

Evaluación de los niveles de iluminación natural al interior de las salas de la facultad de arquitectura



Alumno: juan ruiz muñoz
Profesor guía: claudio carrasco aldunate

Facultad de arquitectura
Escuela de arquitectura
Universidad de valparaiso

Nunca esta demás agradecer, quizás por que hay una necesidad de recordar a aquellos que siempre estuvieron con uno en los momentos difíciles, o simplemente por decir “vamos” cuando a uno le faltaban las fuerzas; a Claudio por su infinita ayuda, y mis amigos y compañeros Juan Carlos, Mauricio y Víctor.

“tener un amigo no es cosa de la que pueda ufanarse todo el mundo”

Antoine de Saint-Exupery (1900-1944) Escritor francés

Índice

Introducción

Motivación al tema

Acercamiento al problema

Estado del arte

1- Antecedentes Generales

1.1 Aspectos generales. El sol y su relación con la tierra.

1.2 La tierra.

1.3 Calculo de la posición del sol

1.4 Radiación solar

2 - Antecedentes Técnicos

2.1 La Luz

2.2 Aspectos fundamentales de la radiación EM

2.3 El espectro electromagnético

2.4 Coloración de los cuerpos

2.5 El color

2.6 Reproducción del color

2.7 Síntesis aditiva

2.8 Síntesis sustractiva

2.9 Percepción humana del color

2.10 Temperatura de color

2.11 Tipos de luz durante el día.

2.12 La vista.

2.13 Confort visual

2.14 Calculo Deslumbramiento

2.15 Luz proveniente del cielo.

2.16 El sol y el cielo como fuentes de luz natural

2.17 Luz del sol

2.18 Luz proveniente del cielo

2.19 Cielos despejados

2.20 Cielos cubiertos

2.21 Luminancia del cielo

2.22 Traspaso de la luz al interior

2.23 Luz natural y su comportamiento en los espacios interiores

2.24 Factor día

2.25 Entorno del edificio

2.26 Recursos tipológicos del propio edificio

2.27 Efecto del área vidriada

2.28 Efecto de las dimensiones del recinto

- 2.29 Efecto en la ubicación y distanciamiento de las ventanas
- 2.30 Zona iluminada
- 2.31 Línea máxima de iluminación
- 2.32 Efecto de las propiedades reflejantes de las superficies interiores
- 2.33 Calculo de iluminación natural interior
- 2.34 Calculo de la luminancia natural en el interior de un recinto sobre un punto de trabajo a 1 mt de altura.

Tablas complementarias

3 - Evolución del control ambiental lumínico en Arquitectura.

- 3.1 Evolución del control ambiental lumínico en arquitectura
- 3.2 Tiempos primitivos
- 3.3 Antigüedad
- 3.4 Grecia y Roma
- 3.5 Arquitectura Bizantina.
- 3.6 Edad media
- 3.7 El Barroco
- 3.8 Siglo XIX
- 3.9 Siglo XX

4 - Cuantificación de la Luz

- 4.1 Magnitudes fotométricas
- 4.2 Flujo luminoso
- 4.3 Intensidad luminosa
- 4.4 Iluminancia
- 4.5 Luminancia
- 4.6 Componentes de la luz natural
- 4.7 Angulo de dispersión
- 4.8 Transmisión, Reflexión y Absorción
- 4.9 Tipos de transmisión y reflexión
- 4.10 Espectroscopia. Aparatos de medición

5 - Conducción de la Luz

- 5.1 Sistemas de iluminación natural
- 5.2 Componentes de conducción
- 5.3 Espacios de luz intermedios
- 5.4 Espacios de luz interiores
- 5.5 Componentes de paso
- 5.6 La ventana

- 5.7 Situación de la ventana
- 5.8 Forma de la ventana
- 5.9 Espesor del muro
- 5.10 Componentes de paso cenitales
- 5.11 Componentes de paso globales
- 5.12 Elementos de control

6 - Influencia de la iluminación en la salubridad

- 6.1 Consideraciones generales
- 6.2 Higiene fisiológica en la tarea visual
- 6.3 Luz y Salud
- 6.4 Luz natural y luz artificial
- 6.5 Ahorro energético
- 6.6 Aprovechamiento de la luz natural

7 - Modelos matemáticos a considerar

- 7.1 Software de aproximación
 - 7.1.1 RAFIS
 - 7.1.2 Heliodon
 - 7.1.3 DF calc
- 7.2 Modelos matemáticos de aproximación
 - 7.2.1 Método de cálculo punto por punto
 - 7.2.2 Factor luz día

Tablas de niveles de iluminación

Hipótesis general

Objetivo general

Objetivos particulares

Metodología de trabajo

Desarrollo y casos

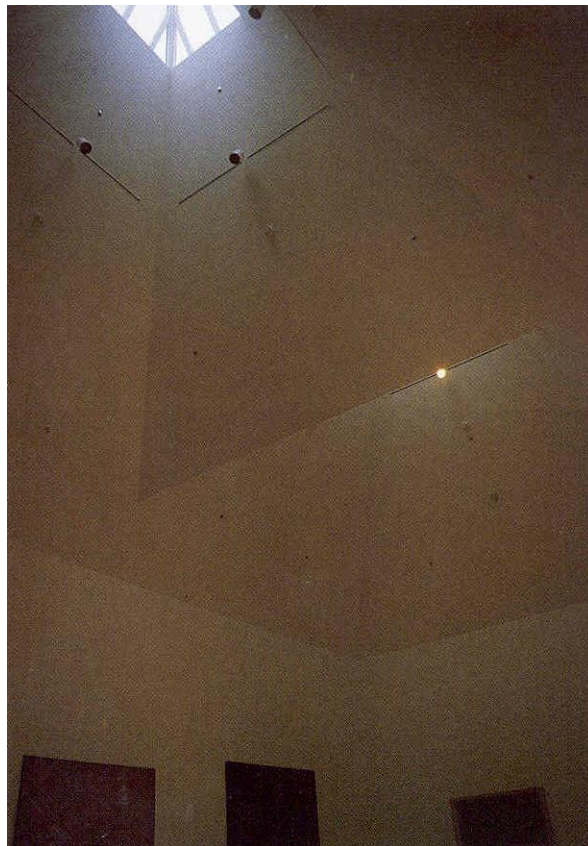
Salas de la Facultad de Arquitectura.

Anexo

Conclusiones

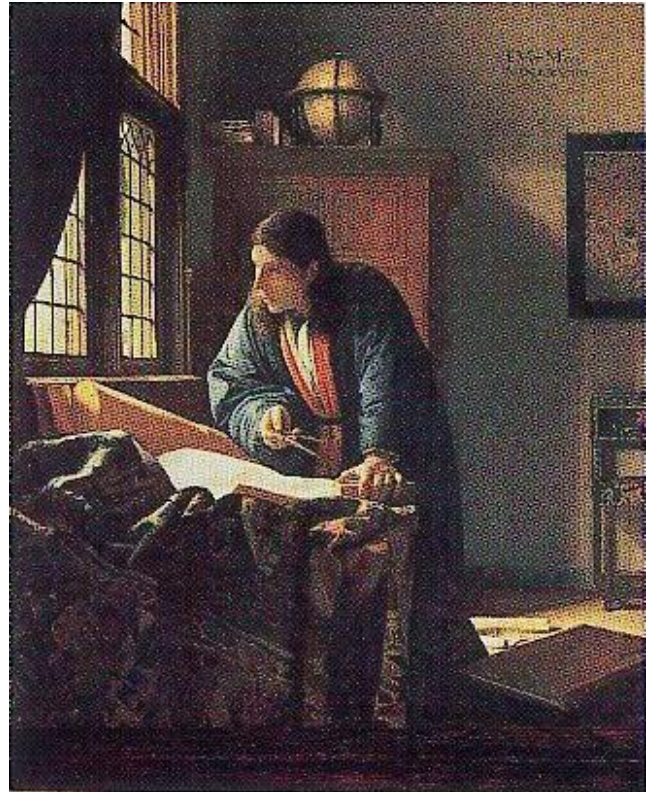
Bibliografía

Introducción



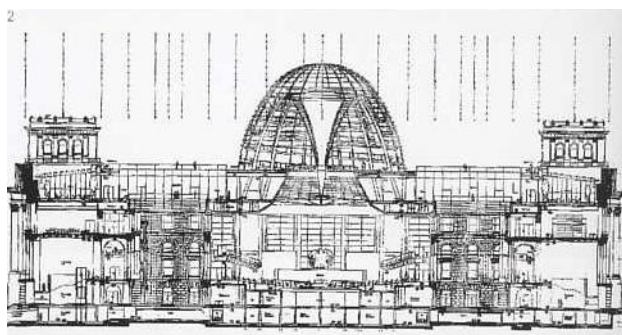
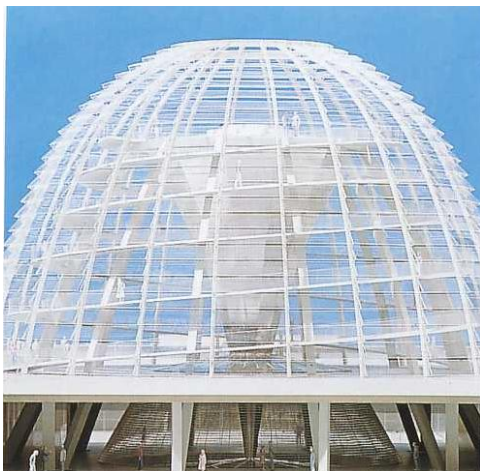
La luz ha acompañado al hombre desde sus inicios, la vida nace con la luz que proviene del sol, y la luz ha sido parte de la composición arquitectónica, es ahí cuando pasa a ser iluminación.

La arquitectura debe encargarse de dar condiciones apropiadas para cada actividad, así como se encarga de la habitabilidad; la habitabilidad implica el correcto uso de los elementos y la relación al servicio de los habitantes, uno de esos elementos es la iluminación natural.



La iluminación natural es otra de las exigencias de habitabilidad sico-fisiológicas que se debe incorporar a los proyectos de arquitectura.

Los principales motivos para incluir la iluminación natural dentro del diseño, hacen referencia al ahorro energético relacionado con la reducción de las necesidades de luz artificial en los edificios y la contribución a mejorar el confort lumínico.



La iluminación natural es la luz resultante de la luz directa e indirecta que proviene del sol. Donde la luz indirecta resulta de la reflexión de la luz del sol en las nubes, la atmósfera y los edificios.

La iluminación no es una luz uniforme; depende de la locación geográfica, dirección con respecto al sol, y la cantidad de nubes en el cielo.

Esta también afectada por la reflexión de los edificios alrededor, y por el factor de reflexión de las superficies externas e internas y los materiales usados en las fachadas. La iluminación natural ha jugado un rol decisivo en la arquitectura para crear una atmósfera particular, así como para proveer a los ocupantes de un confort visual y una iluminación funcional.

El incremento en los precios de las energías y el impacto de la producción de estas en el medioambiente, se ha reflejado en la creación de una arquitectura de ahorro y aprovechamiento energético.

Está estimado que más de la mitad de la energía que se usa en los edificios en altura se utiliza en iluminación artificial. En verano la energía es frecuentemente desperdiciada en librarse del calor que produce la iluminación artificial mediante sistemas de aire acondicionado.

La luz natural no es una luz uniforme depende de la dirección y localización del sol. La cantidad de luz varía entre 7000-25000 luxes (lx), en latitudes entre el 28 y el 33, y 3000-16000 en latitudes entre 39-43.



En verano la cantidad de luz depende de la posición del sol mientras que en invierno de la cantidad y tipo de nubes en la atmósfera. La cantidad de luz exterior también depende principalmente del tamaño de las aberturas, posición reflexiones externas, y reflexiones en superficies internas. Es posible incrementar la iluminación en los edificios usando elementos externos como lucernas, superficies prismáticas, prismas que guían la luz al interior, y otros elementos que son usados como quebrasoles y dispositivos para dar sombra.

La fachada juega una rol importante, es la que ofrece el control de la luz que entra al interior del edificio. Un uso correcto puede hacer al edificio energéticamente más eficiente

El uso de diseños insensatos en los edificios actuales, el uso de materiales inapropiados y la utilización excesiva de superficies vidriadas causa problemas ambientales. Estas son consecuencias del uso irracional de iluminación artificial durante el día.

Motivación al tema

El uso de la luz natural es tradicional en la arquitectura, desde las construcciones más primitivas la luz solar fue en una condición que influía en la configuración de los espacios construidos. A través de la historia se ha demostrado la importancia que suscitaba este elemento en la arquitectura, ya Vitruvio en sus tratados hablaba de consideraciones higiénicas de la luz solar. O arquitectos del periodo moderno como Alvar Aalto quien se refería que en la arquitectura el *componente lumínico* tenía un valor más allá que lo meramente visual.

Con la aparición de la iluminación artificial, durante el siglo XIX se abandono de alguna manera las bondades de la luz natural más por motivos de productividad en un momento de crecimiento económico que en beneficio del propio ser humano.

La luz artificial durante el siglo XX muestra todas sus potencialidades, pero además muestra sus debilidades frente a aspectos como el gasto energético que implica su uso, y la generación de calor y pérdida de energía. Hay que contar además con los innumerables estudios que se han realizado respecto a los efectos de la iluminación artificial sobre los usuarios, sobre los estados de alerta y relajación y padecimientos de depresión.

Es por eso que en la actualidad se apunta a rescatar o mas bien aprovechar de mejor manera el alumbrado natural mediante nuevas tecnologías que permiten tener una iluminación mas eficiente al interior de los recintos ya sea de trabajo, estudio, entretenimiento o habitacionales.

Creo que es un buen momento para intentar dar una mirada a un problema que además en nuestro país no se le ha dado mucha importancia, cabe señalar que ni siquiera existe una normativa específica acerca de iluminación natural, como ese problema se ha enfrentado en otras latitudes con soluciones innovadoras, de la mano del desarrollo tecnológico de nuevos materiales y técnicas constructivas. Pero sin caer en lo objetual, en lo decorativo en lo agregado, sino que mostrar las nuevas tendencias, que vayan de la mano con el diseño arquitectónico y sean coherentes con el programa arquitectónico.

Además de cómo existen herramientas que permiten ayudar al arquitecto en el proceso de diseño arquitectónico con la iluminación natural, y si no es con el diseño las nuevas propuestas de revitalizar los edificios que se encuentran mal iluminados en su interior, y como se ha rescatado el valor de la iluminación natural para su mejora.

Acercamiento al problema

El tema de la iluminación natural es muy amplio por cuanto existen muchas variables y factores dentro de este tema

El tema surge de la siguiente pregunta:

¿Cómo se recupera la luz natural para los espacios interiores, con las condiciones de confort y ahorro energético?

La pregunta apunta hacia la iluminación, que es uno de los requerimientos ambientales más importantes de los interiores, la iluminación implica visibilidad en un espacio, una condición esencial para la realización adecuada, segura y en confort de nuestras actividades. Una buena iluminación requiere igual atención en la cantidad como en la calidad de luz.

Si se piensa en recuperar la luz natural significa que esta ha sido desplazada por mecanismos artificiales que elevan el **gasto energético**. Pero además habla de los beneficios de esta. La luz natural **no es una mera iluminación**; al hacer visible el entorno, asegura una conexión con el ambiente exterior, las radiaciones externas y las condiciones de cielo, y esto promueve una satisfacción a las **necesidades biológicas y psicológicas de ritmos naturales**.

Se debe pensar también en el **uso del interior** y en el **usuario** de ese recinto, puesto que la arquitectura diseña condiciones de habitabilidad y es rol del arquitecto pensar en las condiciones de confort de los espacios y los requerimientos de estos.

La luz en la naturaleza tiene una importancia vital. Luz y calor nos llegan del sol en forma de radiaciones como parte del espectro electromagnético que abarca desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.

El sol ha acompañado al hombre desde los inicios de la humanidad y la civilización. La luz interactúa con la materia viviente de modo particular y de ello depende la vida en la tierra, permite que se desarrollen las plantas y los árboles, ayuda al proceso de fotosíntesis, y por tanto a la generación de oxígeno. La luz afecta de manera especial al ser humano no solo a través de los fotorreceptores ubicados en los ojos y que junto al cerebro conforman el sentido de la vista, sino además de otros en otras partes del cuerpo que ayudan en los procesos de intercambio energético entre el ser humano y su ambiente.

La luz del sol hace posible las actividades diurnas del ser humano, aprendió a manejar, controlar y aprovechar la luz del sol. Sin embargo a lo largo de la historia ésta no le fue suficiente, el incesante crear de la mente humana ayudó a desplazar la luz que tanto había servido al hombre. Supo así construir y controlar mecanismos artificiales de iluminación para extender las labores diurnas hasta la noche y durante ésta.

El ser humano dejó por un tiempo de lado la luz natural y la posibilidad que ésta le daba de iluminar sus espacios interiores, de trabajo, descanso u ocio. Durante este tiempo el derroche energético no

era problema, hasta conocerse las implicancias que este sucitaba en el futuro del planeta, y en que los recursos con que se contaban a este momento no eran renovables. La fuente de luz solar es gratuita e inagotable, y limpia. Se ha comenzado a crear conciencia al respecto y es por eso que en las ultimas decadas el desarrollo de nuevos materiales, tecnologias y estudios al respecto han permitido en parte recuperar la importancia que implica la iluminacion natural para la sociedad contemporanea, y mas aun en el diseño arquitectónico.

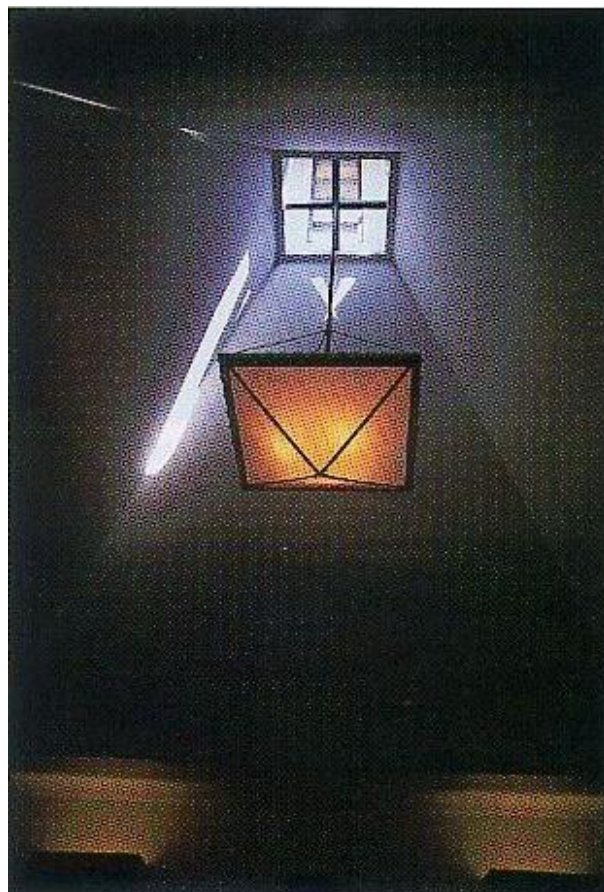
Así el arquitecto debe crear espacios vitales conociendo las propiedades lumínicas al igual que los efectos que le va a ocasionar al usuario.

El recuperar habla de algo que se ha perdido, algo que se quiera restaurar, se puede pensar que se ha perdido en el diseño arquitectonico, pero ademas puede ser que se haya perdido en ambientes ya construidos por malas intervenciones o soluciones.

Podemos pensar que la iluminacion artificial pudiese ser una contribucion a un espacio mal iluminado naturalmente, que se transformase en un complemento de la luz natural, pero sin olvidar en los

Por tanto el como se recupera la luz natural para un espacio interior; la respuesta es el desarrollo del seminario. Lo que se debe recuperar es el clima luminico, el confort luminico, el confort visual proporcionado por la luz natural en el interior, y su capacidad de crear un ambiente mas saludable.

Antecedentes Generales



Aspectos generales. El sol y su relación con la tierra.

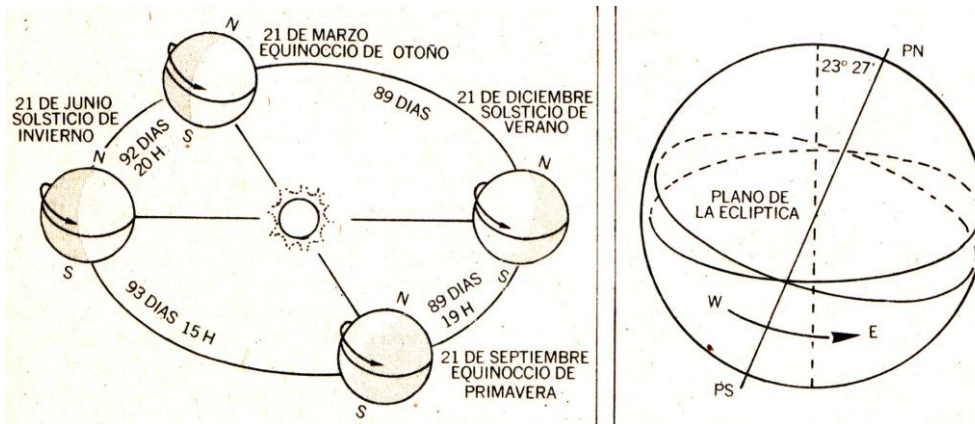
La tierra.

La tierra se encuentra sometida a dos movimientos principales.

1.- MOVIMIENTO DE ROTACIÓN

2.- MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN

1. — Movimiento de Rotación: Cada 24 horas la tierra completa una vuelta sobre su eje a una velocidad de unos 27 Km. por minuto. Cada amanecer nos parece ver salir el sol por el Este, trepar en el cielo hasta el mediodía para luego descender hasta que se pone por el Oeste. Este movimiento aparente de la esfera celeste es una consecuencia de la rotación de la tierra.



2. — Movimiento de traslación: Al mismo tiempo que gira sobre sí misma, la tierra se mueve alrededor del sol a una velocidad de 29.7 Km. por

segundo.

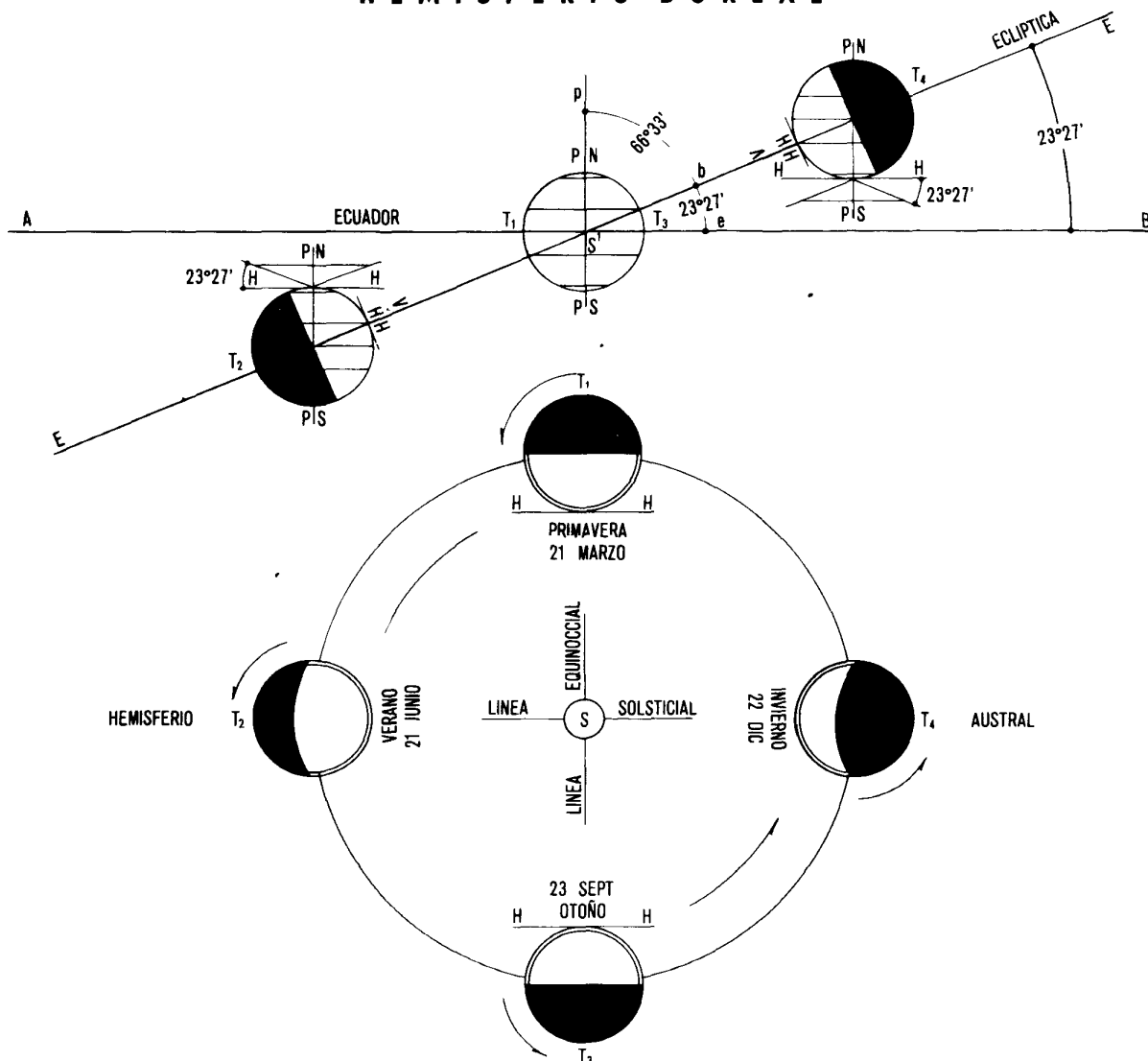
Esta órbita es ligeramente elíptica y se realiza en un período de 365 días. El movimiento de traslación alrededor del sol combinado con la inclinación del eje de rotación resulta en una distribución desigual de la luz y el calor que es recibido por región de la tierra en el transcurso del año.

La posición que ocupa la tierra durante su movimiento, de traslación alrededor del sol se mide por la distancia angular del sol con el ecuador terrestre.

Los Equinoccios corresponden al 23 de septiembre, otoño, y al 21 de marzo, primavera, cuando la noche y el día tienen igual duración en todo el Planeta. En el Solsticio de Invierno, 22 de diciembre que señala el comienzo del invierno en el hemisferio Norte ocurre todo lo contrario. El Solsticio de Verano ocurre el 21 de junio, fecha que ocurre el día más largo y la noche mas corta en el hemisferio Norte.

Esquema del movimiento de la tierra con respecto al sol.

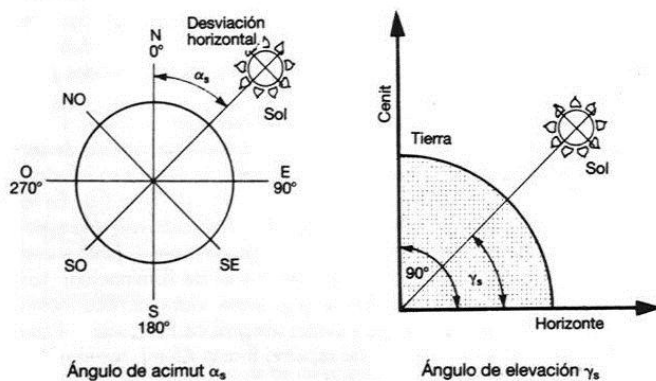
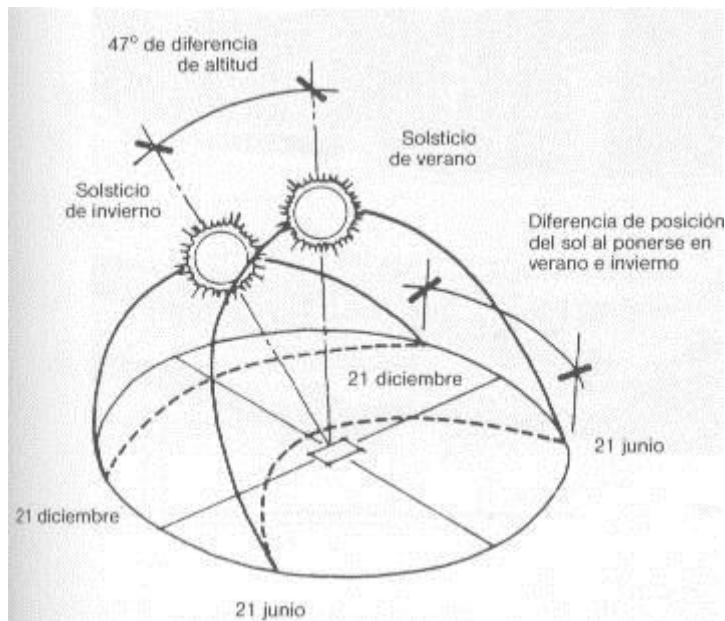
HEMISFERIO BOREAL



La posición del sol con respecto a cualquier punto de la superficie de la tierra se define con el ángulo de **azimut** y con el ángulo de **altitud**. Estos ángulos quedan determinados por la latitud, la fecha y la hora del lugar que se interese obtener el asoleamiento. El azimut es un ángulo que se mide horizontalmente desde el meridiano Norte. Para las horas de la mañana se mide en la dirección este y para las horas de la tarde se mide en la dirección oeste. La altitud es un ángulo que se mide verticalmente, entre el sol y el plano horizontal del horizonte. El meridiano norte es el verdadero meridiano norte, y no el norte magnético que está ligeramente desviado.

Se entiende por favorables a las orientaciones que permiten un buen asoleamiento a lo largo del año y su exceso puede ser controlado con aleros de dimensiones aceptables.

Como críticas se denomina a las orientaciones que poseen un exceso de asoleamiento, produciendo sobrecalentamiento y que además presentan problemas para ser controlados con aleros por sus excesivas dimensiones. Las desfavorables son las de excesivas radiaciones solares e imposibilidad de generar protecciones que no afecten la función que originó al vano, debido al bajo ángulo de incidencia solar.



Una correcta orientación junto con un estudio del entorno que permita detectar obstáculos, permitirá a través de un adecuado aventanamiento contar con una fuente adicional de energía proveniente del sol que reducirá el consumo energético para iluminación.

El asoleamiento es el que se encarga de analizar la dirección e incidencia de los rayos solares en diferentes épocas del año, para las cuales utilizamos la *grafica solar*; esta se encarga de realizar un análisis de asoleamiento (rayos solares) que inciden en ciertas fechas, hora y orientación. En un país con diversidad de climas, en el que el asoleamiento varía de verano a invierno y de hora en hora, es importante conocer las trayectorias solares para contar con información que ayude a resolver problemas de exposición solar y sombras.

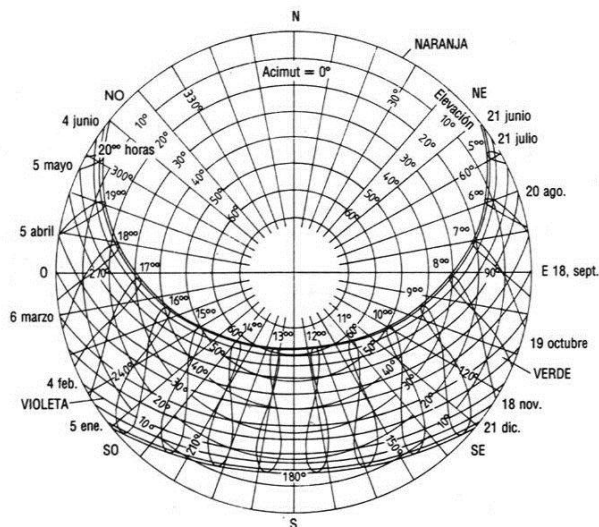
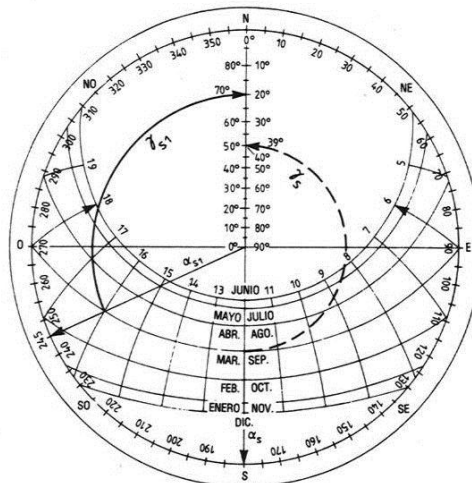


Diagrama RSW de la posición solar para un lugar de coordenadas geográficas 49° 52' LN, 8° 39' LE, meridiano de referencia: 15° 00' LE



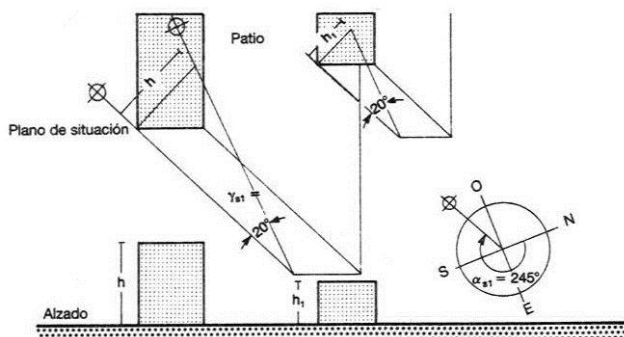
Proyección estereográfica de la órbita solar, por ejemplo para un lugar situado a 51° LN. El día 21.3 y el día 23.9: el sol sale a las 6,00 horas y se pone a las 18,00 horas. $\gamma_s = 39^\circ$ a las 12,00 horas

Grafica solar.

Calculo de la posición del sol

Debido a la inclinación de la tierra a lo largo del año, resultan las cuatro estaciones, es decir cuatro posiciones diferentes. En los equinoccios la noche y el día tienen la misma duración y la inclinación de la tierra es 0° . El solsticio de invierno es el día mas corto del año y la inclinación de la tierra es de $-23,5^\circ$ y en verano es de $+23,5^\circ$.

La posición del sol se calcula a partir de la latitud, el 21 de marzo y el 23 de septiembre el sol forma un ángulo cenital idéntico a lo largo de cada paralelo ($\alpha = 180^\circ$). Por ejemplo en el paralelo 33 de latitud sur en la ciudad de Santiago el ángulo cenital a mediodía es de 33° , por tanto el ángulo de elevación por encima del horizonte es de $90^\circ - 33^\circ = 57^\circ$. El 21 de junio el sol está 23.5° más bajo, por tanto $57^\circ - 23.5^\circ = 33.5^\circ$, mientras que el 21 de diciembre está 23.5° más alto, o sea $57^\circ + 23.5^\circ = 80.5^\circ$, estas desviaciones son iguales para todas las latitudes. De esta manera se puede calcular en cualquier paralelo, y para cada día del año, la correspondiente posición del sol.



Construcción gráfica de las sombras arrojadas por un edificio

Para calcular la posición del sol a un día cualquiera a una hora cualquiera se han desarrollado las cartas solares.

- **Radiación solar.**

Es un parámetro que suele variar constantemente, tanto de forma diaria como mensual, estacional y anual. Su estudio permite determinar la cantidad de energía que llega a una superficie de modo directo, difuso o reflejado, dependiendo de los movimientos relativos de la tierra y el sol. Dicho estudio resulta necesario pues la radiación produce un incremento de la temperatura en las superficies envolventes, que luego desprenden ese calor al interior de las edificaciones y genera movimiento de masas de aire por diferencias de temperatura entre las zonas expuestas al sol y las que están a la sombra.

La incidencia de la radiación solar puede ser determinada en función de la dirección y de la inclinación de los rayos, para lo cual se utilizan ábacos o cartas solares que nos muestran gráficamente el ángulo de elevación respecto a la horizontal y el *azimut* o ángulo de desviación respecto al Sur. Este análisis debe tenerse muy presente tanto en el diseño de una obra nueva como en la evaluación del comportamiento de una edificación y su posterior reacondicionamiento. Como se puede notar, la incidencia de la radiación solar determina la ubicación y posición de las aberturas y de las partes ciegas, de los elementos de protección, de los captadores solares, etc.

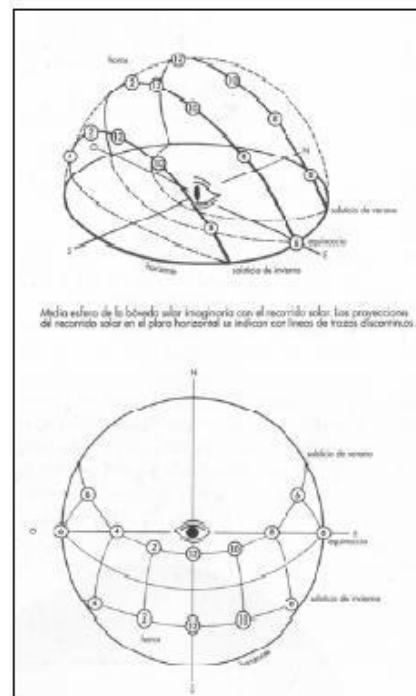


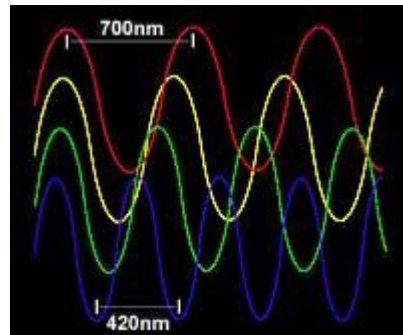
Fig. 23. Diagrama de recorrido solar elaborado por Olgyay, 1958, p.80

Antecedentes Técnicos



La Luz

Lo que conocemos como "luz", es nuestra percepción de la **radiación electromagnética (EM)** que es captada por el ojo y trasladada por el nervio óptico hasta el cerebro, donde crea una mezcla de sensaciones que son las "imágenes" que "vemos". Esta sensación es cualitativa, matiz (color), saturación (cuanto color de cada matiz) y cuantitativa, brillo (cuanta luz). Como veremos a continuación, la sensación producida por esta radiación dista mucho de ser uniforme y objetiva (igual para todas las personas); además la sensación luminosa de una imagen se ve influenciada grandemente por las condiciones ambientales.



Isaac Newton dijo: "Indeed rays, properly expressed, are not coloured". En realidad, la radiación electromagnética no es de colores; estos (los colores) solo existen en nuestro cerebro.

Aspectos fundamentales de la radiación EM

La radiación electromagnética es una variación periódica de los campos eléctrico y magnético del éter. Esta variación (perturbación) tiene la propiedad de transportar energía y dos características fundamentales: su **velocidad** de propagación y su **frecuencia**.

Según la física clásica, la radiación electromagnética se propaga a una velocidad constante de $2.9979 \cdot 10^8$ m/s, es lo que conocemos como "velocidad de la luz". Este valor es una constante de la naturaleza y es costumbre designarla **c**.

La frecuencia **F** es el número de cambios (ciclos) en unidad de tiempo (segundo); se mide en **ciclos/segundo**, también denominados **Herzios** (abreviadamente **Hz**), en recuerdo del físico que la descubrió de modo que

$$F = \text{ciclos/seg.} = \text{Hz}$$

Al espacio recorrido por la onda en un ciclo se le denomina **longitud de onda** (la representaremos por **L**). Como el espacio recorrido en la unidad de tiempo (1 segundo) es constante (aproximadamente 300.000 Km.), y en este tiempo hay **F** ciclos, la longitud de cada ciclo es aproximadamente de $300.000 / F$ (el resultado en Km./ciclo).

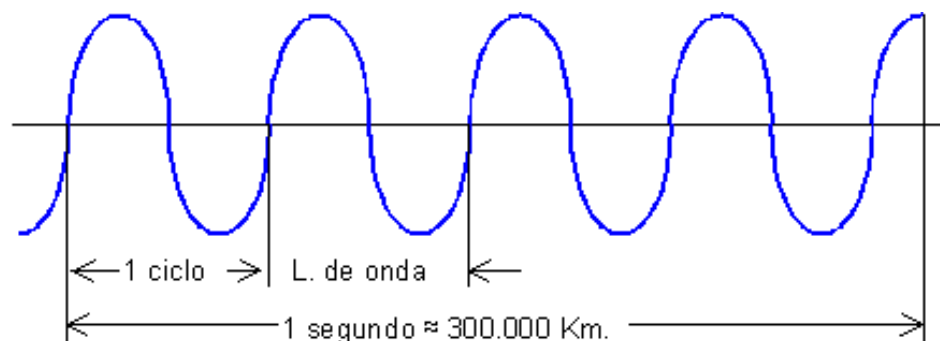


Fig. 1

Existe una relación directa entre la longitud de onda y su frecuencia, por esto resultan magnitudes equivalentes, y es indistinto

referirse a una radiación señalando su frecuencia o su longitud de onda, ya que conociendo una puede deducirse fácilmente la otra mediante las fórmulas:

$$L = c / F \quad \Leftrightarrow \quad F = c / L$$

Por ejemplo: La longitud de onda 400 nm corresponde a la frecuencia:

$$F = 2.9979 \cdot 10^8 / 400 \cdot 10^{-9} = 7.49474 \cdot 10^8 \text{ MHz}$$

El espectro electromagnético

La radiación electromagnética existe en un rango extraordinariamente amplio de frecuencias, que se conoce como **espectro electromagnético**. El ojo humano es capaz de "ver" la radiación cuya longitud de onda está comprendida en un margen de 310-330 nm aproximadamente. Son las radiaciones que se extienden desde la longitud de onda de 400 nm (que percibimos como violeta) y la de 700 nm (que percibimos como luz roja). Por encima y por debajo están respectivamente las radiaciones infrarrojas y ultravioletas que no son ya perceptibles por el ojo humano aunque si por algunos animales (serpientes e insectos especialmente).

La radiación electromagnética va mucho más allá del infrarrojo y el ultravioleta. Dependiendo de su

longitud de onda recibe diversos nombres, desde rayos gamma a ondas de radio largas; pasando por la que denominamos "Luz"; los rayos X, las ondas utilizadas por TV y radiodifusión de onda corta, larga, FM etc.; aunque es importante no perder de vista que en todos los casos se trata del mismo fenómeno físico: una perturbación del campo magnético y eléctrico del éter. Cuanto menor es la longitud de onda de la radiación, las estructuras con las que puede interactuar son menores, y su energía es mayor. En este sentido, las radiaciones gamma, cuya longitud de onda es del orden de magnitud del núcleo del átomo, son más energéticas que las ondas de radio difusión (AM), cuyo tamaño es de centenares de metros, y la luz violeta de 400 nm es más energética que la roja de 700 nm. El efecto de las radiaciones electromagnéticas depende de su longitud de onda. En la tabla adjunta se muestra un resumen de sus propiedades.

La distribución cromática de la luz solar es aproximadamente igual para todas las frecuencias del

espectro visible, es la denominada "**luz día**". En cambio, la distribución de otras fuentes luminosas

Long de onda (m)	Nombre	Uso
10 ⁻¹⁵ / 10 ⁻¹¹ Tamaño del núcleo del átomo	Rayos Gamma	Tratamiento del cáncer
10 ⁻¹⁰ Tamaño del átomo	Rayos-X	Comprobación de materiales; Uso médico.
10 ⁻⁸ (10-400 nm)	Ultravioleta	Germicida, Luz negra, Bronceado
10 ⁻⁶ (400-700 nm) Diámetro de una bacteria	Zona visible del espectro	Óptica
10 ⁻⁴ / 10 ⁻⁶	Infrarrojo	Radiación del cuerpo humano. Calentar
10 ⁻² Tamaño de un ratón	Microondas	Hornos de microondas, relojes atómicos. UHF
10 ⁰ Tamaño del hombre	.	Radiodifusión de onda corta; FM; Radar y TV.
10 ³ Tamaño de un pueblo	Radio frecuencia (RF)	Radiodifusión de onda media AM.
10 ⁶ Tamaño de un país	Audio frecuencias	Radiodifusión de onda larga

artificiales, como lámparas de tungsteno (incandescentes) o de neón (fluorescentes), es asimétrica; tienen preponderancia ciertos colores frente a otros. Es la llamada "**luz artificial**".

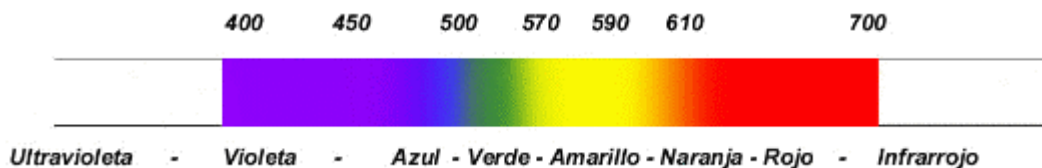
Coloración de los cuerpos

El color.

Reproducción del color

El Color no tiene existencia material; es apenas una sensación producida en ciertas organizaciones nerviosas por la acción de la Luz sobre el órgano de la visión. Su aparición esta condicionada a la existencia de dos elementos: La Luz (objeto físico, actuando como estímulo) y el Ojo (aparato receptor, funcionando como descifrador del flujo luminoso, descomponiéndolo o alterándolo a través de la función selectora de la retina).

Una luz monocromática concentra toda su energía en una longitud de onda, que corresponde al color de dicha luz. Los focos de luz tanto naturales como artificiales tienen un espectro de la radiación característica.

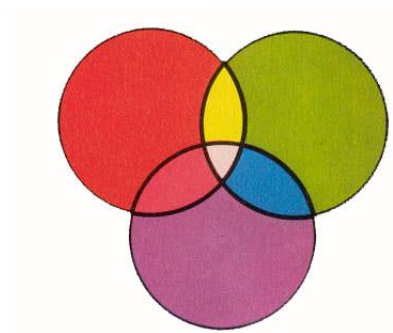


Podría parecer que los aspectos teóricos de la luz en cuanto a energía electromagnética interesan poco o nada al informático o al que tiene que habérselas con un programa de edición gráfica o de retoque fotográfico. Sin embargo, en este como en otros ámbitos de la técnica, resultan de inestimable ayuda un cierto vocabulario y un mínimo "Background" sobre los principios físicos involucrados. Por ejemplo, le ayudarán a entender que significa exactamente el canal alfa o que ocurre cuando se copia una imagen semitransparente sobre un fondo coloreado.

Síntesis aditiva

Las ondas de luz conforman los rayos o haces de luces. Un rayo o haz de luz se define como una línea perpendicular al frente de onda al que pertenece.

El **color luz**, o **luz colorida**, es la radiación luminosa visible que tiene como síntesis aditiva a la luz Blanca, su mayor expresión es la luz solar, por reunir de forma equilibrada todos los colores



existentes en la naturaleza. Las líneas coloridas que componen el espectro solar, tomadas aisladamente se denominan luces monocromáticas.

Bastan tres colores (rojo, verde y azul) para obtener todos los demás mediante superposiciones. Estos tres colores se denominan primarios, y la obtención del resto de los colores mediante la superposición de los tres primeros se entiende como síntesis aditiva. Con este proceso se obtienen los colores secundarios: magenta (azul + rojo), cian (verde + azul) y amarillo (verde + rojo).

.Síntesis sustractiva

Cuando manejamos colores de forma habitual no utilizamos luces, sino tintas, lápices, marcadores, etc. En este caso lo que estamos hablando es del color pigmento. Cuando hablamos del color pigmento hablamos de síntesis sustractiva, es decir, de pigmentos que aplicamos sobre las superficies para sustraer a la luz blanca parte de su composición espectral.

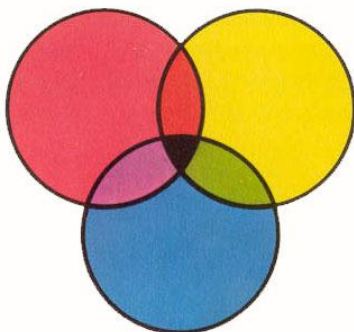
Todas las cosas (excepto los materiales transparentes) poseen unas moléculas llamadas pigmentos, las que tienen la facultad de absorber determinadas ondas del espectro y reflejar otras. Este proceso se denomina síntesis sustractiva, y es más fácil prever el color resultante (el azul + el amarillo originan el verde, el rojo + el amarillo originan el naranja).

El **Color Pigmento**, es la sustancia material que conforme a su naturaleza, absorbe, refracta, y refleja los rayos luminosos componentes de la luz que se difunden sobre ella. Es la cualidad de la luz reflejada la que determina su denominación. Lo que hace que llamemos a un cuerpo "verde", es su capacidad de absorber casi la totalidad de los rayos de luz blanca incidente, reflejando para nuestros ojos los rayos verdes. La síntesis sustractiva de los rayos sería el negro, pero eso no ocurre, y la mezcla de los colores pigmentos produce una coloración gris oscura llamado Gris neutro por encontrarse equidistante de los colores que le dieron origen.

Si se combinan estos colores primarios pigmento se obtiene:

Cian + magenta	= violeta
Cian + amarillo	= verde
Amarillo + magenta	= rojo

y la unión de los tres colores origina el negro



Suma de colores

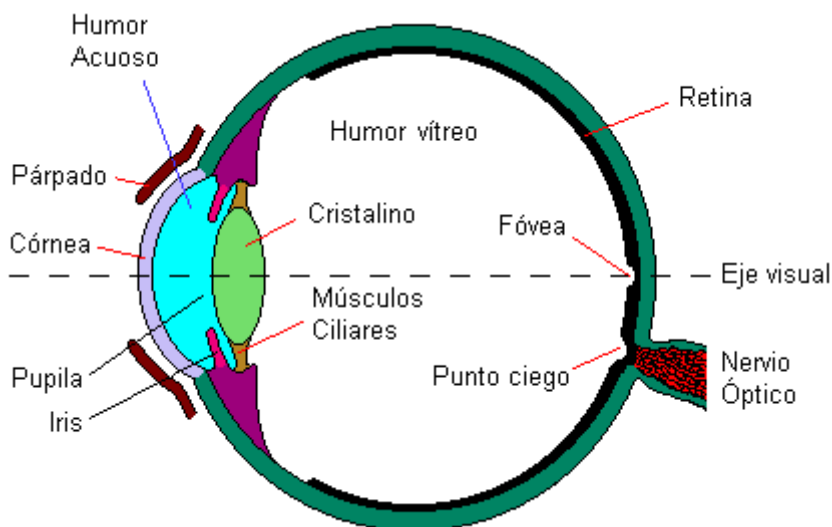
Percepción humana del color

Como hemos señalado, el ojo humano solo es sensible a un estrecha gama de frecuencias de espectro electromagnético (aproximadamente $4.2-7.5 \cdot 10^{14}$ Hz). Entre ambas longitudes de onda percibimos los diferentes colores del arco iris, el denominado **espectro visible**, que es una ínfima parte del total del espectro. Las longitudes de onda de los colores principales son aproximadamente las siguientes:

Violeta		400-440 nm	Amarillo		530-590 nm
Azul		440-480 nm	Naranja		590-630 nm
Verde		480-530 nm	Rojo		630-700 nm

La percepción de la luz y el color se rige por mecanismos extraordinariamente complejos y ricos en detalles en los que el ojo en sí mismo no es un mero captador de señales que se envían al cerebro, sino un dispositivo capaz de pre-procesar la señal recibida. La retina del ojo humano tiene cuatro tipos de células sensibles a la luz. Tres de ellas, los denominados **conos**, tienen distintas sensibilidades a las radiaciones del espectro, e intervienen en la visión normal y en la percepción de los colores. El cuarto tipo de células, los **bastones**, son extraordinariamente sensibles a la luz de intensidad muy baja y colaboran a la visión en semi-oscuridad (en la denominada visión nocturna), pero no tienen influencia en la formación de imágenes en condiciones normales de iluminación. Existen unos 6 millones de conos y 100 millones de bastones en cada ojo, aunque su distribución no es uniforme. La mayor concentración se produce en la mácula, que es la zona donde percibimos mayor finura en los detalles.

Aunque la sensibilidad a la luz varía de una persona a otra, en el espectro de frecuencias visibles



tenemos una gran capacidad de discriminación (en este rango podemos distinguir unos 10 millones de colores distintos). El ojo humano es más sensible a la luz verde/amarilla que a rojos y azules (la sensibilidad al amarillo es de orden de seis veces mayor que al azul). Coloquialmente decimos que el azul tiene una pequeña contribución a la sensación de brillo,

mientras que el amarillo la tiene alta (esto lo saben bien los pintores). Sin embargo, el ojo humano tiene más capacidad para distinguir matices en los colores azules que en los amarillos. En realidad el ojo tiene una mayor sensibilidad cromática para los colores extremos del espectro (especialmente rojos, azules y morados), de forma que tiene más capacidad para distinguir diferencias de color en estos que en los centrales, sin embargo estos últimos (verdes y amarillos) tienen valores máximos de saturación, es decir, son percibidos como más brillantes y luminosos.

Aparte de esta distinta sensibilidad para los diferentes colores, la resolución monocromática del ojo es mucho mayor que la cromática. Dicho en otras palabras: podemos distinguir mucho mejor diferencias de tono en la escala de grises que entre escalas de color. Además, cuando los detalles se van haciendo más y más pequeños el ojo deja de poder detectar las diferencias de color, llegando un punto en que se vuelve virtualmente ciego para los colores, aunque aún puede distinguir diferencias de brillo. Parece que esto se debe a los bastones a los que nos referíamos antes.

Un aspecto curioso de la percepción humana de la luz es la no linealidad de la respuesta del ojo a las variaciones de luminosidad, lo dicho en otras palabras, la sensibilidad humana a sus variaciones no es lineal, sino prácticamente logarítmica. Esto explica que la luminosidad aparente de un objeto que tenga el 50% de la luminosidad real otro, no se percibe como la mitad de luminoso. De hecho basta una reducción del 18% de la luminosidad entre dos objetos para que la luminosidad aparente de uno parezca la mitad del otro.

Los psicólogos creen que la señal transmitida por el nervio óptico no depende el número de fotones de diferentes frecuencias que alcancen los conos de la retina, sino más bien de la relación entre estas cantidades. Esto significaría que el ojo no codifica la luminancia sino el contraste, y explica que una fotografía vista en condiciones de mucha y poca luz, parezca igual, a pesar de la diferencia de luz que refleja en cada caso. En consecuencia, las tecnologías de reproducción deben prestar más importancia a las diferencias (de color e intensidad) que a los valores absolutos. Otra consecuencia es que la sensación de realidad de una imagen está más influida por una adecuada gradación de tonos o colores (profundidad de color utilizada) que por la definición

Temperatura de color

Se define como la dominancia, o no, de alguno de los colores del espectro lumínico, visible o invisible, sobre los demás; de tal modo que altera el color blanco hacia el rojo o hacia el azul en dicho espectro.

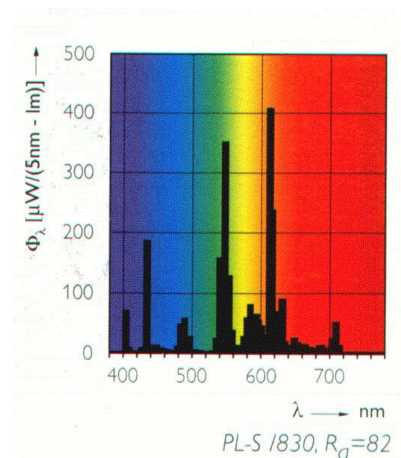
No se observa a simple vista por un ojo no experimentado, a no ser mediante la comparación directa entre dos luces como podría ser la observación de una hoja de papel normal a una luz casera de 100 w y a otra luz de 500 w simultáneamente.

Se mide en Kelvin según una norma internacional, que coloca la luz del día teóricamente perfecta en unos 5500 K. Un día nublado eleva esa temperatura hacia el color azul hasta unos 12000 K por ejemplo. La luz del hogar resultaría en los 2500 K aproximadamente.

La temperatura de color se usa en muchas ramas de la industria y la técnica, concretamente en fotografía donde su efecto produce dominantes de color de feo aspecto.

Obtenido de

["http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color"](http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color)



Tipos de luz durante el día.

Luz de día: La temperatura de color de la luz durante el día va cambiando según el momento del día que nos encontremos, ya sea por la mañana o la tarde etc., y las condiciones atmosféricas. Normalmente es de color rosa por la mañana, amarillenta durante las primeras horas de la tarde, y anaranjada hacia la puesta de sol, con una tendencia a un color azul al caer la noche.

Luz continua: Es la luz que se tiene dentro de un estudio además de la utilización de la luz de flash. Se pueden lograr unos efectos y colores imposibles de plasmar con la fuente de luz natural.

Luz de flash: La luz que produce el efecto de un flash se acerca mucho a la temperatura del sol. La rapidez en la emisión del destello de la luz de flash, hace que pueda superar los (1/50.000 de segundo), permitiendo inmovilizar el movimiento del motivo de la cámara obteniendo unas imágenes con una nitidez extraordinaria.

Luz mixta: Con la luz de día y la luz artificial se obtienen efectos distintos a los naturales.



La vista.

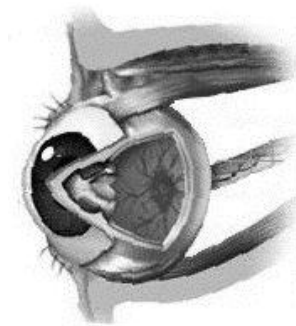
La vista tiene la pupila que regula la cantidad de luz que penetra mediante su abertura (variable de 1 a 16 veces en superficie); teniendo en cuenta que se obtiene más profundidad cuando mas cerrada está. El cristalino es el lente que regula el enfoque y la deformación, mientras que la retina es una especie de película que protege el interior del ojo. El interior es sensible a la cantidad de luz mediante unas células fotosensibles llamadas bastones, y otras sensibles al color llamadas conos.

El aparato visual es por tanto capaz de detectar la cantidad de luz que incide, y además reconocer el espectro de las ondas lumínicas, además de regular la cantidad del luz y el enfoque de las imágenes

Los bastones sirven para luminancias de 0.001 cd/m^2 y aprecian la cantidad de luz no su longitud de onda.

Los conos trabajan por encima de 0.03 cd/m^2 y aprecian la cantidad de luz y su color.

El ojo puede percibir los colores mediante la acción de los conos, aunque con distinta sensibilidad según la longitud de onda. La máxima sensibilidad corresponde a un color amarillo-verdoso, desde este y hacia los extremos del espectro, la sensibilidad decrece hasta anularse. Este tipo de visión con los conos es llamada visión fotópica.



Estructura interna del ojo.

La visión con los bastones es llamada visión escotópica y trabaja a niveles muy bajos d energía incidente. En este caso no hay sensibilidad de color y el máximo de sensibilidad se mueve hacia la izquierda del espectro visible (menores longitudes de onda), esto se conoce como efecto Purkinje.

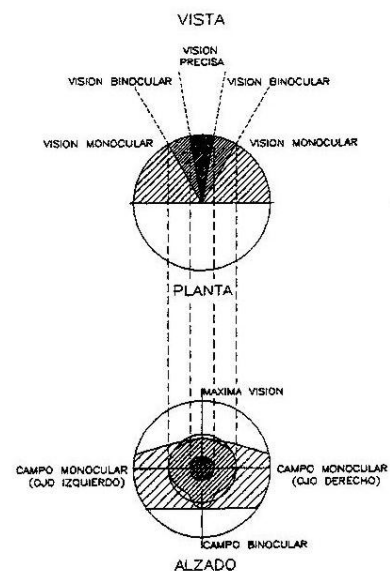
La curva de sensibilidad del ojo con visión fotópica es la que sirve de base para establecer las unidades de luz que definíamos a nivel físico. Así el flujo luminoso será el resultado de afectar el flujo radiante por el coeficiente de sensibilidad para cada, longitud de onda.

Confort visual

Depende de la facilidad que tenemos para ver y percibir lo que nos interesa, es por eso que la cantidad de luz debe ser la necesaria para esto. Por lo tanto la luminancia (I_x) debe tener valores de acuerdo que nos permita percibir los detalles de lo que estamos viendo.

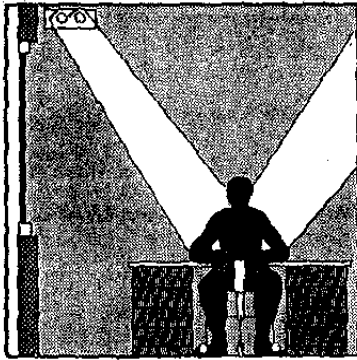
El deslumbramiento es un efecto molesto para la visión, se produce cuando hay un excesivo contraste de luminancias en el campo visual.

Cuando existe un punto luminoso sobre un punto muy oscuro (una estrella por ejemplo), al penetrar en el ojo el rayo de luz en el interior de este, hace que veamos el punto luminoso como una cruz o una estrella. A este se le llama deslumbramiento **por velo**.

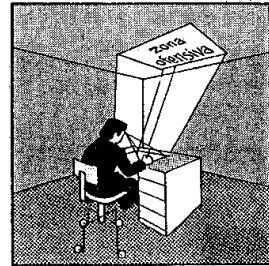


Cuando el ojo se adapta a una luminancia media de un campo visual donde hay valores muy variables de esta, se llama por **adaptación**

Cuando hay una luz que impide ver todo, se llama directa o incapacitante, si la luz perturba la visión sin impedirla se llama indirecta o perturbadora.



Deslumbramiento indirecto



deslumbramiento directo

Calculo Deslumbramiento

$$g = \frac{L_s^a \omega^b f(\theta)}{L_B}$$

L_s : Luminancia fuente luminosa

ω : ángulo sólido de la fuente desde el ojo

$f(\theta)$: función de la dirección en que llega la luz.

L_B : luminancia del fondo de la fuente de luz

a y b : coeficientes de valores 1.8 y 0.8

La sensación de deslumbramiento crece con el incremento del valor de esta constante de deslumbramiento "g" esto se define con el índice de deslumbramiento "G"

$G = 10 \log_{10} g$, donde si el valor es 10, es perceptible, entre 16 y 22, es soportable, entre los 22 y los 28 incomfortable, si el valor es superior se considera intolerable.

Luz proveniente del cielo.**El sol y el cielo como fuentes de luz natural**

La luz recibida del sol es la fuente fundamental de luz natural, pero es la luz solar difundida en la atmósfera la que, como luz del cielo, pasa ser la fuente primaria para la iluminación natural de interiores. Sin embargo, sabiendo que el clima de nuestra región ofrece un alto porcentaje de días despejados y asoleados, no podemos dejar de tomar en cuenta la luz solar directa que entra en nuestros espacios interiores, que trae consigo una alta radiación solar, ni tampoco la iluminación suplementaria de luz solar reflejada al recinto desde suelos y fachadas exteriores. Es por eso que es importante conocer información tanto de la luz directa del sol, como la luz del cielo.

Luz del sol

Si se considera la iluminación normal directa del sol sin obstrucción, sin tomar en cuenta los periodos justo después de salida y antes de la puesta del sol, veremos que no varía mayormente durante un determinado día en una latitud dada. Sin embargo varía con respecto a cualquier superficie fija dada, en la medida que los ángulos de azimut y altitud varían durante el día.

El espesor y la densidad de la atmósfera disminuyen la penetración de rayos solares. La iluminación directa en días nublados es altamente variable dependiendo de la cantidad y tipo de nubes y de la claridad del cielo acompañante despejado.

Esto esta relacionado con el tipo de clima y latitud del lugar, en muchos lugares como los cercanos al los trópicos se trata de excluir el sol, mientras que en otros con climas muy fríos se trata preferentemente de admitirlo.

La luz solar reflejada puede provenir del cielo como de fachadas o suelos exteriores. Las proporciones de iluminación natural debido a la luz proveniente del cielo y a la luz solar reflejada, dependerán de la capacidad de reflejo de la fachada opuesta al interior en el cual incide, de las cantidades de cielo que inciden en el interior, las obstrucciones exteriores y la altitud del sol.

Cabe señalar que mientras mayor sea el ángulo de altitud solar, menor será la luminancia de la fachada y pero si la del suelo en que incide. Es por eso que a pesar de estos cambios la iluminación interna parece casi constante al interior de un recinto, a pesar también de las variaciones a lo largo del año puesto que son casi inapreciables por el ojo.

El efecto de una fachada iluminada opuesta a una abertura o una ventana es permitir una mejor penetración de luz a aquellos lugares mas lejanos del recinto, que haciendo uso de luz proveniente del cielo solamente, mientras que la luz solar reflejada del suelo es aproximadamente constante en la totalidad del plano de referencia.

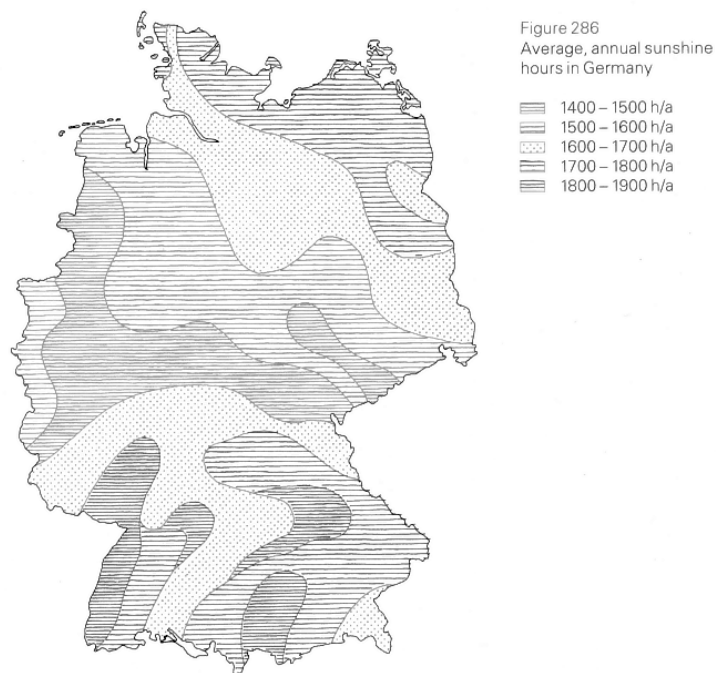
Luz proveniente del cielo

Se trata de una característica que depende fundamentalmente del grado de nubosidad del sitio que se va a analizar. Es necesaria considerarla por su importancia en el estudio de la iluminación natural y en el uso de algunos de los sistemas que trabajan con radiación solar, ya que limita el grado de radiación directa o difusa que un sistema puede recibir a lo largo de un día, de cada estación y del año, determinando las ganancias energéticas, térmicas o lumínicas del mismo. Además se debe tener en cuenta la existencia de valores variados de luminancia del cielo en función del sitio analizado, la época del año, la hora del día, y el tipo de cielo.

Tanto cielos completamente cubiertos, como totalmente despejados tienen luminancia que pueden ser predecidas con cierta precisión. Sin embargo es mas complejo cuando el cielo de presenta entre estas dos condiciones. La iluminación del cielo parcial ha sido medida durante periodos largos relacionándolos con los cielos parcialmente nublados.

Estado del cielo (51° LN)			
Tiempo	Despejado, cielo azul sin nubes	Parcialm. cubierto, el sol se ve como un disco de mayor clar.	Cielo completamente cubierto
Horizonte Intens. rad. (W/m²)	600–800	200–400	50–150
Horizonte. Intens. de ilumin. (lux)	60000–100000	19000–40000	5 000–20000
Proporción de luz difusa	10–20%	20–30%	80–100%

Diferentes intensidades de radiación y características variables de la luz natural, según las condiciones atmosféricas



Cantidad anual de luz solar por día en Alemania

Cielos despejados

La bóveda celeste tiene la propiedad de reflejar las radiaciones solares visibles, y la atmósfera mediante la el vapor de agua absorbe y difunde la luz solar.

En general es a mediodía cuando se dan las claridades mayores y es a una hora de la puesta y salida del sol cuando se dan los valores más bajos de luminancia.

división de la bóveda celeste	época del año	latitud	
		0° - 30°	30° - 60°
frente al sol	equinoccios	1500-2500 1000-2400 100-2300	1500-2500 1000-2200 600-1100
opuesto al sol	equinoccios	400-1500 400-800 350-450	400-700 350-450 300-400
90° del sol	equinoccios	500-1500 500-1000 500-850	600-1100 500-850 350-550

Cielos cubiertos

Poseen una mayor luminancia en el cenit, continuamente decreciente hacia el horizonte, manteniéndose en la distribución independiente de la posición del sol en un determinado instante.

ángulo de elevación sobre el horizonte	luminancia relativa
0	0,43
5	0,5
10	0,58
15	0,65
20	0,72
30	0,86
40	0,98
42	1
50	1,08
60	1,17
70	1,23
80	1,27
90	1,29

Valores relativos de la luminancia del cielo cubierto para diferentes ángulos de elevación sobre el horizonte calculados según la fórmula:

$$L_{\theta} = L_z (1 + 2 \sin \theta/3)$$

Luminancia del cielo

Es una característica básica a considerar en las condiciones de un lugar, este caso incide directamente el clima local. En general se toma el cielo cubierto como el caso más desfavorable y el despejado como el más favorable.

Cielo cubierto uniforme: es aquel que indica una luminancia constante para todas las orientaciones y alturas. Acá la relación entre la luminancia media del cielo y la iluminancia en un plano horizontal sin ninguna obstrucción será:

$$E_n = \pi L \quad \text{donde } E_n \text{ iluminancia sobre plano horizontal (lx)} \\ L \text{ luminancia media del cielo (cd/m}^2\text{)}$$

Cielo cubierto estándar: es el más ajustado a la realidad ya que la luminancia cambia con la altura, hasta el punto de que en el cenit el cielo se considera 3 veces más claro que en el horizonte.

Se utiliza la formula de Moon –Spencer:

$$L_\alpha = L_z (1 + 2 \sin \alpha / 3) \quad \text{donde } L_\alpha \text{ luminancia a una altura de ángulo } \alpha \text{ sobre el horizonte} \\ L_z \text{ luminancia en el cenit.}$$

Se considera L_z como 9/7 de luminancia media del cielo. Se debe considerar una variación de un 20% de acuerdo al hemisferio en donde nos encontremos, la expresión corregida sería:

$$L_{\alpha, \beta} = L_z (1 + 2 \sin \alpha / 3) \times (1 + 0.2 \cos \beta) \quad L_{\alpha, \beta} \text{ luminancia del cielo para una altura } \beta \\ \text{respecto de la dirección del ecuador} \\ L_z \text{ luminancia del cenit.}$$

Cielo claro

Se considera solo la incidencia directa del sol, con una intensidad del orden de 100000 cd/m² y la posición que corresponda según la época del año y la hora.

Además se consideran como fuentes indirectas de luz el resto del cielo y reflexiones en otras superficies (albedo).

$$\text{Por lo tanto: } L_a = \frac{E_h * r}{\pi} \quad L_a \text{ luminancia de albedo} \\ E_h \text{ iluminancia que reciben las superficies} \\ 100000 \text{ lx} \\ r \text{ coeficientes de reflexión de las superficies} \\ (0.2 \text{ puede subir hasta } 0.7 \text{ en superficies claras})$$

Traspaso de la luz al interior

El recorrido del sol varía según las estaciones del año y las horas del día en relación a un punto fijo. Esto trae como consecuencia una variación en la cantidad de asoleamiento que penetra en los espacios interiores.

Luz natural y su comportamiento en los espacios interiores

Una vez que la luz ha entrado al espacio interior, esta es reflejada en las superficies interiores, iluminando los rincones mas alejados del recinto; esto dependiendo de la claridad de las paredes, cielos y suelos.

Las superficies interiores, fuera de afectar la cantidad de luz, afectan las condiciones de adaptabilidad y así el grado de deslumbramiento.

Factor día

Es una especificación cuantitativa de la luz la cual se define como la iluminación en un plano horizontal en el interior de un recinto, en relación a un plano colocado al mismo nivel al exterior y considerando las radiaciones difusas o celestes, las reflexiones de paredes y cielo raso y reflexiones exteriores de otros elementos.

$$F_{\text{día}} = \frac{I_{\text{iluminación interior}}}{E_{\text{iluminación exterior}}} = \frac{20 \text{ lm/m}^2}{1000 \text{ lm/m}^2} = 2\% \quad \text{se expresa en \%}$$

El concepto de factor día es una expresión de la capacidad luminosa que tiene un recinto en el sentido de permitir el paso de luz natural externa al interior. La constancia del F.D es la ventaja de su uso ya que la luz natural externa puede aumentar o disminuir y la iluminación interior también estará variando con la luz externa.

Pero además hay diferentes aspectos o factores que inciden en el comportamiento de la luz en el interior:

- Área de la superficie en relación al área del suelo
- Las dimensiones del recinto, especialmente la altura del cielo y profundidad del recinto.
- La ubicación y distanciamiento de superficie vidriada disponible
- Las obstrucciones externas e internas
- Las características reflejantes de las superficies interiores
- Pérdida de transmisión en el vidrio que está en función de su espesor
- Disminución del flujo transmitido, debido al continuo ensuciamiento del vidrio.

Entorno del edificio: situación urbana, suburbana, rural, zona boscosa, la afectará en gran medida la llegada de luz natural.

Obviamente, cuanto mas cerrado sea el entorno, con mas obstáculos exteriores mayor será la dificultad de que la luz incida sobre la piel del edificio. Particularmente a una situación urbana, por ejemplo, la relación entre el ancho de la calle y la altura del edificio provoca una disminución de la iluminación que recibe la fachada respecto a la que reciben en campo abierto como lo refleja la siguiente tabla:

Proporción ancho/alto	Fracción s/externo
2:1	1/2
1:1	1/3

Recursos tipológicos del propio edificio: la propia organización interna las relaciones ancho largo de las plantas, tipos de fachada y cubierta, etc.

Si bien hay algunos parámetros que hacen referencia a la geometría de los edificios (adosamiento, esbeltez, etc.) una primera idea que guía acerca de la iluminabilidad del edificio es el “factor de forma luminosa” (Ffl), que es definida como la relación existente entre la suma de la superficie de las fachadas exteriores (Sc) y la cubierta (Sf) y la superficie útil del edificio (Su):

$$Ffl = \frac{\sum Sf + Sc \text{ (m}^2\text{)}}{Su \text{ (m}^2\text{)}}$$

Si este valor es elevado, digamos 2 o superior, el interior del edificio tendrá muchas posibilidades de ser correctamente iluminado.

Un Ffl muy bajo (un edificio bajo, muy compacto, de alturas pequeñas o entre medianeros, provoca la aparición de patios para poder ventilar e iluminar las plantas interiores.

Proporción ancho/alto	Fracción s/exterior
4:1	1/3
2:1	1/4
1:1	1/8

Efecto del área vidriada

Para la iluminación lateral de un recinto con proporciones normales sin obstrucciones externas y con un 40% de reflejos de superficies internas, el FD promedio expresado en porcentaje puede ser considerado aproximadamente igual a 1/5 del FD.

$$F_v = \frac{\text{superficie vidriada}}{\text{superficie de piso}} \quad FD = 1/5 F_v$$

Con iluminación cenital la razón dependerá del tamaño interior y del medio usado para vidriar.

$$FD = 1/3 F_v$$

En el caso que se varíen algunas de las características internas y en consecuencia las condiciones de reflexión o así también la superficie vidriada, la proporción se pierde.

Efecto de las dimensiones del recinto

Las dimensiones del recinto están en directa relación con la manera en que la superficie vidriada este distribuida. En el caso de la iluminación lateral las dimensiones del recinto y su altura son de gran relevancia. Se puede afirmar que a mayor altura de una ventana o abertura mayor será la iluminación a un punto distante de ella.

El nivel de iluminación directa decrece de manera predecible a medida que la distancia a la ventana aumenta. Se puede afirmar entonces que las ventanas altas son eficientes a la hora de usar una

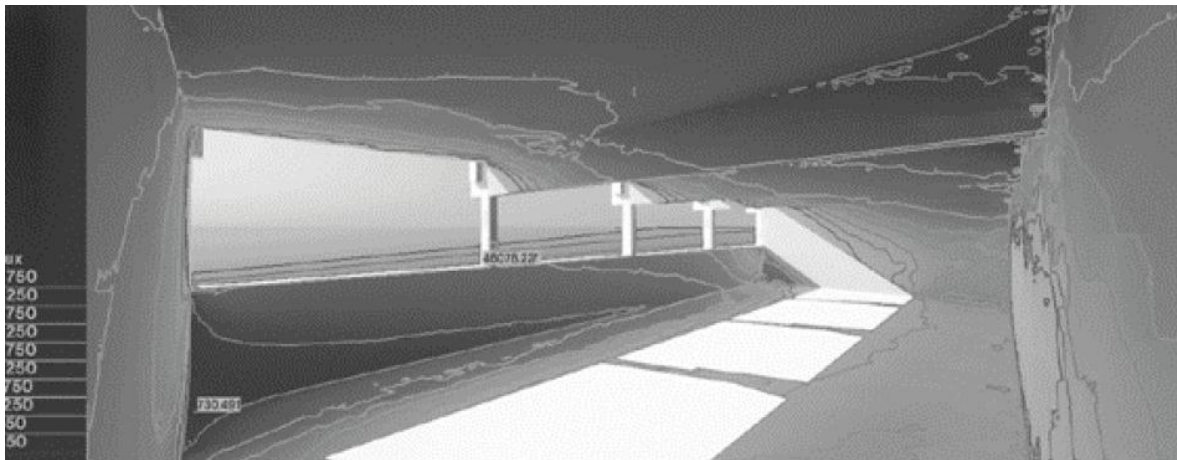
Superficie vidriada para iluminar un recinto. Una proporción 1:2 entre la altura de la ventana y la profundidad del recinto dará una aproximación a la distribución óptima de iluminación interior.

Efecto en la ubicación y distanciamiento de las ventanas

Una misma área vidriada permitirá una mejor entrada de luz natural en la medida que la mayoría de las aberturas se ubiquen en altura suficiente, las aberturas en altura tiene un mayor efecto sobre la luz interna reflejada.

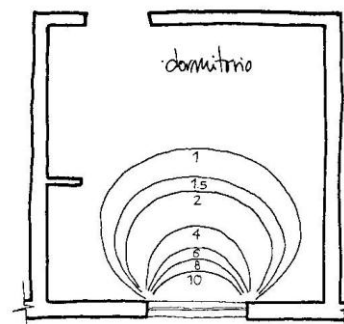
Una misma área vidriada será más eficiente en cuanto a entrada de luz natural, si toma la forma de ventana vertical alta, en vez de ventana horizontal baja.

El distanciamiento también puede ayudar en cuanto el área vidriada puede dividirse en ventanas colocases en paredes opuestas o adyacentes para disminuir el deslumbramiento.



Distribución interior de la luz natural, isolineas.

Si la abertura se colocase bajo el plano de referencia (a 1 metro de altura aprox.) No tendría influencia sobre el factor de luminosidad pero si en las superficies reflejantes de las superficies internas, mas aun si el suelo cercano a al abertura tiene un alto nivel de reflexión.

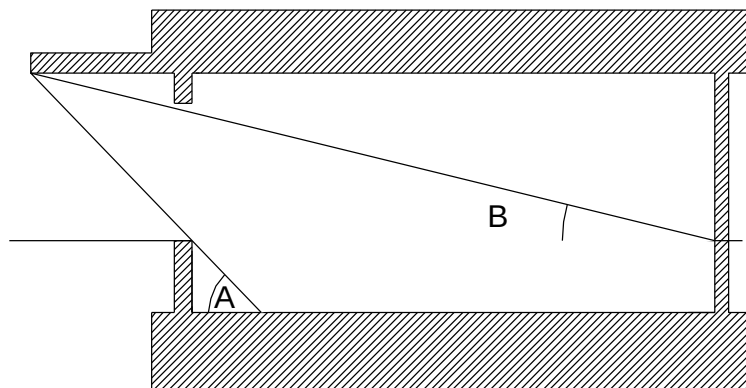


Distribución de la luz al interior

Zona iluminada:

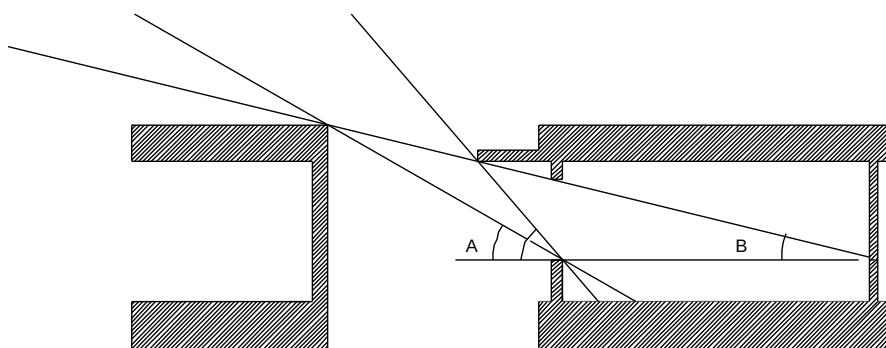
comprendida entre la línea de sombra del antepecho y una profundidad aproximada de dos veces la altura del límite superior de la ventana respecto del plano considerado, en la cual se distribuye preferentemente la luz.

Es de aproximadamente de un ángulo de 30° respecto a la horizontal. Mas allá de esta zona la iluminación es muy deficiente, y por tanto no es apta para el trabajo.



Línea máxima de iluminación: situada paralelamente a la fachada y a una distancia de esta de aproximadamente seis veces el espesor de la zona de sombra del antepecho.

Obviamente si no existe antepecho no existe zona de sombra y por tanto la máxima iluminación se sitúa en la línea de fachada.

**Efecto de las propiedades reflejantes de las superficies interiores**

En total la luz natural del recinto depende además de las propiedades reflejantes de todas las superficies interiores. Es importante que las paredes y el piso cerca de la ventana tengan un alto grado de reflexión ya que es allí donde la luz se refleja primero.

Si se considera que en el borde de las ventanas el uso de colores claros en ellos y en sus inmediaciones aumenta la luz reflejada, se sugiere que los bordes sean rebajados para permitir una máxima entrada de luz natural al recinto.

En cuanto a un sector alejado de la ventana, este estará influenciado directamente por la reflexión que tenga la pared del fondo.

Paredes y amoblados oscuros también influirán en las reflexiones internas del recinto.

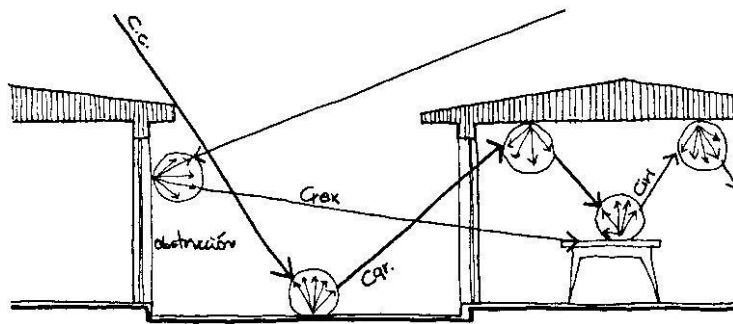
Calculo de iluminación natural interior

Para el cálculo se consideran los siguientes conceptos:

Componente del cielo: flujo que llega directamente de la porción de cielo al punto. Es la razón entre el nivel de iluminación (lux) en cierto plano, que proviene directamente del cielo visible, de distribución de luminancia conocida y el nivel de iluminación de un plano horizontal exterior, sin obstrucciones. (C_c)

Componente de interreflexión interna: proviene solo de la interreflexión interna. Se expresa en relación al nivel exterior, horizontal sin obstrucciones. (C_{iri})

Componente reflejada externamente se divide en:



C_c : Componente de cielo.
 C_{gr} : Componente de reflexión de suelo.
 C_{iri} : Componente de interreflexión interna.
 C_{rex} : Componente de reflexión externa.

Componente reflejada por obstrucciones: (C_{rex})
 Componente reflejada al exterior de la habitación por el terreno circundante a la ventana vertical (C_{gr})

El resultante es:

$$FLD: C_c + C_{iri} + C_{rex} + C_{gr}$$

Calculo de la luminancia natural en el interior de un recinto sobre un punto de trabajo a 1 mt de altura.

$$I = \frac{lv + av + ci + tv + dv}{al}$$

I: nivel de iluminación en el interior de un recinto sobre plano de trabajo (lx)

lv : luxes que inciden en el exterior de la ventana, varían según zona

av: área de la ventana m^2

ci : coeficiente de iluminación

tv: factor de transmisión de la ventana

dv: factor de depreciación de la ventana

al: superficie del recinto

Tablas complementarias

h/l	a/l			
	1	2	3	4
0,25	2,6	2,9	3,2	3,55
0,5	1,5	1,7	1,85	2
0,75	0,96	1,15	1,2	1,25
1	0,68	0,82	0,9	0,98
1,5				0,6

Cuadro n° 1 relación de la ventana (h= altura, l= largo, a=ancho)

	promedio		mínimo		máximo	
Relación de la ventana	70%	30%	70%	30%	70%	30%
0,5	0,65	0,53	0,53	0,1	0,72	0,6
1	0,72	0,59	0,48	0,35	0,9	0,79
1,5	0,75	0,64	0,42	0,3	1,16	1,05
2	0,81	0,69	0,37	0,25	1,55	1,42
2,5	0,85	0,73	0,32	0,2	1,98	1,84
3	0,89	0,77	0,29	0,16	2,48	2,32
3,5	0,91	0,78	0,24	0,12	2,96	2,78
4	0,91	0,78	0,19	0,09	3,48	3,2
4,5	0,91	0,77	0,15	0,06		
5	0,9	0,77	0,13	0,05		

Cuadro n° 2 relaciones de la ventana con respecto a los coeficientes de un cielo nublado

MATERIAL	FACTOR TRANSMISION	
vidrio plano común	0,83	0,89
vidrio plano de placa	0,75	0,80
vidrio traslucido	0,7	0,83
vidrio doble plano común	0,74	0,78
vidrio doble plano de placa	0,57	0,63
vidrio polarizado	0,14	0,61
vidrio absorbente del calor	0,4	0,70
bloque de vidrio claro	0,78	
bloque de vidrio opaco	0,58	
rejilla mosquetera	0,7	
cortina de rollo	0,3	
cortinajes	0,4	

Cuadro n° 3 factor de transmisión de la ventana (t_v)

Zona emplazamiento vivienda	ventanas verticales	ventanas inclinadas	ventanas horizontales
Limpia	0,9	0,8	0,7
Industrial	0,7	0,6	0,5
Sucia	0,6	0,5	0,4

Cuadro n° 4 factor de depreciación de la ventana (d_v)

RECINTO	LABOR	NIVEL RECOMENDADO (lux)
estar	general, lectura	100 - 250 - 600
comedor	comer	150
estudio	trabajo, dibujo, etc.	400 - 600
dormitorios	lectura en cama	50 - 200
cocina	general, cocinar, lavar	150 - 300
baños	general, frente al espejo	150 - 300
pasillos, descansos, escalas	caminar	100
escaleras	subir, bajar	100
taller	trabajos manuales	400
garaje	manipular vehículo	150

Cuadro n° 5 niveles de iluminación recomendado para algunas tareas

MATERIAL			MATERIAL		
yeso blanco nuevo	0,7	0,8	cortinas azules	0,1	0,2
yeso blanco viejo	0,3	0,6	cortinas gris	0,15	0,25
pintura blanca mate	0,65	0,75	cortinas café oscuro	0,1	0,2
pintura blanca óleo	0,75	0,05	terciopelo negro	0,005	0,01
pintura aluminio	0,6	0,75	reflectantes	0,95	0,98
concreto nuevo	0,4	0,5	plata pulida	0,88	0,93
concreto viejo	0,45	0,15	esmalte blanco	0,65	0,75
ladrillos	0,1	0,3	níquel pulido	0,53	0,63
madera clara	0,5	0,6	níquel mate	0,48	0,52
roble barnizado claro	0,4	0,5	aluminio pulido	0,65	0,75
roble barnizado oscuro	0,15	0,4	aluminio mate	0,55	0,6
caoba	0,15	0,4	aluminio brillante	0,8	0,85
cortinas amarillas	0,3	0,45	cobre	0,48	0,5
cortinas rojas	0,1	0,2	latón	0,68	0,7

Cuadro n° 6 factor de reflexión para diferentes superficies en casi de luz blanca

Evolución del control ambiental lumínico en Arquitectura.



Evolución del control ambiental lumínico en arquitectura

Introducción

Las soluciones a lo largo de la historia se han realizado tanto a las circunstancias que las hacen más rentables como a las costumbres ancestrales de cada pueblo o raza. En este sentido el hombre siempre se ha visto atraído por los fenómenos de la naturaleza, como también ha sabido protegerse de las amenazas de la misma. A lo largo de la historia el ser humano aprendió a aprovechar los recursos que la naturaleza le entregaba y luego a controlarlos a su antojo. Uno de esos recursos es la luz de sol.

La luz que proviene del sol no siempre causo interés por su capacidad de iluminar interiormente un espacio habitado, sino que más bien se aprovechaba su capacidad calórica. En los tiempos primitivos y después durante las primeras civilizaciones la luz del sol permitía secar los ladrillos de barro de las construcciones o los utensilios en greda que se hacían en esa época. Pero no fue hasta la antigüedad donde se comenzó a dar una especial importancia al rol de iluminación de la luz del sol. En Grecia y Roma se construyo siempre en función de la ganancia lumínica, pensando en los beneficios de esta. La arquitectura árabe se caracteriza por un tratamiento especial de la luz, es quizás en ese momento en que la luz del sol comienza a cobrar algo de protagonismo y se entiende como un valor espacial dentro de las edificaciones.

En occidente la arquitectura románica y gótica crea espacios bellos en iluminación en las catedrales mediante el vitral. El renacimiento también rescata la rescata principios de iluminación y se le suma el estudio científico de la luz, así es como Bernini desarrolla tablas para el exacto caculo de la luz. De ahí hasta el siglo XIX en donde la revolución industrial trae consigo la electricidad y la posibilidad de vencer la oscuridad de la noche. Por un tiempo la luz natural se pierde en la arquitectura y es movimiento moderno el cual la recupera no solo como un elemento de salubridad o confort ambiental, sino como un elemento netamente arquitectónico y comprende concientemente que es ese el valor de las obras del pasado, el manejo correcto de este elemento para crear espacios grandiosos.

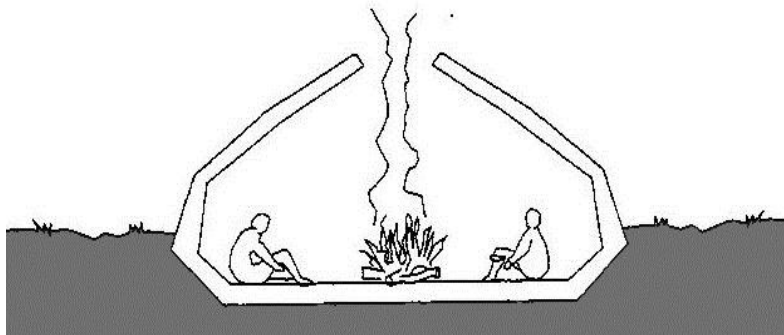
En las siguientes páginas se revisa a lo largo de la historia la importancia que fue cobrando la luz para el hombre, transformándose en un elemento imprescindible para la arquitectura y la capacidad de iluminar los espacios interiores que este ha ido creando.

Tiempos primitivos

En estos tiempos la lucha fundamental por conseguir alimento, era seguida por la lucha contra el clima; obligaba al hombre primitivo al desarrollo de ideas ingeniosas que al evolucionar se transformarían en bases de lo que luego será la civilización.

Las primeras construcciones debieron ser cabañas circulares construidas con piezas de barro torcido al sol y techos vegetales, después de unos primeros intentos en madera, cañas y bejucos

Vivienda primitiva, en los tiempos paleolíticos y neolítico, el confort bastaba con una fogata al centro para el calor, sin embargo en la imagen se advierte que la vivienda se encuentra levemente soterrada, esto indica que de algún modo se intentaba mantener el calor con ayuda del terreno contenido.



No se puede hablar de control lumínico puesto que en un comienzo el hombre era nómada y el manejo del fuego estaba fuera del alcance de éste, para aquello debemos remitirnos al momento en que el hombre se hace sedentario. Es en ese momento en que el hombre encuentra un lugar y comienza a trabajarlo y se inicia el cultivo de la tierra. Las primeras viviendas no eran más que una simple estructura de troncos cubiertas de cueros o ramas. El sedentarismo permite al hombre reconocer su lugar y apropiarse de él, pero esto acarrea que debe mantenerlo y cuidarlo, necesita ahora moverse en la búsqueda de alimento nada más. El hombre comienza a dominar el fuego, sabe como iniciarlo y como apagarlo, puede controlarlo. Esto le permite llevarlo al interior de la vivienda primitiva, para generar calor, cocinar y tener luz interior. En un principio se privilegió el confort térmico por sobre el lumínico.

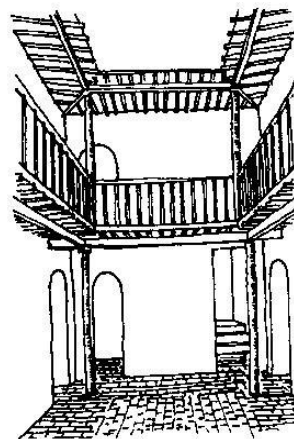
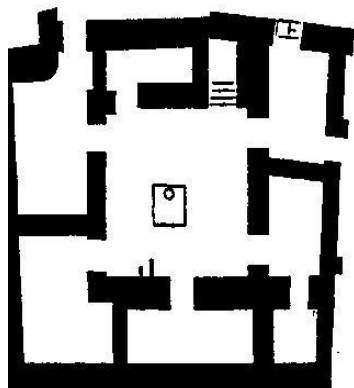




Antigüedad

La aparición de la escritura, del barro, la agricultura, la adoración divina etc., implica condiciones nuevas de vida, y determina el surgimiento de nuevas tipologías arquitectónicas.

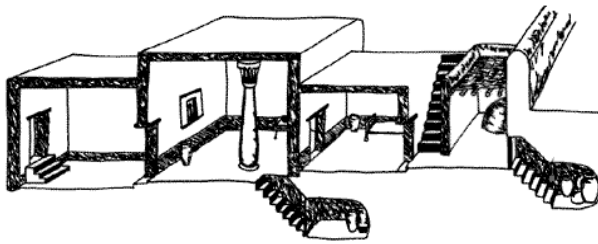
Las primeras civilizaciones surgen en la región del medio oriente en la zona de los ríos. Entre el Tigris y el Eufrates surge Mesopotamia, que significa precisamente “entre ríos”. Las ciudades mesopotámicas presentaban climas extremos, calor en el día y frío en la noche, por tanto era importante aislar el fuerte calor del día y privilegiar la sombra. Las construcciones estaban preferentemente hechas en adobe, material predominante de la época. Estas poseían aberturas pequeñas, para evitar el ingreso de radiación solar, por cuanto el control lumínico era total. Si vemos una imagen de una casa en Mesopotamia notamos que se ordena en torno a un espacio central seguramente era donde se realizaban las labores del hogar, ese espacio abierto arriba permitía el ingreso de luz natural.



Al contrario las actividades mas intimas del hogar se realizaban en el perímetro de éste, por ejemplo los dormitorios y otras habitaciones poseían muros muy gruesos para aislar los interiores del oscilante clima exterior.

En Egipto ocurre algo parecido con las viviendas sin embargo lo que mas destaca a esta cultura es el desarrollo de su arquitectura mortuoria y de adoración divina.

Como en cualquier religión el templo egipcio representaba la casa del dios, pero, más que entendido como simple morada, el templo debía ser indestructible ya que era la residencia de los inmortales.

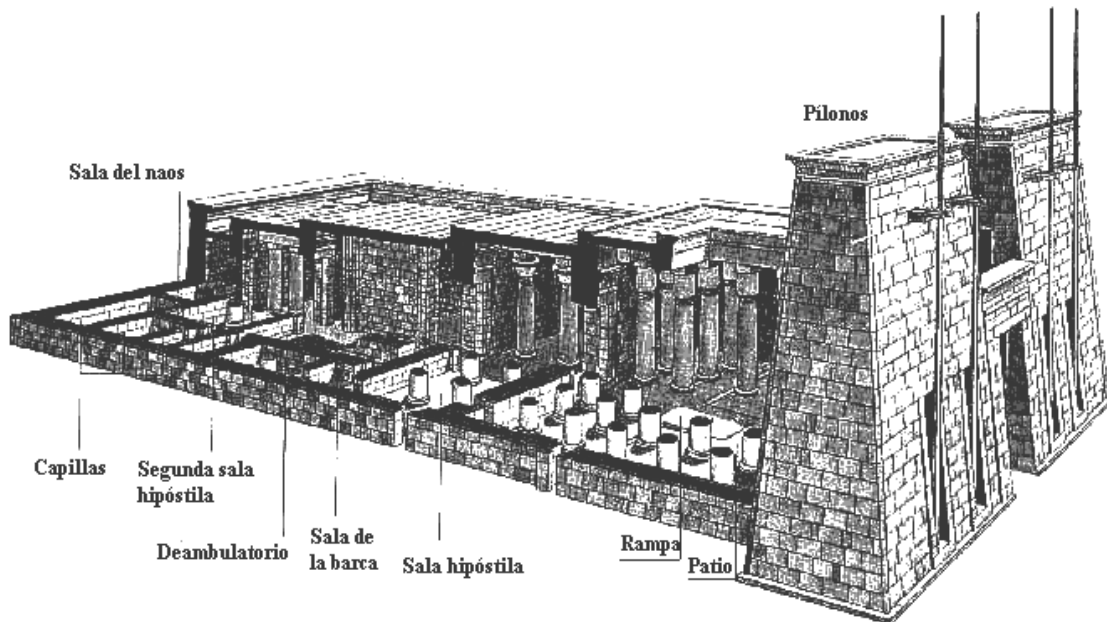


Las primeras construcciones, realizadas como imitación de aquellas destinadas a albergar a los hombres, fueron pronto desechadas y sustituidas por otras realizadas en piedra y materiales más duraderos. El templo se construía para albergar la imagen del dios y como lugar en el que los sacerdotes oficiaban sus ritos. A

diferencia de las religiones posteriores no era en absoluto un lugar de culto sino una zona para albergar al dios y de hecho el pueblo no podía acceder más que a ciertas dependencias exteriores.

En los templos el ingreso hacia los santuarios se acompaña arquitectónicamente con graduaciones de luz hasta llegar a la sala del dios.

Esto se consigue mediante una serie de salas que se ordenan sucesivamente, en las cuales se va reduciendo su tamaño hasta llegar a la sala del dios, la luz atraviesa las pequeñas aberturas en los muros, y se distribuye a través de las salas hipóstilas, pero es muy poca la luz natural que ingresaba. Por eso el interior se iluminaba con antorchas.

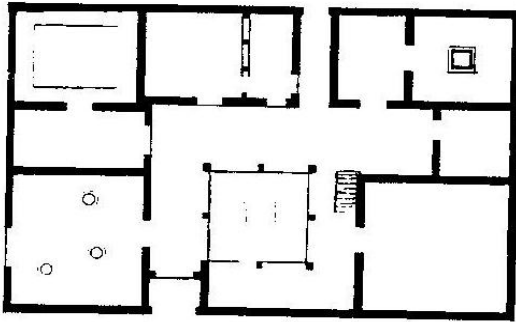


Grecia y Roma

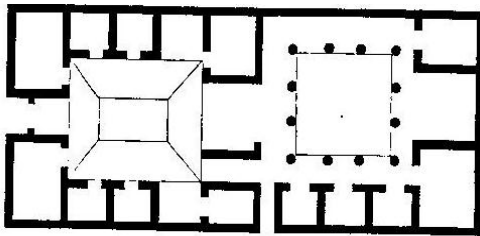
La civilización griega nació en el mar, específicamente en el mar Egeo, las islas de este. En el **arte Egeo**, con los palacios de la isla de Creta, se introducen nuevos factores en la arquitectura: son edificaciones formadas por salas, pórticos y patios adosados o superpuestos que se articulan siguiendo una directriz quebrada. La abundancia de galerías con columnas, escaleras y patios daba a los palacios cretenses un carácter abierto y alegre, a la vez que establecía las primeras conexiones entre el espacio interior y exterior.

El griego vive fuera de su casa, en las calles, en las plazas, debido al clima mediterráneo, y también como respuesta a su organización política. Por ello desarrolla un urbanismo en el que la casa es solo un lugar de residencia de la mujer y el sitio donde comer y dormir. Por eso hasta el siglo V. a.C, fueron muy modestas y de materiales perecederos (adobe). En general están organizadas en torno a un patio cuadrado y porticado con función iluminadora y aireadora de los aposentos interiores, sin lujo ni apariencia importante.

En la Grecia clásica, aumenta la proporción de los vanos para así hacer ingresar la luz del sol, como lo señala Hipócrates, que las condiciones ideales de las Polis, debían, así como las viviendas estar orientadas al sur.



Al ver una planta de una típica casa griega se puede ver la importancia del patio interior, ya se dijo de su función, pero además el manejo de la técnica permite muros más delgados y la posibilidad de construir más de una planta.

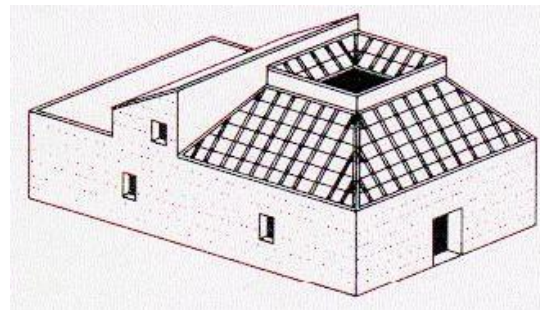


En Roma mientras, la multiplicidad de culturas determina una nueva relación entre técnica y control lumínico. Aparecen programas nuevos: termas, teatros, templos, acueductos, y como no la casa romana, herencia de la griega. Se pueden distinguir tres tipos:

- **Domus**: Alojamiento unifamiliar para familias privilegiadas. Solo los muy ricos podían permitirse una. Se compone de un muro frontal una puerta que permitía el acceso y desembocaba en el atrio, una habitación destinada a la sala de estar y un peristilo (dependencias privadas).

- **Insulae**: Eran bloques de vivienda divididos en pisos

- **Villa**: Equivalentes a las actuales casas de campo, construidas fuera de la ciudad.



En esta la intimidad y la introversión son parte de la arquitectura de la casa por cuanto su vinculación con el exterior se realiza a través del vestíbulo, y el ingreso de luz por el patio interior, sin ser la función primordial de éste.

La casa romana era muy parecida a la casa griega sin embargo aparecen elementos como el atrio. El atrio es el centro de la casa, el lugar social y de reunión dentro de la vivienda. Pero además aquel que permitía el contacto con el exterior el que posibilitaba el ingreso de luz natural y en que se recogía el agua lluvia a través del impluvium.



En la imagen se observa la abertura en la cubierta del atrio que permitía el ingreso de luz, ya que la casa en si carecía, o tenía muy pocas ventanas por cuanto la única opción era el atrio.

En **Roma** tiene lugar la conquista del espacio interno. Las construcciones romanas, si bien en el nivel estético y de tratamiento de superficies no alcanzaron la perfección plástica de la griega, estaban basadas en el espacio y por lo tanto pueden ser ya consideradas plenamente arquitecturas.



Arquitectura Bizantina.

La arquitectura de **Bizancio** representa una aceleración en el recorrido, lo que se consigue mediante una repetición de los ritmos -arquerías, ventanas...- y los comienzos de las investigaciones que llevarán a la desmaterialización del muro, fenómeno que se logra gracias a la proliferación de ventanas (luz), de mosaicos dorados (reverberaciones y reflejos materializados) y pinturas. La suma de estos elementos, unida al dominio en la construcción de cúpulas, lleva a la creación de espacios ilusorios, de límites imprecisos.



Edad media

El mundo construido sobre la base de las categorías de la vida rural, el derecho señorial y la autoridad de los jerarcas eclesiásticos, el mundo de la Edad Media es, para esta época un ámbito diferente. Los europeos se agitan alrededor del comercio, el florecimiento de las ciudades, el fortalecimiento del poder del "princeps" y la aparición de una nueva clase social que puja por lograr, en el estricto esqueleto de la sociedad medieval un lugar acorde con su desarrollo: la burguesía.

En Europa donde los inviernos son fríos y prolongados y de jornadas diurnas cortas, la ganancia lumínica es primordial.

La vida interior de los edificios era casi como la de un campamento. El fuego central cumplía la misma función que en un campamento exterior. Hasta ese momento las casas y edificios presentaban pocas aberturas, reducidas y mas cerradas, por ende oscuras y mal ventiladas, todo eso hasta la aparición del vidrio. Esto determino que los espacios interiores se transformaran en espacios luminosos y en los cuales cualquier actividad es permitida. El vidrio permite el ingreso de luz pero impide el ingreso de aire y por tanto la fuga de calor desde el interior.



Sin embargo es primordial hablar además de unos de los mayores logros a nivel arquitectónico, **el gótico**, en el cual uno de sus elementos fundamentales es la luz natural.

Hay dos elementos del gótico que son importantes la utilización de la luz y una relación original entre la estructura y la apariencia; estos

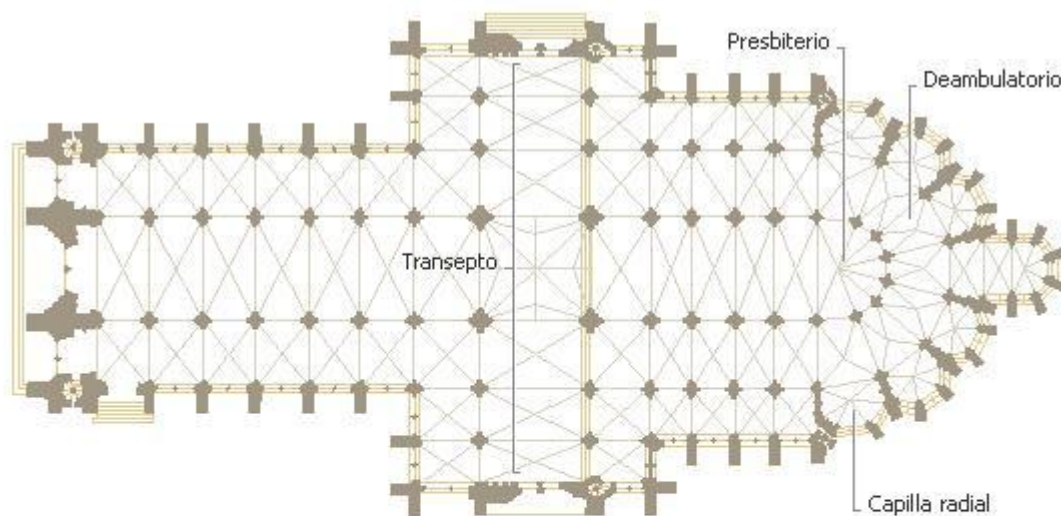
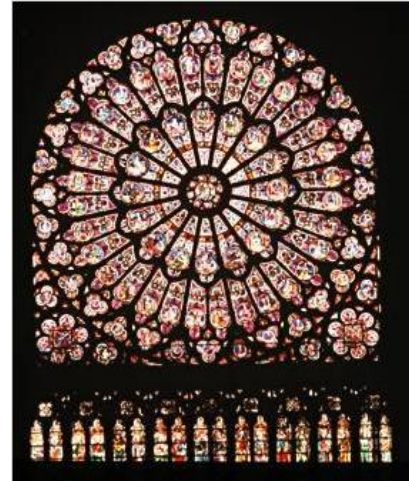
dos componentes serían los característicos de la arquitectura gótica.

Según los pensadores medievales, la luz es el principio del orden y del valor. El valor objetivo de una cosa se halla determinado por el grado en que participa de la luz.

Las vidrieras del gótico no son vanos abiertos en el muro para permitir que pase la luz, sino muros transparentes. Esto debido por las revolucionarias técnicas en estructura tal como lo fueron los arcos de medio punto, las estructuras macizas con escasos vanos y las bóvedas de cañón o arista.

La luz aparece como símbolo para asemejar un sistema de iluminación no natural. A través de la articulación de las vidrieras del edificio como un auténtico muro traslúcido, creó un espacio determinado por una luz coloreada y cambiante.

Los vitrales o vidrieras son vidrios de colores transparentes que se utiliza para componer diseños en las ventanas. La técnica utilizada es parecida a la del mosaico, las piezas de vidrio se sujetan con tiras de plomo y se montan en un bastidor de metal. El efecto de las vidrieras depende de la luz que dejan pasar a través del cristal traslúcido, por lo que este arte también se conoce como “pintura con luz”.



Planta de la catedral de Amiens

Planta de la catedral de Amiens

La catedral de Amiens, construida en el siglo XII, es uno de los principales templos góticos de Francia. En planta presenta tres naves longitudinales (la del centro es tres veces más alta que ancha), un amplio transepto y un presbiterio rodeado de un deambulatorio al que se abren siete capillas radiales. La magnificencia del conjunto se debe a sus esbeltas proporciones, tratadas, según Viollet-le-Duc, según un complejo sistema de proporciones geométricas.

El Barroco

Fuertes contrastes de luces y sombras realzan los efectos escenográficos de muchos cuadros, esculturas y obras arquitectónicas. Una intensa espiritualidad aparece con frecuencia en las escenas de éxtasis, martirios y apariciones milagrosas. La insinuación de enormes espacios es frecuente en la pintura y escultura barrocas; tanto en el renacimiento como en el barroco, los pintores



pretendieron siempre en sus obras la representación correcta del espacio y la perspectiva.

En este periodo las ciudades que nacieron en el medioevo se consolidan y además se inicia su crecimiento, las ciudades se densifican y aparecen nuevos barrios para aquellos que llegan a la ciudad desde el campo. Es por eso que se produce un aumento

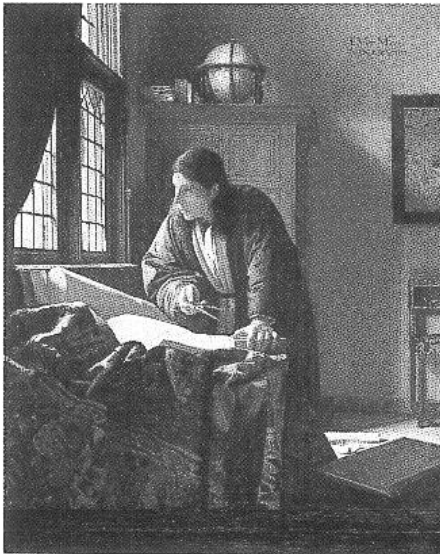
en la construcción de viviendas y surgen los suburbios en las ciudades.

En el periodo barroco la vivienda urbana se destaca por el renovado sentido de urbanidad y confort interior. Y esto se nota en el trabajo de sus fachadas. Estas presentan amplias ventanas en busca de la relación pública y de luz natural. La altura predominante de las ventanas para la ganancia lumínica armaba las fachadas. Las ventanas se separaban mediante pilastras que además servían de elementos compositivos y estructurales de la fachada.

Iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane en Roma

La iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane (1638-1641), proyectada por Francesco Borromini, es uno de los edificios más representativos del barroco romano. Su planta oval está cubierta por una impresionante cúpula que proporciona una dramática luminosidad. La fachada ondulante,





En esta época la luz juega un papel importante en la vida del hombre por cuanto es un elemento participe en casi todas las actividades del hombre, ahora se proyecta con la luz. Al ver la imagen de la derecha se notan dos cosas importantes, la primera el hombre junto a la ventana por donde ingresa la luz con un mapa posiblemente en sus manos explica la necesidad de búsqueda de luz natural, pero además en segundo lugar el hecho que la misma pintura incluya el elemento lumínico, mas bien quien la pinto pone al centro al hombre junto a la luz.

Siglo XIX

Con el desarrollo tecnológico se inicia la destrucción del medio natural, pero además se comienza a valorar mas el confort de las viviendas, se trata de buscar mejores condiciones ambientales, además de una nueva visión de tratamiento del espacio, pero además una búsqueda por generar mas viviendas lo que determina un crecimiento acelerado de la ciudad y la aparición del suburbio. La aparición del alumbrado artificial a gas determina una prolongación en la jornada de trabajo. Los sistemas de alumbrado se incorporan a los edificios como elementos fijos.

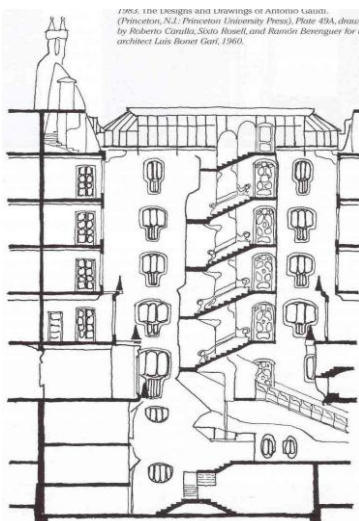


FIG. 1. The design and drawings of Antonio Gaudí.
(Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1964, plate 42A, drawn
by Roberto Carulla, Scott Russell, and Ramón Benítez for the
architect Luis Bonet Gari, 1960.)

Pero no es hasta el descubrimiento de la electricidad en que se logra generar menos calor y evitar el humo interior en las viviendas, e independizar el alumbrado artificial de la luz natural.

El hierro sustenta grandes cargas. Al mismo tiempo, se desarrolla la producción de vidrio en cantidad y variedad.

El hierro y el cristal se complementan puesto que permiten construir edificios que sean a la vez grandes y ligeros, transparentes. Son respuestas a las nuevas necesidades, puentes de amplio tendido, edificios de varias plantas que necesiten estar despejadas, como las naves de las fábricas, mercados, estaciones de ferrocarril, etc.



Viviendas colectivas en Copenhague

El concepto de invernadero y las realizaciones del siglo XIX de Paxton y Turner, donde el control climático era algo fundamental para la conservación y crecimiento de las plantas, dio origen a la idea de que utilizando superficies acristaladas se pueden concebir espacios donde las condiciones de clima, iluminación y en general lo que concebimos como confort físico y psicológico son controlables. El material permitía pensar en la creación y aislamiento de ambientes naturales artificialmente contruidos.



Siglo XX

La técnica determina la aparición de nuevos tipos arquitectónicos. La gestación de edificios de estructura ligera con escasa inercia térmica, cerramientos vidriados, muros cortina, solo son posibles cuando se le incorporan las técnicas de calefacción, climatización, y alumbrado fluorescente. Las técnicas energéticas se incorporan dificultosamente, no se diseña con luz, calor, sonido, se trata de diseñar las condiciones lumínicas, acústicas y térmicas.

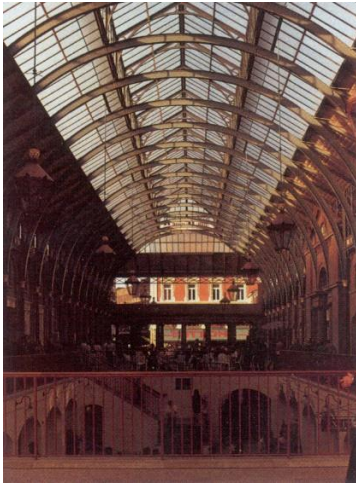
Al utilizar el vidrio en la arquitectura los diseñadores pueden en forma consciente aprovechar los principios de este fenómeno y de esta manera lograr una mejor solución de la composición arquitectónica ya sea en los exteriores o en los interiores.



El concepto de higiene está asociado a la *luminosidad*, la temperatura y las posibilidades de ventilación (recambio de aire) de los espacios. La arquitectura moderna, desde principios de siglo XX, anunciaba en sus postulados la importancia de construir espacios sanos o que estuvieran protegidos contra agentes dañinos. Esto se vincula también con los nuevos materiales: acero, concreto y vidrio. La posibilidad de crecer las dimensiones de los vanos, el surgimiento de la ventana

horizontal, o de fachadas completamente acristaladas permite mayor luminosidad, incidencia de los rayos solares y la posibilidad de tener sistemas de ventilación.

Aparecen los sistemas pasivos, por cuanto no se añaden nuevos elementos sino que usando la forma y materiales de la construcción para conseguir si la energía auxiliar en rendimiento energético. Los avances en ingeniería permiten cubrir mayores luces, pero además los nuevos materiales translucidos permitieron iluminar globalmente edificios en su interior.

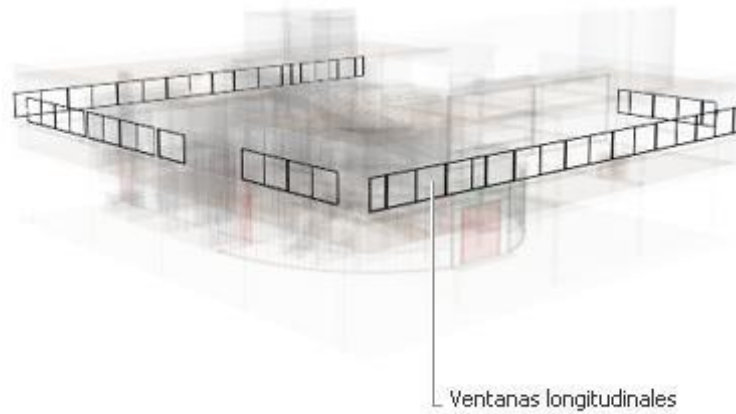


Norman Foster plantea un gran espacio que comunica todo el edificio interiormente pero que además permite transportar la luz, hasta los niveles inferiores (foto izquierda)



En la actualidad los sistemas de iluminación natural ocupan una amplia gama dentro del diseño arquitectónico, no solo para permitir el ingreso de luz, sino que además para evitar el ingreso directo de esta, y la radiación solar al interior.

La nueva arquitectura plantea, grandes planos vidriados para iluminar mejor el interior, pero ligado siempre al proyecto arquitectónico.



Ventanas longitudinales

La ventana apaisada o *fenêtre en longueur* es una consecuencia de la fachada libre: liberada de su función portante, la fachada ligera se puede abrir en largos huecos horizontales, cerrados por ventanas correderas (una invención del propio Le Corbusier). Este tipo de huecos proporciona mucha más luz y enmarca el paisaje con amplitud, permitiendo la proyección del espacio interior hacia el exterior.

Esquema del planteamiento de iluminación de la Ville Savoye de Le Corbusier.

Cuantificación de la Luz



Magnitudes fotométricas

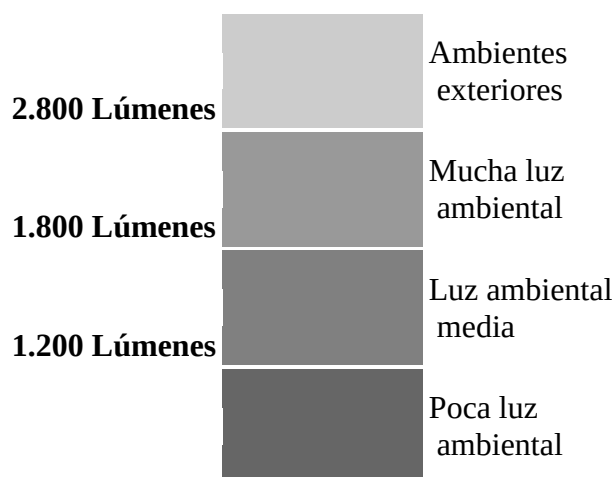
Existen cuatro magnitudes fotométricas fundamentales, que sirven para medir las diferentes características de las fuentes de luz, y sus efectos sobre los objetos.

1 Flujo luminoso: es la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente, por unidad de tiempo, es **potencia luminosa**.

Su símbolo es la letra griega Φ , y su unidad de medida es el lumen (lm)

La equivalencia energética es de:

$$1 \text{ lm} = 1/680 \text{ w}$$



2 Intensidad luminosa: es la parte del flujo emitida por una fuente en un ángulo de valor de un radian, en una dirección determinada.

Su símbolo es la letra I y su unidad de medida es la candela (cd)

$$\text{cd} = \text{lm} / \text{Rad.}$$

Cuando la intensidad radiante se refiere a zonas del espectro visible, se utiliza una magnitud denominada **Intensidad luminosa** que se obtiene afectando la intensidad de radiación por el coeficiente de luminosidad relativa. La intensidad luminosa resulta mucho más adecuada que la intensidad radiante para los estudios relativos a la luz y el color, porque incorpora la corrección adecuada a la percepción humana.

La unidad de intensidad luminosa es la **candela (cd)**. Es la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente de radiación monocromática de 555 nm (un tono de amarillo de 540×10^{12} Hz) cuya intensidad radiante es 1/683 Watt/estereorradián en dicha dirección. También puede ser expresada en relación con el flujo luminoso:

$$\text{candela} = \text{lumen} / \text{estereorradián}$$

Como puede verse, la relación entre la intensidad radiante y la intensidad luminosa para la luz de 555 nm es que **1 W/sr = 683 cd**, aunque esta relación no se mantiene igual para el resto de frecuencias del espectro.

3 Iluminancia: (nivel de iluminación) es la cantidad de energía luminosa que incide sobre una unidad de superficie, por unidad de tiempo

El símbolo es la letra E y su unidad de medida es el **lux (lx)**

$$\text{lx} = \text{lm/m}^2$$

Esta es una de las unidades que más sirven en iluminación pues expresa un cierto nivel de confort o determina ciertos requerimientos funcionales.

Fuente de iluminación	densidad luminosa lx
Máximo de luz solar	100.000
Día nublado	20.000
Luz de plenilunio	0,2
Luz de las estrellas	0,0003

4 Luminancia: (o brillo). Es la intensidad luminosa emitida en una cierta dirección por unidad de superficie.

Se identifica con la letra L y su unidad son **cd/m²**

Luminancia (nits)	Fuente
$1.6 \cdot 10^9$	Disco solar a medio día
600.000	Disco solar en el ocaso
120.000	Lámpara incandescencia 60 W
11.000	Fluorescente
8.000	Cielo despejado
2.500	Disco lunar en plenilunio
2.000	Cielo cubierto.
200	Pantalla de ordenador
0,0004	Cielo en noche oscura

Componentes de la luz natural

Cuando nos referimos a luz natural nos estamos refiriendo a la luz del sol.
Esta luz se divide en tres componentes:

Componente **directa**: la que proviene directamente del sol y provee aporte lumínico y calorífico (100000 lx)

Componente **difusa**: la que proviene de una superficie difusora, la que puede aportar entre 15000-40000lx

Componente **reflejada**: es aquella que se refleja en el entorno, puede ser mucho mas intensa cuando incide la luz directa, proviene principalmente de forma horizontal o desde abajo

ANGULO DE DISPERSION

El ángulo de dispersión, δ , es el ángulo entre la dirección de la máxima intensidad (I_{max}) de la luz transmitida o reflejada, y la dirección de la intensidad con un valor de $I_{máx.} / 2$, cuando la curva de distribución de la intensidad se supone será simétrica respecto de $I_{máx.}$ (Caso cuando el ángulo de incidencia es cero).

La siguiente es la clasificación de los valores de δ

Si la reflexión o transmisión es perfectamente difusa entonces $\delta = 60^\circ$

Si δ es cercana a 0° , la reflexión o transmisión se considera especular

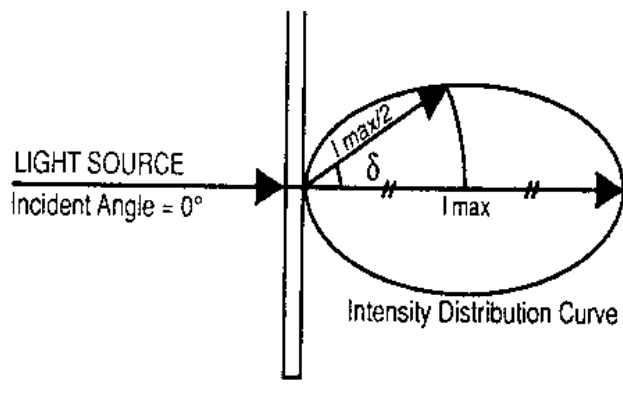
Si $0^\circ < \delta < 15^\circ$, la reflexión o transmisión será **estrecha**

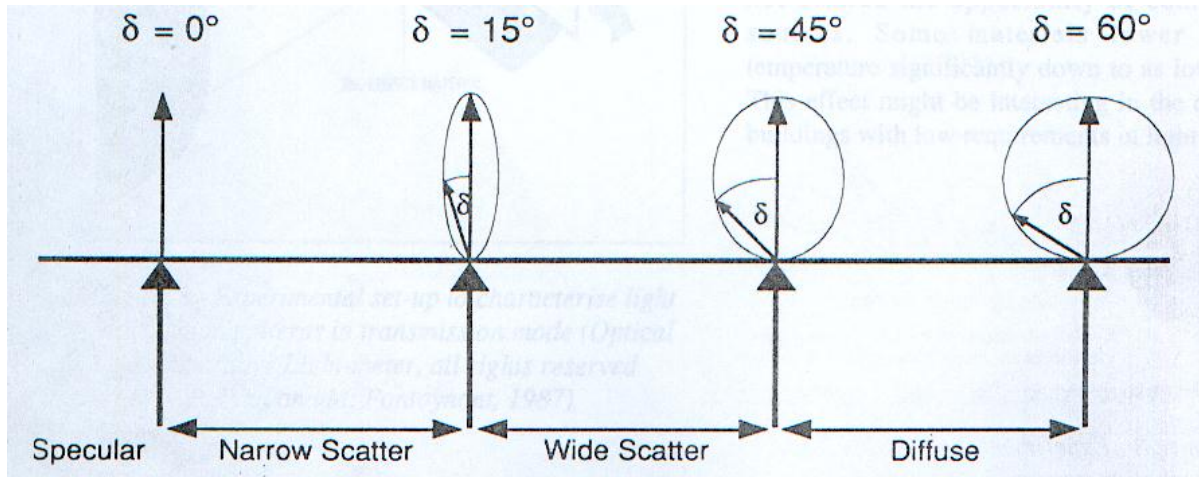
Si $15^\circ < \delta < 45^\circ$, la reflexión o transmisión será **amplia**

Si $45^\circ < \delta < 60^\circ$, la reflexión o transmisión será **difusa**.

La nomenclatura puede usarse exactamente de la misma manera para las características de transmisión o reflexión, pero los consiguientes patrones fotométricos serán muy distintos. Las características fotométricas complejas son mas comunes en el modo de transmisión mas que en de reflexión. Este es el caso de los paneles de policarbonato, hechos con doble capa y espaciadores verticales.

De acuerdo al ángulo, la dispersión de la luz se clasifica en, especular, esparcimiento estrecho, esparcimiento amplio, y difusa.

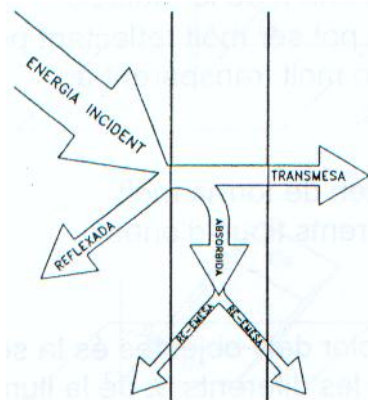




Transmisión, Reflexión y Absorción

Cuando la luz o una radiación electromagnética inciden sobre un obstáculo, una parte se refleja, otra traspasa, y otra es absorbida por el material.

La proporción de cada una de estas componentes respecto del total de energía incidente por cada longitud de onda λ estará en función de las características físicas del obstáculo, mas bien en función de sus componentes de reflexión ρ , transmisión τ , y de absorción α .



$$\rho = \Phi_r / \Phi_i$$

$$\tau = \Phi_t / \Phi_i$$

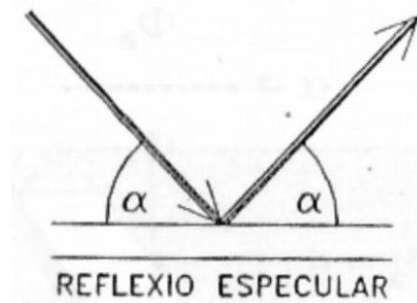
$$\alpha = \Phi_a / \Phi_i$$

En consecuencia $\Phi_r + \Phi_t + \Phi_a = \Phi_i$

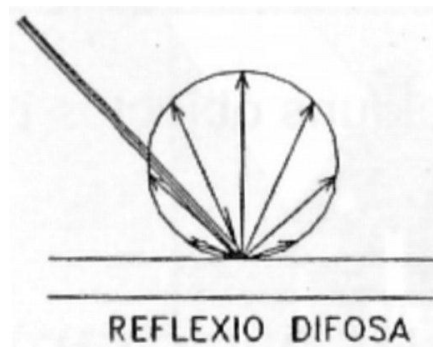
y la suma de los tres siempre será: $\rho + \tau + \alpha = 1$

Tipos de transmisión y reflexión

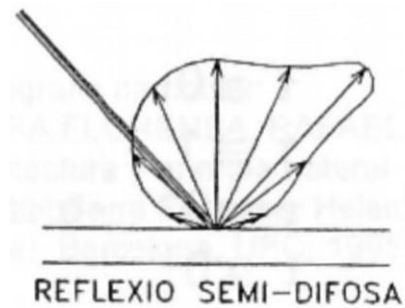
De forma **especular**, cuando no hay descomposición del rayo de incidencia, se presenta en las superficies más pulidas.



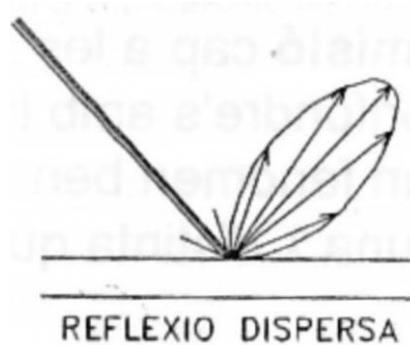
De forma **difusa**, cuando el rayo de incidencia se descompone totalmente, es el caso en las superficies mate.



De forma **mixta** cuando el rayo se descompone pero se conserva la dirección predominante, el caso de las superficies de acabado brillante.



De forma **dispersa**, cuando el rayo se descompone, y los rayos reflejados, siguiendo las leyes de la reflexión especular.



Espectroscopia. Aparatos de medición

La Espectroscopia es el estudio de los espectros de los cuerpos físicos. Se fundamenta en el hecho de que cada elemento químico tiene su propio espectro de emisión y de absorción.

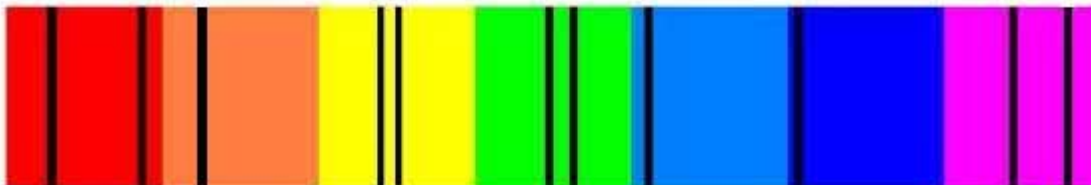
Para el estudio de los espectros de los elementos químicos se usan aparatos diversos, fundamentalmente son:

- El espectroscopio: que al descomponer la luz incidente dispersándola en diferentes radiaciones monocromáticas, permite la observación directa del espectro de un determinado elemento.
- El espectrógrafo, que permite fotografiar las bandas de emisión y absorción de los elementos.
- El espectrómetro, cuyo objeto es la medición de las longitudes de onda de emisión y absorción en los espectros.

El Espectro Solar:

Si analizamos mediante un espectroscopio la luz que nos llega del Sol observamos en el espectro que no es completamente continuo, sino que aparecen ciertas rayas de absorción. Indicándonos este hecho que la luz del sol ha atravesado gases que han absorbido las longitudes de onda que a cada uno de ellos le es característica. Algunos de estos elementos sabemos que no pueden existir en la atmósfera de nuestro planeta, por lo que hemos de concluir que se encuentran en la atmósfera solar:

El Espectro Solar:



Se observa fácilmente, por tanto, la existencia de Sodio (las dos líneas amarillas), hidrógeno, etc... El primero en describir las líneas oscuras del espectro solar fue Joseph Von Fraunhofer (1787-1826), por lo que se le denominaron "Líneas de Fraunhofer", aunque ya habían sido descubiertas en 1802 por William H. Wollaston (1766-1828).

Colorímetros

Los colorímetros sirven para medir color / luz, y para medir el de cuerpos y productos. Con estos aparatos se podrá leer la diferencia de color según lo desee. La geometría de medición de colorímetros con brillo incluido así como un campo de medición mm permite un uso universal para todo tipo de materiales o si se prefiere, los aparatos con sonda de medición externa. El campo aplicación de los colorímetros está muy extendido: industria, agricultura, artesanía, comercio, investigación y desarrollo.



A menudo estos aparatos son utilizados por fabricantes de pinturas, arquitectos y diseñadores para comparar el color (para cartas de color) o como base para posteriores mezclas de pinturas, para capas de pintura de componentes envejecidas.

La medición de la luz, el Luxómetro

Aproximadamente el 80 % de todas las sensaciones son de naturaleza ópticas, por tanto, se experimentan a través de los ojos. Para ello es necesaria la luz

La iluminación en la industria es uno de los factores ambientales que tiene como finalidad facilitar la visualización de los objetos dentro de su contexto espacial, de modo que los trabajos se puedan realizar en condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad.

Se puede evaluar el nivel de iluminación mediante el Luxómetro y la luminancia con el equipo medidor de luminancia.

La luz es emitida por sus fuentes en línea recta, y se difunde en una superficie cada vez mayor, y a medida que avanza; la luz por unidad de área disminuye según el cuadrado de la distancia. Cuando la luz incide sobre un objeto es absorbida o reflejada; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas direcciones. Algunas frecuencias se reflejan más que otras, y esto da a los objetos su color característico.

El Luxómetro es una célula fotoeléctrica de capas con el principio de medición basado en el efecto fotoeléctrico o emisión de electrones producida cuando sobre esta capa incide la luz.

La célula está construida, depositando sobre una base de hierro, una capa de cristales microscópicos de selenio que presenta una sensibilidad espectral semejante a la del ojo, y sobre él una capa semitransparente de plata. Esta capa y la base actúan de electrodos. Cuando incide la luz sobre la célula, se produce una corriente de electrones por el circuito exterior que es proporcional a la iluminación cuando la resistencia exterior es muy pequeña.



El Luxómetro que se muestra en la imagen tiene las siguientes características

Sensor con cable de 1,5 mt.

Retención de lectura

Salida análoga en mV

Tiempo muestreo 2,5 lecturas por seg.

Alimentación 4 pilas AAA

Tamaño 170 x 44 x 40 mm

Rango resolución 20/200/2.000/20.000 Lux (Fc) 0,01 Lux (Fc)



Su respuesta espectral ha de ser semejante a la sensibilidad espectral fotópica media del ojo humano. Para ello incorpora un filtro corrector de color que cambia la sensibilidad de la célula hasta una aproximación razonable a la curva de sensibilidad del ojo humano normal.

Al ser una célula sensible a la luz, tiene una tendencia a variar lentamente durante unos minutos, por ello, antes de registrar cualquier medida es necesario que se estabilice el valor.

Existen muchos tipos de luxómetros, la mayoría registra en la pantalla, otros en cambio, trabajan adema con un software que permite, ingresar y ordenar los datos obtenidos



Medidor de luminancia

El accesorio para **luminancia** es un sistema óptico que dispone de un sensor fotoeléctrico como elemento sensible a la luz. Su respuesta espectral debe ser semejante a la sensibilidad espectral fotópica media del ojo.

El sensor fotoeléctrico o transductor de luminancia está, normalmente, montado sobre un soporte, que se desplaza libremente a lo largo de un brazo radial dispuesto sobre la superficie de trabajo donde se desea realizar un mapa de valores de luminancia.



La luz que incide oblicuamente se mide según la Ley del coseno. El aparato profesional responde a las normas pertinentes.

Conducción de la Luz



Sistemas de iluminación natural

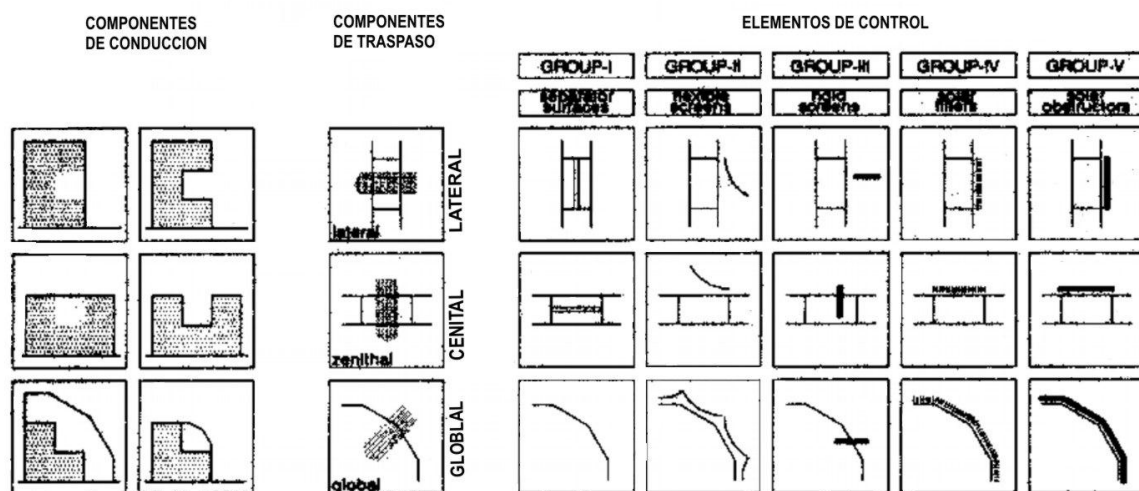
Son aquellos encargados de mejorar la iluminación natural interior de un espacio, optimizando la distribución de luz, especialmente las zonas más interiores.

Existen o se dividen en 2 grupos:

Componentes de conducción de luz: son aquellos que llevan la luz natural del exterior hacia el interior.

Componentes de paso de luz: son dispositivos encargados de dejar pasar la luz a través suyo, desde un ambiente lumínico a otro a continuación de este.

Cabe señalar que estos componentes pueden combinarse o sucederse, los componentes de paso de luz poseen un conjunto de elementos de control, estos corrigen la luz que les llega y la hacen llegar al componente de conducción de manera controlada.



Componentes de conducción

Son espacios que están situados a partir de un primer componente de paso de luz, que es el que capta la luz natural desde el exterior, recogen la luz captada por el componente de paso, la conducen hasta el componente de paso siguiente y así sucesivamente.

Se debe considerar que la forma propia tiene mucha importancia a la hora de caracterizarlos, ya que la capacidad para conducir la luz recibida depende de gran medida de las características de los acabados de sus paramentos, que es donde incide la luz, y hacen que el componente actúe de manera diferente, según sean superficies reflectoras, especulares, difusa, etc.

De acuerdo a esto se clasifican:

- a) espacios de luz intermedios
- b) espacios de luz interiores

Espacios de luz intermedios

Son aquellos situados en la zona perimetral del edificio, se sitúan entre el ambiente exterior y los espacios habitables. Distribuyen la luz que les llega hacia el interior, en algunas casos poseen materiales transparentes, traslucidos o elementos de control para regular el paso de luz.

Entre ellos distinguimos:

Las galerías: son espacios cubiertos en la periferia del edificio, permitiendo el paso de luz desde el exterior, mediante materiales traslucidos o vidrios. Su altura varía entre 1 a 2 pisos y su ancho entre los 0.8 y los 4mts.

Los porches: son espacios perimetrales en la planta baja de un edificio que se caracterizan por estar abiertos hacia el exterior.

Los invernaderos: son espacios acristalados o transparentes que permiten el ingreso de luz y radiación directa y difusa, se encuentran adosados a los edificios.

Espacios de luz interiores

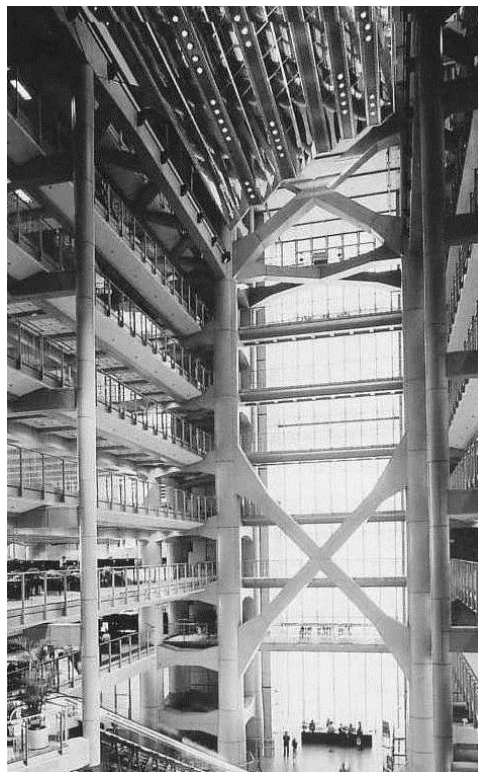
Son aquellos componentes que forman parte interna de los edificios y conducen la luz a espacios interiores alejados de la periferia.

Entre ellos encontramos:

Patios: son espacios rodeados de muros o pórticos, abiertos arriba lo que permite la iluminación y ventilación de áreas interiores alejadas de la periferia.

Atrios: similar a los patios pero el ingreso de luz se realiza por una de sus caras la cual esta separada del ambiente exterior por superficies vidriadas o traslucidas.

En los atrios la altura puede alcanzar el total del edificio, permitiendo la iluminación desde los pisos superiores hasta los inferiores por componentes de paso.



Componentes de paso

Son aquellos que conectan dos ambientes lumínicos distintos, separados por un cierre en el cual se ubica el componente de paso.

Existen 3 categorías:

- a) componentes de paso laterales
- b) componentes de paso cenitales
- c) componentes de paso globales

Componentes de paso laterales: se ubican en cerramientos verticales, tanto en la piel como en divisiones interiores, su función es permitir el ingreso de luz lateral al edificio.

Entre los que encontramos:

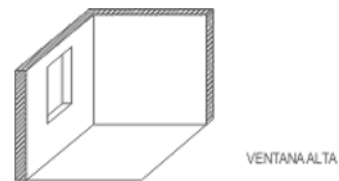
La ventana

Las ventanas son un elemento imprescindible para iluminar un espacio interior con luz natural. Por este motivo las aberturas para conseguir luz natural han sido un elemento estilístico importante en la evolución de la arquitectura; desde las ventanas de arco de medio punto del románico hasta las ventanas barrocas rodeadas de ornamentos. Las ventanas poseen características específicas; basta ver las diferencias entre los países al norte de los Alpes y los más mediterráneos con un clima mucho más favorable, en los primeros la vida se desarrollaba preferentemente en el interior y la iluminación artificial se hacía muy cara, sin embargo la utilización del espacio interior estaba relacionada a una buena iluminación natural.

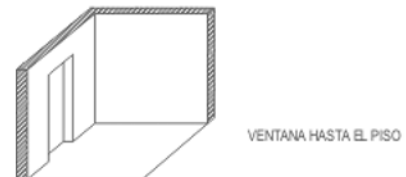
Todo lugar de trabajo necesita una ventana en contacto con el exterior.

Situación de la ventana.

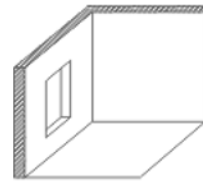
Ventana alta con respecto al plano de trabajo: Iluminación profunda, bastante homogénea, zonas de sombra próximas a la fachada.



Ventana baja con respecto al plano de trabajo o sin antepecho: iluminación poco profunda, grandes diferencias entre profundidades, que pueden dar lugar a deslumbramientos, zona próxima a la fachada con la máxima iluminación.

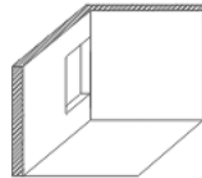


Ventana situada al centro del muro: mancha de luz intermedia de superficie muy oscura; posibles deslumbramientos.



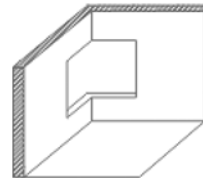
VENTANA CENTRADA

Ventana tangente a un muro lateral: se produce mucha iluminación de este muro, disminución del contraste entre la ventana y la pared. Por el contrario se reduce el flujo útil.



VENTANA A LA ESQUINA

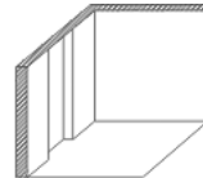
Ventana formando esquina: cada una de ellas ilumina la pared de la otra, creando una zona degradada pero muy brillante, puede provocar diferencias excesivas con la esquina contraria de la habitación.



VENTANA ESQUINADA

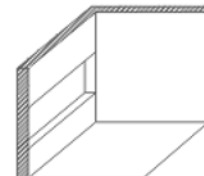
Forma de la ventana

Ventana de proporción vertical: zonas laterales oscuras, luz profunda pero mal repartida lateralmente, mala visión la exterior.



VENTANA VERTICAL

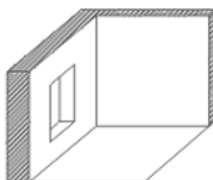
Ventana de proporción horizontal: luz poco profunda buena repartición en general, buena visión al exterior.



VENTANA HORIZONTAL

Espesor del muro

Ventana en muro grueso: bajo rendimiento, luz mas direccionada al interior, gran contraste entre la ventana y el muro



VENTANA EN MURO GRUESO

Ventana en muro delgado: mejor rendimiento, mancha de luz más grande, pero menos direccionada.

Muros traslucidos: son paredes construidas con materiales que dejan pasar la luz y ocupan parte o la totalidad de un cerramiento. Permiten el ingreso de luz natural difusa, sin embargo impiden la visión y la ventilación.



Muros cortina: superficies continuas verticales, transparentes o traslucidas sin función estructural, que separa el ambiente exterior del interior, permite la entrada de luz pero no de ventilación. El muro cortina constituye la pared, la piel, la fachada del edificio, incorpora elementos de control para evitar sobrecalentamientos puesto que es una misma superficie la que recibe luz y radiación.

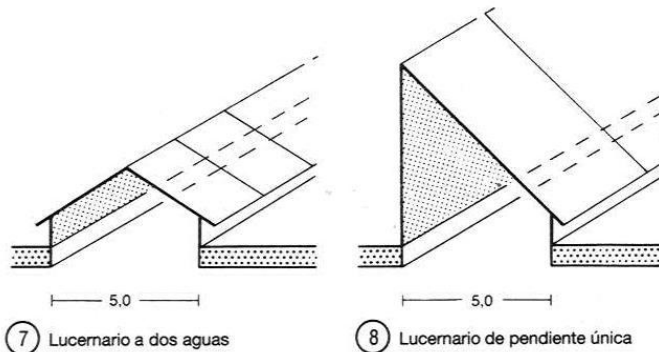


Componentes de paso cenitales: son cerramientos de paso horizontales ubicados generalmente en la cubierta de edificio y permite el ingreso de luz cenital hacia el interior. Distinguimos entre ellos:



Lucernario: son elevaciones sobre el plano de la cubierta de un espacio, con aberturas verticales o inclinadas en uno de los laterales. Permiten la entrada de luz solar directa desde la bóveda celeste hacia los espacios inferiores.

Cubierta monitor: es un sector de la cubierta que incluye la cumbrera que se levanta dejando aberturas laterales por donde ingresa la luz.



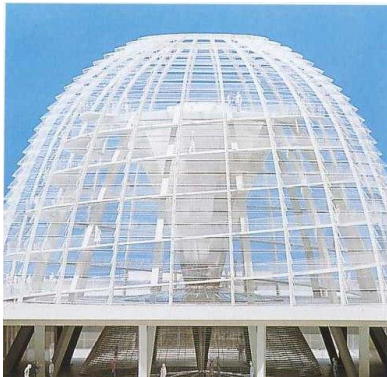
Diente de sierra: son planos de cubierta con cumbreras paralelas, que dejan entre ellas una serie de aberturas lineales, verticales ligeramente inclinadas, por donde penetra la luz directa o por



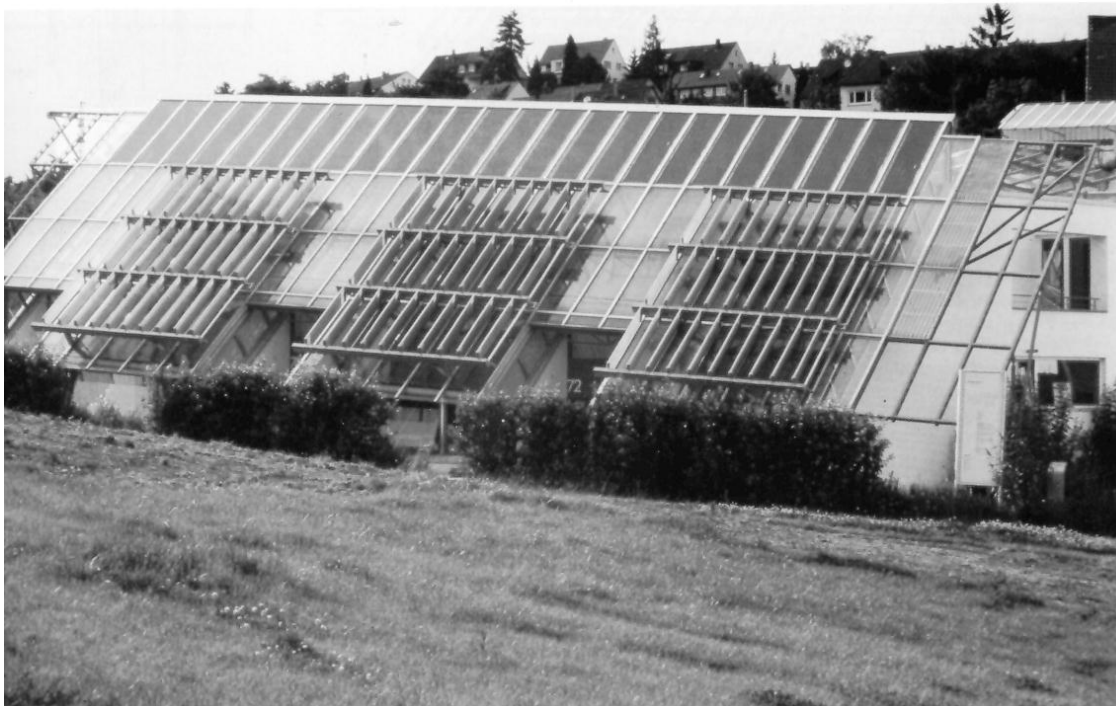
reflexión en otros planos. Las aberturas poseen materiales transparentes o traslucidos.

Claraboyas: son aberturas situadas en la cubierta de un espacio habitable que permiten la iluminación cenital de las zonas que están bajo las mismas. En algunos casos son practicables y por lo tanto permiten la ventilación del espacio inferior.

Cúpulas: son cubiertas semiesféricas con perforaciones para permitir la entrada puntual de luz o pueden estar construidas globalmente con materiales traslucidos de forma que la luz atravesase toda la superficie.



Componentes de paso globales: son parte del cerramiento del edificio, que se compone de materiales traslucidos o transparentes, lo cual permite la entrada global de luz natural al interior. El componente más conocido son las **membranas**, las cuales rodean globalmente el interior. Crean un nivel uniforme de luz, sin embargo generan grandes problemas de radiación por lo que se recomienda complementarlos con elementos de control.



Elementos de control

Son dispositivos especialmente diseñados para admitir y/o controlar la entrada de luz por medio de componentes de traspaso.

Se dividen en cinco grupos.

Grupo 1. Superficies de separación: son elementos de materiales traslucidos o transparentes los cuales separan dos ambientes, permitiendo el paso de luz pero no el de aire, a veces impidiendo la vista.

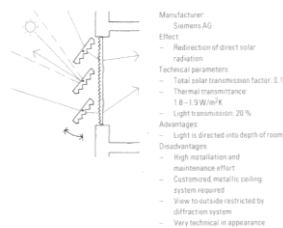
Grupo 2 pantallas flexibles: estos elementos obstruyen parcial o totalmente la luz directa del sol, pudiendo permitir la ventilación natural

Grupo 3 pantallas rígidas: los elementos rígidos y opacos redireccionan y/o obstruyen la radiación solar, son normalmente estructuras fijas las cuales no pueden ser reguladas.

Grupo 4 filtros solares: son aquellos que protegen las zonas interiores contra la radiación solar directa, permitiendo la ventilación, pueden ser fijos o ajustables



Figura 107.1
Daylight system for vertical windows
Adjustable prismatic panels on exterior with diffracting prisms/louvers integrated into the window





Grupo 5 *obstructores solares*: elementos opacos, superficies ajustables las cuales cubren las aberturas de manera completa.



Influencia de la Iluminación en la Salubridad



INFLUENCIA DE LA ILUMINACION EN LA SALUBRIDAD

1- Consideraciones generales:

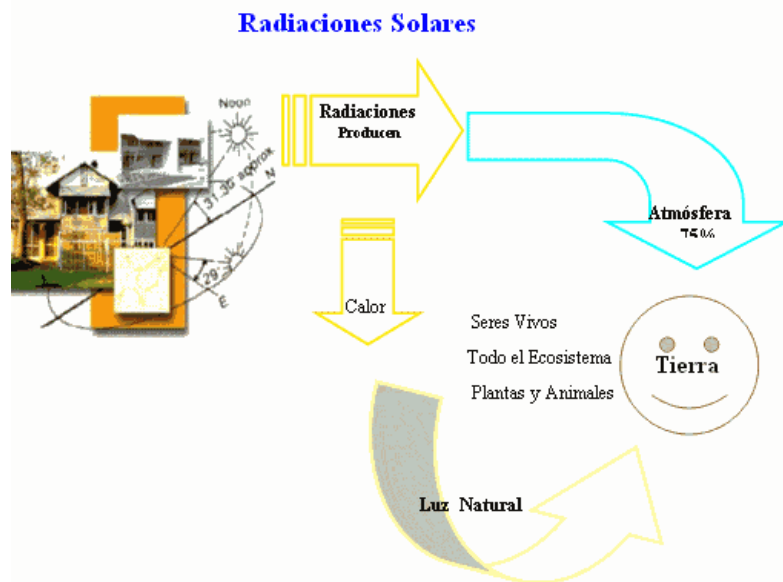
Actualmente, en función de la forma de vida, la actividad del hombre se desarrolla durante horas y lugares en que la luz diurna es deficiente, o falta en absoluto para el ejercicio de ciertas y determinadas tareas. En consecuencia se hace necesario considerar el desarrollo del alumbrado artificial dentro de particulares exigencias de calidad, con el objeto de complementar adecuadamente la iluminación natural o reemplazarla totalmente en determinadas circunstancias; sentando la premisa de que el alumbrado artificial debe satisfacer plenamente las necesidades del usuario en función del requerimiento de la tarea a realizar.

Entre los aspectos más salientes que se deben tener en cuenta, merece destacarse el nivel de iluminación, el adecuado balance de luminancias dentro del campo visual, la eliminación de fuentes primarias y secundarias de deslumbramiento, y la adecuada y necesaria reproducción de colores.

En la actualidad estos requerimientos cualitativos y cuantitativos pueden ser satisfechos con soluciones técnico-

económicamente convenientes como consecuencia de la alta tecnología alcanzada en el tema.

Un alumbrado eficaz, debe también acentuar las cualidades y carácter confortable de un ambiente, en particular, para oficinas e industrias, ya que en ellos, el hombre de trabajo intelectual o artesanal pasa más del 70% de su vida activa, en función de creatividad y productividad.



Las principales cualidades de un alumbrado, se pueden definir de la siguiente forma:

1. *Adecuada intensidad de iluminación.*
2. *Conveniente distribución espacial de la luz que comprende la combinación de la luz general y la luz dirigida o funcional.*
3. *Conveniente ángulo de incidencia del flujo luminoso, adecuada distribución de luminancias y eliminación de toda fuente de deslumbramiento en el campo visual.*
4. *Adecuado color de la radiación luminosa y conveniente reproducción de colores.*
5. *Ajustada elección de la fuente luminosa con su particular característica de distribución.*

Con referencia a la intensidad de iluminación, tres aspectos deben ser considerados para cumplimentar una tarea manual.

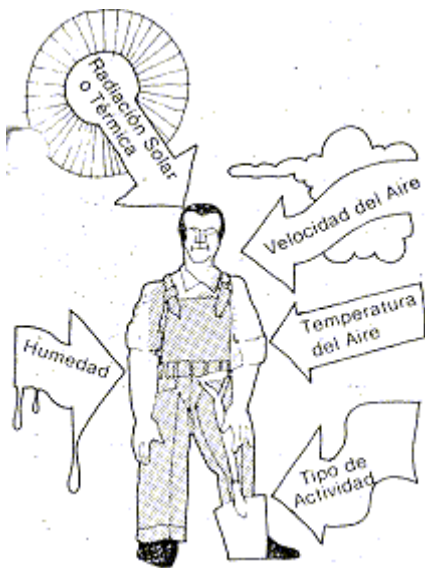
El primero y más preponderante se relaciona con la higiene fisiológica en la tarea visual.

En segundo lugar deben ser tenidas en cuenta las razones técnicas y económicas que puedan limitar la calidad de iluminación para una tarea determinada.

En tercer lugar, considerar la relación entre la calidad de una instalación de alumbrado y la productividad.

2- Higiene fisiológica en la tarea visual:

El sentido de la vista se halla adaptado desde su origen, a los elevados niveles de iluminación natural, para lo cual la naturaleza lo dotó de un sistema o red adecuada de conos y bastoncillos en su órgano de la visión. Ello permite el desarrollo de visión fotópica o escotópica, según se trate de ejercer la tarea visual en horas diurnas y nocturnas (Elevados o casi nulos niveles de iluminación). Intensos y sistemáticos estudios internacionales permitieron establecer que el sentido de la visión funciona en las mejores condiciones cuando el nivel de luminancia en el campo visual está comprendido entre 10 y 1000 candelas por metro cuadrado, es decir, con intensidades de iluminación mínimas de 100 a 200 lux, y valores máximos de 10000 a 20000 lux, con factores medios de reflexión del 30% al 60%, y sin superficies especulares o fuentes de deslumbramiento en el campo visual.



Se ha comprobado y demostrado que la necesidad de luz de cada individuo, aumenta con la edad, para cada tarea visual, y es obvio destacar que en la actividad industrial encontramos personal con edades que van de los 18 años, hasta personas con 60 o más años de edad.

Las personas de edad más avanzada necesitan mayor nivel de iluminación que los jóvenes para realizar una tarea visual con igual facilidad. Los investigadores Fortuin y Weston llegaron a las siguientes conclusiones:

Los niveles luminosos para iguales condiciones de reflexión, tamaño y posición de una lectura con buena impresión (tamaño de los caracteres 3' y contraste del 95%) son los siguientes:

Edad: 10 años; nivel luminoso requerido 175 lux

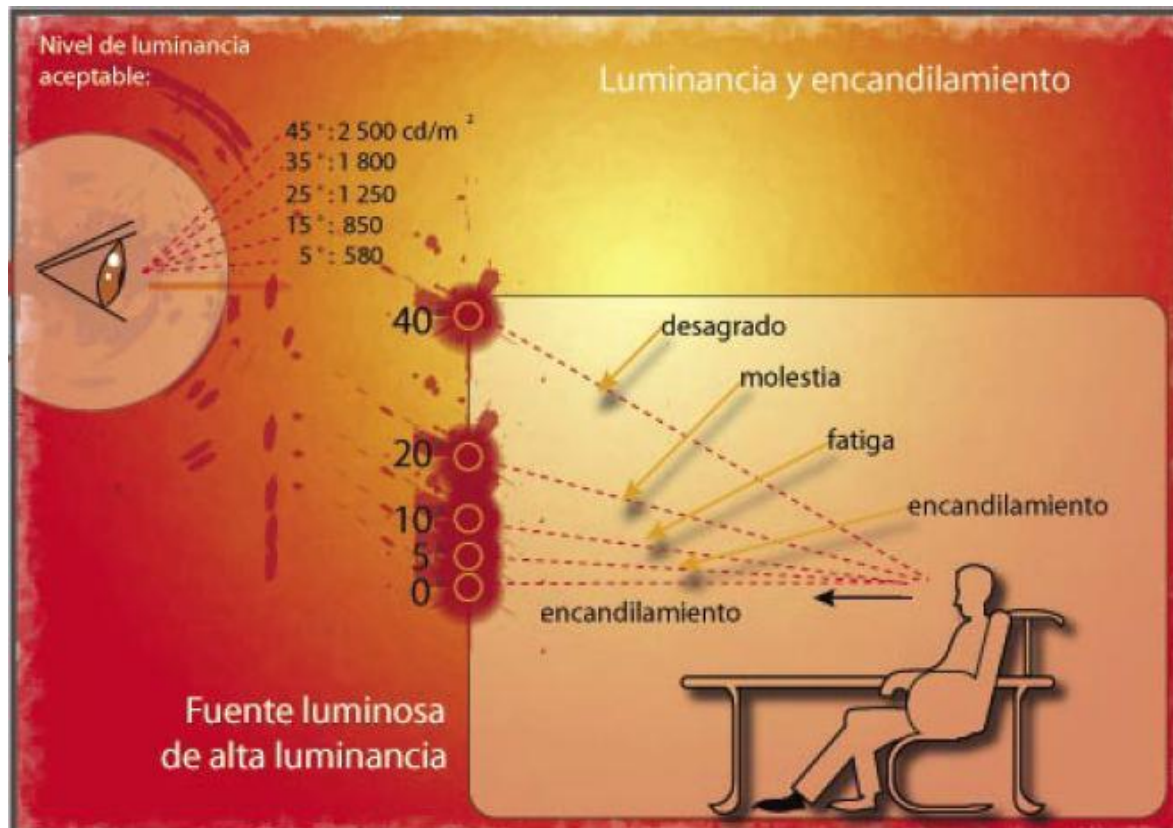
Edad: 40 años; nivel luminoso requerido 500 lux

Edad: 60 años; nivel luminoso requerido 2500 lux

Es de suma importancia, con requerimiento prioritario, tener presente la edad del personal, ya que resulta inadecuado y deprimente para un trabajador de avanzada edad, generalmente de alta especialización artesanal o avanzado desarrollo intelectual, tener que trabajar en inferioridad de condiciones por malas previsiones en los niveles de iluminación.

El tiempo de duración diaria de una labor con luz artificial es un factor preponderante en las posibilidades de ejercer adecuadamente una tarea visual, y bien sabemos que las tareas se desarrollan en turnos de ocho horas o más, o uno.

Podemos decir que para determinados locales y tareas, la iluminación natural no debe ser tenida en cuenta como posible fuente luminosa, y en muchas circunstancias, lejos de ser la fuente básica de iluminación, pasa a ser un elemento complementario de segunda importancia, de la iluminación artificial.



3. Luz y Salud (*)

Se ha demostrado cómo los espacios mal diseñados, en el sentido de estar mal ventilados y deficientemente acondicionados térmicos, lumínicos y acústicamente pueden ocasionar daños en la salud de los usuarios.

A través de los efectos de la luz sobre el organismo humano, ocurren procesos de regulación fisiológica entre los que se encuentran los ritmos biológicos, la actividad hormonal y el comportamiento.

Sabemos que en la naturaleza existe una periodicidad ambiental y lumínica, cuya duración se modifica a lo largo del tiempo, de manera horaria, diaria, estacional, anual, etc. El factor geofísico luz-oscuridad y las características físicas de nuestro planeta determinan en gran medida dicha variación, la cual es registrada por los seres vivos. La luz también sincroniza nuestros ritmos biológicos.

Los relojes biológicos.

El término de relojes biológicos comenzó a utilizarse a principios del siglo pasado, para denominar a los sistemas internos de las especies vivientes del planeta, que permiten a los organismos hacer lo que es adecuado en el momento preciso y con gran flexibilidad desde el punto de vista biológico y fisiológico. Se trata de neuromecanismos capaces de medir el tiempo y de señalar al organismo que comience o cese periódicamente su actividad.

El cuerpo contiene múltiples sistemas que funcionan de manera cíclica. La duración de los ciclos varía mucho: el corazón, cuyo ciclo se mide en segundos; el ciclo del sueño REM, que dura unos noventa minutos; el ciclo circadiano-diario; y ciclos mensuales y anuales que regulan el comportamiento reproductor. Todos ellos dependen de un reloj biológico cuya función básica es la supervivencia.

Pensemos que durante la evolución de la vida en la Tierra, la luz proveniente del Sol con la variación entre día y noche ha jugado un papel decisivo. Con el fin de librarse de esta dependencia total a la rotación ambiental es que se desarrollaron los relojes biológicos endógenos (internos) a lo largo del proceso evolutivo.

El factor ambiental más importante que influye sobre la función de los relojes biológicos es la alternancia del día y la noche, o de luz y oscuridad. Los mamíferos poseen una ruta nerviosa especial a lo largo de la cual se transmite información sobre el nivel de luz ambiental desde la retina hasta el reloj biológico, que está localizado en el área del hipotálamo. Esta ruta está separada de aquella a través de la cual se transmite información desde la retina a la corteza cerebral visual.

También existen otros factores, denominados conductuales, que actúan sobre los relojes biológicos, como la interacción social, el horario de comidas o el ritmo sueño-vigilia.

Los denominados ritmos biológicos son oscilaciones, regulares en el tiempo, de una variable biológica. Se caracterizan por una alta gama de frecuencias que van desde un ciclo por milisegundo, hasta un ciclo cada varios años.

Suele utilizarse también el término periodo para definir el número de ciclos que ocurren por unidad de tiempo. Por lo general, la frecuencia se utiliza para caracterizar ritmos más bien rápidos (como los del electroencefalograma, o electrocardiograma) y el periodo para aquellos ciclos más bien lentos (como el sueño-vigilia, o reposo-actividad).

Los ritmos biológicos circadianos

Acuñado por F. Halberg en 1959, el término ritmo circadiano describe a uno de los ritmos biológicos, y su periodo fluctúa alrededor de 24 horas. Su nombre proviene del griego *circa*=alrededor y *diano*=día; de acuerdo con **Cardinali y Golombek** son los ritmos que más atención han recibido, debido a su *'creciente importancia biomédica'*.

Podemos decir que los ritmos circadianos son la consecuencia de los cambios de actividad, en función de la hora del día, de los grandes sistemas de comunicación del organismo: el sistema endocrino y el sistema nervioso autónomo. Con relación al sistema endocrino, numerosas hormonas muestran ritmos diarios en su secreción. Entre ellas, tanto la melatonina como el cortisol tienen importancia como señales de sincronización.

La síntesis de melatonina en la glándula pineal tiene una posición central, mediando los efectos de los estímulos lumínicos a través de los ojos durante las variaciones diurnas y anuales. Se ha

detectado un marcado ritmo diario en la cantidad de melatonina secretada por los seres humanos. Mientras que el nivel es generalmente muy bajo durante el día, la secreción incrementa al caer la tarde, llega a su máximo nivel durante la noche y se disuelve al amanecer.

A diferencia de la melatonina, la secreción de cortisol por las glándulas suprarrenales fluctúa diariamente con un máximo en las horas de la mañana, disminuyendo a niveles bajos durante la tarde.

En cuanto al sistema nervioso autónomo, pueden obtenerse evidencias de su variación diaria a partir del análisis de la actividad de distintos órganos y sistemas.

Existen ritmos diarios en la presión arterial, frecuencia cardíaca, etc. La consideración de estos cambios circadianos es de gran importancia para el diagnóstico de enfermedad y para los tratamientos médicos.

El ciclo del sueño

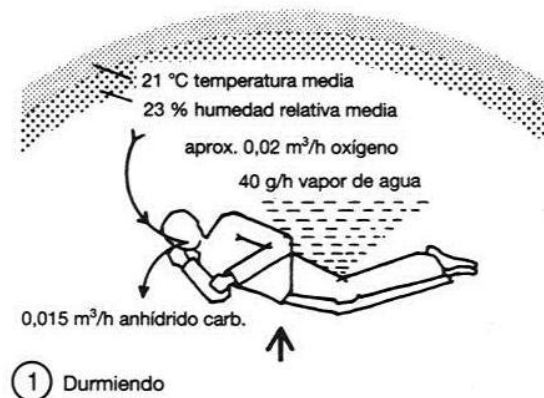
De acuerdo con la opinión de algunos especialistas, los mecanismos fisiológicos del sueño no han sido aún completamente dilucidados. Sin embargo aquí resumimos los conocimientos más actuales sobre el tema.

Desde el punto de vista circadiano, el sueño es un requerimiento básico que puede ser postergado por mucho tiempo. Aún pequeñas reducciones en el sueño normal producen caídas significativas en el rendimiento, en especial en horas la noche. Si se priva de sueño a un individuo, de forma prolongada, la carencia puede llevar a desarrollar episodios de "micro sueño", consistentes en crisis fugaces de sueño que pasan inadvertidas para el propio sujeto. Incluso se detectado en algunos casos de privación severa, la aparición de alucinaciones imágenes alteradas de la realidad.

Pero, ¿a qué se debe lo anterior?, ¿Por qué es tan importante el sueño?; ¿Qué procesos se llevan a cabo mientras dormimos?

Ahora se sabe que nuestro periodo de sueño no se compone de un único y prolongado estadio, sino de 4 diferentes estadios (además del denominado REM), cuya aparición durante la noche no es un proceso aleatorio, sino un proceso organizado y definido. Bajo los diferentes estadios, nuestro cerebro registra ondas cerebrales de diversa actividad eléctrica.

La edad es uno de los factores que modifica el ciclo del sueño a lo largo de la vida de un individuo y al parecer la duración de cada estadio a una edad muy temprana, intermedia y muy avanzada responde a diversos requerimientos por parte del sistema endocrino de los seres humanos, ya que la producción de hormonas en general, se ve afectada por la transición de una época a otra de nuestra existencia.



Se ha demostrado médicamente que un alumbrado artificial deficiente puede desincronizar la ritmicidad circadiana de las personas, reflejándose en su estado emocional, nivel de stress y capacidad de trabajo.

(*)Fuente: *La luz, confort lumínico en edificios de oficinas. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña.*

4. Luz natural y luz artificial

La luz natural y la artificial componen el ambiente lumínico de los espacios, la primera es aquella que proviene del ambiente natural, es decir del Sol; puede ser directa, reflejada por las superficies exteriores (indirecta o reflejada), o bien reflejada por el resto del cielo (difusa). La segunda es aquella que proviene de una fuente artificial, y se produce a través de una transformación de la energía ya sea por combustión o a partir de electricidad (incandescencia, luminiscencia).

Se ha propuesto que dependiendo del ambiente lumínico de un espacio, el ser humano puede:

1. Orientarse en el espacio
2. Desempeñar una tarea
3. Sentir confort visual
4. Modificar su ambiente y estado de ánimo
5. Comunicarse socialmente
6. Establecer un juicio estético
7. Experimentar seguridad
8. Tener salud y bienestar

A partir de estos parámetros, en la actualidad se plantean las pautas de diseño de iluminación natural y artificial de los espacios construidos.

Primero diremos que a través de la historia, el ambiente lumínico ha jugado un papel fundamental en



la configuración de los espacios. En la antigüedad, las personas desarrollaban sus actividades de acuerdo con la disponibilidad de luz natural y por lo tanto la ubicación de las entradas de luz (ventanas, lucernarios, claraboyas, etc.) determinaba la facilidad de percepción al interior de los edificios. Y aunque ya en esos tiempos en ausencia de luz natural se utilizaban fuentes artificiales, como las antorchas, las velas o las lámparas de aceite, sus características eran bastante limitadas en el sentido de que no permitían realizar actividades en detalle sin provocar un gran esfuerzo visual.

La paulatina incorporación de nuevos elementos generada a partir de la Revolución Industrial determinó cambios importantes en el diseño arquitectónico de los

espacios de trabajo y como causa de ello las 'nuevas' características lumínicas permitieron mejorar la percepción visual en los interiores.

Finalmente diremos que el alumbrado artificial tal como lo conocemos hoy en día ha se ha convertido en un elemento substancial para el ambiente lumínico en la arquitectura y el urbanismo.

Al igual que otros avances tecnológicos, el alumbrado artificial contribuye con una mejora en la calidad de vida y la actividad social de los sujetos. Si bien es cierto que el alumbrado ha aportado beneficios, también es verdad que en su producción y puesta en marcha nos topamos con las repercusiones que provoca sobre el medio ambiente y la biología de las personas, que según estudios recientes en lugar de disminuir, se han incrementado de manera exponencial.

La '*cultura de la luz*', que para los especialistas significa el uso de la luz siempre, en todos los lugares y con niveles cada vez mayores, resalta la cantidad sobre la calidad; la oscuridad es un valor cultural negativo y la simplicidad del uso de la luz artificial relega el uso de la iluminación natural.

Estas condiciones, tan diferentes de las originales, determinan la necesidad de revisar otra vez la cuestión de los modelos del diseño y el uso de la iluminación artificial, ya que en las condiciones



actuales nos proponemos alcanzar la percepción visual de ciertos espacios y objetos, pero no podemos detener ni los residuos, gastos de energía u otros conceptos que van más allá de fenómenos ópticos.

La luz natural y su disponibilidad, que está relacionada con fenómenos dinámicos de nuestro planeta en torno al Sol, presentan una gran variación diaria, estacional y anual. No apreciamos la misma luz al amanecer, al mediodía o al atardecer y tampoco es igual en invierno que en verano. Por lo tanto existe una gama impresionante que conjuga niveles de iluminación, tonalidades, etc.

En el caso de las fuentes artificiales de luz, las características lumínicas son distintas de las de luz natural. El espectro de radiación entre una fuente y otra difiere en el espectro de radiación emitido, índice de reproducción cromática y temperatura

de color, principalmente.

5. Ahorro energético

Se ha recalcado que la utilización del alumbrado artificial durante el día y en algunos casos la exclusión de la luz natural en los edificios ha derivado en espacios con un ambiente lumínico deficiente.

Otro aspecto que aparece en este sentido es el del gasto energético. Derivado del uso prolongado de fuentes de iluminación artificial. Pero el uso prolongado no determina solamente un gasto en lo netamente eléctrico, además implica un gasto energético importante del punto de vista de la generación de calor. El uso prolongado en espacios sin luz



natural genera un alza de la temperatura interior esa temperatura se contrarresta con otros mecanismos de expulsión de calor o de ventilación, lo que incide en un mayor consumo de energía. Si bien existen tecnologías las cuales no generan calor, y ahorran consumo eléctrico, el costo se baja pero no se piensa en la salud del usuario. No solo la salud visual sino que además trastornos visuales como el deslumbramiento y el contraste.

Es por eso que el ahorro energético si bien apunta a un mejor aprovechamiento de la energía, y de los recursos naturales, siempre está presente la variable de la salud.



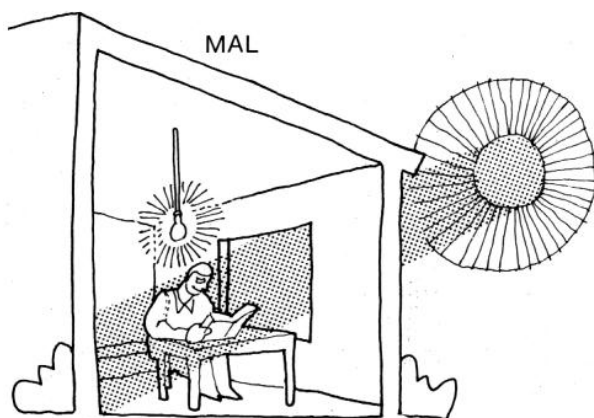
Es por eso que existen estándares de iluminación que aconsejan determinada cantidad de luz tanto natural como artificial, para determinadas tareas y usos espaciales.

Los niveles de iluminación cumplen una función útil en cuanto ayudan a cuantificar la relación iluminación-cantidad de energía consumida.

Sin embargo no siempre se cumplen con estos parámetros en el proceso de diseño, o más bien si se consideran se reemplaza por soluciones baratas pero más caras a largo plazo.

6. Aprovechamiento de la luz natural

El alumbrado natural es un recurso para la eficiencia energética en la iluminación de interiores en la medida en que permite reducir el uso de la luz artificial. Es necesario reconocer sin embargo que la luz natural representa un caudal potencial, que será aprovechado siempre y cuando el edificio cuente con los recursos necesarios y la sustitución de luz eléctrica por luz natural sea realizada, de allí la conveniencia de diferenciar entre aprovechamiento potencial y aprovechamiento real.



Este es un aspecto que el arquitecto debería tomar en cuenta a la hora de proyectar, junto con los parámetros de confort del usuario, puesto que el organismo del ser humano reacciona física, fisiológica y psicológicamente a los estímulos exteriores.

Los factores que son determinantes para el aprovechamiento de la luz natural, se pueden clasificar de la siguiente manera:

La cantidad de luz natural disponible en el sitio de emplazamiento del edificio, dependiente de

factores geográficos, climáticos, estacionales y atmosféricos.

La cantidad de luz natural que es admitida en el interior, propiedad intrínseca del edificio, dependiente de su orientación y entorno, la geometría del local, formas, dimensiones y permeabilidad luminosa de las aberturas.

*Factores determinantes del aprovechamiento **real** de la luz natural:*

Los dispositivos de control del sistema de iluminación eléctrico para permitir la remisión parcial o total de la luz eléctrica.

En el control manual, la voluntad de los usuarios respecto al ahorro de energía.

Los factores geográficos y climáticos no son modificables y las propiedades del edificio en la admisión de luz desde el exterior, lo son sólo en la etapa de diseño. Resulta así que, en un edificio construido, el único elemento disponible para las estrategias de aprovechamiento de la luz natural es un adecuado método de control de la iluminación. Si es que no se diseñó adecuadamente.

Elementos que permiten aprovechar la luz natural (estrategias de iluminación)

En el análisis arquitectónico, podemos distinguir: los espacios iluminados, los elementos que permiten el pasaje de la luz y los sistemas de control de luz.

- Los espacios iluminados pueden ser espacios de transición como galerías, porches, logias, etc. O espacios interiores iluminados como patios, atrios.
- Los elementos que permiten el paso de luz son de tipo lateral (ventana, muro cortina, muro transparente), o cenital (claraboya, cielo transparente, pozos de luz), o bien global (cenital y lateral).
- Los sistemas de control de luz dependen de la calidad de los materiales (vitrales, ladrillos de vidrio, vidrio traslúcido o bien opaco, protecciones solares, claustros, etc.).

La estrategia de iluminación natural se enfoca en captar la luz natural, hacerla penetrar y repartirla homogéneamente y focalizarla. También debe controlar el exceso de luz para calificar el ambiente.

- El color y la calidad de las superficies de las paredes intervienen en la reflexión de la luz y los sonidos e influyen la temperatura superficial de las paredes, aumentando o entorpeciendo la acumulación de calor. La calidad y la distribución de la luz y sonidos dependen en gran medida de la reflexión de las paredes.

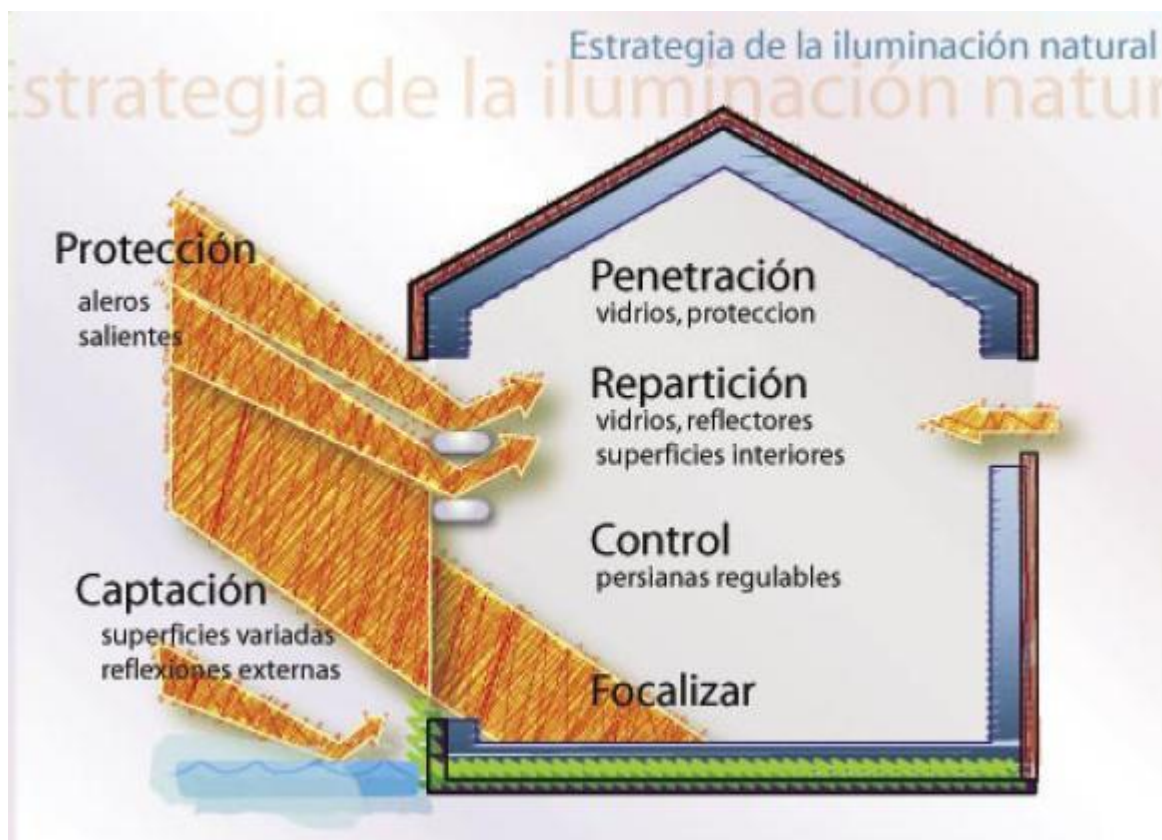
Objetivos de los elementos ()*

- **PENETRAR:** La penetración de la luz al edificio produce efectos muy variados dependiendo de las condiciones externas (tipo de cielo, fenómenos atmosféricos, estación, hora del día y lo despejado que esté el sitio), pero también en función del emplazamiento, la orientación, la inclinación, el tamaño y el tipo de vidrios. La iluminación lateral provee una luz dirigida que resalta el relieve, pero limita la profundidad, contrariamente a la iluminación cenital que es más uniforme pero sólo posible en el último piso.

- **REPARTIR:** La luz se refleja mejor en el conjunto de superficies internas mientras menos obstáculos encuentre, debidos a la geometría del local o al mobiliario. Y que los revestimientos de la superficie sean mates y claros. También puede difundirse según el tipo de vidrios utilizados (traslúcido) o por sistemas de reflectantes que permitan a la luz alcanzar el fondo del local.

- **PROTEGER Y CONTROLAR:** La penetración excesiva de luz natural puede ser causa de molestia visual (encandilamiento o fatiga). Puede controlarse con elementos arquitectónicos fijos (voladizos, bandas luminosas, aleros), asociados o no a pantallas regulables (persianas, postigos, marquesinas).

- **FOCALIZAR:** A veces se necesita focalizar la luz para enfatizar un espacio o bien un objeto particular. La iluminación cenital o lateral alta, crea un contraste luminoso importante con la iluminación ambiental, menos potente. Un atrio al centro de un edificio permite a la luz de día penetrar mejor el edificio y crea un espacio de circulación y de reposo.



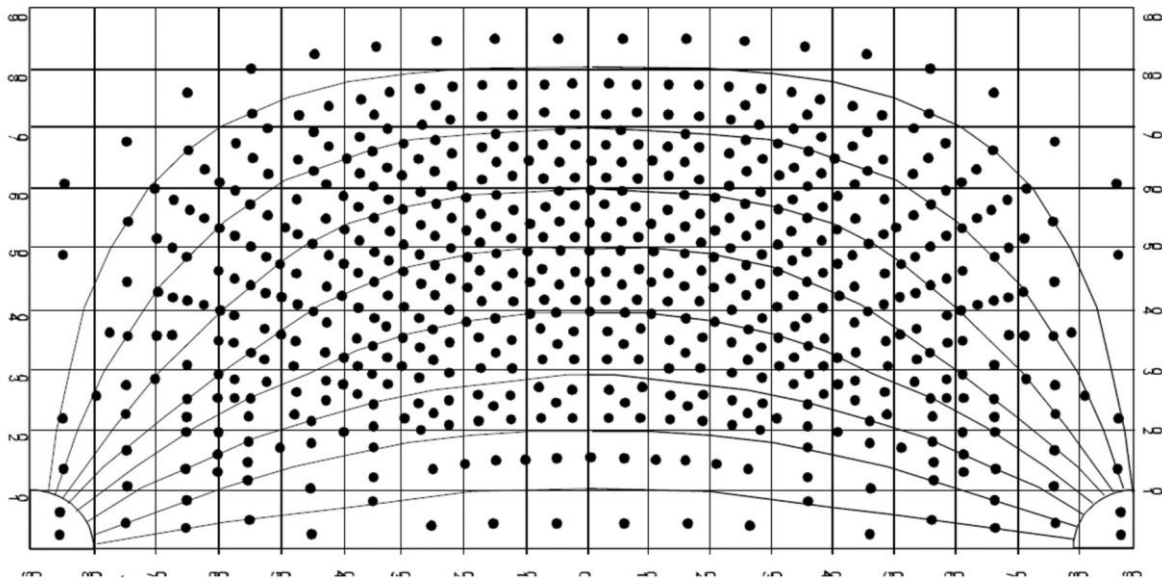
(*)Fuente: GUIA DE ARQUITECTURA BIOCLIMATICA. INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL
FUNDACION PRINCIPE CLAUS PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO

TABLAS DE NIVELES DE ILUMINACION

	mínimo(lx)	ideal(lx)
HABITACIONES-ESPARCIMIENTOS-DEPORTES		
vestíbulos, corredores, salidas, ascensores	50	70
escaleras	100	150
vestuarios y lavabos	50	100
HABITACIONES		
cuartos de baños	50	100
dormitorios	50	75
cocinas	100	200
cuartos de niños	70	200
habitación común	70	200
cuarto de lectura	150	
taller pequeño	150	300
SALAS DE ESPECTACULOS		
vestíbulo	100	
anfiteatro	100	200
salas de cine	100	200
CULTURA FISICA Y DEPORTES		
gimnasio	100	300
tenis cubierto	300	500
handball	300	500
básquetbol	300	500
tenis de mesa	200	400
fútbol	250	500
piscinas	100	
box	1500	3000
OFICINAS Y ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS		
oficinas en general	300	600
despachos privados	250	
iglesias	100	
bibliotecas	300	500
museos y galerías	250	400

salas de reunión	200	500
salas de clases	200	500
salas de dibujos	300	500
ALMACENES-TIENDAS-HOTELES-RESTAURANTES		
alumbrado general	300	500
vitricas	750	1000
cocinas	100	200
dormitorios	200	400
comedores	100	300
LOCALES INDUSTRIALES		
salas de caldera	100	
oficinas de dibujo	700	1000
almacenes	50	200
talleres de corte	300	500
talleres de confección	300	500
talleres de química	200	500

Hipótesis general
Objetivo general
Objetivos particulares
Metodología de trabajo
Desarrollo y casos



Hipótesis general de trabajo

La edificación en el proceso de diseño arquitectónico actual, muchas veces no considera **el comportamiento lumínico natural interior a partir de la calidad de luz que entra a través de la envolvente**, afectando directamente el confort lumínico interior, el cual incide en el desempeño de las actividades que allí se realizan, resultando espacios a veces inadecuados para dichas actividades y malas soluciones posteriores que incurren en un mayor consumo.

Objetivo general

Ya que se pretende rescatar el uso de la iluminación natural, o más bien rescatar el confort lumínico al interior, sumada además la carencia de normativas acerca del tema en nuestro país, se plantea contribuir en buscar soluciones de las actuales condiciones de iluminación y su distribución al interior, y plantear alternativas o mejoras a la iluminación natural interior.

Comprobar las condiciones lumínicas al interior de las salas de clases de la facultad de arquitectura

¿Por qué las salas de clases?

Uno de las principales condiciones, cuando se diseña un espacio es el uso que se le dará a este, y el tiempo que permanecerá en uso. En varias ocasiones esta última condición no se toma en cuenta tomando solamente la condición de uso de dicho espacio. Pero la variable tiempo es importante pues es esta la que me indica la periodicidad del uso de este espacio, el cual debe verse reflejado en el diseño del espacio. En el caso de las salas de la facultad de arquitectura las cuales se encuentran en torno al patio principal de la facultad, la carga de uso de las salas es altísima, recordemos que este año se sumaron dos nuevas carreras (ingeniería civil y teatro), a las cinco que ya existían (arquitectura, construcción, diseño diurno y vespertino y gestión turística cultural). Por tanto las salas están en uso prácticamente a lo largo de todo el día continuando en la tarde noche. La carga de ocupación por tanto ha subido el último año y el tiempo de uso de las salas. Si uno revisa el diseño de las salas se notará que no son de un diseño muy estudiado, es más son casi todas iguales y con los mismos tamaños de ventanas, algunas poseen paredes de bloques, es más el conjunto completo no está debidamente orientado, solo cambia el destino que se les dio, algunas son utilizadas para asignaturas teóricas y otras para asignaturas de taller. El diseño obviamente no considero el destino de cada sala, solo las salas como tales, el espacio geométrico. Y menos la capacidad de ocupación, lo que implicaba el tiempo de uso de estas salas.

El tema de la orientación no deja de ser importante pues es este el que se toca con el tema de este seminario. La mala orientación tanto del edificio como la ubicación y forma de las ventanas determinan que se requiera utilizar iluminación artificial para la mayoría de ellas a lo largo del día. El tiempo de uso significa que las luces de las salas permanecen más tiempo encendidas y por tanto se aumenta el gasto energético. A partir de lo anteriormente descrito se podría pensar que las salas no cumplen con los requisitos mínimos de iluminación, quizás sí pero solo en el caso de la iluminación artificial.

Objetivos específicos

- 1-Analizar la calidad de la iluminación al interior de los espacios educativos (salas de clases) tanto la iluminación natural como la artificial.
- 2-Determinar cuantitativamente el confort lumínico interior de las salas en cuanto a niveles de iluminancia.
- 3-Validar instrumentos y modelos matemáticos de evaluación de la cantidad y calidad de luz natural en espacios interiores.
- 4-Determinar de que manera inciden las obstrucciones exteriores en la calidad de la iluminación interior.
- 5-Determinar de que manera incide en la iluminación interior la orientación de los vanos abiertos al exterior.

Hipótesis de trabajo

1-Hipótesis

La iluminación natural dentro de las salas de clases no es la adecuada para las tareas que se exigen. es por eso que se necesita compensarla con luz artificial durante el día.

2-Hipótesis

Las mediciones que se realicen con el luxómetro deben a lo menos aproximarse a las que se realicen aplicando el modelo matemático del FLD posteriormente.

3-Hipótesis

La cubierta del patio de tablas impide que las salas ubicadas más hacia el sur reciban mejor iluminación.

4-Hipótesis

Las obstrucciones exteriores impiden el ingreso de luz natural al interior de las salas.

5-Hipótesis

La orientación de entradas de luz a las salas de clases no es adecuada para que ingrese suficiente luz natural.

Metodología de trabajo.**1-Hipótesis**

La iluminación natural dentro de las salas de clases no es la adecuada para las tareas que se exigen. es por eso que se necesita compensarla con luz artificial durante el día.

metodologia

- se determinara un grupo de salas de iguales características, (dimensiones, aberturas, orientación, altura, forma, ubicación, colores interiores, etc.), con el fin de definir los diferentes casos a estudiar.
- se seleccionaran puntos dentro de las salas en donde se realizaran las mediciones, puntos los cuales coincidirán en todas las salas.
- se realizaran las mediciones tomando un plano de trabajo a 1 mt de altura, y a 2 mts de las ventanas orientadas al norte. Conformando una cuadrícula en que los puntos se distancian a 2 mts uno de otro.
- Esogidos los puntos, se haran las mediciones en cada uno de ellos.
- Las mediciones de realizaran con luz natural y luz artificial.
- Los resultados se mostraran en plantas, en las cuales se indicaran los niveles recogidos en cada punto.
- Los resultados se compararan con los niveles exigidos de las tablas de iluminación de este seminario.

2-Hipótesis

El uso de un modelo matematico como el FLD, es proximo a los resultados con el luxometro.

Metodologia

- Se escogera una sala con las carateristicas similares a las anteriores.(dimensiones, aberturas, etc.) Cuidando que ésta este orientada hacia el norte y que no presente obstrucciones exteriores que impidan la penetración de luz natural.
- Se ralizaran las mediciones considerando el plano de trabajo a 1 mt de altura, y a 2 mts de la ventana mas cercana.
- Se escogeran puntos dentro de la sala los cuales permitan abarcar todo el interior de la sala, tomando como referencia los primeros 2 mts. Conformando una cuadrícula en que los puntos se distancian a 2 mts uno de otro.
- Se medira con el luxometro en cada punto.
- Las mediciones se realizaran solo con luz natural.

- Posteriormente se dibujara en planta y en corte la sala, se escogea un punto significativo a 2 mts de las aberturas. Luego se trazaran lineas desde el punto hasta los limites laterales de las aberturas, en planta, y los limites verticales en corte.
- Se miden los angulos obtenidos.
- Utilizando la grafica del FLD, y las tablas de apoyo, se calcula:
- La componente directa, la componente de reflexion externa, y la interna. Y el % de factor luz dia en el punto escogido.
- Utilizando las formulas del FLD, se calcula la iluminacia en el punto escogido en luxes.
- Se comparan los dos resultados en el mismo punto.

3-Hipótesis

La cubierta del patio de tablas impide que las salas ubicadas mas hacia el sur reciban mejor iluminacion.

- Se medira la cantidad de iluminacion natural en el patio o en los pasillos cercanos las salas de clases.
- Posteriormente se escogeran 2 salas, una la cual este afectada por la cubierta del patio, y otra la cual quede fuera de la influencia de ésta.
- Se consideraran características similares a ambas salas (aberturas, altura, forma, colores interiores, etc.).
- Se evaluarán ambas salas considerando el plano de trabajo a 1 mt de altura. Conformando una cuadrícula en que los puntos se distancian a 2 mts uno de otro.
- Las mediciones se realizaran solo con luz natural.

Hechas las mediciones, se procederá a comparar los resultados

4-Hipótesis

Las obstrucciones exteriores impiden el ingreso de luz natural al interior de las salas.

- Se escogerán dos salas, de iguales características (aberturas, orientación, altura, forma, ubicación, colores interiores, etc.). Cuidando que una presente obstrucciones, y la otra no.
- Se medirán tomando como referencia el plano de trabajo a 1 mt de altura. Y a 2 mts. de las aberturas. Conformando una cuadrícula en que los puntos se distancian a 2 mts uno de otro.
- Las mediciones se realizaran utilizando un Luxómetro.
- Realizadas las mediciones se registrara mediante fotos o croquis las obstrucciones exteriores que presenten o no las salas escogidas.
- Utilizando cortes, se mostrara la relación de las salas con el exterior, y en planta los resultados de las mediciones.
- Se contrastaran ambos casos con los resultados obtenidos de las mediciones.
- Se utilizara también el método del FLD.

5-Hipótesis

La orientacion de entradas de luz y los tamaños de estas, no es adecuada para que ingrese suficiente luz natural.

- Se escogera 1 sala, la cual se crea es la que mejor iluminación recibe. Con características interiores iguales a las anteriores (color, aberturas, orientación, etc.), y ojala con las minimas obstrucciones exteriores.
- Se tomara las medida de los vanos principales y que proveen de mayor luz natural a la sala, los que esten orientados al norte.
- Se realizaran mediciones, con un luxometro.
- Las mediciones se realizaran considerando el plano de trabajo a 1 mt de altura. Y a una distancia de 2 mts a partir de la abertura. Conformando una cuadrícula en que los puntos se distancian a 2 mts uno de otro.
- Las mediciones se realizaran solo con luz natural.
- Obtenidos los datos, se procedera a utilizar un software de simulacion, de acuerdo a las medidas de las ventanas, se conocera como penetra la luz en distintas epocas de año.
- Con el mismo se reemplazaran las medidas de las ventanas para saber cual es mejor.
- Se compararan los datos obtenidos, de manera de cual es el mejor.

Desarrollo

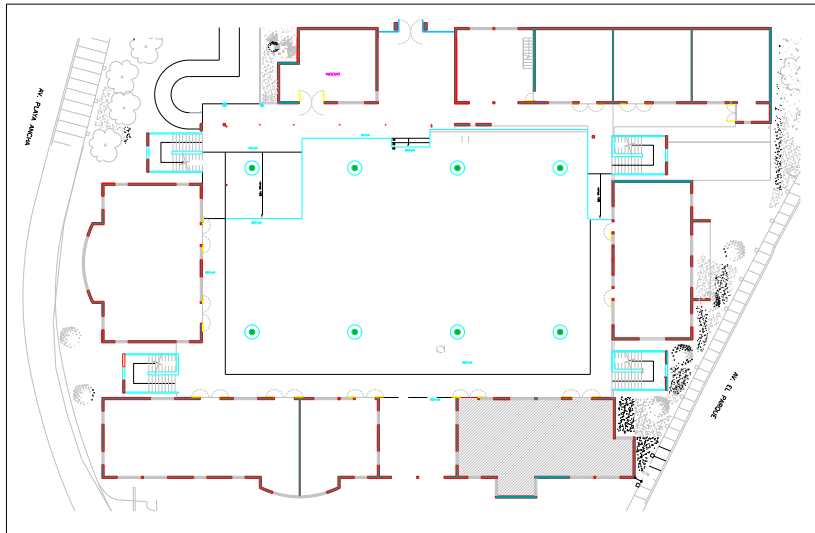
1-Hipótesis

La iluminación natural dentro de las salas de clases no es la adecuada para las tareas que se exigen. es por eso que se necesita compensarla con luz artificial durante el día.

De acuerdo a la metodología se han escogido dos salas las que aparezcan a la vista bien iluminadas para comprobar la hipotesis. Las escogidas son la 109 y la 308.

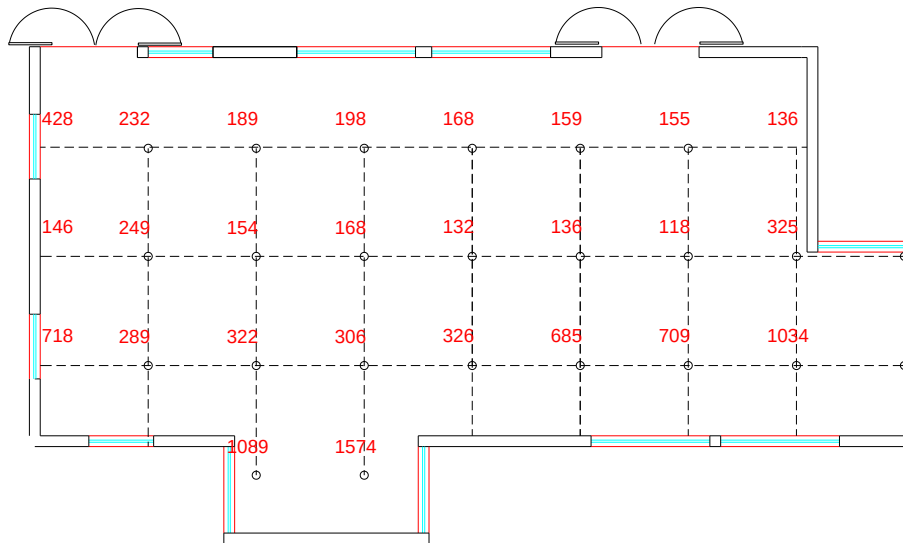
Estas se ubican en el sector sur del grupo de salas.

Las mediciones se realizaron un día de cielo despejado, entre las 11.45 am y las 12.10 pm



Las mediciones con luz natural arrojaron los siguientes resultados:

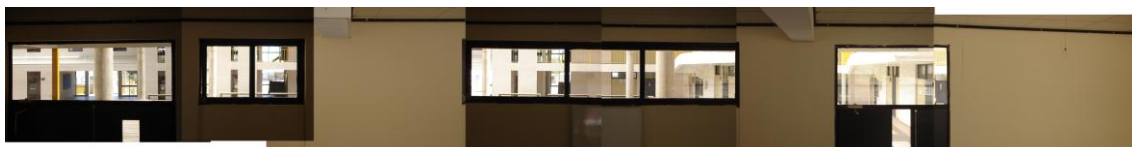
Sala 109

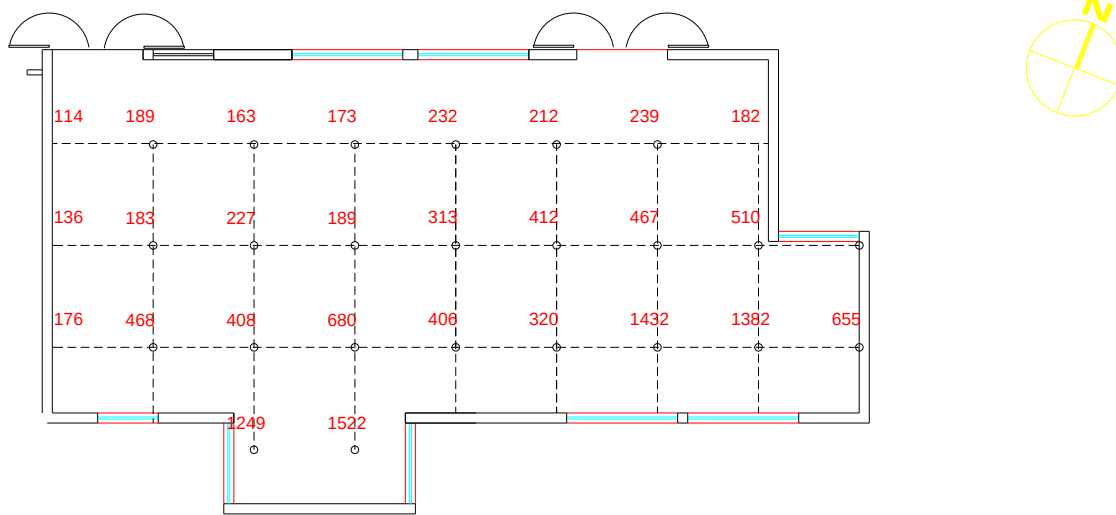
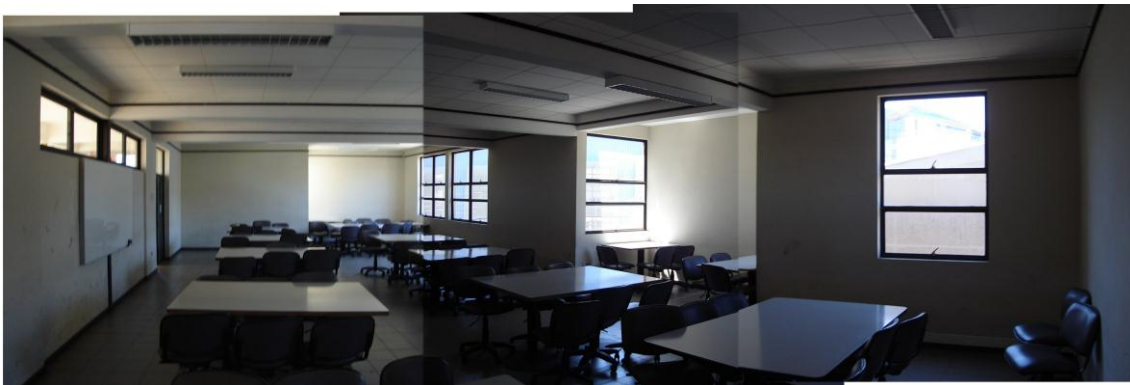


SALA 109



Se aprecia que los puntos mas iluminados son los cercanos las ventanas posteriores, la luz penetra de forma indirecta y por reflexion.



Sala 308**SALA 308**

Las mediciones indican disparidad en los niveles de iluminación natural. Y en algunos sectores insuficiencia de iluminación natural. Las fotografías además muestran lo oscuras de algunas zonas de las salas.

Sin embargo al encender las lámparas los niveles de iluminación suben hasta en un 130% en algunos puntos. Los puntos más iluminados, aquellos que se encuentran más cercanos a las ventanas, prácticamente no varían, su nivel de iluminación. Es así que además la disparidad de iluminación se mantiene aun con las luces encendidas, solo aumentan los niveles de iluminación en los puntos.

Tal como se observa en la tabla a continuación.

sala 109				
	solo luz natural(lx)	luz natural y artificial(lx)	variación(lx)	(%)
p1	428	620	192	45
p2	232	325	93	40
p3	189	294	105	55,5
p4	198	282	84	42
p5	168	387	219	130
p6	159	223	64	40
p7	155	214	59	66
p8	136	253	90	66
p9	146	268	122	83
p10	249	312	63	25
p11	325	561	236	72,6
p12	718	873	155	21
p13	289	402	133	46
p14	322	511	189	58,6
p15	306	495	189	61,7
p16	326	518	192	59
p17	685	742	57	8,3
p18	709	905	196	27,6
p19	1034	s/m	s/m	
p20	1089	s/m	s/m	
p21	1974	s/m	s/m	

Ahora si comparamos los niveles de iluminacion obtenidos con los niveles recomendados para salas de clases, en este caso al salas de taller de diseño, se tomaran los niveles maximos asi para trabajos finos y que requieran de mayor detalle y precision.

salas de clases

salas de dibujos

Segun tablas de iluminacion.

mínimo(lx)	ideal(lx)
200	500
300	500

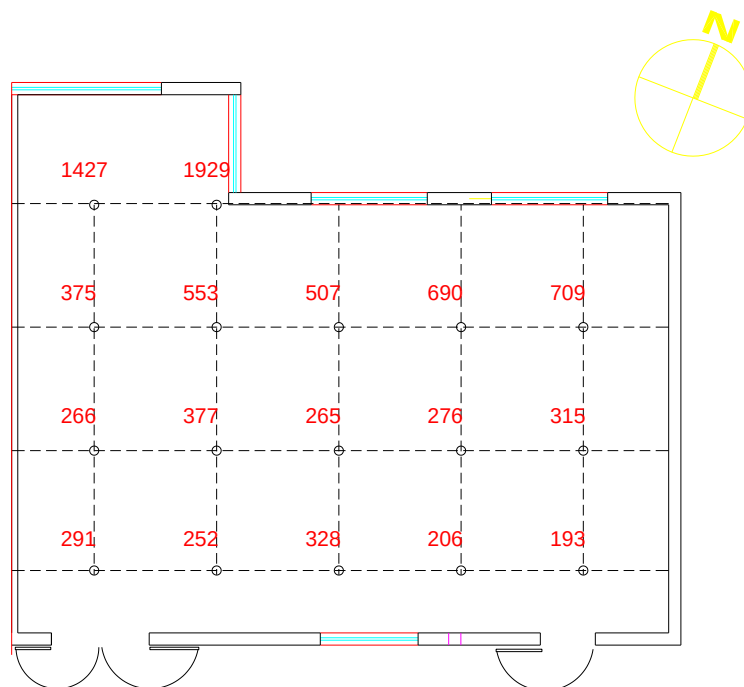
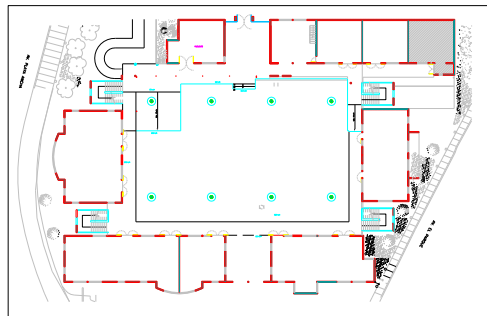
Conclusion parcial

En ambos casos los maximos obtenidos se acercan e incluso sobrepasan los minimos exigidos, con la incorporacion de la luz artificial se sobrepasan ampliamente los minimos exigidos en algunos sectores de la sala, sin embargo pocos alcanzan el maximo requerido, y continua la disparidad de iluminacion, esto significa un mal diseño tanto de la iluminacion natural para la sala, asi como el diseño de las lamparas, la compensacion con luz artificial no alcanza a llenar la necesidad de al menos equilibrar la iluminacion interior.

2-Hipótesis

El uso de un modelo matemático como el FLD, es próximo a los resultados con el luxómetro.

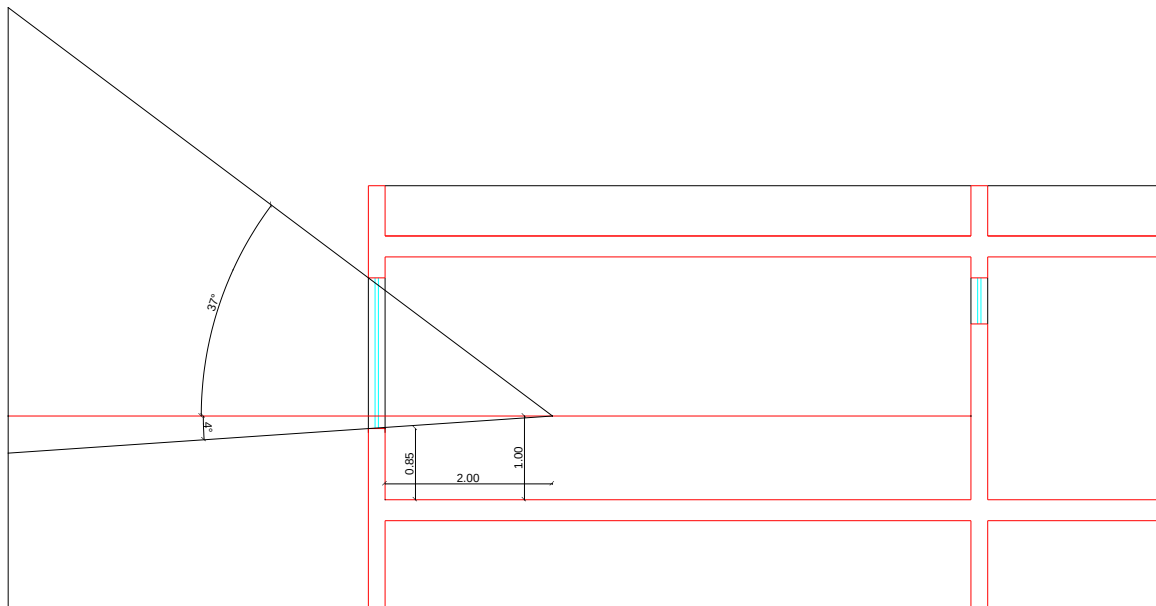
Se escogió la sala 403, la que por su ubicación no presenta obstrucciones importantes. Las mediciones se realizaron un día casi despejado, entre las 13 y las 13.20 hrs.



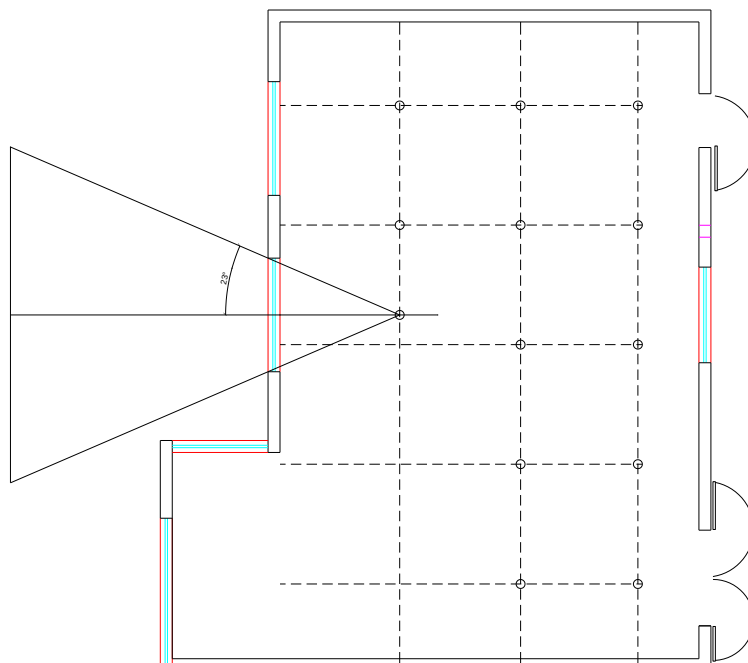
SALA 403

Los resultados obtenidos son los siguientes:

De antemano se podría decir que los resultados obtenidos son satisfactorios para las necesidades requeridas. Se escogió un punto cercano a la ventana, en este caso el que registro **507 luxes**.



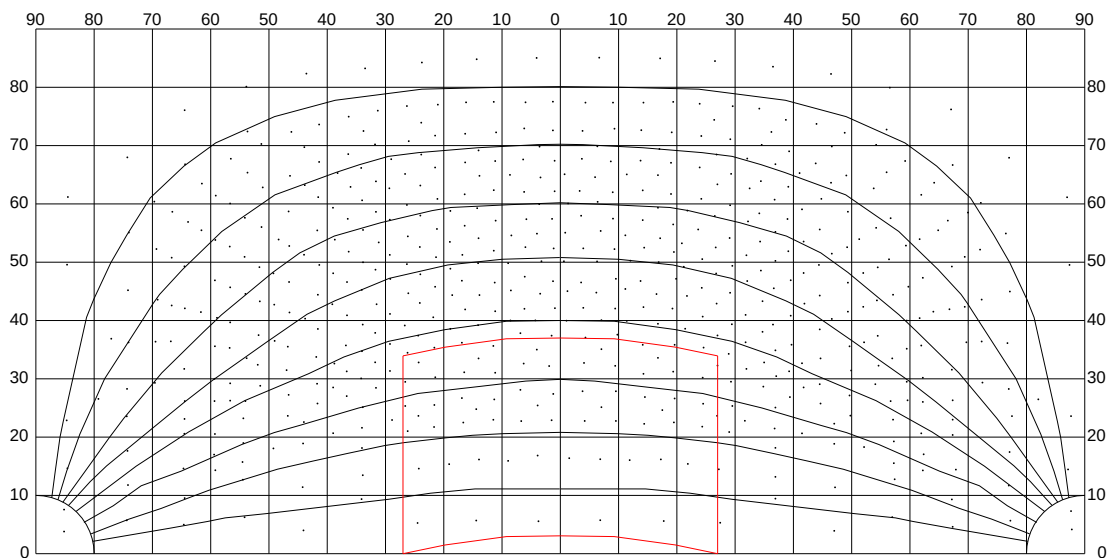
En corte.



En planta.

Ahora los datos se llevan al grafico de FLD, y se obtienen las diferentes componentes.

Componente directo.

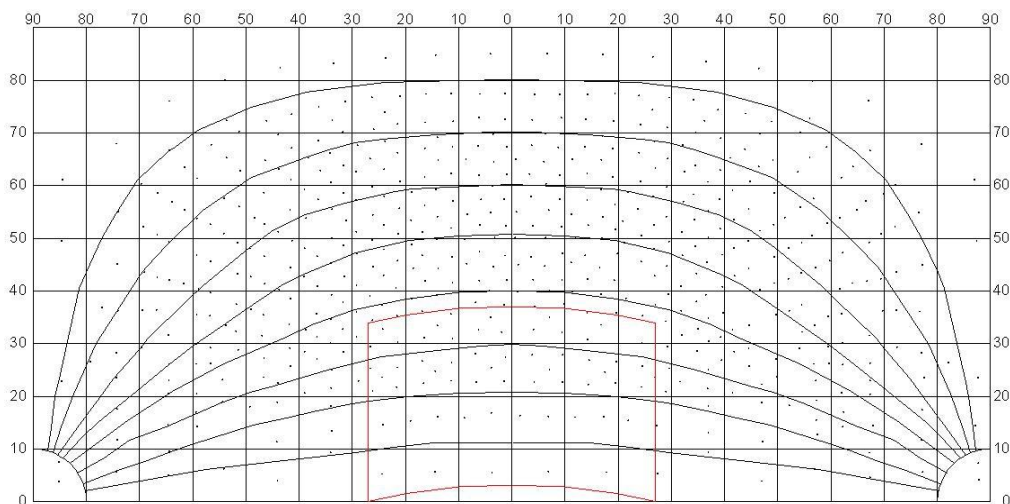


Se obtienen aproximadamente, 59 puntos, dentro de la zona de la ventana,

$$59 \times 0.05 = 2.95\%$$

Componente de Reflejo Externo.

Al no existir obstrucciones exteriores el grafico es el mismo, cambian solo los factores.



Por tanto los mismos 59 puntos, aprox.

$$59 \times 0.05 \times 0.2 = 0.59 \%$$

Componente de Reflexión Interna

El coeficiente de reflexión Interna depende de los siguientes factores: cociente entre el área de abertura y la superficie de la habitación, factor de reflexión del piso y factor de reflexión promedio de las paredes.

Por lo tanto:

Color crema de las paredes: **60 %**

Factor de reflexión del piso: **40%**

Relación abertura/piso: 1/20, por lo tanto 5 %, con lo que obtenemos un **CRI del 0.3**

Con *tamaño de la habitación* y el *Frparedes* se obtiene el *Factor de corrección de habitación*.

Con lo que se obtiene:

1. TAMAÑO DE HABITACIÓN:

7.0 x 7.0 aprox. **1.25**

2. FACTOR DE REFLEXIÓN DEL CIELORRASO:

60% Pintura crema o yeso solamente **0.9**

3. COEFICIENTE DE REFLEXIÓN:

Mínimo **1.0**

4. OBSTRUCCIÓN EXTERNA: ÁNGULO DESDE EL HORIZONTE EN EL ANTEPECHO

Para 0° **1.18**

5. FACTOR DE MANTENIMIENTO.

Superficies viejas (mantenimiento regular) **0.9**

Teniendo estos datos y los anteriores se obtiene el CRI final:

$$0.6 \times 0.4 \times 0.3 \times 1.25 \times 0.9 \times 1.0 \times 1.18 \times 0.9 = \mathbf{0.08}$$

Obtenido el CRI calculamos el **FLD**.

CC + CRE + CRI

$2.95 + 0.59 + 0.08 = \mathbf{3.62}$, a eso le aplicamos *factor de corrección vidrio*, y *factor de corrección mantenimiento*.

La formula queda: $3.62 \times 1.00 \times 0.9 = \mathbf{3.26 \%}$

Ahora calculamos los luxes en es punto y comprobamos si el método es cercano a la medición.

Para eso utilizamos la siguiente formula:

$$Fd_p = \frac{E_p}{E_e} \times 100 (\%)$$

Siendo: Fd_p factor de luz de día en el punto P (en porcentaje)

E_p iluminación en el punto P (en lx)

E_e iluminación producida por toda la bóveda celeste en un punto de un plano horizontal libre de obstrucciones (en lx)

La formula considera un día un cubierto, tomando en cuenta que en un día cubierto, la iluminancia media es aproximadamente, 20000 lx. Entonces la formula queda de la siguiente manera:

$$3.26 = \frac{E_p}{20000} \times 100$$

Lo que da como resultado para el punto p, **625 lx**

Conclusión parcial

Según nuestro cálculo con el Luxómetro el punto escogido arrojaba una cantidad de 507 lx, y según el método matemático este estaría recibiendo aproximadamente 625 lx, ósea existe una diferencia de 118 lx, si se ve a primera vista es demasiada diferencia, pero tomemos en cuenta que la medición con el Luxómetro fue realizada, apenas pasado el mediodía, el día estaba despejado y la sala recibía buena iluminación además no presentaba obstrucciones exteriores, la otra esta basada en un modelo de aproximación, el cual tiene por objetivo, entregar una idea del actual estado del recinto en cuestión, tomando variables reales como las del cielo cubierto en el caso mas desfavorable. Consideremos además que la sala presenta otras entradas de luz que no se han considerado en la medida de simplificar el ejercicio matemático, restándole exactitud al mismo. A pesar de eso la experiencia es positiva y me atrevería a decir que es posible aproximarla aun mas a las mediciones obtenidas con un Luxómetro.

3-Hipótesis

La cubierta del patio de tablas impide que las salas ubicadas mas hacia el sur reciban mejor iluminacion.



La iluminación obtenida en el patio arroja el siguiente resultado: 18710 lx

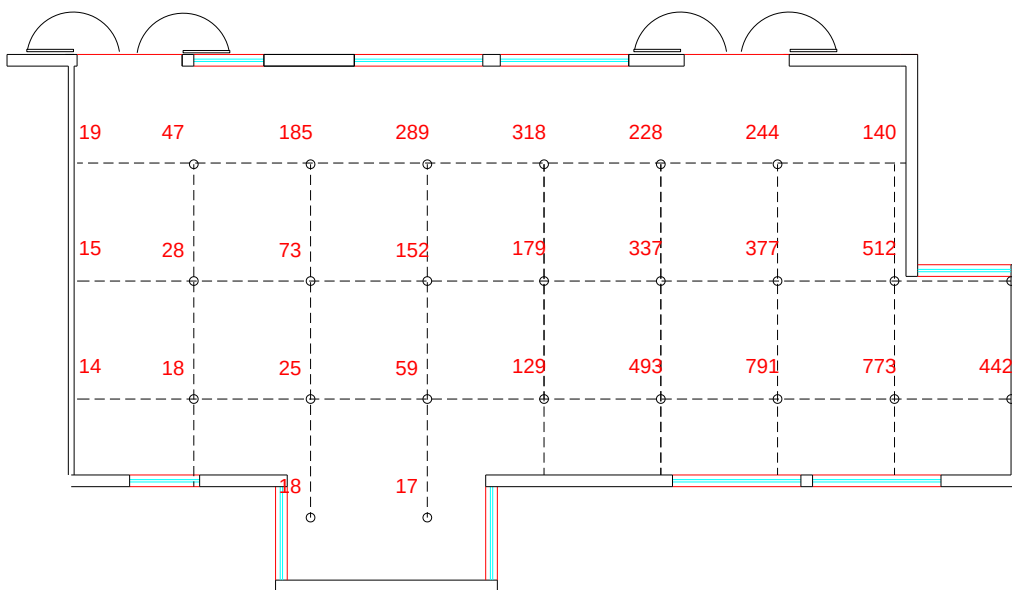
En el pasillo del 4º piso, que se supone debiese ser el mejor iluminado habian 1982 lx.

La diferencia es demasiada (casi 10000 lx), podemos pensar en un error en la medición, o el rango de ajuste del Luxómetro estaba mal utilizado, pero tomemos en cuenta, que la superficie que me entrega luz natural en el patio es mucho mayor a la que entrega el pasillo independiente del material por que esta pasando la luz.

Escogimos una sala cercana tanto a la luz del pasillo como la del patio. Los resultados fueron:



Sala 410



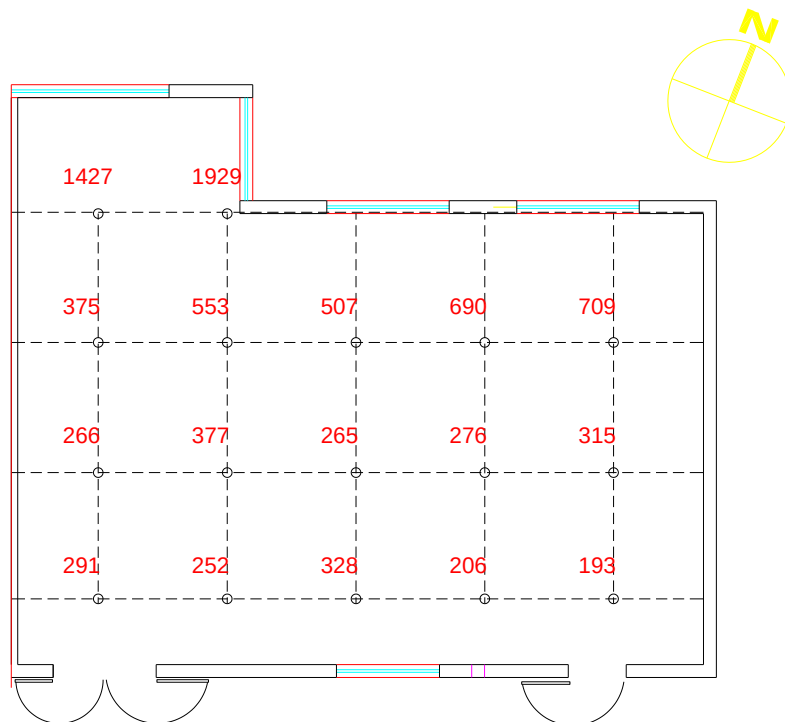
SALA 410

Para mi sorpresa la sala contaba con obstrucciones en las ventanas hacia el sur lo que impedía que penetrara mayor luz de manera indirecta.



Solo con el complemento de las lámparas se logra obtener una mejor iluminación en el interior.

El otro caso es la sala 403, que ya revisamos en un ejercicio anterior.



SALA 403

Los niveles obviamente son mucho más aceptables, consideremos que esta sala se abre hacia el norte y no posee obstrucciones importantes en el exterior.

Si consideramos los niveles más bajos de cada sala, **15 lx** en la 410 y **193 lx** en la 403, es obvio que hay una diferencia notoria. Esto conlleva a que en la sala 410 permanezcan las lámparas encendidas mas tiempo, es decir prácticamente todo el día, o toda la jornada en esa sala.

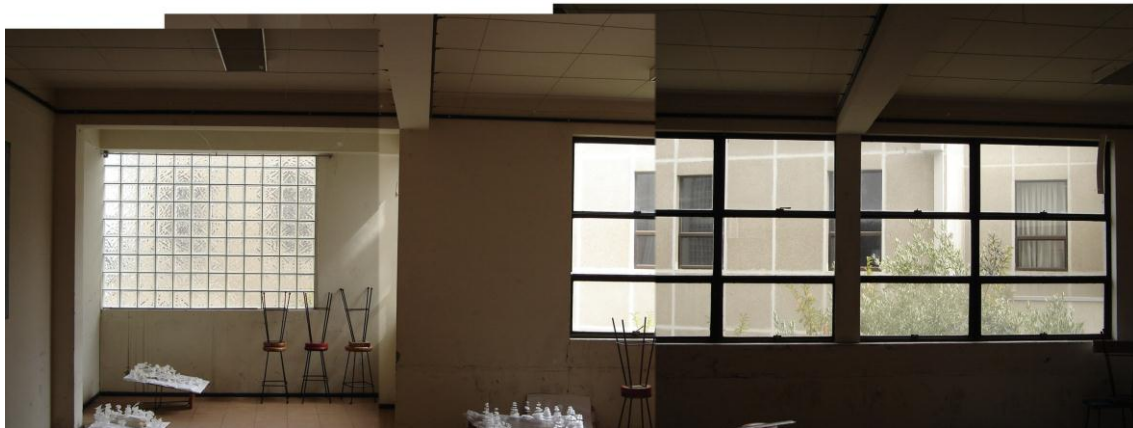
Conclusión parcial.

Es evidente que las salas poseen una disparidad de criterios lumínicos, puesto que todas fueron pensadas iguales y no para las reales actividades que allí se iban a realizar. En este caso puntual la medición solo permite corroborar que las salas afectadas por el patio disminuyen el nivel de iluminación interior. Y permite asegurar que en la sala 410 se necesita de iluminación artificial casi durante casi todo el día, sin importar la condición exterior (despejada, parcial o nublada), esto conlleva a que en esa sala así como en otras afectas a la cubierta, se consuma más energía durante el día que en todo el total de salas que rodean el patio.

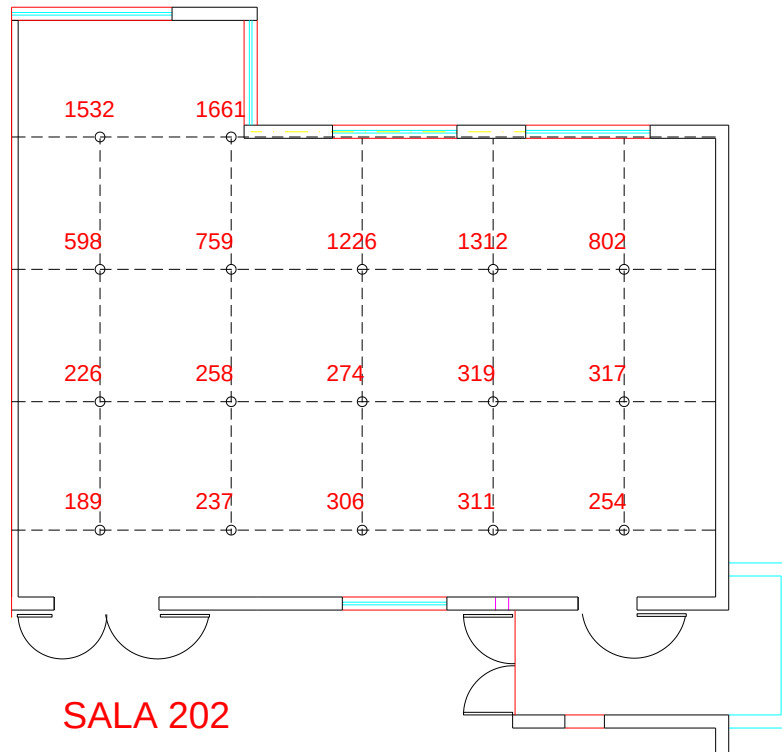
4-Hipótesis

Las obstrucciones exteriores impiden el ingreso de luz natural al interior de las salas.

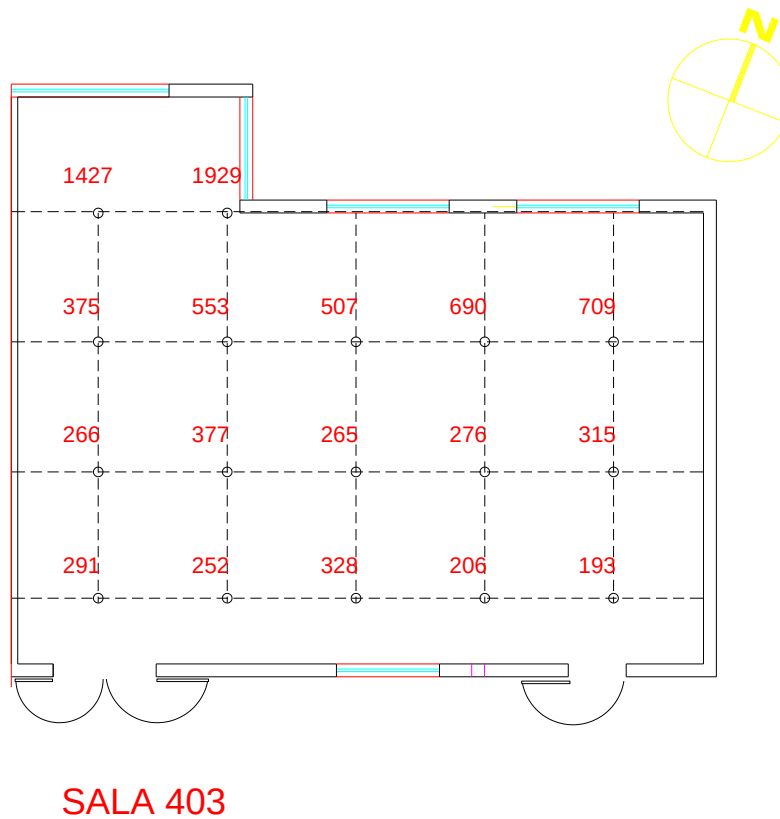
Se escogieron las salas 403 y 202 de acuerdo a lo especificado en la metodología.



La sala 202 presenta obstrucciones casi totales, vegetacion, y un edificio al que miran las ventanas. A pesar de esto se obtuvieron los siguientes resultados:



Se obtuvieron niveles aceptables de iluminacion a pesar de las obstrucciones.
En el otro caso en la sala 403 se obtuvieron:

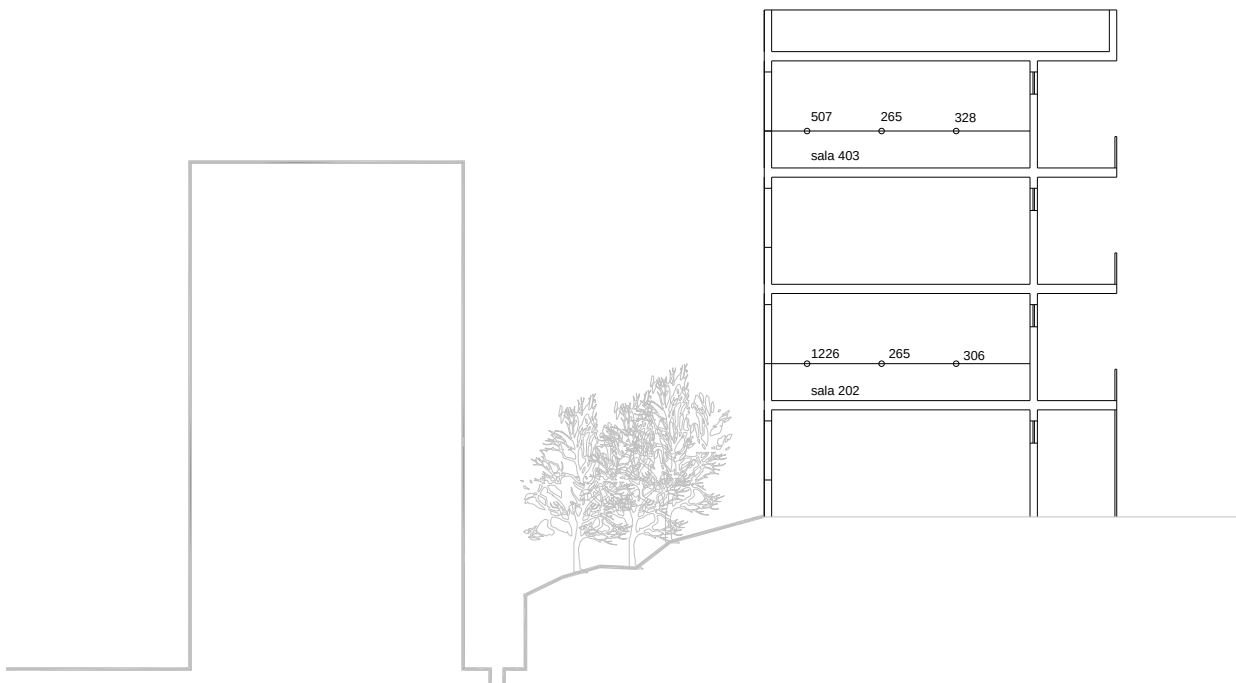


Esta sala casi no presenta obstrucciones y los niveles en algunos puntos fueron menores que en la otra sala.



Se aprecia casi por completo el cielo que envía luz a la sala.

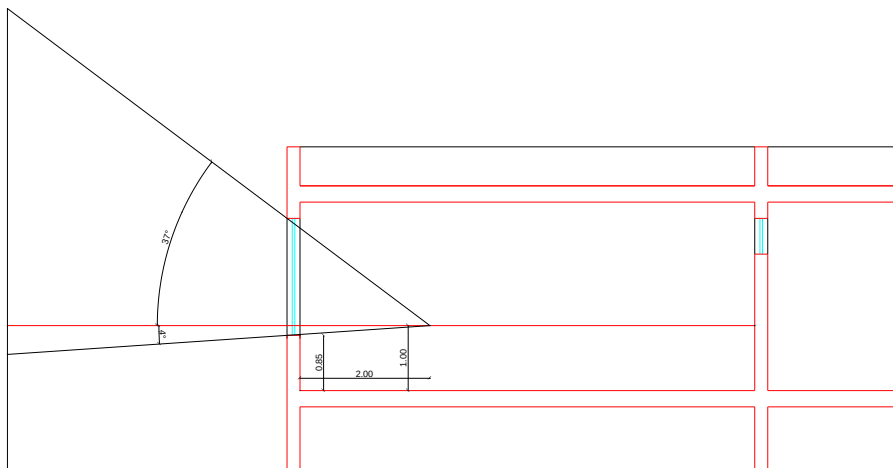
Nos encontramos con la siguiente situación:



Una sala se encuentra casi por completo afectada, la otra no.



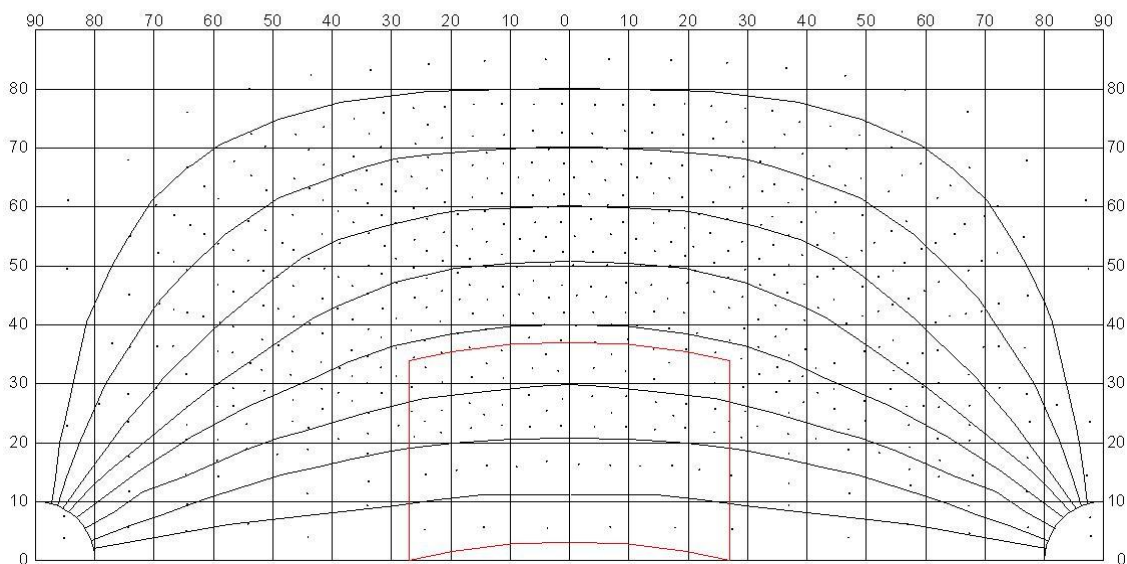
Para saber cuanto afectan las obstrucciones a la otra sala utilizaremos el metodo del FLD.



La situación es parecida a un cálculo anterior, salvo por el hecho de que la obstrucción cubre todo el frente de ventana.

Calculo CD.

Es 0 puesto que la obstrucción cubre toda la ventana.



Calculo de **CRE**.

Factor de reflexión de paredes: Revoque medio rugoso 20%

59 puntos $\times 0.2 \times 0.2 =$ **2.36 %**

Calculo de **CRI**

Factor de reflexión interna: 0.6

Factor de reflexión del piso: 0.4

Relación apertura / superficie: 1/20, 5 %, con lo que obtenemos un CRI inicial de **0.3 %**

Ahora con los factores de corrección:

Factor corrección interna: **1.25**

Factor corrección cielo raso: **1.1**

Coefficiente de reflexión: **1.0**

Coefficiente obstrucción externa: **1.18**

Factor de mantenimiento: **0.9**

Obstrucción externa: **1.18**

Obtenemos como resultado un CRI final DE: **0.5 %**

Calculo de **FLD**.

$$CC + CRE + CRI + \text{factor de corrección vidrio} + \text{factor de corrección mantenimiento}$$

$$0 + 2.36 + 0.5 + 1.00 + 0.9 = 4.76 \%$$

$$Fd_p = \frac{E_p}{E_e} \times 100 (\%)$$

Al utilizar esta formula sabremos si medición esta correcta

$$4.76 = \frac{x}{20000} \times 100$$

el resultado obtenido es de **952 lx**, y de acuerdo a la medición en ese punto fue de **1226 lx**, por tanto el método se acerco bastante una vez mas.

Conclusion parcial.

Podemos concluir que la obstrucion muy por el contrario no impide el ingreso de mas luz, esto debido a que el coeficiente de reflexion externa es mayor en una sala que la otra, en la sala 403 corresponde al 0.59 %, en la sala 203 es del 2.36 %, osea las obstrucciones cercanas por sus características permiten que ingrese mayoy luz reflejada al interior lo que permite a lo menos ganar algo mas de iluminacion .

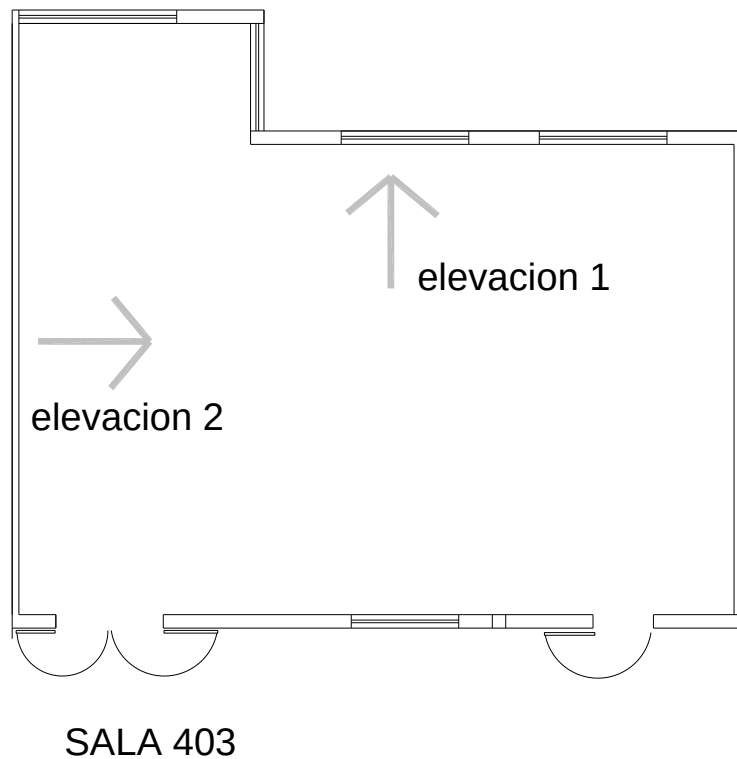
Esto ademas porque el coeficiente de reflexion interna tambien es mayor en la sala 203, con un 0.5 % contra un 0.08 % de la sala 403.

Por lo tanto en este caso la obstrucion no impide el ingreso de luz, sino que solo es un impedimento visual.

5-Hipótesis

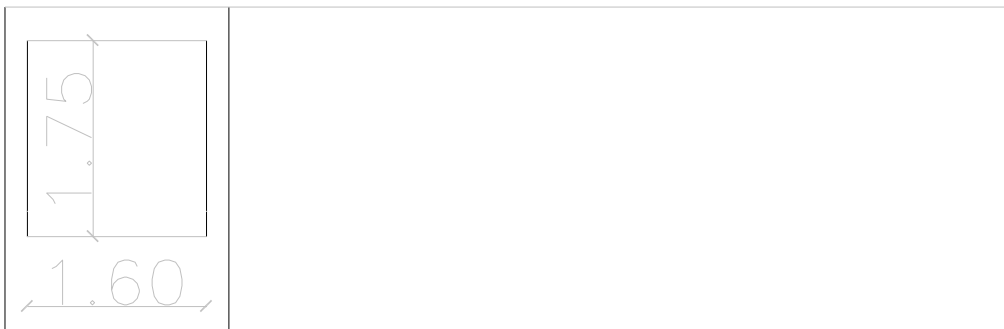
La orientación de entradas de luz y los tamaños de estas, no es adecuada para que ingrese suficiente luz natural.

Se escogió la sala 403, la cual a priori se pensaba sería la con mejor iluminación.
Las medidas de los vanos son:

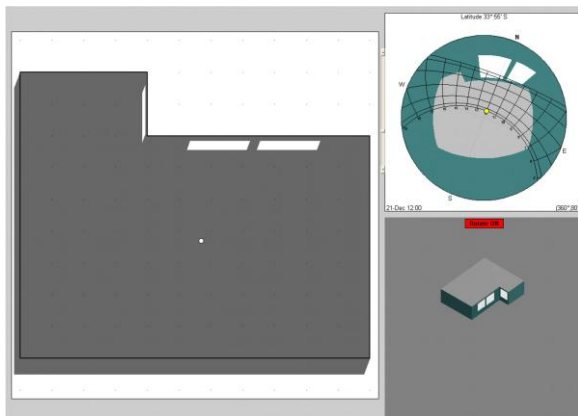




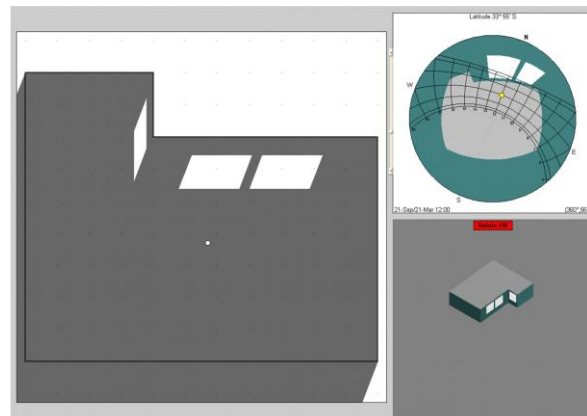
elevacion 1



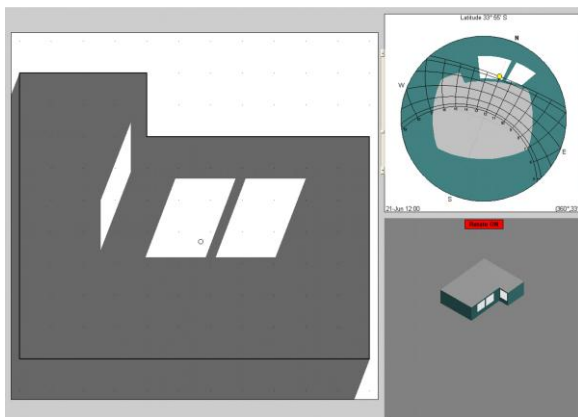
elevacion 2

Modelos

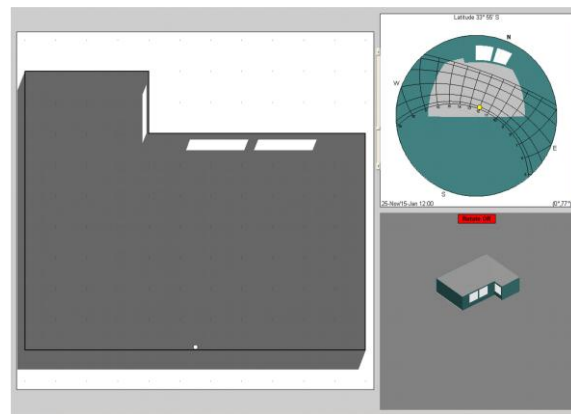
Verano



Otoño/Primavera



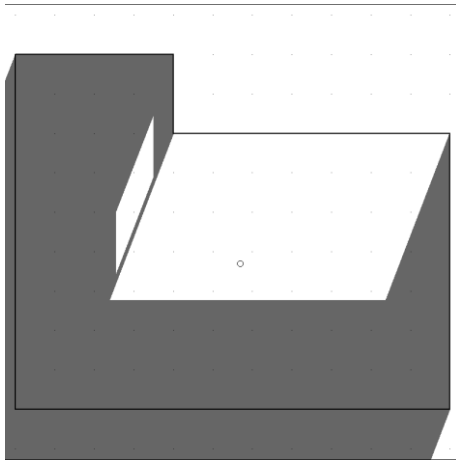
Invierno



Día de la medición: 15 de enero.

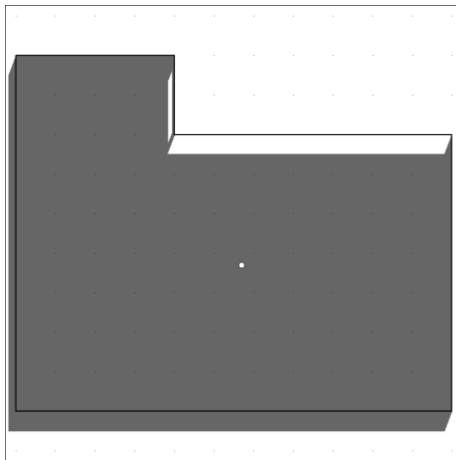
Los distintos modelos muestran como se ilumina la sala en las distintas estaciones del año, y el día en que se realizaron las mediciones. Estas simulaciones permiten hacerse una idea de acerca como penetrara la luz hipotéticamente, al interior por esas aberturas.

Estos modelos se realizaron con las medidas actuales de las ventanas, ahora debemos conocer si es que acaso con otros tamaños mejora el ingreso de luz natural al interior.



Caso 1 una ventana de 4.1 x 1.7 mt.

El día mas favorable es el día del solsticio de invierno, el sol al mediodía esta en el punto mas bajo, por tanto ilumina de manera mas rasante, las sombras son mas largas, y penetra hasta mas profundamente.

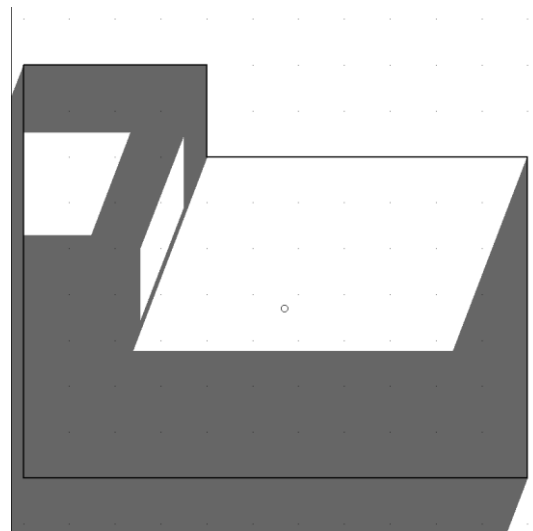


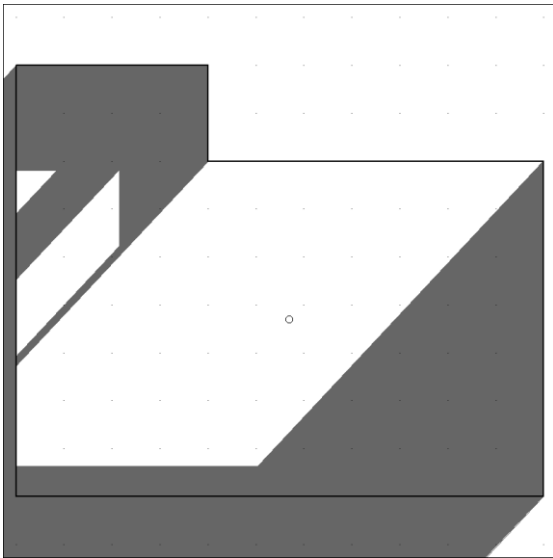
El caso mas desfavorable es en consecuencia el día del solsticio de verano. La penetración es casi nula y el que la ventana sea continua no influye en casi nada.

Caso 2 reemplazar el muro de bloques de vidrio por otra ventana.

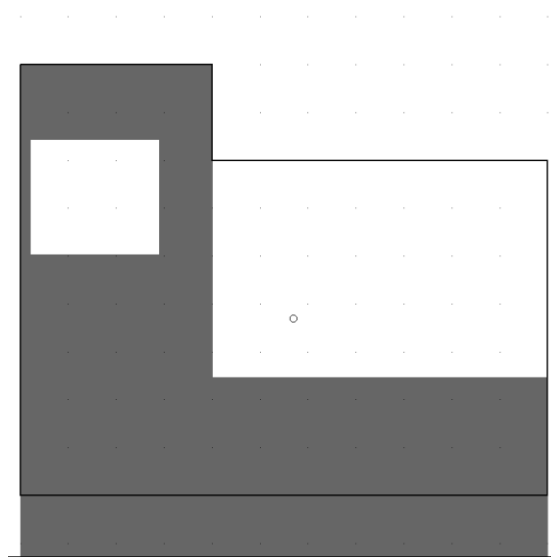
Tomamos también el caso más favorable, sin embargo la ganancia es casi mínima.

Se restringe solo a un momento del día específico. La mañana

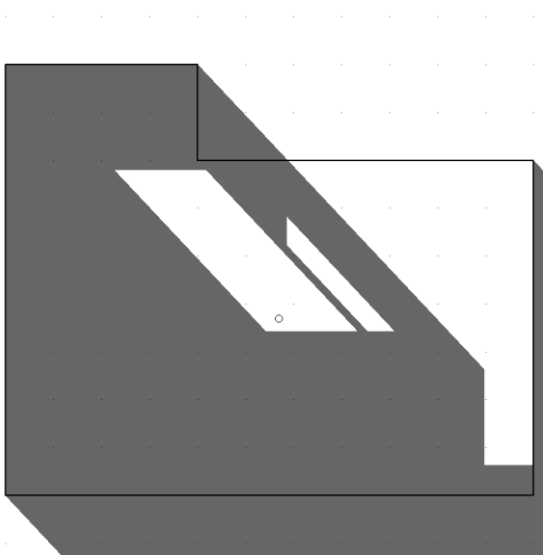


Caso 3 cambiar la orientación de las salas.

21 de junio 9 AM



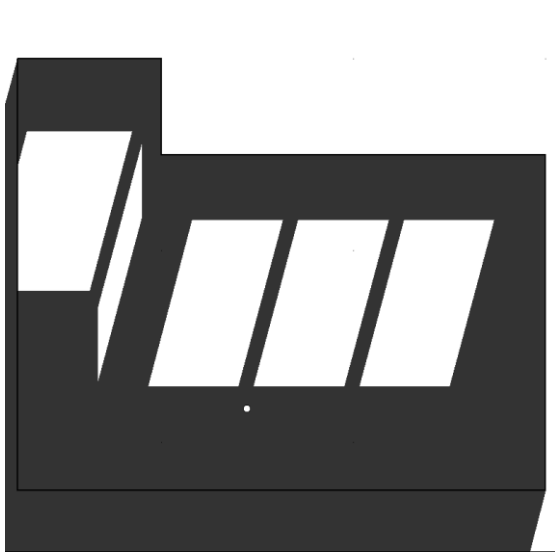
21 de junio 12 PM



21 de junio 15 PM

Supongamos se pudiese mover la sala a una orientación justo frente al norte, a lo largo de la mañana tendría mucha luz, sin embargo sería molesta para el trabajo y la concentración. Que podemos inferir, que la cantidad de luz es importante, pero es mejor la calidad, o sea una buena cantidad de buena calidad que permita realizar las tareas de manera confortable. Es por eso que el diseño debe considerar la actividad que se realizara en el espacio, por reducido o básico que este sea. Además la orientación es quizás más importante que las aberturas puesto que es ésta la que permite que haya más luz por más tiempo al interior de un recinto.

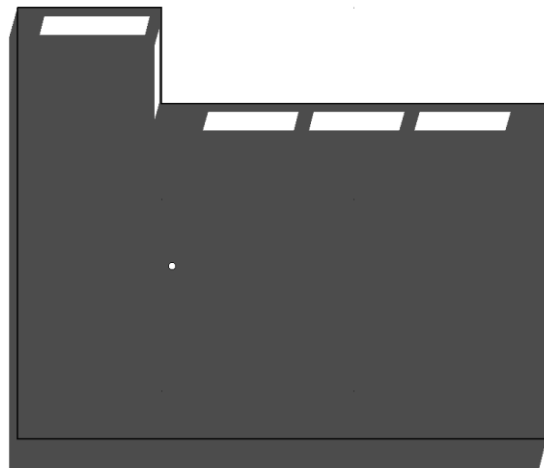
Caso 4 cambiar la altura interior de las salas.



La altura actual es de 2.90 mts de piso a cielo, ahora se cambio la altura a 3.50 mts.

En el caso del invierno la luz penetra de mayor manera eso si, se han agregado mas aberturas para permitir el mayor paso de luz

21 de junio 12 PM



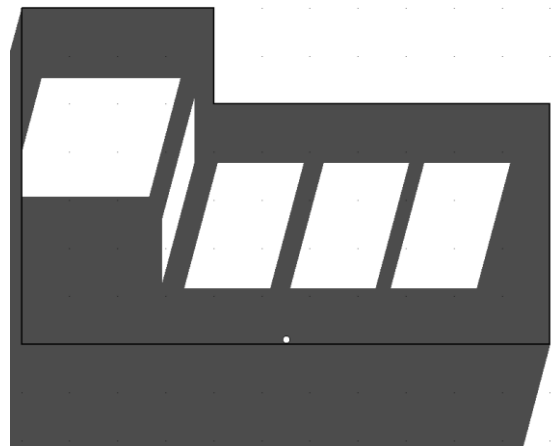
En el caso del verano la ganancia es casi mínima, hay que recordar que este ejercicio trabaja hipotéticamente con luz del sol directa, en verano aumentan las reflexiones y el envío de luz desde la bóveda celeste.

21 de diciembre 12 PM

Caso 5 cambiar el ancho de la sala.

Al cambiar el ancho de la sala la penetración de luz es mucho más evidente, por tanto se puede inferir que existen variables geométricas que también son necesarias considerar al momento de diseñar de un espacio, como relacionar las distintas variables para conseguir un diseño lumínico confortable.

21 de junio 12 PM



Conclusión parcial.

En esta experiencia se utilizaron algunos elementos estudiados en capítulos anteriores de este seminario, aberturas, forma de éstas, forma del local, medidas del local, orientación del local, etc. En este caso particular las aberturas presentes sirven para el propósito, digamos la entrada de luz, pero no para iluminar. Ahí es donde entra el tema de diseño del espacio. El diseño debe ser un acto conciente en que el arquitecto maneja toadas las variables para conseguir en este caso el propósito de entregar una buena iluminación natural para un acto específico, dentro de un programa específico.

Es por eso que la entrada de luz sirve, pero si existiese buena iluminación no seria necesario en algunos casos recurrir a la luz artificial.

Conclusiones y comentarios finales

Para empezar me gustaría decir que la experiencia en completo ya sea la recopilación de antecedentes como el trabajo práctico de medición fueron muy enriquecedores, la experiencia del seminario o tema de arquitectura es una instancia de búsqueda acerca de temas relevantes y relativos a la arquitectura y el diseño arquitectónico. En mi caso el interés despertado hacia la arquitectura sostenible, específicamente la iluminación natural y el confort lumínico, puede abrirme un camino por el cual poder mirar e interpretar la arquitectura a modo personal, una vía distinta por la cual ver la arquitectura.

Del trabajo realizado, específicamente la parte de desarrollo, puedo concluir a lo menos 6 aspectos:

Primero, es importantísimo que como arquitecto uno deba saber manejar las variables del espacio, no solo aquellas formales, sino las más importantes, las del habitar. Hacemos obras para las personas, ellas las habitarán y las harán suyas pero bajo nuestras leyes. No basta diseñar y construir, hay que diseñar y construir a consciencia pensando en el habitante. Las variables de confort en este caso juegan un papel importante. La iluminación natural es más que poder abrir la ventana y que entre luz, es iluminar, el poder conjugar un confort lumínico.

Segundo. El tema de la iluminación natural se enmarca dentro de un tema mayor, el acondicionamiento ambiental, y en este caso la arquitectura sostenible.

La arquitectura sostenible enfrenta el tema del consumo energético a través del diseño sostenible, pero no es un cliché como muchos piensan, a veces el diseño más sencillo es sostenible, el criterio y sentido común, sumado a la elección precisa de los materiales, y lo más importante, la inteligente relación de esos factores, en el diseño arquitectónico. Así como se vio en el capítulo de evolución histórica, la importancia de recibir luz, las soluciones primitivas y sencillas contribuían a la ganancia lumínica. Es por eso que a través de los años esos conocimientos se han traspasado y los arquitectos los han adquirido y aprendido.

Tercero. Los temas que trata este seminario van tanto desde un conocimiento del tema como una comprensión de los mecanismos del mismo. El acercamiento a cálculos y sistemas de modelamiento matemático y software ayuda a conocer el tema desde otro punto de vista. Esto no intenta abandonar o desligarse del diseño arquitectónico, sino que complementar, entregar herramientas nuevas para mejorar el diseño. Mas aun entregar luces acerca de las decisiones de diseño a las que el arquitecto se enfrenta.

Cuarto. Se hace indispensable el ampliar el estudio a la parte normativa, en la actualidad Chile no cuenta con una norma específica acerca de iluminación natural, los estudios acerca de las condiciones lumínicas aun son escasos, y los diseños a estudiar también son pocos. Esto debería ser enfocado en el marco de la eficiencia energética, y los requerimientos lumínicos reales de los usuarios.

Quinto. De acuerdo a lo obtenido en la experiencia y lo comprobado en la metodología, queda claro que los diseños aun están lejos de ser eficientes. El caso específico de las salas de clases demuestra que se piensa en base a un programa general y no en los casos puntuales de necesidades de cada uno de los espacios. Es decir no existe una jerarquía en pensar una sala o espacio con respecto al otro, esto no significa entregar cualidades lumínicas específicas a cada una, solamente pensar en las actividades que en el interior se desarrollaran y que son propias de una facultad de arquitectura, y apuntar a ellas.

Sexto. Queda claro que la luz y por ende la iluminación natural, no depende únicamente de las aberturas o los elementos por donde penetre o no, es importante que el diseño para conseguir espacios bien iluminados recurra a todas las variables necesarias para lograr el confort lumínico y visual necesario.

A modo de conclusión final, debo decir:

En el empleo de la metodología, los resultados obtenidos demuestran una disparidad en la iluminación natural de las salas. Si bien en algunos casos los niveles de iluminación recogidos son convenientes, no son lo suficientemente adecuados para las actividades que se desarrollan al interior y para el prolongado uso que se les da a las salas. **Eso deriva en el uso de iluminación artificial por tiempos prolongados y excesivos.** Sumado a esto la carencia de mantención y la transformación que han debido sufrir algunas salas, implica una baja ganancia lumínica lo que se traduce en gasto energético excesivo y mal confort visual y lumínico.

Anexo

Soluciones e ideas para complementar y mejorar la iluminación interior.

A lo largo de los últimos años el debate por reaprovechar la luz natural y utilizarla de manera mas optima a derivado en estudios y ensayos acerca de nuevas soluciones que proponen elementos y accesorios que permitan aprovechar mejor la luz del sol para iluminar de mejor manera el interior de los espacios.

En este breve recorrido se muestran soluciones posteriores a los diseños originales de los edificios, como una forma de compensar y mejorar la iluminación natural interior.

Caso 1 UBA, Buenos Aires.

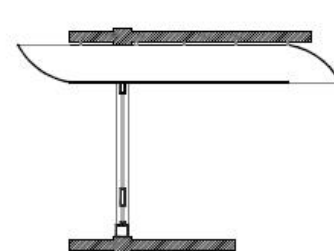


Situación existente

Figura 2: Esquema y maqueta correspondientes a la situación existente en el taller de la FADU.



Incorporación de bandeja reflectora



Incorporación de captador

Este caso se desarrollo en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. En ella se intenta mejorar las condiciones lumínicas interiores de una sala de taller. Para ello se idearon dos elementos. La primera una bandeja o estante de luz con una superficie altamente reflectiva. La pretendía mejorar los coeficientes de reflexión de la fachada que recibía luz. La segunda una bandeja captadora de luz una especie de conductor de luz horizontal. De acuerdo a

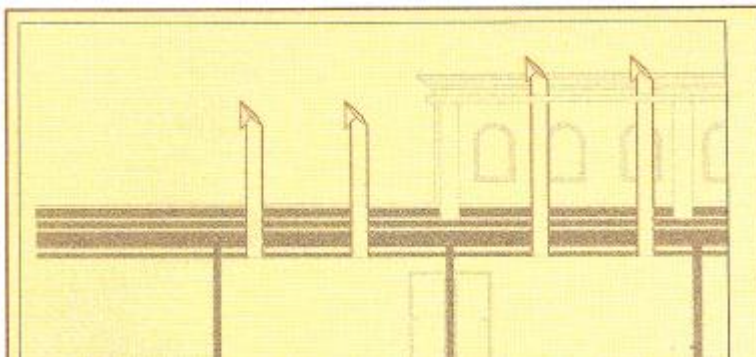
los resultados obtenidos, se considero que el trabajo ha resultado un ejercicio interesante para verificar rápidamente la influencia de las decisiones de diseño, desde las decisiones sobre colores de las superficies hasta el diseño de dispositivos más complejos, en este caso destinadas a mejorar las condiciones de iluminación existentes en un edificio. Aunque el aporte de esas decisiones no resuelve totalmente los problemas de iluminación, constituye un aporte para mejorar sensiblemente las condiciones de confort visual para sus ocupantes.



Caso 2

CONDUCCIÓN DE LUZ NATURAL EN AULAS DE LA BIBLIOTECA MUNICIPAL DEL MASNOU

En esta caso lo que se coloca es un captador vertical de manera de recoger la luz y conducirla al interior de la biblioteca. La experiencia fue desarrollada de manera de poder disminuir la luz artificial existente en la biblioteca y que se complementase una con la otra.



La idea era que cada elemento trabajar par el conjunto y no aislados uno de los otros, para así entregar una luz que se uniese sin problemas a la artificial existente.

El experimento fue tan satisfactorio, que se podía permanecer solo con la luz que entregaban los captadores, las lámparas interiores quedaban apagadas.



Las condiciones de iluminación tanto cuando se utiliza exclusivamente la luz exterior, como cuando se combina con la luz artificial, son muy adecuadas y aparte de ello crean un ambiente de luz natural más agradable que el

existente anteriormente, calificado por algunos usuarios como "*claustrofóbico*".

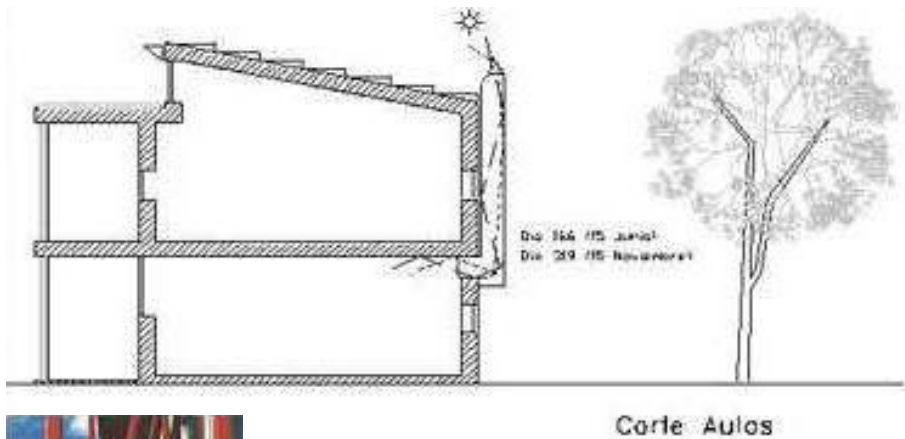
Caso 3

Este caso quizás es el que combina todos los elementos revisados anteriormente.

El Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda en Mendoza, Argentina, utiliza todos los elementos a alcance para generar un ambiente lumínico interior acorde a las actividades que allí se realizan.



SU



Desde luminoductos hasta repisas, incluso elementos de tela interiores difusoras para tamizar y distribuir la luz de manera mas pareja.

Lamentablemente no existe mucha información al respecto, pero es un caso que vale tener en cuenta, no por los artefactos sino como estos se combinaron con el diseño anterior.

Bibliografía

LIBROS

KEITH Caldwell, Lynton, ECOLOGÍA, CIENCIA Y POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL, Editorial Mc Graw - Hill

SERRA Rafael, Arquitectura y climas / Rafael Serra, Barcelona: Gustavo Gili, 1999

UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN & THE ARCHITECT'S COUNCIL OF EUROPA. A GREEN VITRUVIUS, Principles and practice of sustainable architectural design, A.A.V.V., James & James, Londres 1999.

COMISION EUROPEA DE MEDIOAMBIENTE. CIUDADES EUROPEAS SOSTENIBLES, Bruselas 1996

Geohabitat, IDAE. MANUAL DE DISEÑO, LA CIUDAD SOSTENIBLE, Madrid 2002

EDWARDS B, TURRENT D. SUSTAINABLE HOUSING, PRINCIPLES & PRACTICES, E & FN Spon, Londres 2000.

VITRUBIO, Marco Lucio. LOS DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA, Editorial Iberia, Barcelona 2000.

GAUZINI-MÜLLER, Dominique, L'ARCHITECTURE ÉCOLOGIQUE, Groupe Moniteur, 2001

SABADY, Pierre Robert ARQUITECTURA SOLAR, Ediciones CEAC, Barcelona 1982

BEHLING Sofía y Stefan, SOL POWER, La Evolución de la Arquitectura Solar, Edición en español Editorial Gustavo Gili, Barcelona 2002

RUANO Miguel, ECOURBANISMO, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999

BLASER, Werner, Patios: 5000 años de evolución desde la antigüedad hasta nuestros días : Barcelona ; España : Gili, 1999

YEANG, Ken, Proyectar con la naturaleza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico, Barcelona; España: Gustavo Gili, 1999

MCPHILLIPS, Martin, Viviendas con energía solar pasiva: México: G. Gili, 1985

SERRA F Rafael, COCH R., Helena. ARQUITECTURA Y ENERGÍA NATURAL, Ediciones UPC,

Barcelona 1995

SERRA F Rafael. ARQUITECTURA Y CLIMAS, Editorial Gustavo Gili, 1999.

NEUFERT, Alfred , el arte de proyectar en arquitectura, GG, 2000

PUPPO, Ernesto, Acondicionamiento natural y arquitectura: ecología en arquitectura, Barcelona : Marcombo, 1972

SCHMITZ-GÜNTHER, Thomas, Living spaces: sustainable building and design, Cologne; Germany Könnemann, 1999

BRAVO Heitmann, Luis, Iluminación, Valparaíso.

RIVERO, Roberto, Iluminación natural: cálculo de la componente de cielo del factor de día, Montevideo: U. de la República, 1971

London: James & James, c1993, Daylighting in architecture : a European reference book / ed. by N. Baker, A. Fanchiotti, K. Steemers

SEMINARIOS Y TITULOS.

MUGA Weippert, Eliana, Antecedentes de la luz natural para su aplicación en el proceso de diseño arquitectónico de una vivienda
Valparaíso ; Chile : Universidad de Valparaíso, 1982

GARCÍA MONTEVERDE, María Elena, La Luz natural en la arquitectura, Valparaíso ; Chile : Universidad de Valparaíso, 1988

PULIDO Uribe, Andrea, Luz natural: vivienda económica, Valparaíso; Chile : Universidad de Valparaíso, 1992

MURGUIA Sánchez, Laura, La luz en la Arquitectura. Su influencia sobre la salud de las personas. Estudio sobre la variabilidad del alumbrado artificial en oficinas,
UPC / 4-11-2002

HERNÁNDEZ Chávez, Vicente, La habitabilidad energética en edificios de oficinas, UPC / 16-12-2002

YAÑEZ Parada, Guillermo Arquitectura solar: aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural, Madrid: MOPU, Dirección General de Arquitectura y Vivienda, 1988

PÁGINAS WEB

www.usgb.org
www.leedbuilding.org
www.gencat.org
www.egbf.org
www.un.org
www.civitas-es.barcelona2004.org
www.sustainable-cities.org
www.jhuccp.org
www.bcn.es
www.habitat.aq.upm.es
www.eea.eu.int
www.conama.cl
www.valparaisochile.cl
www.gosol.de
www.agenda21local.com
www.bepac.dmu.ac.uk
www.bre.co.uk
www.unep.mx
www.cic.vtt.fi
www.diba.es
www.mma.es
www.bcn.es