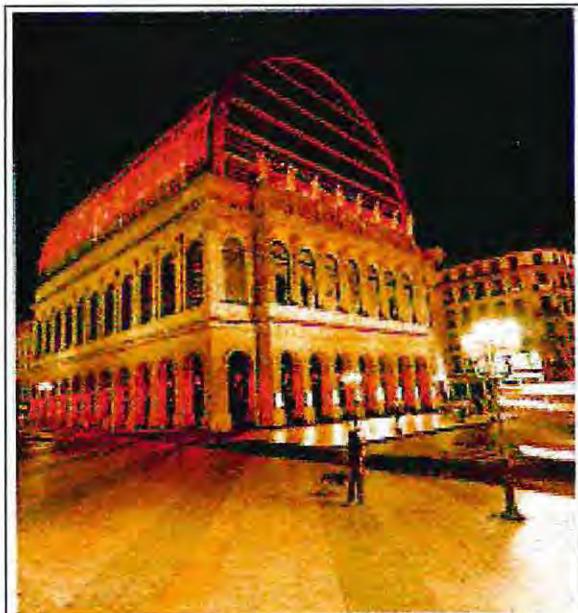
Estos factores antes mencionados, los revisaremos posteriormente, en donde veremos los distintos fenómenos físicos que le dan a la luz sus características particulares.

Cada objeto es un nuevo planeta o pantalla y refleja sus propias imágenes, incluso los más modestos o menos luminosos. Algunos no nos envían rayos de luz blanca o de colores, sino sombras o mezcla de luz y oscuridad. Estas se reflejan, condensan y refractan aparentemente igual que los rayos de luz. Juntos y por contrastes, nos darán las maravillosas imágenes que a diario seleccionan nuestras pupilas y concentran nuestros lentes en la retina, obtenidas de ese caos de luz, sombra y color.

Así, no es la luz directa del sol o de las fuentes luminosas la que nos da las imágenes que percibimos, sino la luz que proviene de todos estos multisoles o pantallas reflectantes que son los objetos iluminados que nos rodean. Es la luz reflejada la que nos permite tener una habitación plena de luz cuando el sol esta detrás de ella. Luz blanca o de color, sombras, formas o movimientos, vienen de la luz reflejada. Sin pantalla y sin luz que se refleje en ella, ningún prisma nos permitirá ver colores. Esta pantalla puede ser una pared blanca, una gota de rocío, un arcoiris, hendiduras o partículas de polvo. Todos son soles, nuevas fuentes de luz, sombra e imágenes.

Si vemos la luna u otros planeta, las nubes flotando en el aire, otras personas o las olas en el mar, es porque son pantallas a veces movibles que

reflejan luz, sombra y colores. Cada objeto iluminado refleja infinidad de imágenes que envía al espacio.



Opera de Lyon: remodelada por el arquitecto Jean Nouvel.

Las líneas de neón realzan la nueva bóveda.

Diseño de iluminación: Y. Kersalé

Un edificio no nos devuelve nuestra imagen como lo hace un espejo, sino la propia, porque absorbe la mayoría de nuestros rayos, así como la luz del sol. Desvía todos los que tropiezan en sus formas fuera y dentro de nuestra pupila, reemplazándolos por sombras de oscuridad, color o luz propia, al transformarse en nueva fuente de luz. Es esto lo que hace que el edificio envíe imágenes de sí mismo, en todas direcciones. Nosotros no vemos el edificio en sí, sino una imagen de éste, y es nuestra experiencia la que nos dice donde está el edificio o el objeto que nos envía imágenes y cual es su tamaño. Sin luz, las imágenes se

acaban con su luz, sombra y colores.

Luz v/s oscuridad.

Los glóbulos rojos son rojos; el hígado café, el cerebro gris, el páncreas amarillento, los músculos son rojos. ¿Cuándo? Solo si los exponemos a la luz y los miramos con los ojos. En nuestro interior no hay luz sino tinieblas o penumbra. Todos nuestros órganos, tejidos y células, viven, trabajan, crean, procrean y mueren en la oscuridad y el silencio. Oscuridad es lo que hay entre fotón y fotón, entre rayo y rayo, entre onda y onda, entre electrón y electrón y, sin embargo, no pensamos en ello. Salvo nuestros ojos, la clorofila o los pigmentos sensibles a la luz, los demás elementos siguen su actividad en la oscuridad.

Es la luz la que invade la oscuridad, no la oscuridad que invade la luz. Es como un campo invadido por una multitud; si ésta se va, el campo persiste allí.

Aparentemente la oscuridad es “nada”, porque no produce sensación ni reacciones eléctricas en la retina . Pero, ¿es así? Dijimos que a nuestras

espaldas puede haber una luz intensa, pero para nosotros es inexistente, porque no la vemos. Pero la oscuridad, a menos que sea absoluta y total, es decir, sin ningún fotón, si la percibimos. Todos estamos conscientes de oscuridad cuando cerramos los ojos y pensamos en ella. La luz puede estar allí, pero nuestros párpados no la dejan entrar, o puede no estar y la sensación de oscuridad es la misma. Estamos más conscientes aun cuando salimos de la luz a la oscuridad o viceversa, tal como sucede por ejemplo cuando entramos o salimos de un cine. Luz y oscuridad son pues problemas subjetivos propios de nuestros ojos.

En esa oscuridad que es la negación de la luz que perciben nuestros ojos, están también todas las ondas electromagnéticas, a pesar de que no las vemos. Aceptamos los rayos X, los rayos ultravioletas, los rayos infrarrojos, porque se transforman en otra longitud de onda que el hombre percibe o porque se recogen en una pantalla o en algo equivalente a una pantalla que algún otro sentido puede percibir.

Aceptamos los electrones, porque producen energía que podemos captar, y, sin embargo, nos olvidamos de la oscuridad, a pesar de que las sombras parecen proyectarse en todas direcciones igual que la luz, y parecen reflejarse en los espejos, condensarse o diluirse en las lentes y, sobre todo, mezclarse con la luz.

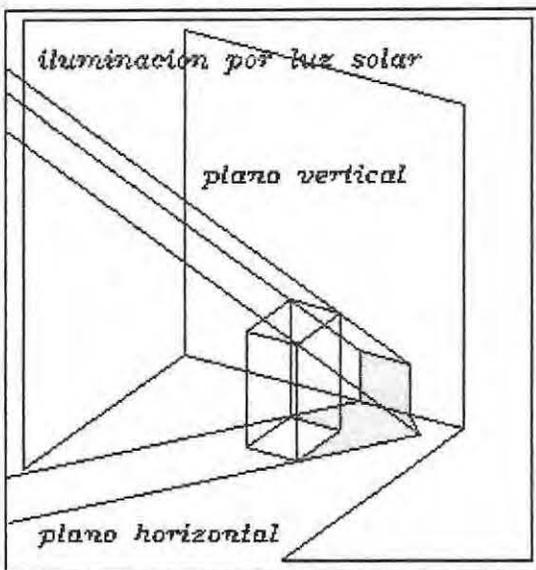
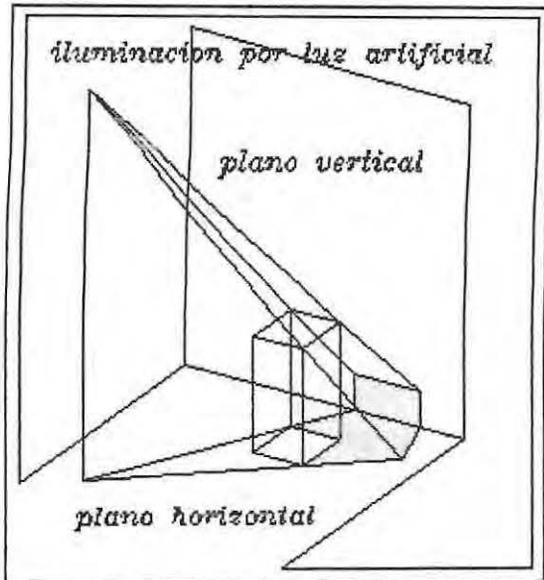
Acerca de las sombras

“Un faro es un haz de luz; una sombra, un haz de oscuridad”

Cuando la luz llega a un cuerpo opaco, éste no la deja pasar a través de él; en consecuencia, detrás de dicho cuerpo aparece una falta de luz. Esa falta de luz es lo que se denomina sombra de un objeto. Cuando la fuente luminosa no es puntual (rayos luminosos no paralelos), los contornos de la sombra no están bien definidos: está rodeada de una zona de transición llamada penumbra. Si el cuerpo está iluminado por dos fuentes infinitamente pequeñas, la parte común de sombra está en la sombra absoluta, y la parte de sombra de cada una de ellas, iluminada por la otra fuente, está en la penumbra.

Se distinguen dos clases de sombras: la sombra producida por una luz artificial y la sombra producida por el Sol. En el caso de sombra producida por

luz artificial, la fuente luminosa está a una distancia finita: sus rayos son divergentes. En el caso de sombra producida por el Sol, la fuente luminosa esta en el infinito por lo que los rayos son paralelos.



La sombra propia es la parte no iluminada de un cuerpo, y esta determinada por las generatrices tangentes a los límites periféricos del cuerpo. Estas generatrices son paralelas cuando la luz viene del sol, y cónicas en caso contrario. Las sombras producidas por las luces artificiales tienen una mayor superficie a causa de la proyección cónica.

La sombra esbatimentada es la parte no iluminada que engendra un cuerpo sobre otros, sobre los planos que lo rodean y sobre el que reposa, por su intercepción de la luz. Para poder recoger estas imágenes de las cuales tanto hemos hablado, se necesita la sombra. Sin luz no hay imagen; sin sombra, tampoco. Sombra es pues oscuridad en un solo sentido, o si se quiere, un haz de oscuridad

producido por la interposición de un cuerpo opaco, que se puede recoger en una pantalla.

Si ponemos un objeto entre una fuente de luz y una pantalla, al encender una segunda luz, junto con aparecer una segunda sombra, ambas se ponen más pálidas, porque a la sombra recogida en la pared no llega luz de la ampollita que la origina, sino de la otra, además de todos los objetos que reflejan luz en las proximidades.

LUZ, SOMBRAS Y COLORES

Para ver necesitamos tener ojos y además luz y sombra, separadas o entremezcladas. Es decir, necesitamos imágenes o contraste. La luz pura es ciega, la oscuridad pura también es ciega. Son grados extremos de un mismo fenómeno, es decir la excitación máxima o mínima de la retina. Un ojo acostumbrado a la oscuridad ve con nitidez en la penumbra y se enceguece a la luz intensa; un ojo que viene de la luz intensa no ve nada en esa misma penumbra. Oscuridad y luminosidad son relativas y dependen de nuestros ojos tanto como de la luz u oscuridad reales. Decimos que hay luz porque vemos imágenes de objetos, es decir, vemos luz, color y sombra en forma de imágenes que esos objetos nos envían. Entre el objeto y nuestros ojos no vemos nada y a esa nada la llamamos luz que es transparente o invisible, pero que con un prisma se descompone en los colores del arcoiris. Si miramos al cielo, vemos la atmósfera azul, porque la atmósfera actúa como pantalla, lo mismo que lo hacen las nubes, pero entremedio hay aire o luz transparente o, mejor dicho, no vemos nada. Si pudiéramos eliminar la atmósfera veríamos solo oscuridad, salvo el sol, la luna o los astros.



Arcadi Pla, Jeroni Moner y Benet Cervera; Sede del colegio de arquitectos Gerona

La luz integral es transparente e invisible; el color blanco, en cambio, es visible y es luz reflejada por una superficie blanca o pantalla. La oscuridad es la falta de luz, el color negro es la falta de reflexión de la luz por un objeto hacia nuestros ojos. Un objeto es negro porque absorbe todos los colores de la luz integral y no la refleja. Es gris cuando se mezcla con color blanco, y se dice que es blanco cuando refleja toda la luz, lo que no es cierto, pues si así fuera sería un espejo.

Las luces de colores tampoco son visibles y son sombras a medias. lo que vemos son las luces reflejadas en una pantalla. Una linterna roja da luz

roja, pero solo se ve roja en una pantalla blanca, pues si es verde, se ve negra y así con cualquier color complementario. Esa pantalla puede ser una pared o un objeto. Entre linterna y pared no vemos luz roja. Solo la veríamos si hubiera una pared blanca de fondo.

Si hacemos pasar la luz del sol, es decir luz integral, por un prisma, se dice que se descompone en los siete colores básicos de la escala de Newton. Pero si no hay una pantalla blanca en el trayecto para reflejarlos, no veremos nada. Si es de otro color, ya no será la misma escala. Si volvemos a juntar los colores con otro prisma, se volverá a la luz integral. Si la recogemos en una pantalla blanca nos dará blanco; si no hay pantalla, no veremos nada.

Así como la luz integral transparente es el resultado de la mezcla de todas las luces de colores, la oscuridad absoluta es la ausencia de toda luz. En cambio, negro es la mezcla de todos los pigmentos de colores, y blanco es la ausencia total de pigmento o de color. Por lo tanto, luz blanca integral y color blanco, son dos conceptos opuestos; luz integral es la mezcla de todos los colores, color blanco es la ausencia de todos los pigmentos de colores. Oscuridad es la falta de todo color; el color negro resulta de la mezcla de todos los colores y debiera ser luz integral.

La explicación es simple: cada pigmento del negro absorbe un color distinto. El rojo absorbe la luz roja, el verde la luz verde, y así sucesivamente, de modo que no refleja ninguna luz a nuestro ojo. El blanco, en cambio, no tiene pigmentos y refleja infinidad de imágenes en confusión, lo que para nuestra retina es color blanco.

Un objeto podemos verlo negro o sombrío, es negro real cuando absorbe toda la luz que recibe y es sombrío u oscuro cuando:

Hay poca luz en el ambiente y refleja muy poca luz en nuestros ojos.

Otro objeto o parte de él le hace sombra, es decir, impide que su luz llegue a nuestros ojos.

El ángulo en que llega reflejada la luz no coincide con nuestros ojos.

Los objetos vecinos son muy brillantes.

Porque nuestra retina, nervio óptico o vía óptica están alterados.

Porque hemos amanecido pesimistas y menos sensibles a la luz.

Los tres colores primarios no son los mismos para el pintor que para el físico. El nervio óptico transmite sensaciones elementales que estimulan el rojo, el verde y el violeta, principales divisiones del espectro. Los análisis que han

llevado a esta conclusión a Young y después a Helmholtz son discutidos por Maxwell, reemplaza el violeta por el azul. Hering admite cuatro colores fundamentales, el rojo, el verde, el amarillo y el azul, incorporando así los conceptos ópticos de Leonardo da Vinci. Pero como los choques coloreados son recibidos al mismo tiempo por los cuatro conos modulares que constituyen la retina humana, es evidente que tanto una parte como otra del órgano es afectada por el excitante exterior, siguiendo modalidades sumamente complejas. El hecho de que tanto al grado máximo como al mínimo de la intensidad luminosa el ojo cese de percibir importantes diferencias, indica la incertidumbre de sus apreciaciones. En una gran claridad todo cuerpo luminoso nos parece muy claro; en la sombra los objetos nos parecen mucho más oscuros. La saturación se une en nuestro ojo a la luminosidad.

Esta energética del color actúa fuertemente sobre nuestra sensibilidad y condiciona la fisiología de los seres organizados. El hombre experimenta los efectos sicofisiológicos de los colores: un ambiente azul es sedante, un rojo es estimulante. Charles Henry dice de los colores que despiertan “la sensación de placer o de espectáculo”. El lenguaje común registra esta propiedad de los colores distinguiendo los tonos “fugitivos” de los tonos “adherentes”.

Se podría crear una especie de doctrina sobre estas constataciones experimentales. El mismo Goethe asocia al color violeta la idea de alegría, al rojo la de poder, al azul oscuro de la calma y de frío, al verde de la atracción, al amarillo vivo la del ridículo y al amarillo claro la idea de nobleza. Ha sido elaborada una verdadera técnica del empleo del color en el campo terapéutico y profiláctico. La industria explota hoy las propiedades de los colores, para atenuar la fatiga de los trabajadores y facilitar su atención, o para prevenir accidentes señalando toda clase de peligros. Ciertas asociaciones colorísticas son universalmente aplicadas a la señalización: franjas amarillas anuncian peligros de orden mecánico; franjas anaranjadas señalan un peligro térmico; la cruz roja indica un lugar de socorro.

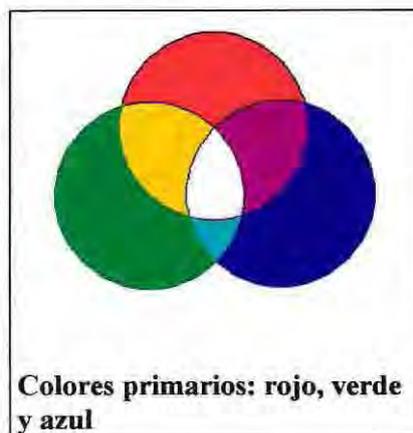
La arquitectura, a su vez, empieza a consultar a la sicotécnica para su posible aplicación en la construcción.

Contrariamente a la opinión de ciertos filósofos de la antigüedad, el color no constituye una propiedad específica y sustancial de los cuerpos. Ya Epicuro reconoció que la coloración de los objetos varía con la luz que los ilumina; de donde dedujo que los cuerpos no tienen color por sí mismos. Tal es la conclusión a la cual llegaron Descartes y Boyle; pero es a Newton a quién se le debe la teoría llamada cromática.

La luz solar es compleja. Está constituida por una infinidad de radiaciones de longitudes de onda diferentes. Newton distinguió siete colores: violeta, añil,

azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo. En realidad, el paso se hace insensiblemente de uno a otro por las radiaciones intermedias. Una superficie puede reflejar pura y simplemente la totalidad de estas radiaciones, y entonces la superficie se llama blanca, o bien absorbe algunas de ellas reflejando las restantes, apareciendo una coloración debida a la combinación de estas radiaciones. Los cuerpos negros son los que absorben toda la luz incidente. Un cuerpo rojo debe su coloración a que absorbe todas las radiaciones salvo las rojas, o al menos aquellas en más fuerte proporción que estas. Si la absorción se hace, para todas, en proporciones iguales, el cuerpo aparece gris.

Un color se llama simple cuando está formado por una radiación de una única frecuencia. Se llama compuesto en caso contrario. Son complementarios los colores que, al mezclarlos, producen la sensación de blanco.



Así el color no es más que la forma como la sustancia reacciona sobre la luz. Y como los diversos haces de luz producen radiaciones diferentes, el color de un cuerpo varía con los haces que lo iluminan. De ahí viene la diferencia de coloración que presentan los objetos expuestos a la luz solar y a la eléctrica, por ejemplo.

La comprensión de este tema, el de la luz, los colores y su percepción, es fundamental para entender el mundo que observamos, para lograr dar respuesta al sinfín de situaciones cotidianas donde al menos un rayo de luz se ve involucrado. Para la arquitectura, la luz representa un factor que determina desde el aspecto de la forma hasta la condición de ser o no ser habitable por lo que el saber de que se trata la luz cuando trabajamos con ella supone la ventaja de contar con algo tan mágico como lo es este tipo de radiación.

.....A continuación, en el siguiente capítulo, me referiré al tema propiamente tal de este seminario, y que es en el fondo la valoración de un pretexto para aplicar luz mediante iluminación artificial a lo que consideramos merecedor de hacerse presente de entre el anonimato de la oscuridad.

CAPITULO 5

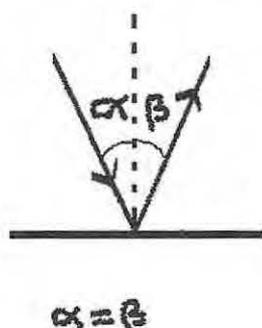
FÍSICA DE LA LUZ

El trabajo con la luz, exige el conocimiento tanto de fenómenos físicos propios de este tipo de radiación, como de ciertas leyes empleadas en la luminotecnia; el manejo de la luz se logra mediante el dominio de estos principios, por lo que los revisaremos a continuación:

Fenómenos físicos de la luz

-Reflexión

Un rayo o un haz de rayos luminosos que inciden sobre una superficie especular, se refleja de tal forma que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.



Es decisivo en el modo como se reflejan estos rayos la constitución superficial del elemento reflectante, y de acuerdo a esto podemos distinguir las siguientes formas de reflexión:

Dirigida o especular, producida por superficies completamente lisas y brillantes, como la de los espejos o la de los metales pulimentados. Estas superficies determinan que el ángulo entre el rayo reflejado y la normal a la superficie de reflexión es igual al ángulo entre el rayo incidente y la normal. Esta reflexión forma una imagen del objeto reflejado en la superficie. Las superficies capaces de reflejar especularmente se utilizan en luminotecnia como espejos, incorporándose en algunos tipos de luminarias, se utilizan con este propósito materiales tales como el aluminio anodizado, laminas de cromo, oro, plata y vidrios o plásticos aluminizados o plateados.

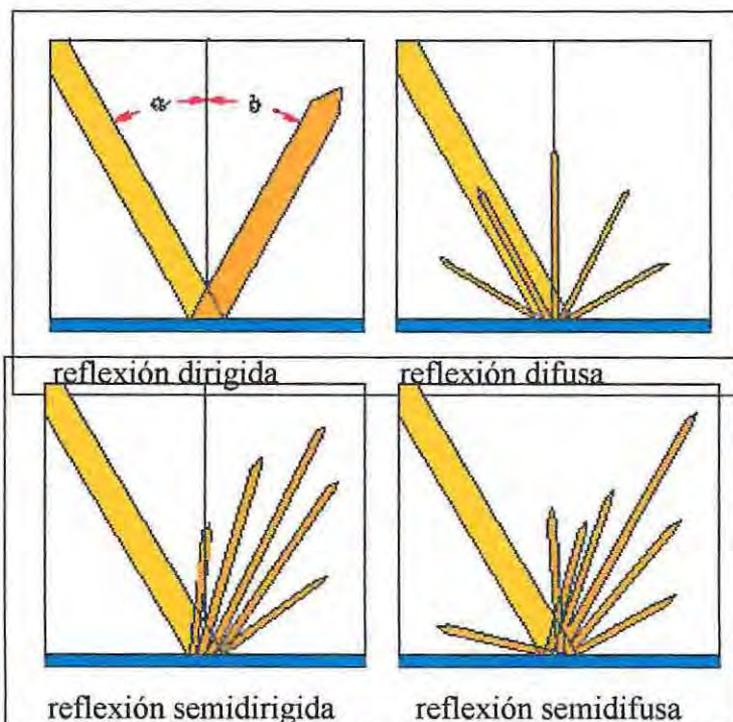
Difusa, es la reflexión producida en superficies rugosas y mates o compuestas de partículas minúsculas reflectantes que actúan como reflectoras especulares pero como cada una de ellas está orientada según planos diferentes, entonces cada rayo se refleja en diferente dirección. Constituyen superficies difusoras por ejemplo las superficies enyesadas, el papel mate. La pintura blanca mate se emplea en reflectores donde se requiere un ángulo de distribución de luz muy amplio.

Semidirigida, producida por superficies rugosas y brillantes como el papel "estucado gofrado"

Semidifusa, producida por superficies blancas y esmaltadas.

Tanto la reflexión semidifusa como la semidirigida son combinaciones de los dos primeros tipos de reflexión (difusa y dirigida), la diferencia radica en el dominio de uno u otro tipo, es decir, actúan como reflectores compuestos, así por ejemplo un reflector difuso cubierto con una delgada capa de barniz transparente actuará como reflector casi difuso con ángulos pequeños de incidencia y como reflector más bien especular con ángulos grandes.

Reflexión total, esta es una forma de reflexión especular que se produce en materiales transparentes tales como el agua, vidrios o plástico. La reflexión total se produce cuando el ángulo de incidencia excede de un cierto valor crítico. En este caso los rayos incidentes se reflejan totalmente.



-Transmisión

Se conoce con el nombre de transmisión de la luz a su propagación a través de un medio transparente o traslucido sin que se produzca ninguna alteración en la frecuencia de sus componentes monocromáticos. Este fenómeno es característico de ciertos tipos de vidrio, cristal, agua y otros líquidos.

Al igual que en la reflexión, la constitución de los cuerpos determina las siguientes clases de transmisión:

Dirigida, que se produce por los cuerpos transparentes, como el vidrio claro

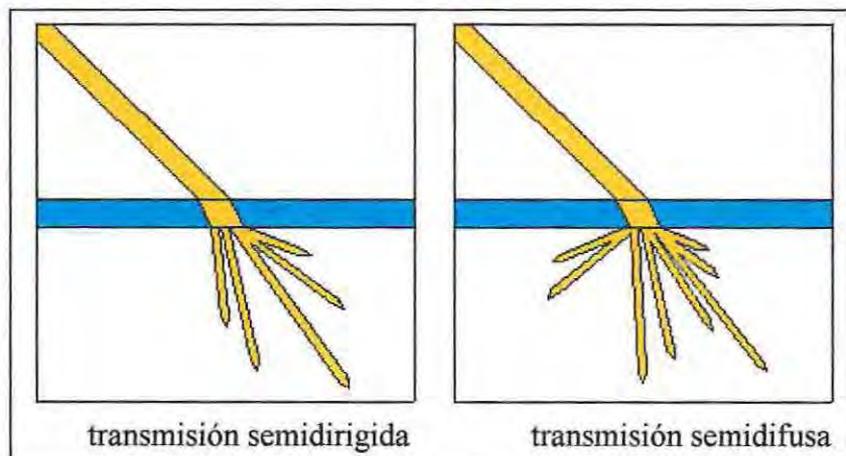
difusa, que se produce por los cuerpos traslúcidos muy densos, como vidrio muy opal.

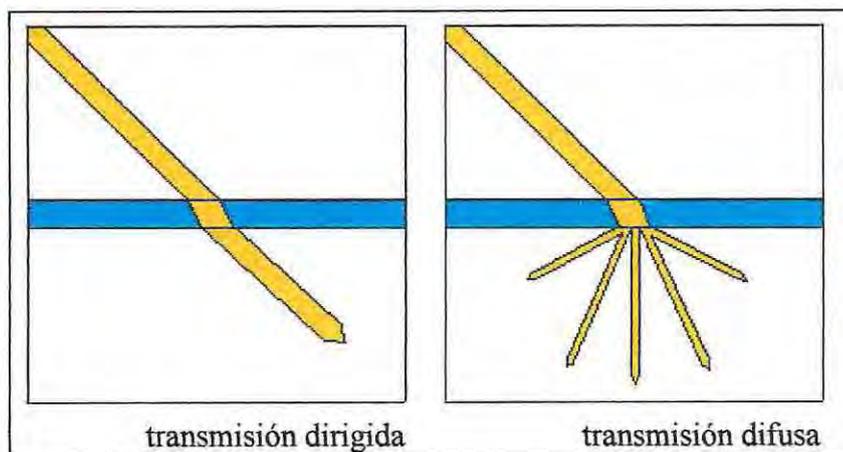
La transmisión difusa evita el deslumbramiento.

Semidirigida, que se produce por los cuerpos menos transparentes como el vidrio mateado

Semidifusa, que se produce por los cuerpos traslúcidos menos densos, como el vidrio ligeramente opal.

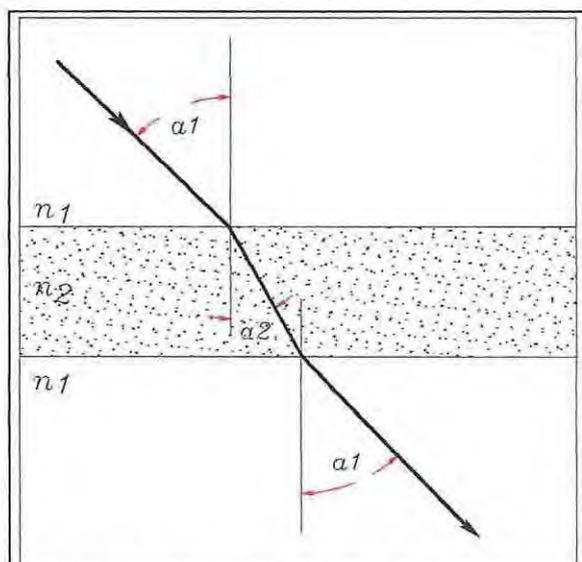
Asimismo son formas mixtas de las dos primeras clases de transmisión, la semidirigida y la semidifusa.





-Refracción

Existe un fenómeno por el cual al salir un rayo de luz de un medio y entrar en otro, este puede cambiar su dirección. Este cambio de dirección se debe a una variación de la velocidad de la luz. La velocidad disminuye si el nuevo medio posee mayor densidad que el anterior y aumenta cuando lo es menor. Este cambio de velocidad va siempre acompañado de una desviación del rayo luminoso que se conoce como refracción.



Refracción en los límites de separación entre dos medios.

La ley de refracción se expresa por:

$$n_1 \operatorname{sen} a_1 = n_2 \operatorname{sen} a_2 \quad , \text{donde:}$$

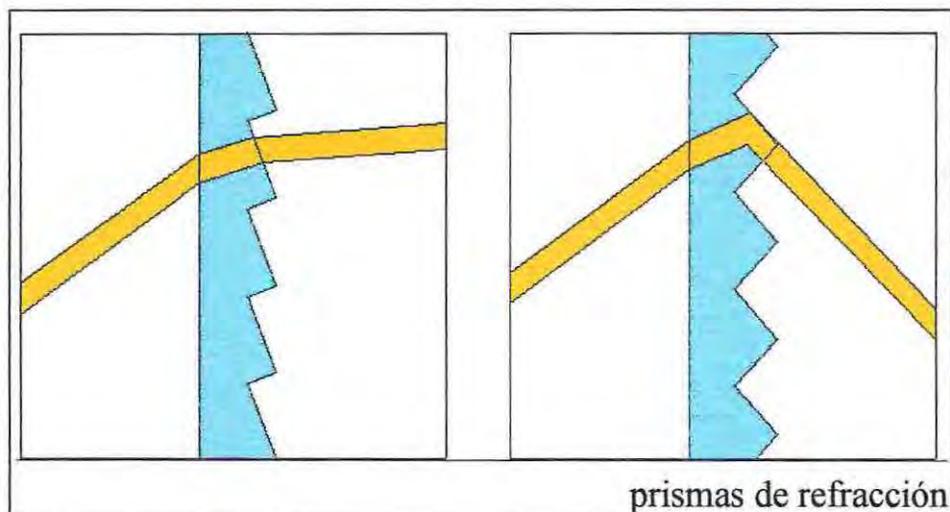
n_1 = índice de refracción del primer medio

n_2 = índice de refracción del segundo medio

a_1 = ángulo de incidencia

a_2 = ángulo de refracción

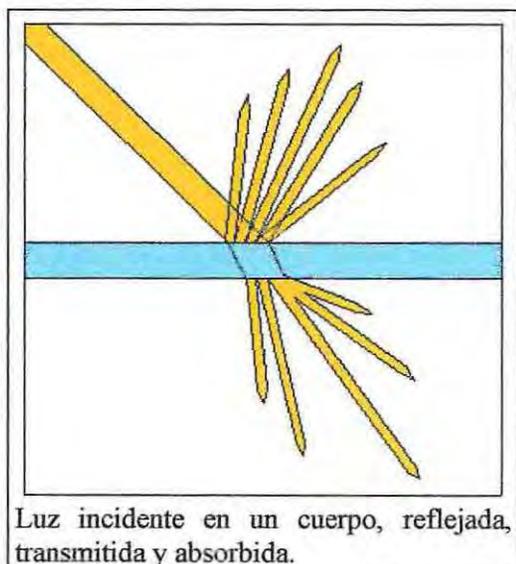
Para dirigir los rayos luminosos hacia direcciones particulares exactamente calculadas se emplean mucho los prismas de refracción, las lentes y otros materiales refractantes.



Absorción

En los fenómenos de reflexión y transmisión, parte de la luz que incide sobre los cuerpos es absorbida en

mayor o menor proporción según la constitución de los materiales que lo componen. De aquí que los fenómenos de reflexión, transmisión y absorción tengan una estrecha relación entre sí. La absorción siempre representa una pérdida de luz, y debido a esto, juega un papel muy importante en el color de los cuerpos como veremos mas adelante.



Luz incidente en un cuerpo, reflejada, transmitida y absorbida.



color temperatura de la luz.

Rendimiento en color : Las distintas fuentes luminosas poseen diferentes características cromáticas, por lo que a través de este concepto de índice de rendimiento en color, basado en el aspecto de ciertos colores de prueba (ocho colores predeterminados, con una saturación media en la escala de Munsell), cuando son iluminados por diferentes fuentes de luz.

La evaluación de una lampara de prueba resulta de una comparación con el índice de rendimiento en color, obtenido de una lampara patrón ideal y representado por una curva gráfica.

La lampara patrón que se utiliza es un radiador completo o cuerpo negro, el mismo utilizado para determinar la temperatura de color y que se explica mas adelante.

Este índice de rendimiento en color considera:

Las características de reflexión espectral de los colores de prueba;

La distribución espectral de la fuente patrón;

La adaptación del ojo humano.

Una lampara que entrega una distribución espectral idéntica a la de la lampara patrón (coinciden las curvas de energía espectral), entonces tiene un valor máximo de 100.

ÍNDICE DE RENDIMIENTO EN COLOR

50 a 80%	rendimiento moderado
80 a 90%	rendimiento bueno
90 a 100	rendimiento excelente

Normalmente sucede que las fuentes de luz que tienen una buena distribución de energía espectral o sea un buen rendimiento en color, tienen por el contrario una reducida eficacia luminosa, como sucede con las lamparas de incandescencia. En cambio otras tienen una distribución de energía espectral tan diferente de la de una fuente patrón que su rendimiento en color es muy bajo sin embargo su eficacia luminosa es elevada; esto sucede con las algunas lamparas de descarga como las de sodio de baja presión que presentando una gran eficacia (pudiendo alcanzar 200 lm/w), entrega una radiación casi monocromática.

Temperatura de color:

Cuando se calienta un cuerpo sólido, éste se pone incandescente (brilla con el color). Estas fuentes (entre ellas se cuentan el sol, las lámparas de tungsteno y ampolletas), emiten luz en todas las longitudes de onda y se dice que tienen un espectro continuo. Sin embargo, esto no significa que la luz de todas las fuentes luminosas de espectro continuo sean del mismo color. Las proporciones relativas de las longitudes de ondas corta o larga emitidas pueden variar ampliamente y dependen de la temperatura de la fuente luminosa.

Comparando por ejemplo dos ampolletas de 100 w, una que se use con su voltaje y la otra con 30 voltios menos. La segunda ampolleta no solamente brillará menos, sino que también será más roja que la ampolleta usada correctamente. Su iluminación contiene una proporción mayor de longitudes de onda roja y una proporción menor de longitudes de onda azul. Del mismo modo, si comparamos una ampolleta de fotografía de 500 w con una ampolleta doméstica de 200 w, la fuente luminosa más débil será al mismo tiempo menos brillante y proporcionalmente más roja.

Debido a que el color de la luz producido por una fuente es muy importante, es necesario expresarlo correctamente de alguna forma. Una manera es usando gráficos que representan la energía relativa emitida en cada longitud de onda. Estas curvas de distribución de energía espectral entregan muchos detalles; no obstante, es mucho más rápido relacionar el contenido de color de una fuente luminosa usando un sólo valor relacionado con su temperatura, llamado "**temperatura de color**". La temperatura del color de una fuente de luz blanca es la temperatura en **kelvins (k)** de un cuerpo negro que irradia perfectamente cuando emite una luz igual a la de la fuente que se está examinando. El "**cuerpo**" simplemente significa un trozo de metal suficientemente oscuro como para no reflejar luz incidente y capaz de irradiar uniformemente en todas las direcciones cuando es calentado. A medida que se calienta comienza a brillar una luz roja cereza, luego naranja... y lentamente las longitudes de onda predominantes tienden a cambiar hacia el azul ("**blanco caliente**"). En cualquier punto la luz emitida puede ser descrita según la temperatura del cuerpo, expresada en la escala absoluta ($273^{\circ} \text{ a } = 0^{\circ}\text{c}$) y expresada en kelvins, según el inventor del sistema, lord kelvin. Recordando el aspecto del metal cuando se calienta, una fuente luminosa muy rica en longitudes de onda roja y amarilla tiene una temperatura de color baja; una

fuentes de color con menos longitudes de onda roja y más azul, tiene una temperatura de color alta. Esto significa que una vela tiene una temperatura de color de aproximadamente 1.800 K, una ampolleta doméstica de 100 W 2.800 K y la luz solar media de mediodía aproximadamente 5.400-6.000 K luz diurna.

En los catálogos, la temperatura del color de una ampolleta generalmente se menciona junto a otros detalles como el casquete, vatiaje, voltaje, etc.

La temperatura de color mencionada supone que la ampolleta se use con el voltaje exacto, que tenga una envoltura de vidrio descolorado y no se use con un reflector coloreado, ni difusor, ni lentes fresnel.

Por lo demás es difícil definir la temperatura del color de la "luz diurna", ya que varía considerablemente bajo las condiciones climáticas, la ubicación geográfica, la estación del año y la hora del día.

Limitaciones a la temperatura del color. El concepto de la temperatura del color está basado sobre la comparación con un metal calentado; por lo tanto, fuentes de luz no-incandescentes (ejemplo la mayoría de los tubos fluorescentes, lámparas de vapor de sodio o mercurio) que crean luz por otros medios, no pueden darnos una figura de la temperatura del color. De hecho las curvas de distribución de un espectro de energía muestra que estas fuentes tienen un espectro discontinuo, ya sea en forma de línea o banda. Los intervalos muestran que a ciertas longitudes de onda no hay, en lo absoluto, alguna luz emitida.

Más adelante, veremos como todos estos fenómenos físicos son manejados para lograr producir los distintos efectos lumínicos de acuerdo a los diversos requerimientos. La tecnología se basa en ellos para conseguir la mayor eficiencia posible.

PARTE TERCERA

LUZ DE NOCHE

PARTE TERCERA
LUZ DE NOCHE



CAPITULO 6

ILUMINACIÓN DE FACHADAS



Luego de haber expuesto algo acerca de lo que se podría considerar como los materiales, o mas bien los componentes con los cuales estoy realizando mi investigación, expongo la temática propiamente tal.

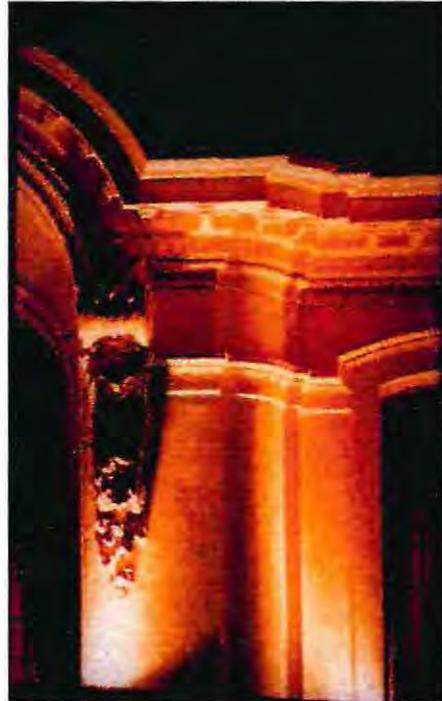
Esta temática responde un poco a una inquietud propia acerca de el empleo de la iluminación artificial en los exteriores de los edificios, de su validez como medio de exaltación de la obra arquitectónica, ajena a un enjuiciamiento formal de la obra como tal.

Hoy en día, con el dominio de la iluminación artificial, la noche pasa a ser un momento mas para vivir y reconocer la ciudad, es por esto que la imagen urbana debe ser explotada, reviviendo la visión que la noche nos niega, la visión de los valores arquitectónicos de modo de enriquecer la percepción de la obra como individualidad y la urbe como totalidad.

Durante las horas diurnas un edificio esta iluminado por la luz directa del sol, la difusa radiada desde el cielo o por ambas. El resultado es que los rasgos arquitectónicos del edificio se ponen de relieve por un variado juego de luces y sombras. el diseño de una iluminación por proyección presupone un estudio detenido de estos efectos lumínicos. Esta iluminación por proyección nunca va a lograr igualar la iluminación naturalmente obtenida, no debe estar dentro de sus objetivos, sino por el contrario la intención es crear una nueva forma de percepción de la obra, que resalte originalmente sus valores formales.



Debemos encontrar una expresión propia de la luz artificial, no por imitación de la luz solar, sino a través de una búsqueda en el campo funcional y estético- plástico.



Es común la discusión en torno a una dificultad que se encuentra en la iluminación con proyectores de los edificios importantes desde un punto de vista estético , ésta deriva del hecho de que, normalmente, el edificio fue diseñado para ser observado a la luz natural, con su gran variedad de incidencias, coloraciones e intensidades. Esta variedad de los efectos de la luz natural nunca puede imitarse mediante el alumbrado artificial, el hecho de invertir las sombras del edificio, producto de iluminarlo desde abajo, en contraposición a la forma como lo ilumina el sol es visto como una dificultad o mas bien un perjuicio hacia la obra, motivo de desconcierto de algunos arquitectos; mi intención es expresar un reconocimiento mediante este estudio hacia el uso de esta técnica ya que considero que ésta constituye una herramienta mas que el arquitecto debe de considerar dentro del campo de la creatividad de su oficio, para destacar la expresion de los valores arquitectonicos.



Cada edificación presenta contornos, volúmenes, planos, dimensiones y proporciones particulares, en síntesis formas y condiciones generalmente únicas que determinan a su vez una iluminación particular para cada caso. Entonces, al abordar un trabajo de iluminación, se debe hacer un reconocimiento acucioso de la obra a iluminar, posteriormente debe definirse un ordenamiento jerárquico de las partes de modo de establecer que elementos volumetricos realzar con mayor o menor fuerza ; de acuerdo a esto y a una intención predeterminada, se estará en condiciones de dar con una solución efectiva y eficiente a su vez.



Distintas impresiones producidas por la dirección de incidencia de la luz sobre máscaras; inversión de sombras modificando la sensación de relieve.

A continuación revisaré distintas problemáticas a abordar en el proceso de diseño de la iluminación.

¿Que se va a iluminar?

Esta es la primera interrogante que surge al enfrentar el trabajo de iluminación de un edificio; es necesario tener muy en claro de que tipo de edificio se trata, para esto debemos tener claro tres factores:

- uso del edificio
- aspecto del edificio
- estado del edificio

1º- Uso del edificio

Este primer factor, tiene que ver con la función que cumple el edificio en la ciudad (es muy distinto iluminar un edificio de oficinas, el torreón de una iglesia o un edificio deportivo), como con el significado que pueda tener para

sus habitantes puesto que iluminar por ejemplo un edificio declarado monumento nacional conlleva una gran responsabilidad al intervenir no la obra sino la imagen que la ciudadanía va a percibir de ella durante algunas horas de cada día.

Se suele iluminar edificios de empresas con un afán publicitario, donde se define una imagen corporativa

Reconocimiento de la imagen de un edificio como símbolo de corporeidad, de presencia y de liderazgo de la firma. Es el caso por poner un ejemplo, del edificio antena de Entel en Santiago, empresa de telecomunicaciones; este edificio constituye por sus formas y dimensiones un referente importante para la ciudad, rol que es considerado y más aún reforzado enormemente con la aplicación de un sofisticado sistema de iluminación que



Torre de telecomunicaciones ENTEL Santiago

incorpora color y movimiento y que mas tarde analizaremos. Otro caso es el del edificio Grace recientemente reciclado por la firma Comp. Sudamericana de Vapores CSAV en Valparaíso donde se pretende presentar esta clásica fachada en un espacio de importancia urbana, como la cara de una importante empresa naviera, otorgándole un status social. Son éstas, las grandes empresas, las que mas frecuentemente hacen uso de esta técnica por cuanto el costo de operación de estos sistemas es significativo y si va ligado a una intención de generar imagen empresarial o sea publicidad, este gasto es perfectamente costeable y seguramente rentable.

Al formular una aplicación luminotécnica debemos tener clara una intención para con el edificio, sea ésta por ejemplo destacarlo fuertemente del entorno o simplemente insinuarlo mediante suaves baños de luz en su fachada

2º- Aspecto del edificio

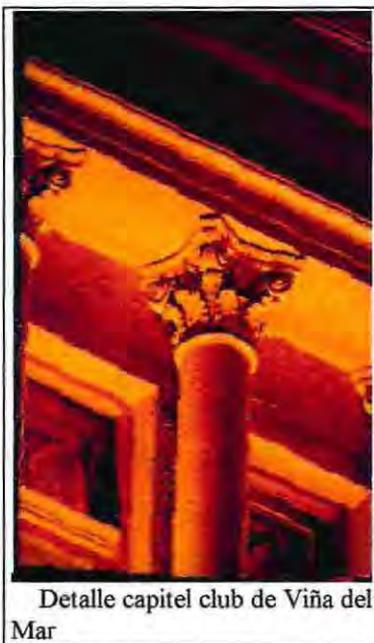
El segundo factor considera el aspecto del edificio, e implica un detenido analisis morfologico como de su materialidad. El estudio de su estilo formal, de la composición de los distintos elementos en la fachada ya sean estos ventanas, columnas, cornisas, torreones, salientes, cúpulas u ornamentos, es esencial para poder establecer una jerarquización y dar asi con una propuesta que aporte a la imagen del edificio.



Detalle arquitectónico del edificio de la Gobernación Marítima. Plaza Sotomayor, Valparaíso

El reconocimiento de la forma es de suma importancia en el diseño de la iluminación de un edificio; estas formas al ser iluminadas generan sombras las cuales refuerzan la tridimensionalidad al darle profundidad al edificio. Los contrastes de luz y sombra, y las siluetas dibujadas por esta última pueden modificar notoriamente la apariencia de la obra por lo que deben ser estudiadas todas las variables de acuerdo a un propósito claro y determinado. Se

recomienda no producir grandes sombras sino mas bien insinuarlas ligeramente por sobre el contorno del volumen



Detalle capitel club de Viña del Mar

También es importante el estudio del o los materiales que superficialmente se presentan en la fachada, el tipo de superficie, su textura, brillo y color que posee de modo de conocer los índices de reflexión, absorción y de refracción, información necesaria para definir los tipos de luminarias a utilizar así como las potencias y orientaciones de estas. El tema del color del edificio es de suma importancia puesto que con la aplicación de la iluminación artificial estos colores van a percibirse distorsionadamente de acuerdo al tipo de fuente de luz que empleemos. Este efecto es producido por el tipo de luz entregado por las lámparas y que poseen temperaturas de color distintas a las entregadas por el Sol, principal fuente de luz natural. Estas distintas temperaturas de color nos entregan distintas

apariencias de color, así es como existe luz cálida (amarilla), generalmente proveniente de lámparas de incandescencia y luz fría (blanca) proveniente de lámparas de descarga de gas y que hacen que un mismo color se vea totalmente diferente.

3º- Estado del edificio

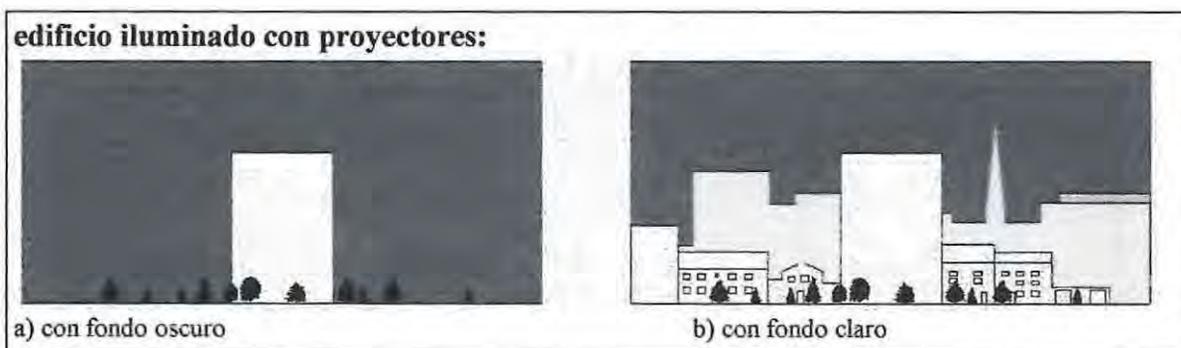
Un tercer factor importante de analizar es el que tiene que ver con el estado del edificio, o sea como este se presenta en la ciudad, su orientación, las distancias y ángulos posibles de observación por parte de los peatones, de modo de elegir la o las vistas principales y disponer el equipo de iluminación en función de esas vistas, generalmente hay varias direcciones desde las cuales puede observarse un edificio, pero muchas veces una de ellas puede seleccionarse como principal.; hay edificios que muestran claramente la importancia de una fachada por sobre el resto (fachada principal), como el caso del edificio de la ex intendencia de Valparaíso, otros privilegian a dos o más fachadas mientras que unos cuantos presentan una igualdad de condición para con todas sus fachadas, no privilegiando ninguna, generalmente estos edificios se constituyen como hitos dentro de la ciudad pues pueden ser percibidos por todos sus lados debido a la condición de libertad de adosamientos con otros volúmenes o a la clara ventaja de altura con respecto a las edificaciones próximas. La distancia de observación también es importante a la hora de

diseñar un sistema de alumbrado, puesto que de ella dependen los detalles de la fachada que permanecerán visibles.

Otro factor importante de considerar dentro del estado del edificio es el del ambiente lumínico del entorno próximo, de los niveles de luminancia aportados por las distintas fuentes existentes en las cercanías del edificio en cuestión pues si se desea destacar un edificio con luz y este está emplazado en una zona de alto nivel lumínico entonces se requerirá de bastante mayor potencia de iluminación que si se tratara de un entorno donde los niveles de luminosidad son bajos. Si hay otros edificios cercanos, sus ventanas iluminadas o sus paramentos, producirán una fuerte impresión de luminancia. Se necesitará más luz para que la iluminación por proyección produzca el impacto deseado. Lo mismo ocurre si, además, el fondo también produce resplandor. Otra solución puede ser la de crear contrastes de colores, en vez de diferencias de luminancias.

Por otro lado, si los alrededores y el fondo de un edificio son oscuros, se necesitan bajos niveles de luminancia para que el edificio destaque contra el fondo.

Las luminancias entregadas por la iluminación de la fachada del edificio pueden ser diseñadas de modo tal que a su vez refuercen la iluminación vial por iluminación indirecta con reflexión.



Entonces, el tema del **aspecto** del edificio como el del **estado** condicionan factores esenciales de la iluminación como lo son:

- tipo de luminarias
- potencia de luminarias

- orientación
- distanciamientos
- efectos

Así también, los elementos formales de un edificio que componen las fachadas a destacar, deben ser considerados. Abarcar no solamente lo que es iluminación general del volumen sino que también detalles arquitectónicos destacándolos con iluminación complementaria. Se pueden jerarquizar estos elementos según un criterio (remarcar por ejemplo un acceso, balcones, ventanas, columnas, o simplemente un relieve con cierto interés.)

Iluminación de fachadas:

Consideraciones generales.

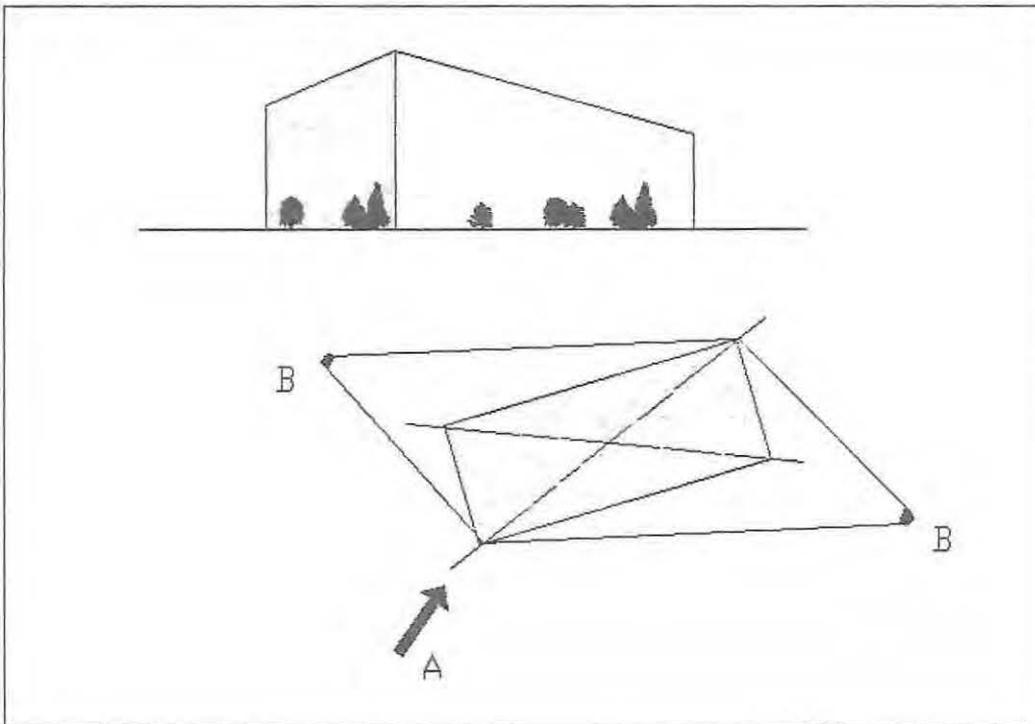
Línea de observación.

Distancia.

Obstáculos. Los árboles y las rejas que rodean un edificio pueden formar un elemento decorativo de la instalación. Un método atractivo para el trato de estos obstáculos es colocar las fuentes luminosas delante de ellos. Esto tiene dos ventajas: primero, las fuentes luminosas son invisibles para el observador y, segundo, los árboles y rejas se ven como siluetas contra el fondo iluminado de la fachada, lo que aumenta la impresión de profundidad.

Agua. Puede favorecer el proyecto cualquier extensión de agua, tal como lagos, fosos, ríos o canales. El edificio iluminado se reflejará en la superficie del agua, superficie que se comporta como “espejo negro”.

La forma del edificio. Una vez que se ha escogido la línea principal de observación, la implantación y enfoque de las unidades luminosas dependerá de la forma del edificio o, mejor, de la de su planta o corte horizontal. La experiencia indica que la mejor disposición de las fuentes luminosas para un edificio con planta rectangular es el indicado en el siguiente esquema. La línea principal de observación está indicada por la flecha **A** y la posición de las unidades luminosas, por los puntos marcados **B**. Al colocar las luminarias en los dos extremos de la diagonal se obtiene un buen contraste de luminancia entre los dos lados contiguos del edificio, con lo que se logra una buena perspectiva. Los haces oblicuos de los proyectores hacen resaltar la textura de los materiales que forman la fachada. Esta disposición para edificios rectangulares es también aplicable a los de planta cuadrada.



Materiales para las fachadas.

Si se desea determinar el nivel de iluminancia necesario para dar a una fachada la brillantez requerida hay que tener en cuenta dos factores: A continuación, indicamos las reflectancias de varios materiales de construcción.

La reflexión total de una fachada depende de varios materiales de construcción.

- el tipo de material de su acabado;
- el ángulo de incidencia de la luz;
- la posición del observador en relación con la superficie reflectante (reflexiones especulares).

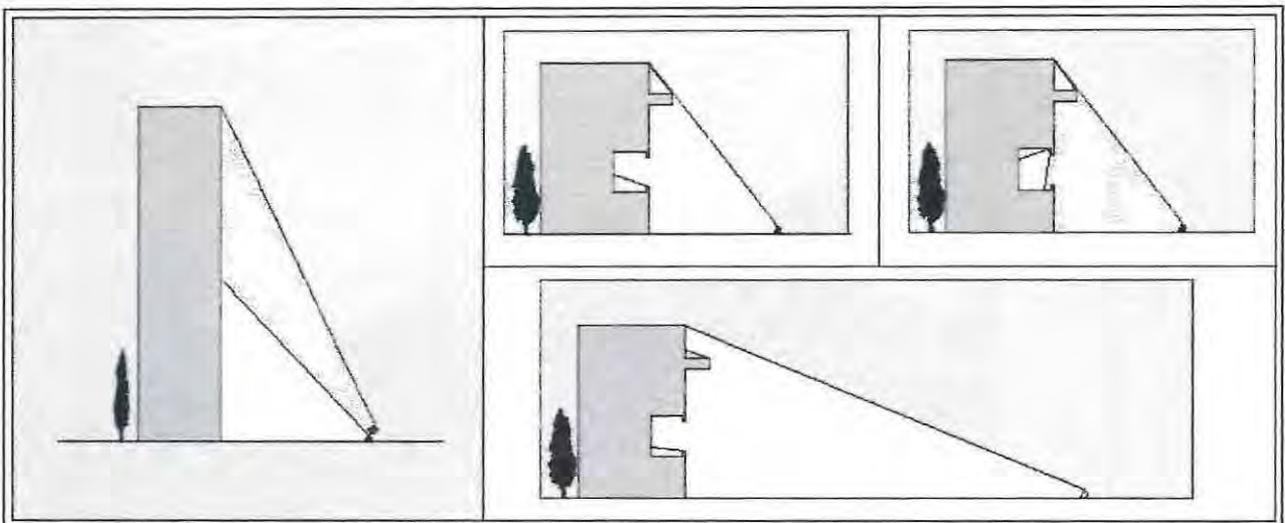
Que una determinada superficie refleje la luz en forma difusa, especular o de alguna otra manera intermedia entre estos dos extremos, dependerá de la textura de esta superficie. Podemos distinguir cuatro clases de superficies: supermate, mate, lisa y superlisa. En una instalación normal donde la luz está dirigida hacia arriba, contra una superficie vertical, la cantidad de luz reflejada

dirigida hacia arriba, contra una superficie vertical, la cantidad de luz reflejada que llega a un observador, a nivel del suelo, disminuirá a medida que aumenta el grado de acabado liso de la superficie iluminada.

Material	Estado	Factor de reflexion	Factor de absorción	Efecto resultante
Superficies pintadas con colores medios:				
Amarillo	-	0,5	0,5	Reflexión difusa
Beige	-	0,45	0,55	Reflexión difusa
Marron	-	0,25	0,75	Reflexión difusa
Rojo	-	0,2	0,8	Reflexión difusa
Verde	-	0,3	0,7	Reflexión difusa
Azul	-	0,2	0,8	Reflexión difusa
Gris	-	0,35	0,65	Reflexión difusa
Blanco	-	0,7	0,3	Reflexión semi-diriguida
Negro	-	0,04	0,96	Reflexión semi-diriguida
Vidrios				
Opaco negro	-	0,5	0,95	Reflexión difusa
Opaco blanco	-	0,75-0,8	0,25-0,2	Reflexión difusa
Mate	-	0,06-0,16	0,05-0,07	Transmisión semi-diriguida
Opal blanco	-	0,3-0,55	0,04-0,08	Transmisión difusa
Maderas				
Encina	-	0,1-0,15	0,85-0,9	Reflexión difusa
Nogal	-	0,05-0,1	0,9-0,95	Reflexión difusa
Metales				
Aluminio	-	0,6-0,7	0,3-0,4	Reflexión especular
Acero inoxidable	-	0,5-0,6	0,4-0,5	Reflexión especular
Otros materiales				
Cemento gris	-	0,2-0,4	0,6-0,8	Reflexión difusa
Hormigon o piedra	muy sucio	0,05-0,1	0,9-0,95	-
Hormigon o piedra	sucio	0,25	0,75	-
Hormigon o piedra	bastante limpio	0,4-0,5	0,5-0,6	-
Imitación a hormigon (pintura)	limpio	0,5	0,5	-
Ladrillos rojos	sucio	0,05	0,95	-
Ladrillos amarillos	nuevo	0,35	0,65	-
Ladrillos blancos	limpio	0,8	0,2	-
Marmol Blanco	bastante limpio	0,6-0,65	0,35-0,4	-
Yeso blanco	-	0,9-0,92	0,08-0,1	Reflexión difusa

Emplazamiento y selección de las fuentes luminosas.

Es necesario investigar todos los posibles emplazamientos de las fuentes luminosas. Por ejemplo, elementos salientes o voladizos (como balcones), muros o balaustradas pueden enriquecer la apariencia de una fachada, si se les incluye en el esquema de iluminación. En este caso, los reflectores deben colocarse a cierta distancia de la fachada, para evitar que resulten sombras excesivamente duras. Si no hubiese espacio para esto se podrían utilizar pequeñas fuentes luminosas, como iluminación complementaria, colocadas en el mismo voladizo como se ilustra a continuación:



Elementos entrantes o cóncavos, como galerías o balcones, quedarán en sombra al colocar proyectores a poca distancia de la fachada. En estos casos se puede usar iluminación complementaria, colocada en las mismas partes entrantes.

La luz de otro color puede ser apropiada para este fin. Una iluminación por proyección, colocada a una mayor distancia, produce menos sombras y elimina la necesidad de la iluminación adicional.

Algunas de las muchas alternativas para colocar las fuentes luminosas son: en los postes del alumbrado público o en postes expresamente colocados para este fin; en el techo de un edificio vecino; en soportes fijados en la misma fachada o en el suelo, detrás de bajos, setos o arbustos.

Así como el emplazamiento de las baterías de proyectores depende principalmente de la planta del edificio y sus detalles arquitectónicos, el tipo de los proyectores -especialmente por las características de su haz- depende de la altura del edificio.

Los proyectores de haz ancho son los más apropiados para construcciones bajas, de uno o dos pisos. Para edificios altos, de ocho o más pisos, los mejores resultados se obtienen con una batería de proyectores de haz estrecho y medio (fig. anterior izquierda). La uniformidad de luminancia se logra mediante una cuidadosa distribución de los haces de luz en la fachada y con un ajuste correcto de los mismos proyectores.



Proyectores de haz estrecho, instalados en la base de la torre Entel.

el color y sus usos

Se puede utilizar el color de muy diversas maneras en la aplicación de iluminación a edificios. En términos básicos, sin embargo, el diseñador está interesado en sus posibilidades funcionales, o bien lo utiliza para lanzar un mensaje o para crear una determinada atmósfera.

Un ejemplo del enfoque funcional en el uso del color se da cuando el diseñador elige el color de la luz para realzar sutilmente el color del material iluminado, tal como el azul frío del acero, el marrón rojizo del ladrillo o el amarillo de la piedra arenisca. Pero también puede exagerar o distorsionar los colores para lograr apasionantes efectos dramáticos.

También se puede emplear el color para resaltar o acentuar los distintos elementos arquitectónicos de un edificio u otro tipo de estructura. Una paleta de colores claros le permite dotar a cada elemento de un color o sombra diferente, pudiendo crear con la combinación de estos colores una nueva unidad-el surgimiento de una nueva composición.

El mundo que nos rodea no es nunca constante en lo que concierne a los colores. La hora del día, las condiciones atmosféricas, la estación del año, todo se combina para determinar en que forma vamos a percibir una escena concreta en un momento dado. La iluminación de color, por tanto, se emplea a veces para evocar o recordar una atmósfera diurna particular y “enmarcar la escena”, con un montaje de proyectores, durante la noche. La temperatura también está estrechamente relacionada con el color: la luz roja sugiere calor, mientras que la azul tiende más a transmitir efectos refrescantes.

La luz de color entronca en un punto de interés común para el diseñador de iluminación y el ingeniero. Para el primero, la luz de color es una herramienta artística que le ayuda a explotar al máximo su arte y su técnica. Para el ingeniero, existe el reto de como crear luz de color de la forma más rentable en términos de consumo de energía.

creación de luz de color mediante reflectores

Los reflectores de color también se emplean a veces para producir luz de color. Sin embargo, normalmente sólo se utilizan en combinación con lámparas reflectoras de globo, de consumo relativamente bajo, que dirigen toda su luz al reflector. En los proyectores de gran tamaño, una parte considerable de la luz “blanca” no se refleja en absoluto, sino que alcanza directamente el objetivo. Esto significa que el reflector no puede contribuir significativamente en la producción de luz de color.

lámparas desnudas.

Si se desea aprovechar la eficacia energética de la lámpara de descarga en gas, y no se requiere luz instantánea ni regulable, se pueden utilizar lámparas de descarga desnudas para conseguir determinados colores. La lámpara de sodio alta presión por ejemplo producirá una luz blanca-amarillenta ; la lámpara de mercurio una luz blanca-verdosa; y la lámpara convencional de halógeno metálico emitirá una luz blanca-azulada.

PARTE CUARTA
TÉCNICA Y TECNOLOGÍA



CONCEPTOS LUMINOTECNICOS

Fotometría.

La luz es una forma de la energía, puesto que a todo movimiento ondulatorio le corresponde siempre cierta cantidad de energía. Las cantidades de luz debieran, pues, expresarse en unidades energéticas; pero al hacerlo así surge una dificultad: el ojo humano no presenta la misma sensibilidad para los diversos colores, sino que es más sensible al verde que a cualquier otro color, es decir, a igualdad de energía, apreciamos como más intenso un rayo verde que un rayo de cualquier otro color. Por este motivo, es preciso adoptar un criterio autónomo para la medición de las cantidades de luz. La rama de la Óptica dedicada a tales mediciones constituye la *Fotometría*. Veamos algunos conceptos fundamentales.

Consideremos una bombilla eléctrica encendida. De la energía eléctrica que le suministramos, parte se convierte en luz y parte en calor. Se llama *flujo luminoso*, emitido por la bombilla, a la cantidad de energía en forma luminosa que envía por segundo. Pero como dicha emisión de luz, en general, no se realiza por igual en todas direcciones, conviene a menudo expresar el flujo luminoso que envía en una dirección determinada, considerada ésta como eje de un cono de determinada abertura. La abertura de éste se expresa mediante el llamado *ángulo sólido*, que se mide por el área que recorta dicho cono sobre una superficie esférica de radio unidad, centrada en el vértice del cono. Evidentemente, el ángulo sólido correspondiente a todas las direcciones del espacio valdrá 4π , pues ésta es el área total de una superficie esférica de radio unidad.

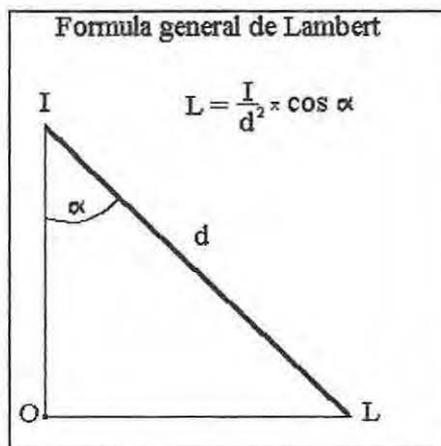
Se llama *intensidad luminosa*, emitida por un manantial en una dirección determinada, el flujo enviado en dicha dirección dentro de un cono de abertura unidad. La unidad de intensidad luminosa es la *bujía* o *candela*, definida como la sesentava parte ($1/60$) de la intensidad que parte de 1 cm.^2 de la boca de un horno que se encuentra a la temperatura de solidificación del platino (1770°C.).

Definida la candela, a partir de ella se fijan las demás unidades fotométricas. Así, la unidad de flujo luminoso es el *lumen*, que es el flujo que parte de manantial por unidad de ángulo sólido, en una dirección en la cuál la intensidad luminosa es de una candela. Por lo tanto, la cantidad de luz que nos

da una bombilla eléctrica se expresa en lúmenes. Dichas bombillas suelen dar alrededor de 12 lúmenes por cada vatio que consume. O sea, que una lámpara de 40 W. proporciona cerca de 500 lúmenes. Considerando que emita por igual en todas direcciones -lo cuál no ocurre más que de una manera - le corresponde en promedio una intensidad de $500/4\pi$ candelas.

$$I = \Phi/4\pi = 500/4\pi$$

Otra magnitud importante es la *iluminación*. Si cerca de una bombilla eléctrica encendida disponemos una superficie, decimos que ésta se encuentra iluminada por aquélla y se toma como medida de la iluminación el flujo recibido por unidad de superficie. La unidad de iluminación es el *lux*, que corresponde a 1 lumen recibido por cada metro cuadrado. Es evidente que la iluminación de una superficie varía de modo inversamente proporcional al cuadrado de la distancia; es decir, al duplicarse la distancia al manantial, la iluminación se reduce a la cuarta parte. La iluminación de una superficie colocada perpendicularmente a los rayos que parten de un manantial en una dirección en la cuál éste muestra una intensidad I (expresada en candelas), es igual a I/d^2 lux, siendo d la distancia medida en metros. Si la superficie no es perpendicular a los rayos incidentes, la iluminación se reduce, quedando multiplicada por el coseno del ángulo que forman los rayos con la normal a la superficie (*ley de Lambert*). Al aire libre, pero fuera de la acción directa de los rayos solares, se tienen iluminaciones del orden de 5.000 lux; en el interior de habitaciones muy claras hay unos 500 lux. La lectura resulta penosa con iluminaciones inferiores a 20 lux.



Intensidad luminosa.

La intensidad luminosa de una fuente de luz o luminaria se mide con un fotómetro de lectura directa o por medio de un fotómetro registrador gráfico. Ambos instrumentos se fundan en la fórmula básica:

$$I = Ld^2$$

donde: I = intensidad luminosa,

L = iluminancia,

d = distancia entre la fuente de luz y el punto de medida.

Si d se mantiene constante, el instrumento puede calibrarse directamente en unidades de intensidad luminosa.

El fotómetro comúnmente usado en laboratorios es del tipo de registro automático, en el cuál se usa un sistema de espejos que giran alrededor de la

fuente de luz y la reflejan en la dirección de la fotocélula, mientras la fuente de luz o luminaria permanece en su posición normal de funcionamiento.

El moderno equipo asociado con dichos fotómetros permite obtener automáticamente, en varios planos, las curvas de distribución de intensidad luminosa. Utilizando una computadora, la distribución lumínica puede servir para determinar otras magnitudes tales como flujo luminoso total o factores de utilización.

Flujo luminoso.

$$\Phi = I \times W \text{ (lm)}$$

El flujo luminoso total de una fuente de luz se puede obtener:

1. Por cálculo de la distribución de intensidad de luz.
2. Midiendo con un fotómetro de lectura directa.

1. La distribución de intensidad luminosa da, por definición, una medida del flujo luminoso emitido por la fuente de luz según varios ángulos sólidos. Como cada ángulo sólido contiene un determinado flujo luminoso, la suma de todos los lúmenes contenidos en todos los ángulos sólidos nos da idea del flujo luminoso total radiado por la fuente de luz.

Por tanto:
$$\Phi = \sum \frac{I}{\Delta\Omega}$$

donde $I / \Delta\Omega$ representa la intensidad luminosa media de cada uno de los ángulos sólidos $\Delta\Omega$ considerados.

2. El método de lectura directa se basa en la medida del flujo luminoso por medio de un fotómetro de esfera (fotómetro integrador).

Luminancia.

Un método muy sencillo para medir la luminancia de una fuente de luz consiste en cubrirla con una pantalla opaca no reflectante, en la que se ha practicado una abertura de un centímetro cuadrado.

La luminancia se obtendrá, en candelas, midiendo la intensidad luminosa emitida por este cm^2 de fuente o superficie, este es:

$$L = \frac{I}{A} = \frac{Er^2}{A}$$

donde r es la distancia entre la abertura y el punto de medida y A el área de la abertura.

Normalmente se emplea el luminancímetro para la medida de la luminancia. Los luminancímetros modernos son de lectura directa e incorporan células fotosensibles o resistores conectados a un circuito eléctrico.

Illuminancia.

$$L = \Phi / S \text{ (lux)}$$

Se mide la iluminancia bien sea para conocer este valor propiamente dicho o como paso intermedio en el cálculo de otras magnitudes fotométricas. En principio no hay diferencia entre un tipo de medida y otro, pero mientras en el primer caso la medida de la iluminancia producida por una instalación de luz puede realizarse habitualmente con un iluminancímetro portátil, en el segundo ha de emplearse un equipo muy preciso en medida y lectura, que permita alcanzar el grado de precisión requerido.

Los instrumentos de medida dotados de elementos fotosensibles se emplean comúnmente para medir la iluminación (en lúmenes por unidad de superficie o lux). Las fotocélulas generan una diferencia de potencial proporcional a la cantidad de energía radiante que incide en su superficie sensible a la luz. Los sencillos instrumentos utilizados en mediciones prácticas de iluminancia suelen tener tamaño reducido, de bolsillo, e incorporan la correspondiente fotocélula. Estos instrumentos son comparables a los exposímetros, instrumento muy conocido en fotografía. Para lecturas más exactas en medidas de niveles de muy baja iluminancia, como sucede en instalaciones de alumbrado público, ha de usarse un instrumento de mayor precisión, con cápsula fotoeléctrica separada.

Distribución espectral.

La distribución espectral de una fuente de luz -flujo radiante o energía en función de la longitud de onda- se mide con un espectrofotómetro. Este instrumento refracta y difracta las distintas longitudes de onda del espectro por medio de prismas o redes de difracción, y las enfoca mediante lentes o espejos.

El espectrofotómetro es importante en la determinación de la transmitancia y la reflectancia espectrales de materiales y en la distribución espectral de las fuentes de luz. La apariencia de color, la temperatura y el índice de rendimiento en color de una fuente de luz se pueden calcular partiendo de la distribución de energía espectral relativa medida con el espectrofotómetro.



Ejemplo de un gráfico de distribución espectral.

Aplicación a la iluminación de fachadas de edificios

Niveles de iluminancia recomendados para la aplicación en iluminación por proyección.

El recuadro, indica los niveles recomendados de iluminancia en función de los materiales que se usan en acabado de edificios, para alrededores con iluminación reducida, buena o fuerte.

Superficie		Iluminación en lux, si los alrededores tienen		
Tipo	Estado	Poca ilumi- nación	Buena ilumi- nación	Alta ilumi- nación
Ladrillo blanco	bastante limpio	20	40	80
Ladrillo amarillo	bastante limpio	50	100	200
Ladrillo rojo	bastante limpio	75	150	300
Ladrillo rojo	sucio	150	300	-
Marmol blanco	bastante limpio	25	50	100
Hormigon o piedra (colores claros)	bastante limpio	50	100	200
Hormigon p piedra (colores oscuros)	bastante limpio	75	150	300
Hormigon	Muy sucio	150	300	-
Granito	bastante limpio	100	200	400

Iluminancias recomendadas para varios materiales de construcción

Cálculo de iluminancia.

Hay dos métodos para establecer el tipo y número de proyectores necesarios para lograr la iluminancia deseada: el del flujo luminoso y el de la intensidad luminosa. El primero es recomendable para grandes fachadas y el segundo para torres altas, campanarios, chimeneas, etc.

Método del flujo luminoso (lúmenes). Este método requiere el cálculo del número total de lúmenes (o sea, el flujo luminoso total) dirigidos hacia la fachada por todas las lámparas. Este total puede calcularse con la fórmula:

$$\Phi_{\text{total}} = \frac{S \times E}{\eta} \text{ (lm)}$$

donde: S = área de la superficie iluminada en m^2 ;

E = iluminancia deseada en lux;

η = factor de utilización, que tiene en cuenta la eficiencia del proyector y las pérdidas de luz por acumulación de suciedad (eficiencia lumínica).

La presencia de un factor de utilización en esta fórmula indica que no todos los lúmenes de las lámparas contribuyen al nivel de iluminancia de la fachada. Los lúmenes producidos se enfocan mediante reflectores y es inevitable alguna pérdida. Después de algún tiempo de funcionamiento del proyector, hay otra pérdida, porque se reduce el flujo luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la acumulación de polvo, tanto en la lámpara como en el proyector. Finalmente, un porcentaje de las pérdidas se debe a la luz que se pierde, luz parásita, o sea, la que no incide en la fachada del edificio.

En la práctica puede aplicarse un factor medio de utilización entre 0,25 y 0,35. Poniendo esta cifra en la fórmula anterior se puede calcular el flujo luminoso total. Dividiéndolo por la cantidad de lúmenes por proyector, resulta el número requerido de proyectores, o sea:

$$\text{Número de proyectores} = \frac{\Phi_{\text{total}}}{\Phi_{\text{proyector}}}$$

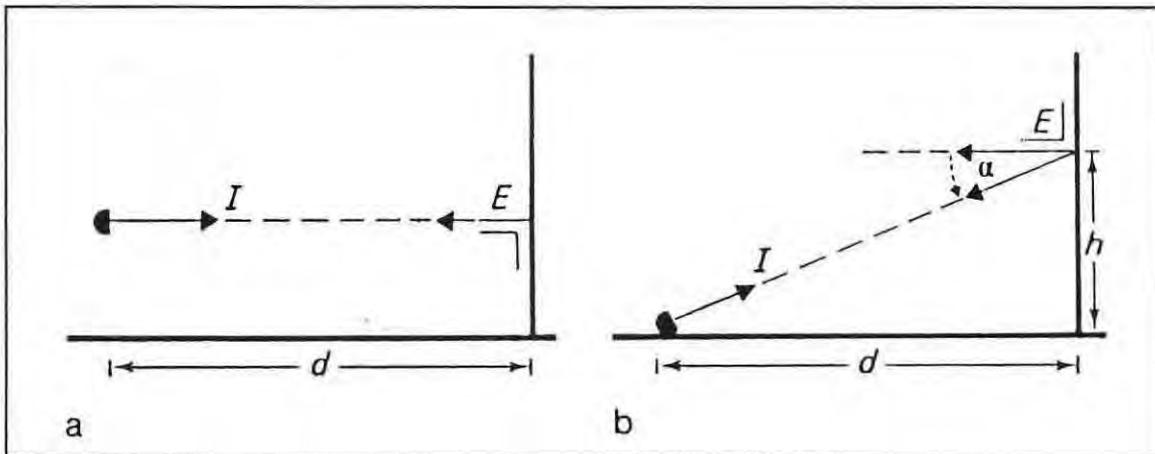
Método de intensidad lumínica (candelas). En este método, el punto de partida es el cálculo de la intensidad luminosa (en candelas) que debe ser irradiada por la fuente luminosa en determinada dirección para producir la iluminancia vertical deseada.

Esta intensidad luminosa, I , se calcula con las fórmulas:

$$I = E \times d^2 \text{ (Fig. a) o sea}$$

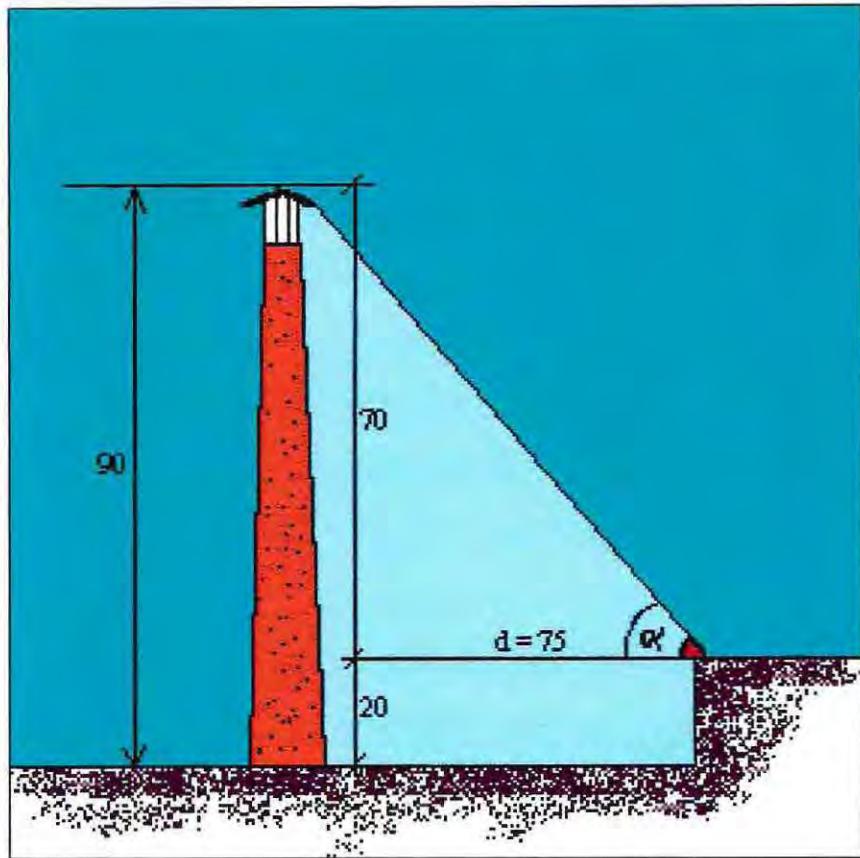
$$I = \frac{E \times h^2}{\sin^2 \alpha \cos \alpha} \text{ (fig. b)}$$

donde: E = iluminancia vertical que incide en la fachada, en lux;
 h = altura en metros entre el plano de montaje de los proyectores y el punto donde el centro del haz de luz incide en la fachada;
 d = distancia horizontal, en metros, entre el proyector y la fachada;
 α = ángulo con el cual el haz de luz incide en la fachada.
 (Nota: $\alpha = \text{arc tg } h/d$.)



Conociendo los valores de I , se pueden usar diagramas de intensidad luminosa o tablas, para determinar el tipo de proyector apropiado.

Ejemplo: Se desea iluminar la torre y el campanario de una iglesia. Su altura es de 90 metros. Se coloca un proyector en el techo del edificio vecino, de una altura de 20 metros, situado a una distancia de 75 metros de la torre. La iluminación requerida es de 50 lux.



Por consiguiente:

$$a = \arctg \frac{90 - 20}{75} = 43^\circ$$

$$I = \frac{50 \times 70^2}{0,465 \times 0,731} = \frac{245\ 000}{0,34} = 720.000 \text{ candelas}$$

El proyector seleccionado debe tener, por consiguiente, en el centro del haz de luz una intensidad de 720.000 candelas (o dos proyectores de la mitad de este valor).

El diámetro de la luz proyectada puede calcularse con la fórmula:

$$\Phi = d \times 2 \frac{\text{tg } \beta}{2}$$

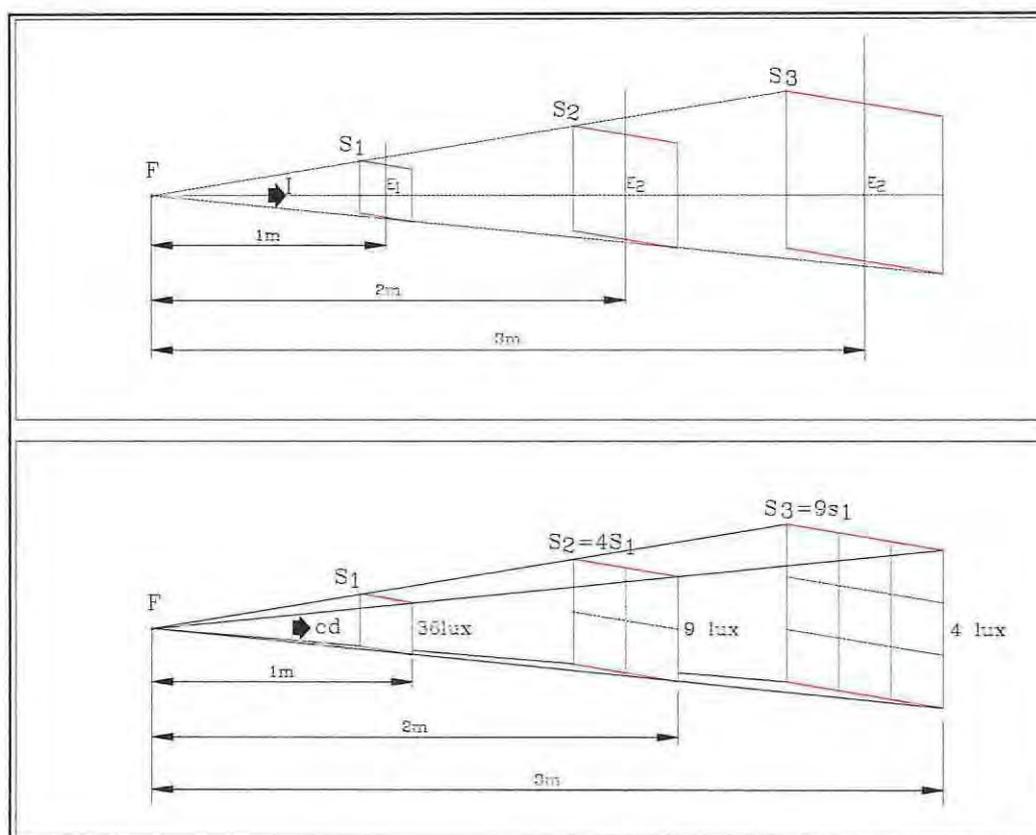
donde: **d** = distancia entre el proyector y la superficie iluminada, y
β = abertura del haz del proyector en grados. (Para el ángulo se toman en cuenta solamente aquellas intensidades luminosas de la curva polar que sean superiores al 50 % del máximo.)

LEYES FUNDAMENTALES DE LA LUMINOTECNIA

LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA

La iluminación producida en un punto de una superficie por una fuente luminosa en la dirección determinada por la recta que une la fuente con el punto central de la superficie y para una distancia dada se deduce el estudio de la figura A.

A



B

El manantial luminoso puntual F emite el mismo flujo en todas las direcciones del espacio. En la superficie S , colocada perpendicularmente a una dirección determinada distante del foco 1m, se obtendrá una iluminancia regular E_1 ; en otra superficie $S_2 = 4S_1$, distante de 2m, una luminancia E_2 ; y en $S_3 = 9S_1$,

distante 2m, una iluminancia E_2 ; y en $S_3 = 9S_1$, distante 3m, E_3 , cuyos valores serán:

$$E_1 \quad E_2 = E_1 / 4 \quad E_3 = E_1 / 9$$

En los tres casos la intensidad luminosa $I = \Phi / \omega$ es la misma ya que el ángulo sólido es común a las tres superficies, por lo que se puede establecer la siguiente ley:

“ Para un mismo manantial luminoso, las iluminancias en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación son directamente proporcionales a la intensidad luminosa del foco, e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa del mismo”. Esta ley se expresa por la formula:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

La ley de la inversa del cuadrado de la distancia se cumple cuando se trata de una fuente puntual de superficies perpendiculares al flujo luminoso y cuando la distancia es grande en relación al tamaño del foco. Para fuentes de luz secundarias (luminarias), se considera suficientemente exacta, si la distancia es por lo menos cinco veces la máxima dimensión de la luminaria.

Según esta ley, un manantial con una intensidad luminosa uniforme de 36 candelas, que emite luz en ángulo sólido siempre constante producirá sobre una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación, a las distancias de 1,2 y 3m, las siguientes iluminancias:

$$\text{En la superficie a 1m} \quad E_1 = I / d_1^2 = 36 / 1^2 = 36 \text{ lux}$$

$$\text{En la superficie a 2m} \quad E_2 = I / d_2^2 = 36 / 2^2 = 9 \text{ lux}$$

$$\text{En la superficie a 3m} \quad E_3 = I / d_3^2 = 36 / 3^2 = 4 \text{ lux}$$

$$\text{de donde se deduce que:} \quad E_1 = 4 E_2 = 9 E_3$$

En la figura puede observarse que el mismo flujo luminoso para la distancia de 2m se reparte sobre una superficie cuatro veces mayor que para la distancia de 1m; y de la misma forma para la distancia de 3m se reparte sobre una superficie nueve veces mayor. Como $E = \Phi / S$, la iluminación resultante en

cada superficie es respectivamente cuatro y nueve veces menor que en S_1 , según indica la ley, (véase figura B).

ILUMINACIÓN NORMAL, HORIZONTAL Y VERTICAL

En la figura C, el manantial F ilumina tres planos situados en posiciones normal, horizontal y vertical respecto al mismo. Cada uno de ellos tendrá una iluminancia llamada:

E_n = iluminancia normal

E_h = iluminancia horizontal

E_v = iluminancia vertical

El valor de la iluminancia normal, horizontal y vertical para el punto P de la figura se determina de la siguiente forma:

Iluminación normal: Aplicando la ley de la inversa del cuadrado de la distancia

$$E_n = I_\alpha / d^2$$

,siendo I_α = intensidad luminosa bajo el ángulo α . Prácticamente, sólo se considera la iluminancia normal de un punto en el caso que éste se encuentre situado en la vertical del manantial luminoso sobre el plano horizontal, por lo que la fórmula anterior se convierte en:

$$E_n = I / h^2$$

y también cuando está situado en línea recta con el manantial sobre el plano vertical, siendo la iluminancia

$$E_n = I / a^2$$

Iluminación horizontal: Aplicando la ley del coseno,

$$E_h = E_n \times \cos \alpha$$

$$E_h = I_\alpha / d^2 \times \cos \alpha \text{ y}$$

en relación con la altura h:

$$E_h = I_\alpha / h^2 \times \cos^3 \alpha$$

Iluminación vertical: Aplicando la ley del coseno,

$$E_v = E_n \times \cos \beta$$

$$E_v = E_n \times \sin \alpha$$

CAPITULO 8

FUENTES DE LUZ - TECNOLOGÍA

Desde que se invento la iluminación eléctrica a la fecha, los requerimientos luminotécnicos se han complejizado y han demandado un gran desarrollo tecnológico. La tecnología de la generación y distribución de luz, cada vez ofrece mas posibilidades al servicio de la arquitectura, siendo esencial el avance que han experimentado las fuentes generadoras de luz: Las lámparas y las luminarias.

A continuación revisaremos los distintos tipos de lámparas y de luminarias, siempre referidos al tema del estudio, la iluminación de fachadas

LAMPARAS

Lámpara es el elemento capaz de producir luz artificialmente, en este caso mediante energía eléctrica. Las primeras lámparas eléctricas consistían en hacer pasar la corriente a través de una resistencia o filamento, contenida al vacío en una ampolla de vidrio.

Hoy en día, las lámparas eléctricas de alumbrado se clasifican en dos grupos principales: las incandescentes y las de descarga en gas.

-LAMPARAS INCANDESCENTES

estas lámparas producen luz gracias a un filamento que se pone incandescente debido a que a través de el se hace pasar corriente eléctrica.

La lámpara de incandescencia, se compone principalmente de un filamento, gas de relleno, la ampolla y el casquillo.

El filamento. Cuanto mas elevada sea la temperatura del filamento, mayor será la parte de energía radiada por él comprendida en la región visible del espectro, y mayor la eficacia de la lampara. Actualmente se utiliza el filamento de tungsteno para las lámparas incandescentes, debido a que este tiene un alto punto de fusión y un bajo porcentaje de evaporación, por lo que permite alcanzar temperaturas de funcionamiento mas altas que con cualquier otro tipo de material y, por consiguiente, lograr una mayor eficacia en la lámpara.

Se ha conseguido un aumento de eficacia luminosa mediante el arrollamiento en doble espiral del hilo de tungsteno que constituye el filamento. El sistema de doble espiral, al mismo tiempo que aumenta la eficacia de la lámpara, reduce el tamaño del filamento, por lo que se ha incorporado en muchos tipos de lámparas incandescentes de uso general.

Asimismo este tipo de filamento presenta al gas de relleno una superficie menor lo que trae como consecuencia una reducción de la pérdida de calor por conducción y convección.

El gas de relleno. La evaporación del filamento se reduce cuando la ampolla se rellena con un gas inerte a presión, pudiendo entonces aumentarse la temperatura de funcionamiento del filamento. Los gases que más corrientemente se utilizan son nitrógeno y argón.

La ampolla. El filamento de la lámpara incandescente está situado dentro de una ampolla de vidrio cerrada, que puede ser de vidrio claro, blanco o coloreado. También existe una ampolla blanca mateada obtenida gracias al tratamiento de su superficie interior con ácido, con el objeto de lograr una difusión de la luz, aunque esto se puede lograr de mejor manera revistiendo el interior de la ampolla con una capa de silicato blanco debido a que aumenta la capacidad de difusión.

Existen ampollas de distintas formas de acuerdo a los requerimientos.

El casquillo. Esta es la parte metálica que conecta la lámpara con el portalámparas. Para aplicaciones generales se dispone de casquillos de rosca y de bayoneta, que se identifican con las letras E (Edison) y B (Bayoneta), seguidas por una cifra que indica el diámetro del casquillo en milímetros.

Características de funcionamiento

Tanto la duración como el rendimiento luminoso de una lámpara dependen de la temperatura del filamento. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será su eficacia (lúmenes emitidos/vatios consumidos) y menor su vida.

Potencia nominal	Flujo luminoso	Eficiencia
(w)	(lm)	(lm/w)
	a 220 v	a 220 v
25	220	8.8
40	350	8.8
60	630	10.5
100	1250	12.5
150	2090	14
200	2920	14.6
300	4610	15.3
500	8300	16.6
1000	18600	18.6
1500	29000	19.5

Existen lámparas incandescentes especiales como lo son las lámparas reflectoras y las halogenadas; las primeras tienen una fina capa metálica en la superficie interna de la lámpara, a modo de espejo, dirigiendo la luz generada en una dirección determinada.

La parte frontal presenta un lente, diseñado para lograr haces de luz de distinta abertura, así existen lámparas de haz estrecho o "spot" y lámparas de haz ancho o "flood". Estas lámparas son de vidrio prensado, muy resistente al calor.

Existe un tipo de lámpara reflectora que posee un reflector interno en su parte frontal de modo de entregar una iluminación indirecta.

Por otra parte las lámparas halogenadas tienen la ventaja de poseer una menor disminución del flujo luminoso con el tiempo de uso debido a que con el contenido de gas se evita el ennegrecimiento del globo. A su vez estas lámparas presentan una mayor eficiencia luminosa y una menor dimensión del bulbo.

-LAMPARAS DE DESCARGA EN GAS.

La luz emitida por una lámpara de descarga en gas (o en arco) no se genera calentando un filamento, sino excitando un gas (vapor metálico o mezcla de

diferentes gases o vapores) contenido en un tubo de descarga. El tubo de descarga está situado en el interior de una ampolla tubular o elipsoidal.

TENSIÓN DE ENCENDIDO Y CORRIENTE DE LA LÁMPARA.

Para que se produzca la descarga a través de un gas se necesita una cierta tensión mínima de encendido o de cebado. Después del encendido la corriente que circula por la lámpara crece rápidamente, debido a una avalancha de electrones que se libera en el interior del tubo de descarga sin obstáculo alguno. Esta corriente alcanzaría valores peligrosamente altos si no conectara en serie con la lámpara una bobina autoinductiva que es el balasto el cual limita dicha corriente en un valor tal que conserva constante la descarga a través del gas contenido en el tubo.

TIPOS DE LÁMPARAS DE DESCARGA.

Lámparas de sodio de baja presión. El tubo de descarga de una lámpara de sodio de baja presión (SOX) es de vidrio; contiene sodio que se evapora a 98°C (con una presión de unos pocos N/m^2) y una mezcla de gases inertes (neón y argón), con una presión de unos cientos de N/m^2 , para conseguir para conseguir una tensión de encendido baja. El tubo de descarga está situado en el interior de una ampolla de vidrio al vacío, revestida en su interior con óxido de indio. Este revestimiento actúa como reflector infrarrojo y mantiene así la pared del tubo de descarga a la temperatura correcta de funcionamiento (270°C).

La lámpara de sodio de baja presión se caracteriza por su radiación casi monocromática, alta eficacia luminosa (que puede alcanzar 200 lm/W) y larga vida. Se utiliza cuando no es importante la reproducción correcta de los colores, pero si la percepción de contrastes, por ejemplo en autopistas, puertos y zonas de clasificación en ferrocarriles. La lámpara SOX se fabrica en potencias desde 35 hasta 180 W.

Lámparas de sodio de alta presión. El tubo de descarga de una lámpara de sodio de alta presión contiene una cantidad tal de sodio que permite que, cuando la lámpara funciona con una presión entre 13 y 26 kN/m^2 , en el interior del tubo queda con un remanente de sodio, dando como resultado un vapor de sodio saturado, al mismo tiempo que sirve para compensar la absorción de las superficies interiores.

Se utiliza también un exceso de mercurio como gas amortiguador y se incluye xenón a baja presión para facilitar y limitar la conducción de calor del arco hacia la pared del tubo. El tubo de descarga es de óxido de aluminio sinterizado, que resiste la intensa actividad química del vapor de sodio en la temperatura de funcionamiento de 700° C, y se aloja en el interior de una ampolla protectora de vidrio duro, en la que se ha hecho el vacío.

Las lámparas de sodio de alta presión emiten energía a todo lo largo del espectro visible y su rendimiento en color es bastante bueno, si lo comparamos con el de las de sodio de baja presión.

Su eficacia luminosa es de unos 130 lm/W y la temperatura de color, de aproximadamente 2.100°K.

Existe un nuevo tipo, especial, de lámparas de sodio de alta presión: la SON-H. Con esta lámpara se puede reemplazar una de vapor de mercurio de alta presión, sin necesidad de sustituir también el balasto ni agregar algún dispositivo de arranque. Actualmente estas lámparas se fabrican en 330 y 210 W. La primera puede reemplazar a lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 400 W con un ahorro en el consumo de energía (-15%) y un aumento del flujo luminoso de 30.000 lúmenes (+25%); la segunda puede reemplazar a una lámpara de vapor de mercurio de alta presión de 250 W, con ventajas similares al caso anterior.

Las lámparas de sodio de alta presión, con su alta eficacia y agradables propiedades de color, encuentra cada día una mayor aplicación en el alumbrado público y en el industrial de naves altas.

Los tipos SON y SON-H tienen una ampolla exterior elíptica, revestida interiormente con un polvo difusor. La ampolla del tipo SON-T es de vidrio claro y de forma tubular.

Lámparas de mercurio. Durante el funcionamiento, el tubo de descarga, hecho de sílice fundida, contiene mercurio vaporizado a una presión entre 2×10^5 N/m² y 10^6 N/m². A la temperatura ambiente el mercurio está en estado líquido. Para facilitar el arranque se introduce en el tubo de descarga una pequeña cantidad de un gas de vaporización más rápida. Un electrodo principal está situado en cada extremo del tubo y al lado de uno de ellos hay un electrodo auxiliar de arranque. La ampolla exterior contiene normalmente un gas inerte (a la presión atmosférica cuando funciona la lámpara), el cual estabiliza la lámpara, manteniendo una temperatura casi constante dentro de las condiciones normales del ambiente en que funciona.

La lámpara de mercurio de alta presión presenta un color blanco azulado, aún cuando el arco produce un espectro de rayas, con emisión dentro de la

banda visible y en longitudes de onda de amarillo, azul y verde, con ausencia de radiación roja.

El arco producido por el mercurio tiene un bajo índice de rendimiento en color, pero emite una parte importante de su energía en la región ultravioleta del espectro. Mediante una capa de fósforo aplicada en la pared interior de la ampolla, esta energía ultravioleta puede producir un componente rojo, mejorando así el rendimiento y el aspecto cromático.

Las lámparas de mercurio de alta presión diseñadas para la iluminación por proyección tienen una ampolla exterior ovoide de vidrio claro (tipos HP) y tubular (tipos HP/T). Las que llevan una capa de fósforo para mejorar el rendimiento en color se designan con las letras HPL-N. También hay una versión de la lámpara HPL-N con reflector incorporado, serie HPLR-N. Ambos tipos de lámparas HPL se emplean frecuentemente en alumbrado público y en el industrial.

Lámparas de luz mezcla. La lámpara de luz mixta o lámpara de luz mezcla consiste en una ampolla llena de gas, revestida con una capa de fósforo que contiene, además, el tubo de descarga de mercurio conectado en serie con un filamento de tungsteno.

La lámpara de luz mezcla (serie MLL-N), como la de mercurio HPL-N de la cuál se deriva, convierte la radiación ultravioleta de la descarga de mercurio en otra visible mediante la capa de fósforo. A esta se agrega la radiación visible del tubo de descarga y la luz cálida del filamento incandescente. La radiación de estas dos fuentes de luz se combinan armoniosamente al atravesar la capa de fósforo, produciendo una luz blanca y difusa, con un agradable aspecto cromático.

El filamento actúa como balasto para la descarga, estabilizando la corriente de la lámpara, sin que aquél sea preciso. Las lámparas de luz mezcla pueden, por consiguiente, conectarse directamente a la red. Esto significa que las instalaciones existentes de lámparas incandescentes pueden modernizarse fácilmente, instalando lámparas de luz mezcla, que tienen doble eficacia y una vida casi seis veces mayor, sin necesidad de adquirir accesorios especiales o renovar el cableado de las luminarias.

Lámparas de vapor de mercurio con halógenos. Son muy parecidas en su construcción a las de mercurio y contienen aditivos de yoduros tales como, indio, talio y sodio, para producir sustancial mejora de eficacia y rendimiento en color.

Las lámparas de vapor de mercurio con halogenuros se denominan HPI (ampolla ovoide con capa difusora) y HPI/T (ampolla tubular clara).

Se utilizan principalmente en campos deportivos y otras zonas de parecida extensión, tales como centros de aglomeración urbana o aparcamientos de automóviles. Por su forma compacta son la solución ideal en un sinnúmero de aplicaciones.

Lámparas fluorescentes. La lámpara fluorescente es de descarga en mercurio, de baja presión, en la cual la luz está generada predominantemente mediante polvos fluorescentes, activados por la radiación ultravioleta de la descarga. La lámpara, cuya ampolla tiene generalmente la forma de un tubo cilíndrico con un electrodo situado en cada extremo, contiene vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de gas inerte para facilitar el encendido. La superficie interior del tubo está recubierta con un polvo fluorescente, o fósforo, cuya composición determina la cantidad y el color de la luz emitida.

ELEMENTOS AUXILIARES.

Balastos. Toda lámpara de descarga necesita un dispositivo para controlar o estabilizar la corriente que la atraviesa.

El balasto más simple es el de autoinducción, colocado en serie con la lámpara. Por sí mismo, el factor de potencia de tal circuito es bajo, 0,5 aproximadamente. Hay varios métodos para elevar ese factor de potencia hasta 0,85 o más. Cualquiera que sea el sistema seleccionado para compensar el factor de potencia, las características del balasto deben corresponder a los requisitos específicos de la lámpara.

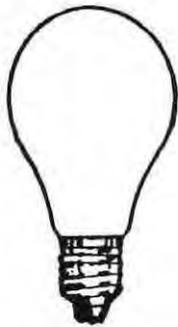
Cebadores. Las lámparas que se encienden con la tensión de red se conectan normalmente con un simple balasto. Por otra parte, las de vapor de mercurio con halogenuros (HPI) y las de sodio de alta presión, necesitan una tensión más alta que la dada por la red para iniciar la descarga y, por consiguiente, deben conectarse con dispositivo auxiliar de encendido.

La lámpara HPI arranca mediante un cebador de tiristores, conectado a través de la lámpara. El cebador genera una serie de impulsos de alta tensión (600 a 700 V, valor máximo) que cesan cuando la lámpara se ha encendido.

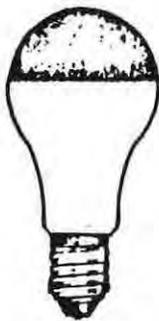
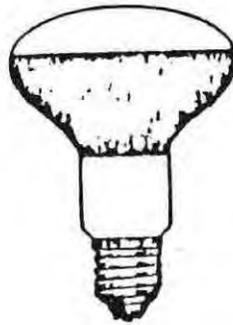
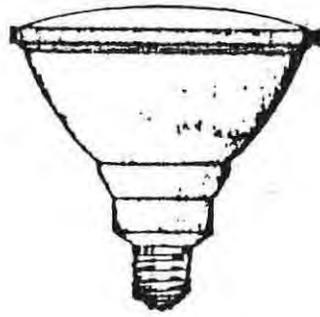
Las lámparas SON necesitan de un valor máximo de 1.500 a 3.000 V, según el tipo de lámpara, para su encendido la tensión necesaria se consigue mediante una derivación en el devanado del balasto que actúa como un elevador de tensión para los impulsos de arranque del cebador.

TIPOS DE LAMPARAS

A. LAMPARAS INCANDESCENTES



ESTÁNDAR

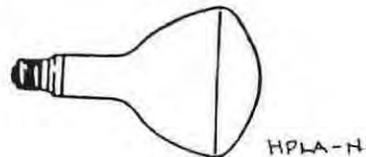
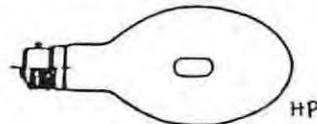
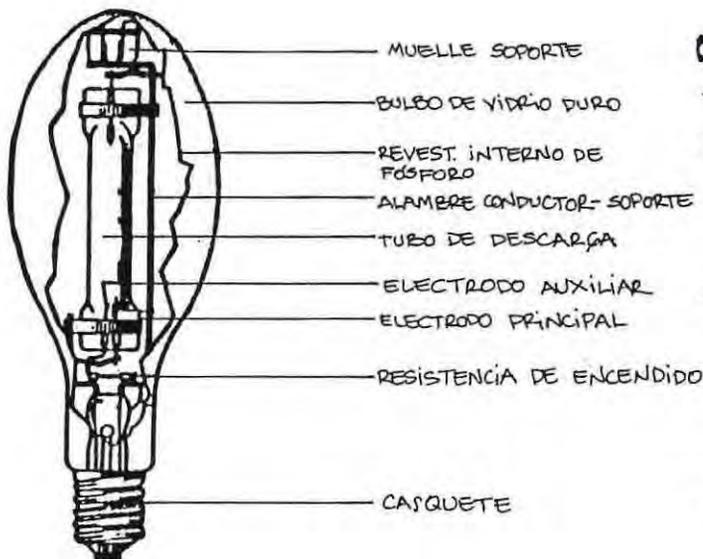
CON
CÚPULA PLATEADACON
REFLECTOR

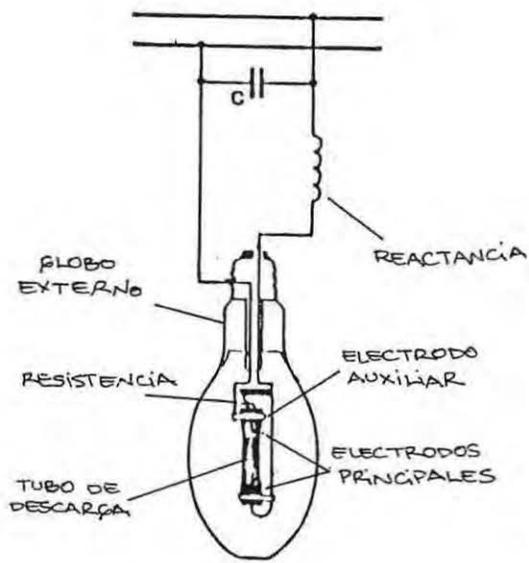
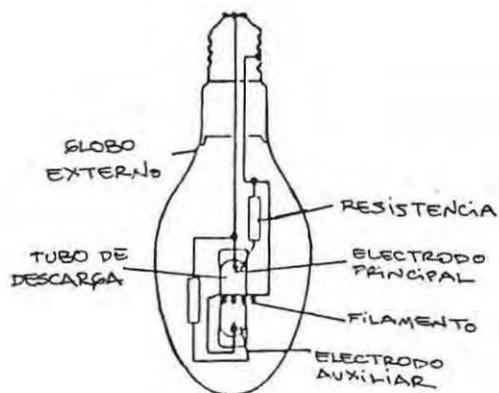
CONCENTRADA

CON HALÓGENOS

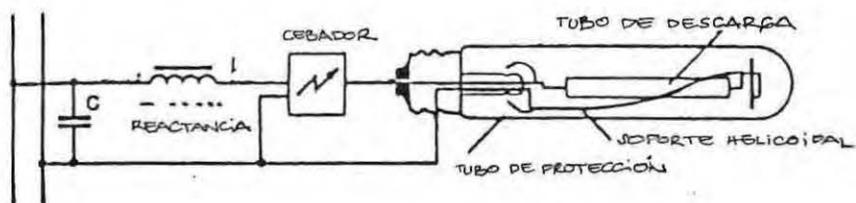


B. LAMPARAS DE DESCARGA

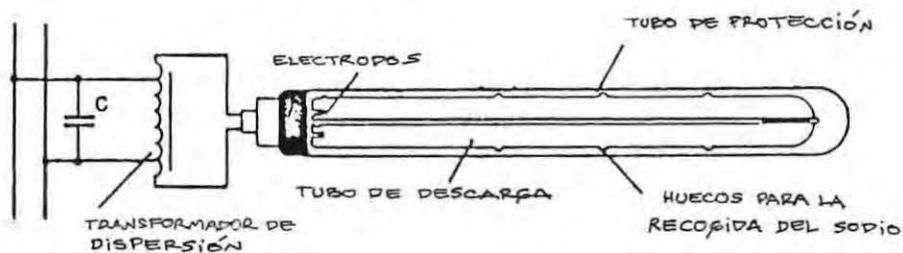


DE VAPOR DE MERCURIODE LUZ MEZCLADE VAPOR DE SODIO

DE ALTA PRESIÓN



DE BAJA PRESIÓN



Rendimiento en color y eficacia.

Hasta hace poco tiempo se pensaba que sólo podía conseguirse un buen rendimiento en color sacrificando la eficacia luminosa. En muchos casos, esto sigue siendo cierto y para satisfacer ambas exigencias, muchas lámparas fluorescentes son el resultado de un término medio entre rendimiento lumínico y rendimiento en color; otras lámparas tienen un excelente rendimiento en color con reducida eficacia, o a la inversa. Sólo un tipo de lámparas, las llamadas fluorescentes de la “nueva generación”, ofrecen un excelente rendimiento en color, al mismo tiempo que una elevada eficacia. Este nuevo tipo de lámpara fluorescente pudo desarrollarse, una vez lograda una mejor comprensión del mecanismo de la percepción de los colores por el ojo humano, desarrollando nuevos fósforos.

Eficacia y potencia consumida. Para terminar este capítulo sobre lámparas, quisiéramos echar un vistazo a las investigaciones y desarrollos continuos que han llevado a un constante aumento de su eficacia luminosa., mientras que la tabla 1 ofrece la situación actual con mayores detalles. Sin embargo, esta situación cambia continuamente: la eficacia luminosa de algunos tipos de lámparas fluorescentes ha aumentado recientemente en más del 50%.



Un punto de vista diferente para valorar una fuente de luz, especialmente si se desea ahorrar energía y reducir el costo de funcionamiento, es el cálculo del valor inverso de su eficacia, es decir, los vatios consumidos por lumen producido. Una comparación de los vatios consumidos por 1.000 lúmenes, para una selección de tipos actuales, puede verse en la tabla 2.

	TIPO DE LAMPARA	Rendimiento luminoso (lm/w)	Luminancia media (cd/m ²)	
INCANDESCENTE	Filamento de carbón	3	52	
	Filamento de tungsteno			
	al vacío	10	70	
	con relleno de gas	20	200	
	para proyectores	26	2400	
	mateadas	14	12	
	halógenas para proyectores	22	-	
FLUORESCENTES	Tipos estándar de 40 w	Inc. el balasto		
	Color 27-37-47-57	44	34	0,4
	Color 29	77	59	0,7
	Color 32-34-55	49	39	0,45
	Color 33	80	62	0,75
	Color 84	80	62	0,75
Desc. de gas de alta intensidad	HPL-N	57,5	55	11,5
	HP	56	53	460
	HPI	76	71	14
	HPI/T	83	77,5	1410
	MLL-N	28	-	64
	SON	118	110	57
	SON/T	120	113	710
	SOX	185	150	10
Mercurio de alta presión	SP	30	-	4500

Tabla 1

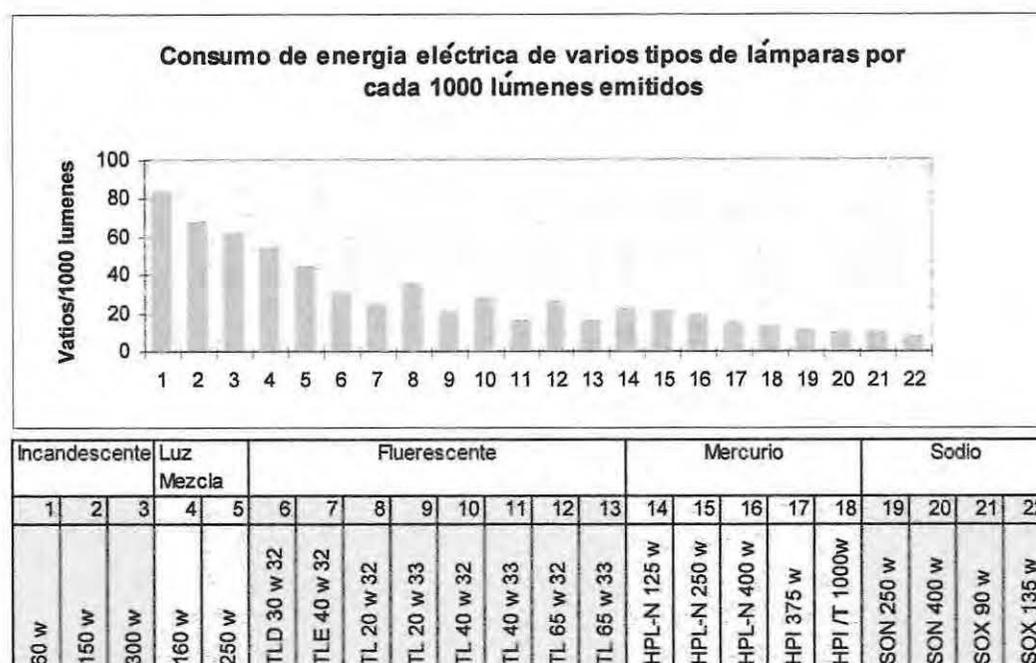


Tabla 2

LUMINARIAS

Una vez que tenemos generada luz mediante una fuente, debemos modificar su flujo, para esto, empleamos las luminarias.

Mediante estas, controlamos el deslumbramiento y le damos al torrente luminoso las características requeridas para cada caso. Por otro lado dotamos a la lámpara o fuente luminosa de protección contra agentes externos como lo son el contacto directo, penetración de líquidos y polvo.

Distinguimos tres tipos de luminarias de acuerdo a la forma de distribuir el flujo luminoso: difusores, refractares y reflectores.

Los primeros tienen como fin difundir la luz emitida mediante envoltentes opalinas lográndose así una distribución casi uniforme del flujo luminoso, esto reduce el deslumbramiento mediante la disminución de la luminancia.

Los refractores modifican la distribución del flujo luminoso mediante lentes con profundas cavidades (lentes Fresnel), descritas mas adelante.

Por ultimo los reflectores son descritos a continuación en forma mas detallada por constituir el tipo de luminaria que mas se emplea en la iluminación de edificios. Los proyectores entran en la categoría de estos.

Aprovechando el fenómeno de la reflexión se han construido accesorios destinados a dirigir la luz emitida por las lamparas, permitiendo con esto un mejor aprovechamiento del flujo luminoso cuando no se necesita una iluminación total del espacio, estos aparatos reciben el nombre de reflectores.

Los reflectores están hechos de materiales reflectantes y toman su forma de secciones circulares, elípticas, parabólicas e hiperbólicas. algunas son combinaciones de estas formas. generalmente toman formas simétricas y son llamadas formas esféricas, elipsoidales o parabólicas.

Cada una de estas formas tiene un centro óptico, que es el punto en donde generalmente va el filamento o foco luminoso de la lámpara, y su tamaño depende de la intensidad de la lámpara y del efecto a lograr. los materiales usados en estos reflectores dependen también de la lámpara y del efecto a lograr, generalmente se usa, aluminio, alzak, rodium, cromo, para los reflectores brillantes y aluminio grabado para reflectores difusos; también se puede dar con una pintura mate o una terminación cerámica blanca.

Los rayos de luz se dirigen acercando o alejando el foco del reflector haciendo así converger el rayo luminoso.

Estos factores son muy importantes, ya que en el espacio curvo, la luz se comporta según los mismos conceptos de óptica geométrica que dimos anteriormente y que pueden aclarar en gran parte los gráficos.

A continuación daremos una lista de los principales tipos de reflectores con sus características y aplicaciones.

Estos reflectores están formados por curvas matemáticas simples como la parábola, la elipse, el semicírculo, etc. o por el cuerpo producido por la rotación de la curva en torno a su eje; así por ejemplo una curva semicircular se transformará en un casquete de esfera. Al enumerar los tipos de reflectores nombraremos sólo las familias principales.

reflectores parabólicos: Están formados por una sección parabólica que origina un punto focal que dirige los rayos luminosos en una dirección paralela al eje del reflector, produciendo un haz de rayos paralelos. Se aplica en luz concentrada o difusa (flood o spot) en la cuál hay que limitar la mancha de luz.

reflectores elípticos: Están formados por una sección elíptica y su principal característica es que el rayo de luz originado en su punto focal se puede dirigir al segundo foco produciéndose así un haz de rayos divergentes, esto depende, al igual que en el caso anterior, de la ubicación del centro luminoso con respecto al foco de la elipse. Mientras más se acerque éste a la elipse, y por lo tanto se aleje del foco, más lejos se cruzarán los rayos luminosos.

Se aplica este tipo de reflectores en focos de divergencia controlada, de manera que se pueda proyectar a través de un pequeño orificio (donde está el segundo foco).

reflectores circulares: Están formados por una sección circular. Su principal característica es que un rayo de luz originado en el punto focal, o centro de la circunferencia o esfera en este caso, se dirige a través del mismo punto (es una forma especial de elipse en donde los dos focos son coincidentes).

Este tipo de reflectores se aplica en combinación con otros para redistribuir la luz y cambiarla de dirección.

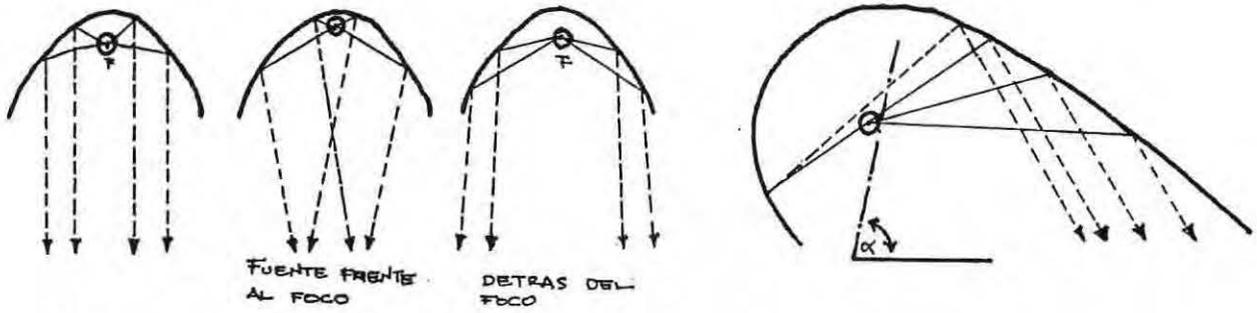
reflectores hiperbólicos: Están formados por una sección hiperbólica, y se caracterizan porque un rayo de luz originado en el punto focal se dirige desde un segundo foco aparente localizado detrás del original, produciendo de esta manera un haz divergente. Su aplicación no es común a pesar de ser muy similar a la de la elipse.

reflectores paracyl: También se llaman reflectores de sección circular-parabólica, por estar formados por una combinación de ambas secciones, pudiendo proyectar desde la mancha común, hasta una línea.

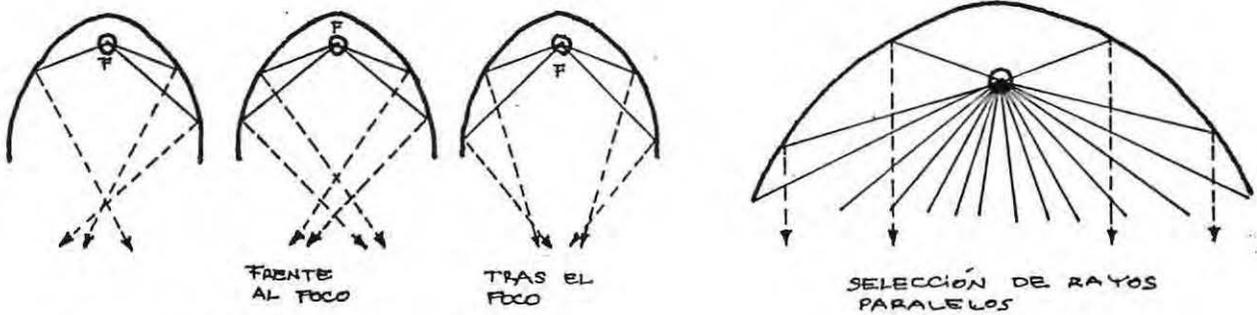
reflectores con curvas irregulares: Están formados por curvas irregulares y producen una distribución de luz también irregular para producir efectos especiales. Para esto se necesitan filamentos especiales que no producen rayos simétricos.

SECCIONES CURVAS APLICADAS A REFLECTORES

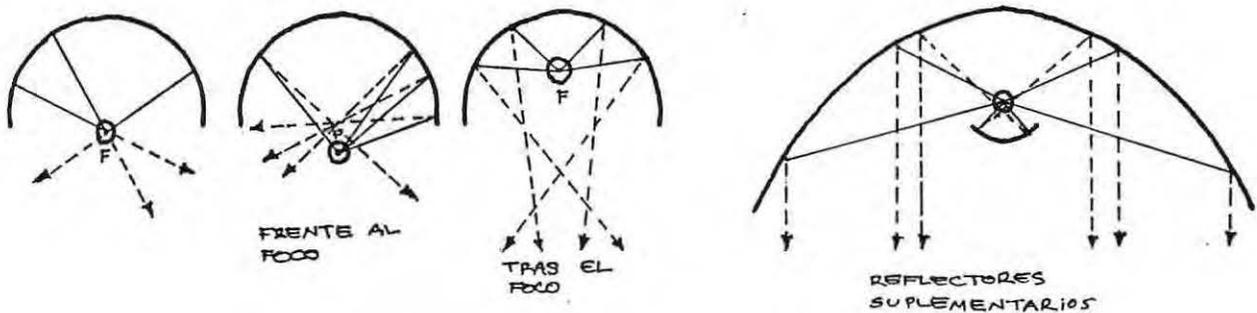
DE SECCION PARABOLICA



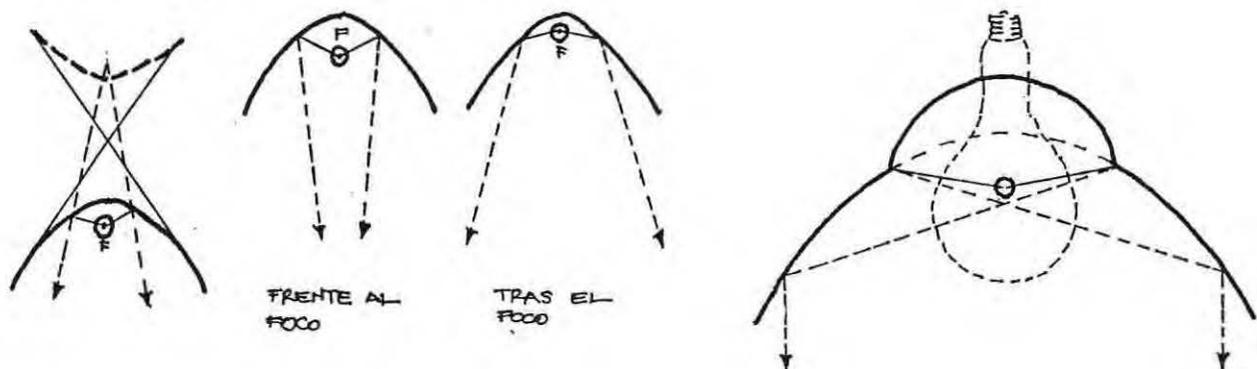
DE SECCION ELIPTICA



DE SECCION CIRCULAR



DE SECCION HIPERBOLICA



LA ABSORCION EN LOS REFLECTORES

La luz del Sol en un árbol produce un ejemplo natural de algunos notables fenómenos de absorción. Las ramas de los arboles y sus hojas verdes absorben el 87% de la luz, solar, refleja el 3% y transmite el otro 10%. La energía luminosa absorbida se transforma en calor.

Generalmente la absorción del flujo luminoso mediante pantallas, rejillas, anillos concéntricos etc. , no es conveniente ya que afecta a la eficiencia del artefacto. Es conveniente diseñar aparatos que sean de materiales que reflejen y difundan la luz en vez de absorberla perdiéndose gran parte de esta. Sin embargo, podemos controlar y absorber la luz ocupando colores oscuros, o absorbiendo directamente la luz que se refleja en direcciones no deseadas o los que no nos sirven. Para lograr estos efectos se utilizan:

Los filtros, que absorben los colores no deseados.

El Iris, que lleva este nombre por funcionar igual que el iris del ojo y nos permite reducir o agrandar la mancha de luz dirigida.

Los difusores de anillos concéntricos paralelos a las direcciones de los rayos que permiten dejar pasar solo los rayos paralelos.

Los Embudos que pueden ser circulares o rectangulares, que consisten en una prolongación de las paredes del reflector y sirven para recortar el extremo de la mancha luminosa absorbiendo el resto.

Difusores de casetones y paralelos para controlar y absorber las características reflectantes del foco.

LAS LENTES

Una lente es un cuerpo transparente limitado por superficies esféricas. Pudiendo ser plana una de las caras.

Las lentes las podemos clasificar en positivas o convergentes y en negativas o divergentes. Son positivas aquellas lentes que son mas gruesas en el centro que en los extremos, y son negativas aquellas que son más gruesas en los extremos y delgadas en el centro.

POSITIVAS O CONVERGENTES

1. Biconvexa
2. Plano convexa
3. menisco convexa

NEGATIVAS O DIVERGENTES

1. Bicóncava
2. Plano cóncava

3. Menisco divergente

Las lentes se pueden considerar y analizar como una construcción de un sistema de prismas combinados para producir y organizar la combinación de luz. Una refracción similar, se puede lograr de esta misma manera.

Cromatismo: Es un fenómeno que aparece en los casos en que hay dispersión óptica en las lentes, produciéndose una diferencia de color en el haz de rayos debido a las diferencias que hay en la distancia focal en los rayos de diferente color.

Los lentes Fresnel: Las lentes Fresnel consiste en una lente anular, convexa y escalonada en anillos prismáticos que dirigen la luz intensamente en una dirección. Esto se debe a que la refracción se efectúa en la superficie del material, sin cambio de dirección entre las superficies, común en las lentes convexas, parte de este material transmisor puede removerse sin afectar al control óptico. Este es el principio del cual hace uso el lente fresnel y toma la forma de una lente convexa con secciones de vidrio removida, logrando así un espesor menor.

La posición de la fuente luminosa con respecto a la lente hace variar las características de refracción dejando los rayos paralelos divergentes o oblicuos y paralelos; sin duda esto depende de la distancia de la fuente con respecto a la lente y al eje de esta.

Reflectores con lentes: Las lentes pueden completar a los reflectores para controlar el haz de rayos luminosos. Esta combinación es importante cuando se quiere gran precisión como en es el caso de los proyectores de teatros y cine.

Existe todo tipo de combinación posible entre lentes y reflectores y los casos mas comunes son:

a) Proyector o spot elipsoidal (lekolite) formado por un espejo elipsoidal y una lente plano convexa.

b) Fresnelite formado por un reflector esférico y lente Fresnel.

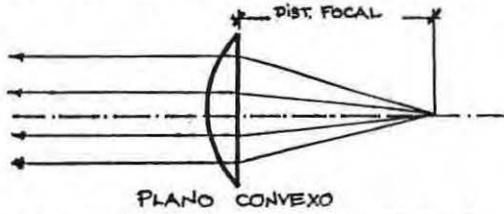
c) Spot al arco; consta de un lente y un reflector, o de un lente solo, el bulbo luminoso es reemplazado por un arco eléctrico entre dos carbones.

d) Proyectores de luz negra (ultravioleta) en la que se pueden usar todos los tipos anteriores cambiando el bulbo por uno ultravioleta o filtrando la luz blanca hasta dejar el espectro ultravioleta solamente mediante, celofán, gelatinas o vidrios.

LENTES APLICADOS A REFLECTORES

LENTES

A.- LENTES POSITIVOS O CONVERGENTES



PLANO CONVEXO

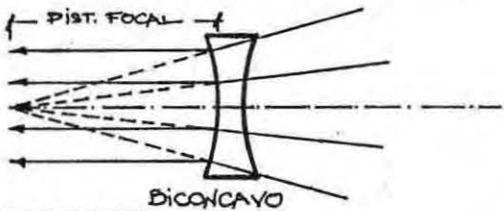


BICONVEXO



MENISCO CONVERGENTE

B.- LENTES NEGATIVOS O DIVERGENTES



BICONCAVO

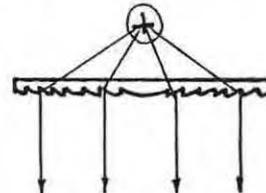
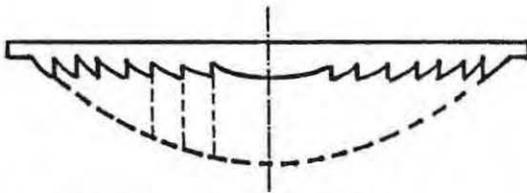


PLANO CONCAVO



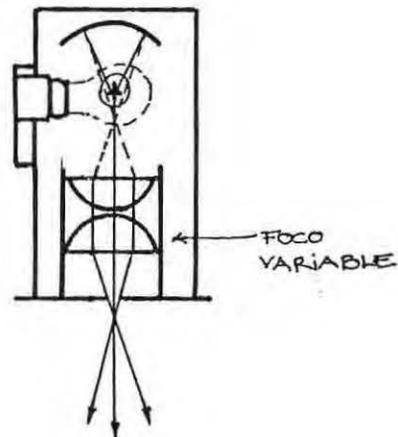
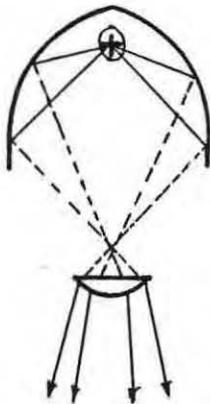
MENISCO DIVERGENTE

C.- LENTE FRESNEL



FUENTE EN EL FOCO

COMBINACIONES REFLECTORAS



TECNOLOGIA PHILLIPS EN PROYECTORES:

Proyector de Areas SLS

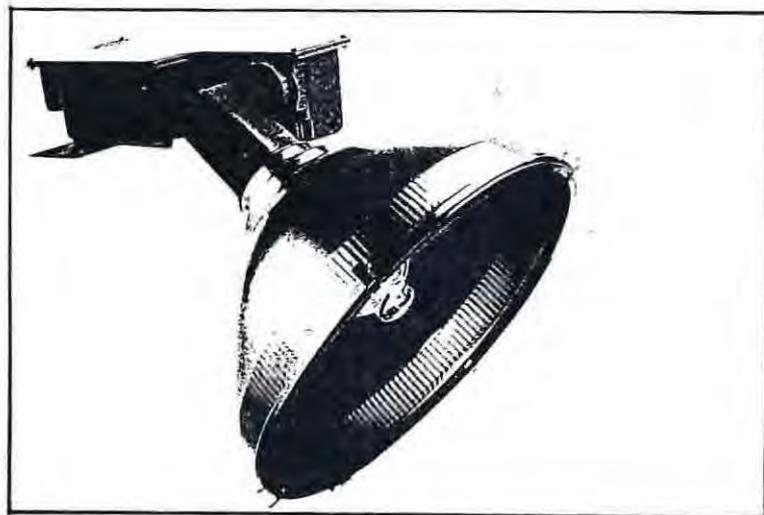
Descripción

El proyector de áreas SLS - 1500H es un equipo diseñado para proveer una iluminación controlada y de alta calidad para todas las actividades, principalmente deportivas, cumpliendo satisfactoriamente todos los requerimientos de calidad exigida en la iluminación deportiva. Opera con una lámpara de haluro metálico MH - 1500 W.

Se compone de un cuerpo reflector de aluminio repujado, de una toma posterior y de una caja de aluminio fundido para alojar el equipo eléctrico.

El cuerpo del reflector es un eficiente proyector parabólico que proporciona una alta eficiencia luminosa y un haz de luz controlado de diferentes aberturas expresadas en NEMA2 3y4. Este reflector es fabricado en aluminio anodizado especular en una pieza que se hermética con un vidrio claro frontal templado, altamente resistente al shock térmico y a impactos mecánicos.

El equipo mecánico está integrado al proyector y se aloja en una caja de aluminio fundido que permite un fácil acceso a todos sus componentes eléctricos, facilitándose el proceso de mantenimiento. El equipo es hermético y sellado mediante una empaquetadura de silicona. El ballast de tipo autorregulado CWA, que mantiene la potencia de la lámpara, consta a pesar de las variaciones de la tensión de la red.



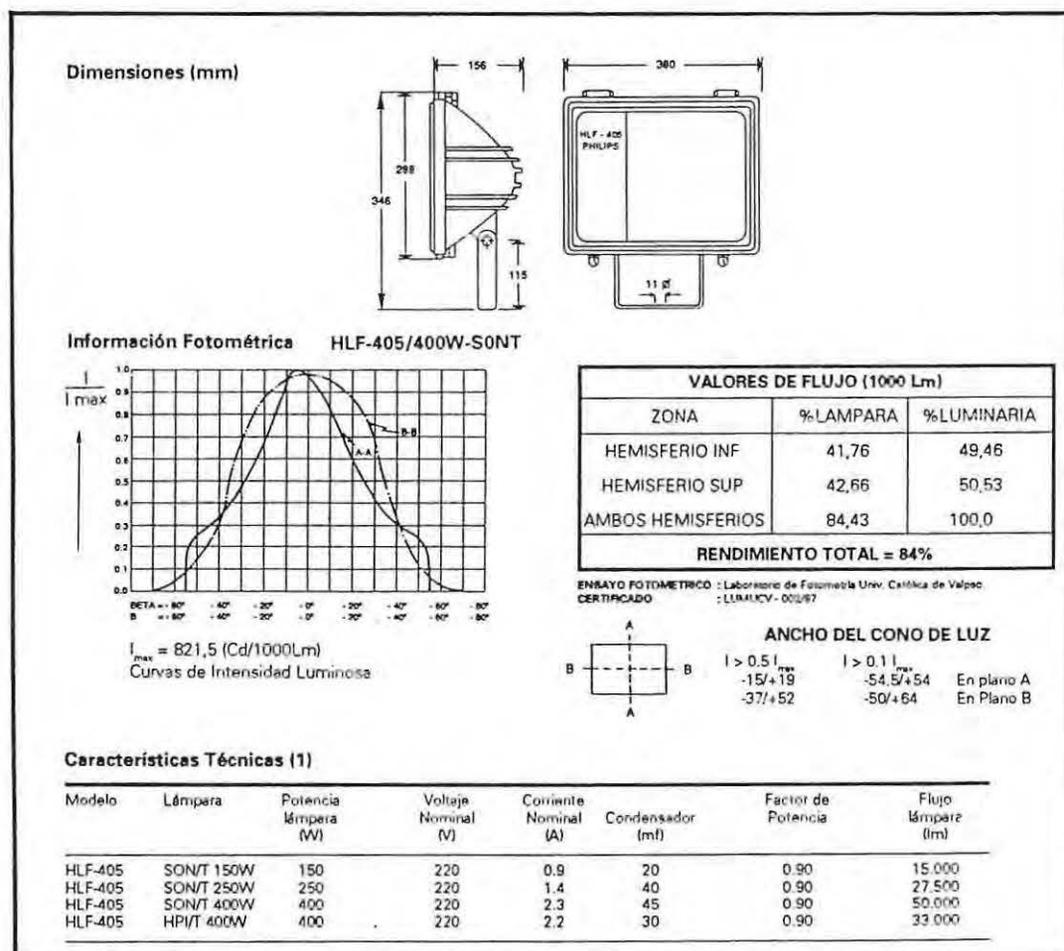
Proyector de Areas HLF 405

Descripción

Proyector de areas de alta eficiencia luminosa, especialmente diseñado para ser usado en exterior con lamparas tubulares de sodio de alta presión SON/T de 150, 250y 400W.

Sus características principales son:

- Cuerpo de aluminio fundido con terminaciones externas de esmalte gris amartillado.
 - Marco de aluminio fundido abisagrado en la parte superior con el fin de facilitar el servicio de mantención.
 - Vidrio templado de protección de 5mm, de espesor resistente a los cambios de temperatura.
 - El sistema óptico presenta gran hermeticidad debido al sellado de silicona presente en el cuerpo del proyector.
 - El reflector es un aluminio anodizado especular que proporciona una alta eficiencia luminosa.
 - El sistema óptico entrega una distribución de luz simétrica.
- Posee un soporte de acero galvanizado que permite su fácil orientación en cualquier dirección de enfoque, tanto en los planos horizontales (rotación), como en los planos verticales (elevación).
- Cable de 50cms. para la alimentación eléctrica.
 - La caja con el equipo eléctrico se suministra por separado.

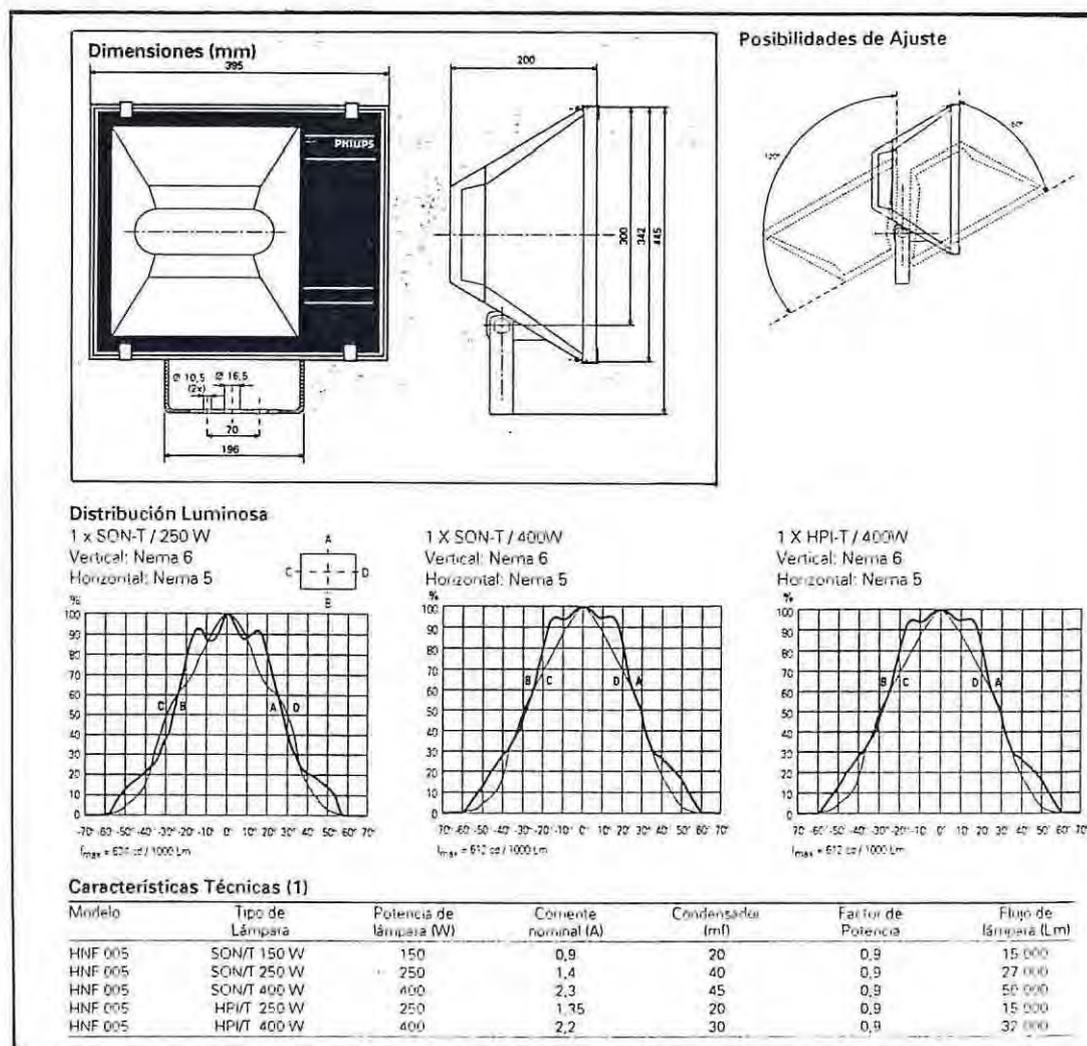


Proyector de Areas - 005HNF

Descripciones

El proyector de áreas de alta eficiencia luminosa HNF - 005, ha sido diseñada especialmente para lamparas de vapor de sodio de alta presión SON/T - 150W, SON/T - 400W y de aluros metálicos HPI/T 250W y HPI/t - 400W sus características principales son:

- Cuerpo de aluminio fundido con terminación externa de esmalte gris.
- Vidrio de protección templado de 5mm montado por medio de ganchos de acero inoxidable.
- Posee sello de silicona fijado al cuerpo, con el fin de garantizar su hermeticidad.
- Reflector simétrico interior, de aluminio anodizado de alta reflectancia.
- Posee soporte de acero galvanizado que permite orientar el reflector en múltiples posiciones, teniendo perforaciones para su encaje.
- Mirilla de enfoque incorporada al reflector.
- El equipo necesario para operar la lampara va montado en caja independiente.
- El acceso a la lampara se logra a través de la tapa apernada por la parte posterior del equipo.
- Distribución luminosa simétrica, con un haz de luz ancho (tipo Flood).



Proyector Halógeno QL 1505

Descripción

Este proyecto esta diseñado para iluminación de áreas exteriores e interiores, donde se requiere un encendido instantáneo y un buen nivel de iluminación con un bajo costo inicial.

El cuerpo de este proyector esta fabricado en aluminio inyectado, pintado de color gris termoesmaltado, lo que le otorga una presentación practica y atractiva, permitiendo su uso en una alta variedad de aplicaciones.

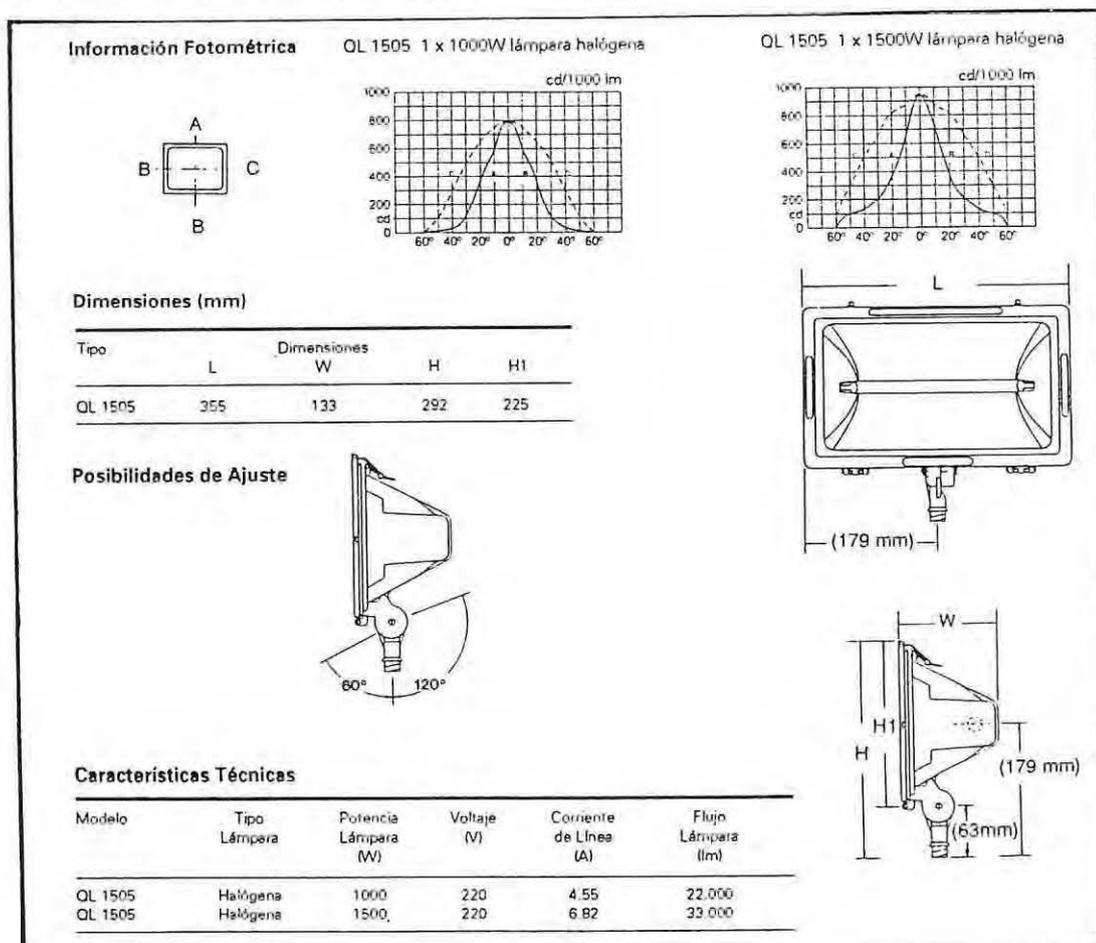
Este equipo lleva un vidrio templado frontal a prueba de shok térmico y altamente resistente a los impactos mecánicos, montado en un marco de aluminio fundido que se une al cuerpo mediante dos bisagras ubicadas en la parte inferior del equipo.

Este sistema abisagrado permite un fácil y rápido recambio de la lampara, facilitando además su mantencion.

El reflector interior es de aluminio anodizado de gran brillantes y especularidad que permite una gran eficiencia luminosa y un optimo control del haz de luz. SU forma física permite una distribución de luz simétrica y un haz ancho.

La hermeticidad del sistema óptico se logra con una empaquetadura de silicona resistente a las altas temperaturas.

Posee un sistema de montaje con articulación dentada de aluminio fundido con una terminal de 1/2", el que viene graduado para un facil enfoque en cualquier dirección, manteniendo siempre la lampara en posición horizontal.



Proyector Halógeno QVF 435

Descripción

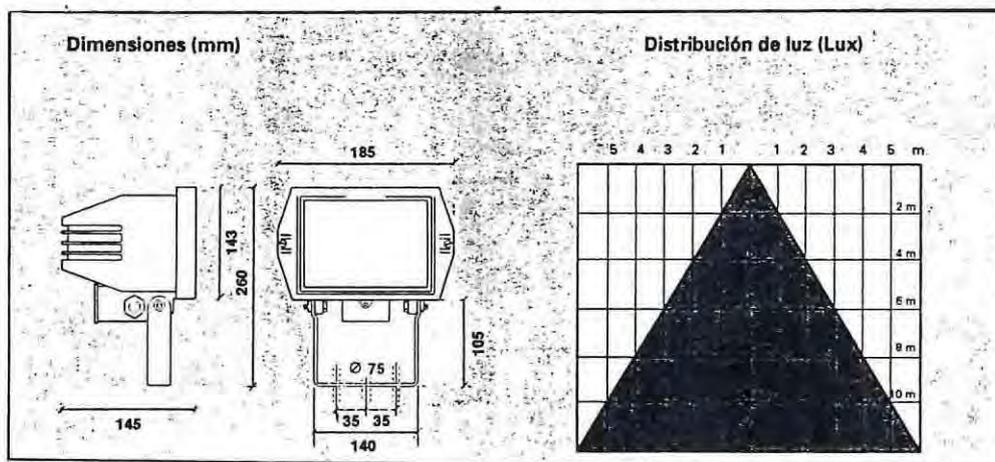
El Proyector Halógeno QVF 435 ha sido especialmente diseñado para ampolletas halógenas de 300 hasta 500Watts.

Este equipo se recomienda para ser utilizado en iluminación de interiores y exteriores en las cuales se requiere fuentes de luz de alto rendimiento y excelente respuesta de calor.

La distancia mínima de la superficie a iluminar debe ser 1 metro.

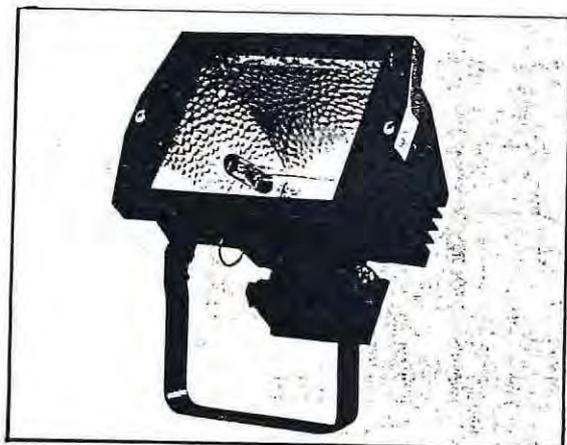
Entre sus características se destacan:

- Cuerpo de aluminio fundido a presión.
- Pintura externa apoxica.
- Pernos de acero inoxidable.
- Reflector simétrico de aluminio anodizado y amartillado.
- Sellos de silicona.
- Portalamparas de cerámica.
- Marco frontal con vidrio templado.
- Caja de protección eléctricas de poliamida compuesta con fibra de vidrio.



Características Técnicas

Modelo	Tipo Lámpara	Potencia Lámpara (W)	Voltaje (V)	Corriente de Línea (A)	Flujo Lámpara (Lm)
QVF 435	Halógena	300	220 230	1,36	5100
QVF 435	Halógena	500	220 230	2,3	9000



Portalampara Estanco DV 104

Descripción

El portalampara modelo DV 104 es una solución practica a una amplia variedad de aplicaciones de iluminación de acentuación tanto en exteriores como en interiores.

Esta diseñado para ser usado en interperie, especialmente con una lampara reflectora del tipo PAR 38 de 80 ó 150W tipo "Flood" o "Spot".

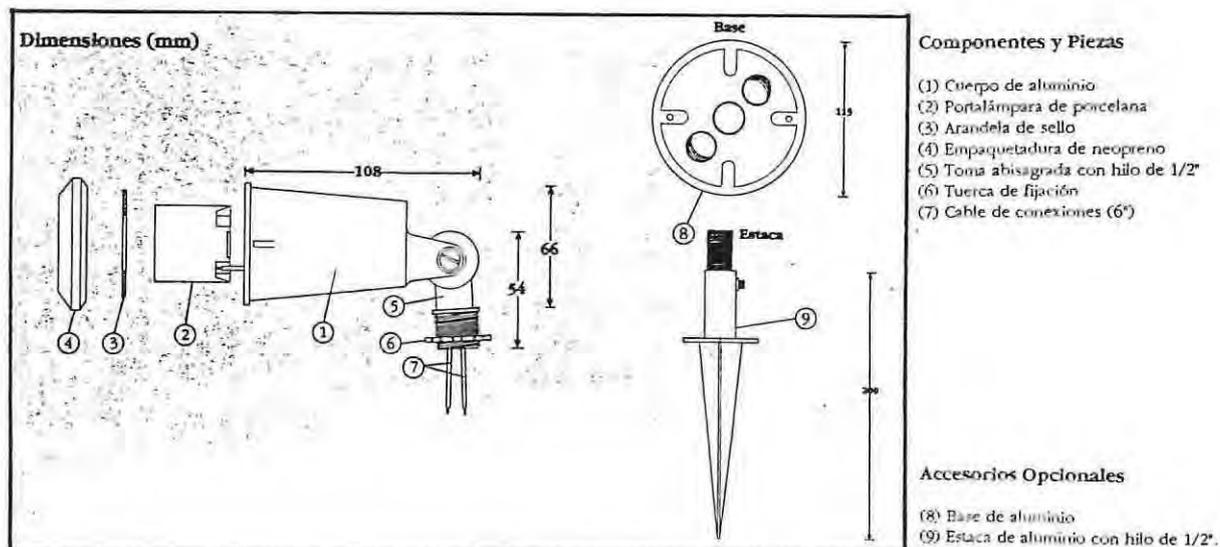
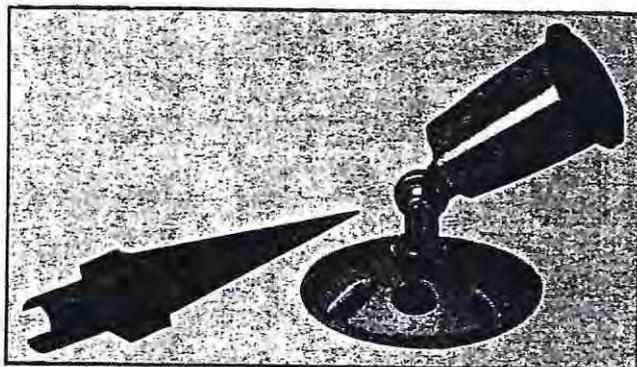
Esta constituido por un cuerpo de aluminio fundido en cuyo interior se aloja un portalampara de porcelana para rosca E 27, y una empaquetadura de neopreno que proporciona la hermeticidad al portalampara, otorgándole una larga vida útil.

Posee un sistema de montaje con una articulación dentada abisagrada de aluminio fundido, en cuyo extremo final posee un hilo con una tuerca de fijación de 1/2".

El portalampara DV 104 viene con el conexionado eléctrico listo para una rápida y fácil instalación.

Opcionalmente, y para completar el portalampara, se suministra como accesorio, una base de aluminio que permite instalar hasta tres unidades DV 104 a la vez. También se puede suministrar una placa de aluminio para su instalación en parques, jardines, etc.

El portalampara tiene sello Estanco para ser instalado en zonas húmedas.



CAPITULO 10
REFERENCIAS RECONOCIBLES





Vision nocturna del edificio sede del Congreso Nacional de Chile en Valparaiso.

Edificio del Congreso Nacional, Valparaíso.

El edificio del Congreso Nacional de Valparaíso, Chile, fue inaugurado en marzo de 1990.

El conjunto consiste en un bloque de oficinas de varias plantas delante del cuál se levanta un edificio bajo (placa) que alberga las tres salas de sesiones. A derecha e izquierda de la entrada se encuentran las salas de sesiones de senadores y diputados, respectivamente. Entre ambas, y de dimensiones mucho mayores, se halla la sala mayor del congreso, utilizada para la recepción de visitas de gobierno de especial relevancia y para asuntos de gobierno en general.

iluminación exterior.

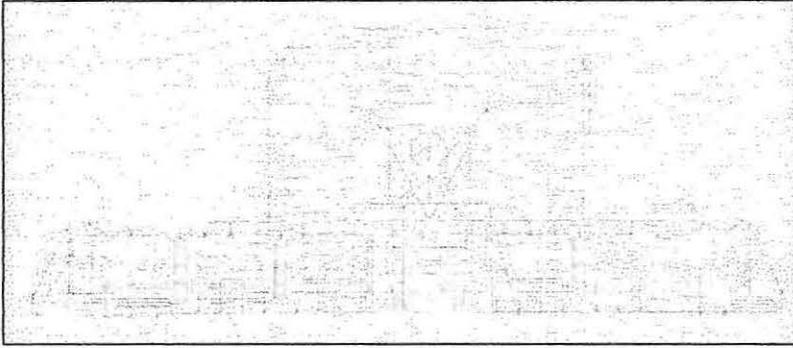
La iluminación exterior resultó necesaria para enfatizar aspectos arquitectónicos específicos, lo que se logró gracias a la combinación de proyectores de sodio de alta presión y de haluro metálico meticulosamente orientados.

El bloque de oficinas de 60 metros de altura recibe iluminación desde el nivel del suelo mediante 38 proyectores de haz concentrado (**hnf 205-n**), cada uno con una **lámpara son/t de 1.000w**, orientados directamente a la parte superior.

Otras 10 unidades de haz ancho (**hnf 205-w**) iluminan la fachada desde el tejado del edificio contiguo, a 25 metros de altura. En contraste, la zona baja del bloque está iluminada por 12 unidades de haluro metálico, cada una con dos lámparas de 400 w.

El edificio bajo presenta una disposición de columnas en la entrada principal. Esta entrada está iluminada desde el interior por 16 unidades **son/t** de 150 w cada una, así como por 14 luminarias de haluro metálico de 250 w orientadas hacia abajo. Estas dos fuentes de luz proyectan unas atractivas sombras de las columnas en dos tonalidades distintas.

Las parte superior de las cuatro fachadas, en distinta vertical, está iluminada por unidades de haluro metálico de 250 w montadas en su base a intervalos regulares. La parte principal de cada fachada es iluminada por unidades **son/t** de 400 w situadas al nivel del suelo.





Edificio MBB, en Kuala Lumpur. Malasia.

Menara Maybank, sede del Malayan Banking Berhad, es el último y más elevado edificio de la silueta de Kuala Lumpur. Situado estratégicamente en Court Hill, domina las torres colindantes y se hace visible desde toda la ciudad. Por la noche, iluminado, el alumbrado resalta toda su forma

arquitectónica y su prestigioso esplendor.

Alumbrado de proyectores.

Durante el día, el edificio es lo bastante espectacular de por sí, con sus cincuenta y cuatro plantas acabadas en gris muy claro y muros de cortina negros rodeados de jardines panorámicos continuos. Sin embargo, por la noche, se convierte en el centro de atracción de la ciudad, pináculo de luz de 230 metros de altura.

El plan de alumbrado se proyectó en estrecha colaboración con el arquitecto, al tener que instalarse un número bastante elevado de proyectores grandes alrededor de la base del edificio, fueran embutidos, sobre el suelo, montados en postes o en la base de los anexos bajos, como las casetas del generador.

Teniendo en cuenta los aspectos del ahorro de energía, se decidió elegir la luz blanca dorada de las lámparas de sodio de alta presión para los proyectores.

Al levantarse el edificio sobre una colina, y ser por tanto visible desde todas las direcciones, debieron iluminarse las cuatro fachadas, lo que se realizó de modo que se da un 100 por cien de brillo en las fachadas más interesantes (la sudeste) y la “trasera”, (la noroeste), dejando un 50 por cien en las demás. A resultado de ello, se obtiene un buen efecto de modelado de la arquitectura.

Las partes superiores verticales de las dos fachadas “principales” se iluminan cada una con cincuenta y siete proyectores de haz estrecho, provistos de lámpara de sodio de alta presión **son-t** de 1.000 w cada una de las dos restantes (nordeste y suroeste) se iluminan con 24 proyectores del mismo tipo.

La base acusada del edificio recibió un tratamiento parecido. cada una de las fachadas principales se ilumina con seis proyectores asimétricos con lámpara doble **son-t** de 400 w. Los lados restantes de la base se iluminan con seis proyectores asimétricos con lámpara de **400 w**, que iluminan la base del edificio y van montadas en pedestales de hormigón bajos en el suelo y en los parterres que rodean al edificio.

Por exigencia especial del cliente, se incluye en el proyecto de alumbrado una “escalera de estrellas” y un “efecto de corona” en el remate del edificio. La escalera de estrellas se logró con la instalación de cinco lámparas de reflector de vidrio prensado **par 38** de 120 w, enfocados hacia los 34 rellanos de las escaleras de urgencias, disposición que atrae la vista hacia el remate del edificio, donde se da una corona de luz con cincuenta y seis focos de techo con lámparas **par 56** de **300w**.



Catedral de San Pablo, Londres, Inglaterra.

Admirada cada año por más de dos millones y medio de visitantes y turistas, San Pablo se erige en un emplazamiento donde se han sucedido cinco catedrales. El origen de su construcción se remonta al año 604. Los otros cuatro templos anteriores sufrieron los efectos del deterioro, del fuego o de un uso inadecuado. El cuarto fue destruido en 1666, presa de un gran incendio.

Las obras del edificio actual, diseñado por Sir Christopher Wren, se iniciaron en 1675 y se terminaron 33 años después. La obra de Wren es reconocida en el mundo entero como uno de los símbolos del paisaje urbano londinense. El Ayuntamiento de Londres decidió regalar a la ciudad un nuevo sistema de iluminación para la catedral, que debía concluirse en el año en que se conmemoraba el octavo centenario de la alcaldía.

La antigua iluminación.

La iluminación con reflectores se instaló hace más de 20 años, y el tungsteno original se sustituyó por sodio a alta presión hace 8 ó 10 años. Sin embargo, la proliferación del alumbrado público de sodio hizo que San Pablo comenzara a fundirse con su entorno. Para complicar aún más las cosas, se demolieron algunos de los edificios próximos, que se utilizaban para instalar proyectores de modo que la cara sur, vista desde el otro lado del Támesis, quedó oscurecida en relación con el entorno.

El nuevo alumbrado extensivo.

Según las instrucciones de William Whitfield, arquitecto consultor, titulado honorífico CBE y supervisor de las obras de la Catedral de San Pablo, la nueva iluminación debía recrear la forma en que Wren había visto la catedral a la luz de la luna, haciendo destacar al mismo tiempo el carácter monumental del edificio. El nuevo alumbrado tendría que resaltar también



los detalles arquitectónicos y la redondez de la cúpula, en lugar de aplanarla.

Una de las primeras decisiones con respecto al diseño fue la de sustituir la fuente luminosa SON por haluro metálico, el cuál debería proporcionar un contraste de color frente al alumbrado público circundante de sodio a alta presión, y crear un efecto ebúrneo en combinación con la piedra caliza de Portland del exterior de la catedral.

El plan consistía en dirigir la luz desde dos direcciones opuestas, a fin de destacar los elementos arquitectónicos verticales. Para probar si el diseño lograba el efecto deseado, se construyó una pequeña maqueta en la que se simularía dicha iluminación.



La mayor parte de la zona baja de la catedral está iluminada desde los jardines del recinto religioso, y no desde los edificios próximos, con lo que se hace destacar el volumen del edificio. El nivel de luz seleccionado fue de 100 lux, frente a los 40 lux del alumbrado público.

La cara oeste está iluminada ahora por cinco proyectores instalados sobre un edificio, en lugar de 26 unidades situadas

sobre tres, con lo que se elimina en gran medida la confusión de luces que se produce durante el día. Para mayor seguridad, este alumbrado permanece encendido toda la noche.

La parte superior de la catedral está iluminada por una combinación de unidades ArenaVisión (diez en total) de haz estrecho, medio y ancho, con lámparas de haluro metálico de 1.800 W MHD, situadas en puntos diagonalmente opuestos sobre la cubierta del templo, que emiten una luz ligeramente más fría que las lámparas convencionales del mismo tipo que se utilizan en la parte baja.

Como quiera que la cúpula de la catedral se ve desde una gran distancia, se iluminó con 150 lux para garantizar una buena visibilidad desde cualquier

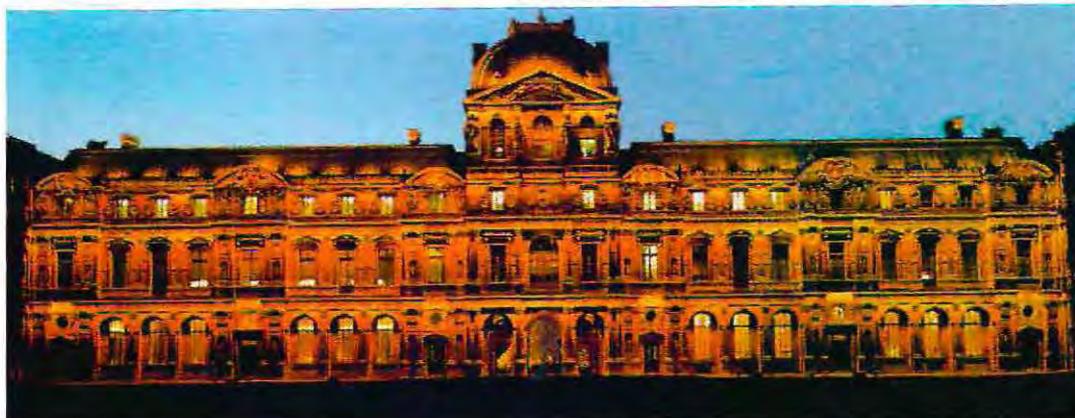
punto de Londres. Estos reflectores no solo iluminan la cúpula, sino que también destacan la linterna, el globo y la cruz que la coronan, algo que antes no resultaba posible.

En los lados sureste y noreste de la cúpula, una mancha brillante se va desvaneciendo en el extremo más alejado, dejando tras sí largas y tenues sombras que perfilan su superficie. El efecto tiene un sorprendente parecido con el de la luz de la luna. Para reforzarlo, las caras internas de las torres delanteras del lado oeste han sido iluminadas mediante reflectores dobles de 400 W.

En total, se instalaron 52 reflectores con un total de 89 kW. El consumo total de energía eléctrica asciende a 90 kW.

Sir William y la corporación municipal acudieron a contemplar los resultados, que fueron aclamados por todos. Según las palabras del propio Sir William: “Ahora contamos con un modelo en el que podrá basarse el alumbrado extensivo del futuro”.

Cour Carrée. Museo Louvre Paris - Francia.



Preservación de la imagen diurna.

Cuando **EDF** (Electricité de France) recibió el encargo de diseñar la iluminación de la Cour Carrée (Sala Cuadrada) del Louvre, se propuso alejarse de los tradicionales de iluminación de monumentos. De hecho, la mayoría de edificios están iluminados de abajo hacia arriba, lo que transforma la imagen diurna e invierte el volumen con sombras artificiales. Con el fin de conservar el valor arquitectónico del Louvre, se ha diseñado una nueva luminaria de tamaño muy reducido y con un sistema de fijación muy sencillo. El sistema produce ángulos de iluminación similares a los del sol.



Detalle del nuevo sistema de iluminación aplicado en el Louvre

Los resultados de estos estudios han conducido al diseño de una gama especial de equipos de iluminación (la gama **LOUVRE**) similar a la empleada en la iluminación interior.

El sistema responde a tres requisitos básicos: es apto para el montaje exterior en toda clase condiciones; su actuación fotométrica es precisa, proporcionando una excelente cobertura con

la mínima desviación; y, una vez instalado, resulta sencillo de usar.

El sistema comprende:

- un minicarril de iluminación (53 x 35 mm), que puede cortarse en diversas longitudes (estándar 1,50 m); protege toda la unidad y va alojado en una cubierta de Pyrex;

- dos carriles metálicos de conducción para conectar las lámparas en paralelo, así como para la fijación metálica de las lámparas;

- un reflector parabólico;

- rejillas para la canalización vertical del flujo luminoso;

- lámparas incandescentes de “**xenón**” de baja potencia (5 W u 8,5 W), para alimentación de 24 V, con una vida media de 20.000 horas (estas pequeñas lámparas, de 50 x 10 mm, están colocadas extremo con extremo para proporcionar iluminación continua);

- cables de alimentación en cada extremo del carril de iluminación;

- fuente de alimentación eléctrica con posibilidad de regulación del flujo luminoso;

- un carril de fijación sobre el que se puede montar y desmontar el carril de iluminación.



Puente de la Torre. **Londres Inglaterra**

El 30 de junio de 1894 se inauguró en Londres el famoso Puente de la Torre, de tipo basculante y construido en ladrillo y hierro; puente que no tardó en convertirse en una de las construcciones más famosas del mundo.

El sistema hidráulico de elevación de vapor original no se sustituyó hasta 1971 por

uno electrohidráulico. En 1982 una vez remozado por dentro, el puente se abrió a los turistas, con acceso a las dos torres principales, las ceras y las salas de máquinas. En la actualidad es una de las atracciones turísticas más populares de la ciudad, siendo visitado en 1987 por cerca de medio millón de turistas.

Nuevo alumbrado de proyectores.

El proyecto para la remodelación total del alumbrado de proyectores existente del Puente de la Torre, se concibió en diciembre de 1986. El cliente, el Ayuntamiento de Londres, señaló los ejemplos extraordinarios de la Estatua de la Libertad, en EE.UU., y la Torre Eiffel, Francia, en la concepción y ejecución precisa del alumbrado de proyectores para resaltar al máximo hitos tan famosos. Una instalación espectacular de alumbrado para el Puente de la Torre promocionaría el turismo, y serviría también para añadir atractivo en las horas nocturnas a la zona que rodea el puente, en la que se están levantando nuevos edificios y se efectúan renovaciones.

Se consideraron varios conceptos de alumbrado, a saber:

- alumbrado dinámico en blanco, o tal vez con otro color, con variaciones ascendentes y descendentes en brillo como las que se producen al reducir la intensidad de algunos proyectores regulados por programa de alumbrado dirigido por ordenador.

- alumbrado con efectos especiales en mitad del puente, debajo del paso colgante en el que se formaría la bandera británica mediante haces estrechos de luz roja, blanca y azul, efecto que se emplearía con alumbrado estático y dinámico de todo el puente.

- alumbrado de contornos, trazando la silueta del puente con tubos de neón de color.

- rayos láser.

- alumbrado estático normal de todo el puente.

Se le indicó al cliente que el alumbrado estático de proyectores de todo el puente cumpliría mejor sus exigencias. Las otras opciones ofrecidas, aparte de ser más complicadas y estéticamente pobres, también serían más caras de poner en práctica.

El ayuntamiento siguió al pie de la letra la recomendación, y la decisión final, que se anunció el 20 de mayo de 1987, se inclinó por un proyecto de alumbrado de proyectores estático, espectacular, pero digno, que representara el puente como **“La puerta de Londres”**. Exigencia fundamental fue poner cuidados extremos en reducir al mínimo el deslumbramiento al tráfico rodado y marítimo, peatones y vecinos. También se exigió que todos los accesorios y cables se instalarán lo más disimuladamente posible en el monumento.

El proyecto práctico del alumbrado se realizó in situ en el transcurso de un estudio del puente y sus alrededores, que se realizó para determinar lo siguiente:

1. ¿Qué partes iluminar?
2. ¿Qué efectos dar?
3. Situaciones posibles de los proyectores.
4. Tipos de lámparas necesarias (sodio de alta presión, mercurio de alta presión, etc.)
5. Potencias de las lámparas (250 W, 400 W, 1 kW, 2 kW, etc.)
6. Tipos de proyectores (simétricos, asimétricos).
7. Anchuras del haz de los proyectores (estrecho, medio o ancho).
8. La necesidad de poner protectores especiales para evitar el deslumbramiento de los proyectores (pantallas).

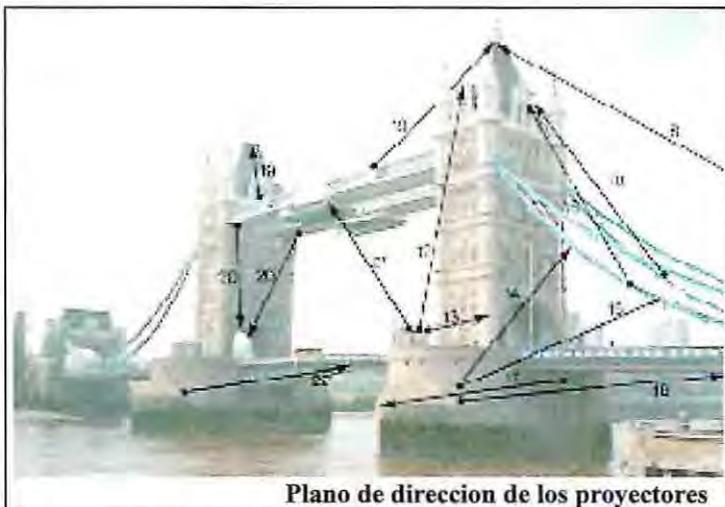
Al considerar lo que debía alumbrarse exactamente, se acordó destacar ciertos detalles del resto. Por ejemplo, en el centro de la acera colgante va la colorida insignia del Ayuntamiento de Londres y en los remates de las torres hay cuatro espiras cónicas y un tejado llamativo muy inclinado, los cuales

exigían cuidados especiales en la selección y colocación de los proyectores (véase más adelante).

El efecto de alumbrado debería destacar el puente de los alrededores en relieve tridimensional, lo que se logró creando una relación de brillo de 2:1 entre las superficies del puente que dan al río (principalmente los muros de las dos torres principales y de los dos estribos) y las que dan a las orillas. El alumbrado también debía destacar detalles grandes y pequeños de la arquitectura y de la textura de las piedras.

Al inspeccionar detenidamente las distintas posiciones posibles de montaje en el puente, no tardó en descubrirse que ciertos detalles de la estructura, como las fachadas de los estribos, al mirarlos desde el río, los laterales del arco fijo y los techos cónicos de los torres principales no podían iluminarse desde el puente mismo. Sin embargo, no representó grandes dificultades, al disponerse ya de sitios adecuados en las orillas de las cercanías del puente, aunque en algunos casos deberían elevarse los proyectores en postes especiales para salvar el follaje inmediato.

En vista de la variedad de colores que debían reproducirse fielmente (el color arenoso de la piedra y el rojo, el blanco y el azul del hierro), se decidió emplear proyectores de haluros metálicos de alta presión de 250, 400 y 2.000 W para la parte principal del alumbrado. Sin embargo, el paso elevado se ilumina con fluorescentes tubulares de 58 W, y la insignia se destaca con lámparas de sodio de alta presión de 125 W, montadas en las bases de las espiras inmediatas.



Plano de dirección de los proyectores

Las características del haz de los diversos proyectores que se utilizan se eligieron acorde al objeto por iluminar. Como se observa en los planos, por ejemplo, los proyectores que iluminan los lados más luminosos de las torres principales desde los muelles del puente son de haz ancho y estrecho, uno para la parte inferior y cuatro para la parte

superior de cada torre, respectivamente. Las caras interiores de las mismas se iluminan desde arriba con proyectores de haz estrecho montados en el lado inferior del paso elevado, mientras las caras que dan a las orillas se iluminan con proyectores de haz ancho que van en los arcos exteriores del puente.

Los únicos proyectores asimétricos que se utilizan son los que van a los lados de los dos arcos fijos más próximos a la orilla, donde se han instalado.

Se puso gran cuidado en ocultar a la vista los proyectores, siempre que fuera posible, para que no dieran la impresión de amontonamiento durante el día. También contribuyó a este fin la pintura de los proyectores, en los mismos tonos predominantes. De igual modo, se hizo todo lo posible para garantizar que los cables (se instalaron más de 7.500 m) quedarán lo más disimulados posibles. Los que van en las cadenas de soporte del puente principal se fijan con ampollas de un compuesto especial de resina epóxica en forma de cabezas de remaches, eliminando así las perforaciones y el empleo indeseable de abrazaderas. Al igual que con los proyectores, se pintaron también los cables en el mismo tono que el puente.

Cuando se consideró que el deslumbramiento podría presentar dificultades, en particular para el tráfico por encima y por debajo del puente, se pusieron pantallas regulables especiales a los proyectores molestos, que se ajustaron in situ mientras se dirigían.

La Torre Eiffel



Torre Eiffel, Paris-Francia

La torre Eiffel, símbolo de la ciudad de la luz, inaugurada en marzo de 1889, conmemorándose con ella el centenario de la revolución francesa, aparte de constituir un símbolo del progreso político, técnico y económico de la Francia de esa época.

El diseño pertenece a Gustavo Eiffel, y la construcción demoró tan solo dos años, a cargo de 132 trabajadores.

En el momento de la inauguración, se iluminaron los monumentos de París con dos proyectores montados en rieles en la planta

superior de la torre, mientras se resaltaba la silueta de la misma con 90.000 mecheros de gas cubiertos con cristal opalino. Coincidiendo con la Exposición Mundial de 1900, se añadió un sistema de alumbrado completamente eléctrico de 4.000 lámparas incandescentes.

El alumbrado que se empleó hasta diciembre de 1985 databa de 1958, y no era muy atractivo: visualmente muy plano y molesto para los visitantes de la torre, aparte de extremadamente caro, con un consumo instalado de 660 kw.

Proyecto de renovación del alumbrado

La instalación por crear debía considerar las siguientes exigencias y limitaciones:

- Recrear la esbelta silueta de la torre y sus inmediaciones y resaltar su presencia en la ciudad.
- Resaltar del mejor modo posible la estructura metálica interior.
- Eliminar las inconveniencias causadas a los visitantes por la noche y a los comensales de los restaurantes.
- Reducir el consumo de electricidad y los costes de mantenimiento.

El alumbrado

La iluminación del interior del monumento se fundó netamente en dichos principios. Se realizaron pruebas para determinar el color mas adecuado de la luz: las lamparas de haluros metálicos daban a la torre un tono grisáceo, bien lejos de su color auténtico (marrón claro). Las lamparas de sodio de alta presión, por otro lado, hacían destacar la torre de sus alrededores, le daban un aspecto festivo, contribuían a resaltar la estructura, y armonizaban mejor con el alumbrado incandescente de las distintas plataformas cubiertas y de los restaurantes. Técnicamente, estas lámparas fueron también las que ofrecían mayor rendimiento y duración. Al tratarse la torre de un monumento muy especial, con la silueta extremadamente alta, su estructura metálica y geométrica, fue necesario calcular las intensidades necesarias para cada sección de la misma. Otra exigencia era no añadir estructuras para el soporte de los proyectores.

Basándose en un estudio teórico, se realizaron otras pruebas para determinar sobre el terreno las posiciones de los proyectores, que se definió en términos de las gradientes de la torre, los ángulos de proyección y los ángulos de reflexión para la vista a corta distancia y de lejos. Como la distancia entre los proyectores variaba de pocos metros a cincuenta, fue necesario definir os distintos tipos de haces para aprovechar al máximo la luz emitida. En las largas distancias y las agujas muy estrechas, era esencial disponer de proyectores de haces estrechos ($2 \times 2.5^\circ$). Para facilitar el mantenimiento, se emplearon lámparas de la misma potencia, 1000 w. Solamente en la cúspide se colocaron lámparas de 250 y 400 w, alumbrándose las antenas de televisión con lámparas incandescentes PAR 56 de 120 v, 500 w.

La torre Eiffel debe soportar distintas condiciones adversas: vientos que a veces rozan los 150 kilómetros por hora, fuerte humedad, heladas y la contaminación del aire. Por lo tanto, la selección de los proyectores debía hacerse de entre aquellos tipos que mejor protección ofrecen contra la intemperie.

Por solicitud de los propietarios del monumento, quienes con razón deseaban asegurarse el debido mantenimiento de la instalación, se proyectó un sistema



Distribucion de los reflectores

especial que permite reconocer en cualquier momento las posibles averías de cada elemento de la instalación, sean lámparas, equipo eléctrico o disyuntores. Las averías se identifican y analizan por computadora en el departamento central de ingeniería, responsable de toda la instalación técnica del monumento. El alumbrado se acciona con una célula fotocaptora que reacciona a una luminancia de 10 a 15 lux. El consumo se ha reducido de 660 a 350 kw.



Vision nocturna del monumento

Monumento nacional - Yakarta, Indonesia

Erigido en 1961 para conmemorar la proclamacion de la independencia del pueblo indonesio en 1945, se alumbro en 1985 con proyectores para celebrar el cuadragésimo aniversario de dicha ocasion.

Este monumento nacional o Monas como se le conoce en Indonesia, es un obelisco de marfil de 132 metros

rematado en oro que se alza sobre la plaza Merdeka, en el centro de la ciudad, para simbolizar o positivo y lo negativo, lo masculino y lo femenino, el fuego y el agua, la tierra y el cielo. La base cuadrada del monumento alberga un museo nacional de historia con dioramas que describen los hitos de la historia de Indonesia; no en vano, el museo tiene una altura de 8 metros hasta el techo, 17 metros sobre la base, llamada Goblet Yard, de 45 metros de lado, dimensiones que immortalizan la fecha de proclamacion de la independencia- 17 de agosto de 1945.

Alumbrado dinamico por proyectores

En las horas diurnas, el impresionante monumento se ilumina dinamicamente con el continuo juego de la sombra y la luz. Al ponerse el sol, le sustituye una secuencia perfectamente orquestada de proyectores dinámicos y coloridos.

Tiene la reputacion de ser una de las instalaciones de proyectores dinámicos mas grande del mundo en su clase, ciertamente la primera del Lejano Oriente. En total emplea 888 incandescentes y halógenas incandescentes, distribuídas en 22 puntos, separadas de modo que los efectos del alumbrado sean visibles desde todas las direcciones.

Los proyectores (de haces ancho, medio o estrecho, según corresponda), son de 1 kw y salvo 256 de ellos, llevan filtros de color rojo, verde, amarillo o azul, estos últimos para alumbrar el lado inferior del remate, mientras el resto se dirige a las siguientes secciones del monumento:

- escalinatas del borde de la base
- los cuatro zócalos o plintos de las esquinas
- la base y el dosel arqueado
- parte inferior de la columna
- parte media de la columna
- parte superior de la columna
- remate
- galería panorámica
- llama luminosa

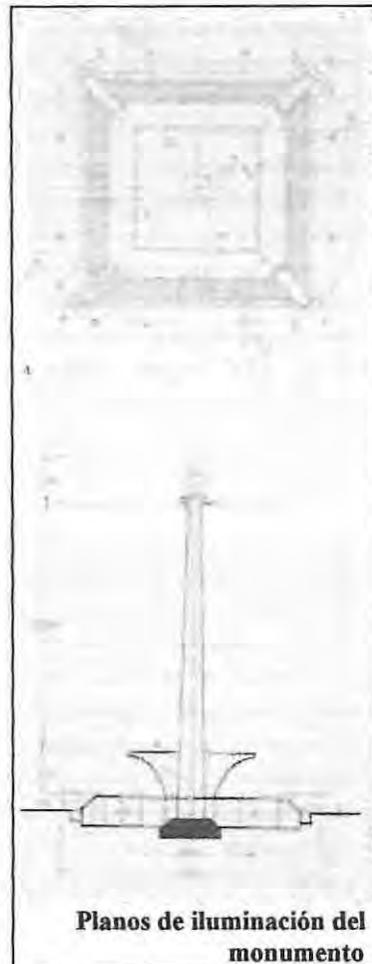
Regulación por computadora

Los proyectores se distribuyen en 130 circuitos, todos ellos con regulador de intensidad de 6 ó 10 kW, y el conjunto se regula a su vez con el ordenador de 32 kilobytes de la sala central de mando de uno de los zócalos de la base del monumento.

El computadora realiza las tres siguientes funciones básicas:

1. Selección del circuito correspondiente para el efecto exigido.
2. Mando de los reductores de intensidad pertinente para dar la reducción adecuada.
3. Regulación del tiempo necesario para completar un ciclo de reducción de intensidad.

Las cinco etapas dinámicas de alumbrado se programan en el computadora, en discos flexibles de unos 15 minutos de duración cada uno, tras lo cual el programa se repite automáticamente. Para evitar la sobrecarga de la red, se emplea un máximo de 48 circuitos de alumbrado de 10 kW, simultáneamente,



mas que suficiente para permitir toda la gama de efectos estáticos y dinámicos de alumbrado. Por ejemplo, el monumento se ilumina con varias intensidades, produciendo el efecto de que gira , se mueve arriba y abajo, combinándose movimientos de luz horizontales y verticales, o cambios de color con variaciones graduales de intensidad.

Proyecto

El concepto fundamental debía abarcar cinco temas tópicos distintos: el monumento en si , los colores nacionales de Indonesia, la fertilidad, la natalidad y el Islam. Con ello en mente y con la “paleta” de alumbrado descrita, se crearon los efectos descritos a continuación.

Monumento

La grandeza se destaca plenamente sección a sección con el alumbrado natural blanco desde una dirección, y añadiendo lentamente el color amarillo desde otra.

Colores nacionales

Las partes superior e inferior del monumento se iluminan primero con luces roja y blanca, respectivamente, pasando después a varios cambios graduales de iluminación; el obelisco se baña en rojo, mientras el dosel recibe la luz de los proyectores de luz blanca.

Asimismo, se alternan lentamente el rojo y el blanco en las superficies delanteras y laterales de los cuatro zócalos para dar el efecto de la bandera que ondea al viento.

Fertilidad

En esta parte del plan que se funda en los elementos masculino y femenino que se describen en la arquitectura del monumento, se emplea el blanco, el verde y el rojo. La intimidad y el amor existente entre ambos sexos se sugiere en con el intercambio rítmico de ambos colores, y la nueva vida que genera dicha intimidad aparece en la suave rotación de la luz sobre la base del monumento, que conjura la imagen de los niños al jugar.

Vitalidad

Los colores empleados son el rojo y verde para la vegetación; el azul para el agua de la vida y el amarillo para la cosecha.

La presencia del agua se destaca alumbrando la parte delantera del dosel curvo con luz azul en constante movimiento. El brote de arroz, la cosecha nacional, se indican destacando la parte inferior del obelisco con luz verde pura. El alumbrado se aumenta lentamente en brillo y se extiende para cubrir todo el eje, representando el crecimiento. Al madurar el arroz el verde cambia suavemente a un verde amarillento, con una nota de rojo, para representar la floración. La secuencia alcanza el momento culminante al acercarse la época de la cosecha: la columna entera pasa a ser bañada en luz amarilla pura.

El Islam

Los colores empleados para simbolizar esta región son el blanco y el verde - los hitos de la nación - las superficies delanteras en rojo puro y sus lados en blanco, que aumentan lentamente en intensidad.

El poder del Islam se representan con el movimiento vertical de la luz por el obelisco y la rápida proyección de la luz blanca en el dosel.

Después, un repentino destello de luz amarilla y roja alcanzan la llama de la cúspide del obelisco, poniendo en marcha un movimiento espiral de arriba abajo de luz en el obelisco mismo para simbolizar el Islam y la humanidad. Esta fase del alumbrado concluye iluminando la columna a intensidad plena con luz verde.

En la fase siguiente el alumbrado comienza por girar en espiral sobre la columna, sugiriendo la influencia del Islam en Indonesia, y después se deja descender rápidamente la oscuridad, para seguir en la base del monumento con los colores nacionales, rojo y blanco. El programa concluye aumentando el brillo del verde del Islam.

Los distintos efectos de alumbrado dinámico que se han descrito se aprecian mejor desde un punto próximo al monumento, preferiblemente en la plaza misma. Sin embargo se ha puesto el debido cuidado para asegurar que el alumbrado haga visible el monumento en toda su magnificencia desde un distancia de varios kilómetros. El monumento Monas, uno mas de las series de proyectos de alumbrado de proyectores que se plantea para el futuro, proclamará dentro de pocos años: esta es Yakarta, la ciudad de la luz.

GLOSARIO

absorción : En los fenómenos de reflexión y transmisión, parte de la luz que incide sobre los cuerpos es absorbida en mayor o menor proporción según la constitución de los materiales.

La transmisión, absorción, refracción y reflexión de la luz son propiedades de los materiales u objetos que la reflejen.

Un mismo tipo de luz tendrá distintas respuestas según las características del material que lo refleje.

apariencia de color : Sensación producida por la temperatura de color de la fuente de luz, de acuerdo a esta se perciben espacios fríos, cálidos o intermedios.

candela : Unidad de intensidad luminosa; esta unidad es tal que la luminosidad del cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino es de 60 candelas o bujías por centímetro cuadrado.

balasto : Dispositivo que emplean las lamparas de descarga en gas para estabilizar la corriente.

color : Sensación que los rayos luminosos producen en el sistema óptico al ser reflejados en un cuerpo.

consumo : Cantidad de la luz consumida en un intervalo de tiempo.

contraste : Es la diferencia de luminancias entre figura y fondo. Es una característica propia de los materiales de reflejar la luz. El contraste varia dentro de un amplio rango desde muy débil a muy severo.

cuerpo negro : Elemento con la capacidad de absorber todas las radiaciones que inciden sobre él, cualquiera sea su longitud de onda. Mediante este elemento patrón, se miden las sensaciones de color de las distintas fuentes de luz.

depreciación luminosa : Pérdida del flujo luminoso que experimenta una lámpara a lo largo de su vida. Esta pérdida se expresa en porcentaje al flujo inicial.

deslumbramiento : Es un disturbio visual que se produce cuando la luminancia es excesiva. La presencia de altos brillos en el campo visual produce disturbios en el control del mecanismo de ajuste del ojo, cuyos músculos se fatigan y pierden entonces capacidad de ajuste para la visión nítida. Si el brillo es demasiado alto, puede causar grave daño a la retina, como congestiones o inflaciones. Existen dos diferentes tipos de deslumbramiento, el por el velo y el por incomfort.

deslumbramiento por infort : Ocurre cuando se producen pequeños focos de deslumbramiento, brillos o reflejos que no abarcan todo nuestro campo visual.

deslumbramiento por velo : Ocurre cuando el deslumbramiento abarca todo el campo visual y nos ciega.

difusor : Elemento que en las luminarias modifica la distribución espacial del flujo luminoso irradiado y que depende del fenómeno de la difusión.

eficiencia luminosa : Se expresa en lúmenes / watt, es la relación existente entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica absorbida.

espectro visible : Es la sección del espectro electromagnético que se extiende entre el ultravioleta y el infrarrojo, comprendiendo el campo desde una longitud de onda de 3800 Å hasta 7800 Å.

Cada fuente luminosa tiene un espectro distinto, que le confiere unas características y cualidades específicas. Las lámparas incandescentes poseen un espectro continuo, mientras que las de descarga emiten un espectro a rayas discontinuas. El sol emite un espectro continuo y completo. La curva de distribución espectral es la que ilustra la composición espectral de las distintas fuentes de luz, o sea la manera en que se distribuye la energía entre las distintas longitudes de ondas, es decir entre los distintos colores.

factor de reflexión : Es la capacidad de un cuerpo para reflejar la luminancia. Esto depende del tipo de superficie y del color. Se distinguen diferentes tipos de reflexión. El ángulo de reflexión de la luz es siempre igual al ángulo de la luz incidente.

flujo luminoso : Son las radiaciones visibles que salen en todas las direcciones desde la fuente de luz. El flujo luminoso se mide en lúmenes (lm.).

fotometría : Parte de la física que se ocupa de las medidas de las cantidades de luz y de las propiedades de los cuerpos relativas a la transmisión, reflexión etc. de la luz. Es la ciencia de la comparación de focos luminosos y más exactamente de su intensidad.

fotómetro : Instrumento que sirve para medir la intensidad de una fuente luminosa.

haz de luz : Conjunto de rayos de luz que se propagan en el espacio según una trayectoria rectilínea cuando el medio es homogéneo.

ignitor : Dispositivo eléctrico que genera pulsos de alta tensión, necesarios para iniciar la descarga eléctrica en lámparas de alta intensidad.

iluminancia : Cantidad de luz que incide sobre una superficie, magnitud del torrente luminoso al llegar a un cuerpo iluminado

iluminancia promedio : Es la cantidad de luz que llega a una superficie, o sea es el flujo luminoso dividido por la superficie; su símbolo es el lux (lúmenes / m²).

iluminancia puntual : Es la intensidad dividida por la distancia entre la fuente y el punto, al cuadrado. (intensidad / d² = lux.). Se mide en lux.

incandescencia : Emisión de radiación visible (luz) debido a la excitación térmica producida en un filamento.

intensidad luminosa : Es el flujo luminoso concentrado en una dirección. La intensidad luminosa se mide en candelas (cd.).

lampara : Aparato destinado a producir luz artificial y que se emplea para fines de alumbrado.

lumen : Unidad de flujo luminoso igual al flujo luminoso emitido en un estereorradian por una fuente luminosa puntual uniforme , de una candela de intensidad y situada en el vértice del ángulo sólido.

luminancia : Es la luz reflejada por los objetos, que es por cierto lo que el ojo ve. La luminancia de un objeto va a depender de su factor de reflexión. Se cifra en cd / m².

luminaria : Aparato que refleja, filtra o transforma y distribuye la luz procedente de una lámpara, forman parte de ella todos los elementos necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas a la red eléctrica.

luminosidad : Es el reflejo arrojado por un cuerpo iluminado

lux :Unidad de iluminación que equivale a la iluminación de una superficie que recibe normalmente y de un modo uniformemente repartido, un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado (su múltiplo usual es el fot, iluminación de un lumen por centímetro cuadrado, que equivale a 10.000 lux).

luz : ver “radiación visible”

proyector : Aparato que concentra y dirige en una dirección determinada la luz procedente de un foco de gran intensidad. Consta de un cilindro cuya parte posterior es un reflector parabólico, en el foco de este reflector se halla el manantial luminoso consistente en una lampara de incandescencia o de descarga; la parte delantera esta cerrada por un vidrio difusor estriado o por un sistema óptico amplificador análogo al sistema de los faros.

radiación : Se define por radiación, como una emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas; puede considerarse como un tren de ondas electromagnéticas que se propaga en el vacío, en línea recta con una velocidad muy cercana a los 300.000 km/s.

Radiación visible (la luz) : La luz puede definirse como radiación capaz de producir directamente sensación visual. Las ondas luminosas ocupan solo una parte muy pequeña del espectro de ondas electromagnéticas.

rayo de luz : Línea de luz que procede de un cuerpo luminoso.

reflectores : Aparato de superficie bruñida, para reflejar los rayos luminosos. La forma del reflector permite controlar y repartir la luz de una fuente luminosa dentro de unos límites muy variables; así, existen reflectores intensivos (de haz estrecho), extensivos (de haz ancho), parabólicos (de haces paralelos), concentrantes (en un punto).

reflexión difusa : Producida por superficies rugosas y mates, como la tela blanca y el yeso. La reflexión difusa evita el deslumbramiento.

reflexión dirigida o especular : Se produce en las superficies completamente lisas y brillantes, como los espejos de vidrio y los metales pulidos. El ángulo de reflexión de la luz es siempre igual al ángulo de la luz incidente.

reflexión semi - difusa : La producida por superficies blancas y esmaltadas.

reflexión semi - dirigida : La que se produce por superficies rugosas y brillantes.

refracción : Fenómeno por el cual, la luz al cambiar de medio de diferente densidad, sufre una alteración en su desplazamiento, variando su velocidad y también su dirección; se da por ejemplo en el paso del aire al agua o viceversa.

refractor : Dispositivo mediante el cual se modifica la dirección de un haz luminoso mediante fenómenos de refracción.

rendimiento : ver “eficiencia luminosa”

rendimiento de color o índice de reproducción cromática (IRC) : Se llama así a la capacidad que tiene una fuente luminosa de reproducir los distintos colores del objeto iluminado. El índice máximo ($R_a = 100$) corresponde a la luz blanca natural que posee un espectro continuo y completo.

Se han elaborado normas y tablas para clasificar las diversas capacidades de rendimiento de color de las distintas fuentes de luz artificial.

: Es el “color aparente” de una fuente luminosa, se mide en grados Kelvin ($K=C+273$). La “luz cálida” tira hacia el amarillo - rojo, con una temperatura de color de 3000 K y menos. En cambio, la “luz fría” , tira hacia el azul - violeta con una temperatura de color elevada (8000 K a 10.000 K).

sombra : Oscuridad producida por la intercepción de los rayos de luz por un cuerpo opaco , también referida a la parte no iluminada de un espacio o superficie, que reproduce la silueta del cuerpo interpuesto entre el foco de luz y dicho espacio o superficie.

temperatura de color : Magnitud empleada para determinar el color de una fuente luminosa, comparándola con el de un cuerpo negro o radiador completo.

transmisión : Paso de la luz a través de un medio sin alteración de la frecuencia cromática.

transmisión difusa : Se produce por los cuerpos traslúcidos como el vidrio muy opal.

transmisión dirigida : Producida por los cuerpos transparentes como el vidrio claro.

transmisión semi - difusa : Se produce por los cuerpos traslúcidos menos densos como el vidrio ligeramente opal

transmisión semi - dirigida : Se produce por los cuerpos menos transparentes como el vidrio mateado.



CONCLUSIÓN

La iluminación de fachadas de edificios, representa una técnica que tiene mucho que aportar a la imagen de las ciudades, el hecho de valorizar mediante esta técnica determinadas obras de arquitectura, le confieren a las ciudades un interés especial, tanto para quien la habita como para quien la visita.

En la exposición de casos, se aprecia cómo en Europa la aplicación de iluminación genera imágenes reconocidas en todo el mundo, esto por cuanto se valora la aplicación de esta técnica iluminándose los grandes símbolos que caracterizan a estas ciudades.

Considero que con la comprensión de los fenómenos lumínicos, con la aplicación de un proceso evaluativo de la obra a iluminar, se puede dar respuestas de iluminación que hagan de cada ciudad, emblemas de sí mismas a través de las imágenes que en medio de la oscuridad proyecten.

A modo general, creo que el arquitecto debe considerar la luz, no solo como un problema de orden funcional, donde se procure resolver el confort visual o ambiental sino también como un instrumento compositivo con el cual crear nueva arquitectura. Así como los griegos por ejemplo establecieron un equilibrio en su arquitectura reparando en las sombras producidas por sus relieves en sus construcciones, en contraposición a sus luces, los arquitectos de hoy debiéramos considerar a la luz, a sus sombras tanto de día como de noche para expresar intenciones formales a través de composiciones de luz.

Para el caso específico de la iluminación de fachadas como acto creativo, considero estos factores que a continuación enumero como esenciales para lo que puede ser una gestión de iluminación:

- Ángulos privilegiados para observar
- Emplazamiento del edificioQue partes iluminar
- Que efectos producir
- Ubicaciones posibles de los proyectores
- Características de forma del edificio a iluminar
- Tipo de superficie del edificio
- Color e índices de reflexión de la superficie del edificio
- Tipos de lámparas a utilizar

- Potencias de aplicación
- Tipos de proyectores
- Anchura del haz de proyección

La intervención con luz debe no solamente hacer presente una obra mediante la inundación de luz sino que debe ser trabajada de tal forma que refleje intenciones plásticas como medio de expresión, y construya así una nueva visión de la obra de arquitectura.

No se trata de iluminar tal cual ilumina el Sol, sino de personalizar una intervención creativa.

BIBLIOGRAFÍA

-LIBROS

- F. WESTON** / ÓPTICA- FUNDAMENTOS DE FÍSICA
EMILIO CARRANZA / LUMINOTECNIA Y SUS APLICACIONES
R. G. WIEGEL / LUMINOTECNIA
I.E.S. / LIGHTING HANDBOOK
J. ARENTSEN / LUZ, EGOS Y UNIVERSOS
PHILLIPS / MANUAL DE ALUMBRADO PHILLIPS
G. COLOMBO / MANUAL DEL INGENIERO
R. ARNHEIM / LA FORMA VISUAL DE LA ARQUITECTURA
K. LYNCH / LA IMAGEN DE LA CIUDAD
P. GROSS - E. VIAL / EL MONASTERIO BENEDICTINO DE LAS
 CONDES
R. BARTHES / SEMIOLOGÍA Y URBANISMO
FRANCISCO DE GRACIA / CONSTRUIR EN LO CONSTRUIDO

-SEMINARIOS

- J. SCHAPIRO (U.V.)** / LA LUZ, MATERIAL ESPACIAL

-APUNTES

- L. BRAVO H. (P. U.V.)** / APUNTES DE ILUMINACION

-REVISTAS

- ILLUMINAZIONE D'OGGI** n° 56
A. RECORD 8 / 86
REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA (R.I.L.)
 NÚMEROS: 3 / 87
 3 / 88
 3 / 86
 1 / 91
 2 / 92
 2 / 94
 4 / 94

Universidad de Valparaíso
Chile



00001673