

Verónica Chauvie
Adriana Riso

COLOR Y
ARQUITECTURA

Universidad de la República

Ing. Rafael Guarga
Rector

Facultad de Arquitectura

Arq. Salvador Schelotto
Decano

Consejo Facultad de Arquitectura

Orden Docente

Arquitectos:
Ricardo Vidart
Gustavo Scheps
Enrique Neiro
Eduardo Folco
César Fernández

Orden Egresados

Arquitectos:
J. Luis Oliver
Elena Svirky
Perla Estable

Orden Estudiantil

Bachilleres:
Danielo de León
Andrea Blanco
Ignacio Errandonea

El tema «*Color y Arquitectura*» fue desarrollado por las bachilleres Verónica Chauvie y Adriana Risso durante el Asistentado Honorario realizado en el Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura (actual Departamento de Clima y Confort en Arquitectura - D.E.C.C.A.) y en la Cátedra de Acondicionamiento Lumínico, en los años 1996 y 1997.

La elección del tema corresponde a la necesidad de analizar desde el punto de vista del arquitecto enfoques y opiniones de diversos autores.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	5
2. PERCEPCION DEL COLOR	7
2.1. LA LUZ	7
Naturaleza de la luz	7
Fuentes de luz	9
Temperatura de color	9
Indice de reproducción de colores	10
2.2. EL OBJETO	11
2.3. EL OBSERVADOR	13
El color y la visión	14
Curva de sensibilidad del ojo	14
La perspectiva psicológica	14
3. TEORIA DEL COLOR	20
3.1. Tipos de mezclas: aditiva y sustractiva	20
3.2. modelos o sistemas de análisis de color	23
3.3. contraste de colores	26
4. COLOR Y ARQUITECTURA	28
EL COLOR EN INTERIORES	28
ARMONÍA DE COLORES	28
EL COLOR EN LA CIUDAD Y EN EL PAISAJE	30
5. BIBLIOGRAFÍA	33

1. INTRODUCCION

El color es un medio evocativo capaz de provocar reacciones inmediatas y profundas en el observador.

Como tal ha sido desarrollado como un lenguaje simbólico tanto en el mundo natural como en el humanizado.

El estudio del color ocupa un lugar preponderante en las actividades humanas: el arte, la industria, la publicidad, la señalización, el diseño de interiores, la luminotecnia, entre otras.

Al mismo tiempo su estudio puede ser abordado desde diversas disciplinas: física, fisiología, psicología, técnicas de iluminación, etc.

Su aplicación en arquitectura no es una excepción. El color, juega un rol poderosísimo en lo que concierne a la lectura de la forma arquitectónica. Tiene la capacidad de clarificar los componentes de la forma o confundirlos, enriqueciendo la percepción de una determinada obra arquitectónica o de un determinado espacio.

Cuando al diseñar elegimos uno o varios colores, debemos lograr un buen resultado desde el punto de vista compositivo. Debemos también tener en cuenta que el color debe contribuir al confort desde el punto de vista psicológico, lumínico y hasta térmico.

No podemos hablar de color sin tener en cuenta la luz. La luz es el factor fundamental para que veamos los colores. Sin luz no hay color, por lo que al diseñar, debemos considerar ambos conjuntamente.

Aunque el color ha sido usado en arquitectura desde hace siglos, la **teoría del color**, como parte de una metodología objetiva de diseño en la que el color se vuelve parte de una comprensión conceptual de la forma arquitectónica, rara vez entra en la enseñanza de diseño arquitectónico.

Por eso tendemos a considerar al color como un "agregado" posterior más concerniente al domi-

nio del decorador de interiores que al arquitecto, cuando debería ser integrado desde la concepción misma del proyecto.

A lo largo de la historia encontramos diversos casos de integración del color en el diseño.

Por ejemplo, el grupo De Stijl vio las propiedades tridimensionales de la masa y el volumen como antitéticas y pretendió destruirlas a través del uso de distintos planos de color, algunos avanzando, otros retrocediendo, creando una nueva idea espacial conceptual donde el uso del color juega un rol fundamental.

El arte abstracto, en donde el lenguaje del color conduce a una especie de policromía, no ubica el color en un lugar secundario sino que se basa en la constructividad y el dinamismo de los colores.

"El desafío es situar la teoría del color en un marco conceptual y hacerla parte relevante del proceso de diseño" (Galen Minah, Prof. Asoc. Univ. Washington).

El color con que vemos un objeto depende de varios factores: de la iluminación que recibe, de las características propias del objeto y también del individuo que ve, con su complejo sistema de visión y sus condicionantes psicológicas y fisiológicas.

En este trabajo pretendemos dar una visión global acerca de cada uno de estos aspectos y sus relaciones, con el propósito de introducir en el estudio del color a aquellas personas interesadas, facilitándoles la lectura de publicaciones especializadas y sentando las bases para estudios en profundidad sobre el tema.

En la primera parte analizaremos los aspectos físicos de la teoría del color: estudiaremos la naturaleza de la luz, el comportamiento de los objetos con respecto a ésta, así como la interacción entre ambos y pasar luego a estudiar el rol del observador considerando tanto sus aspectos fisiológicos como psicológicos.

En la segunda parte, recogiendo experiencias y pautas de algunos autores, proponemos diver-

sas estrategias de diseño concernientes al uso del color en arquitectura y urbanismo.

2. PERCEPCION DEL COLOR

Percibimos los objetos a través de una determinada forma y tamaño, así como a través de un determinado color. Sin embargo el color de los objetos no es un atributo fijo e invariable, ya que depende de la fuente que los ilumina y también del observador.

El proceso que define el color es, sintéticamente, el siguiente: la luz es emitida por la fuente, atraviesa el medio, que en este caso es el aire, e incide en el objeto: parte de la luz es reflejada, parte transmitida y parte absorbida por el propio objeto. La energía reflejada o transmitida atraviesa nuevamente el espacio, y es captada por el ojo del observador.

Las características de reflexión, transmisión y absorción varían de un objeto a otro determinando su grado de transparencia u opacidad y su color. Un objeto opaco de color azul absorbe todos los componentes de la luz menos el correspondiente al color azul, que es reflejado.

El color del objeto puede ser alterado en mayor o menor grado dependiendo del tipo de fuente de luz. Si iluminamos a ese mismo objeto con una luz azul se intensificará su color, pero si la fuente que lo ilumina es de color rojo se verá negro.

Hasta ahora hemos analizado la interacción **luz-objeto** pero debemos tener en cuenta un tercer elemento que es el **observador**. Cualquier alteración en la vista y aspectos psicológicos como la afectividad, la memoria, etc., complejizan el fenómeno de la percepción del color.

A manera de síntesis podemos decir que EL COLOR es el resultado de la interacción de tres variables: la LUZ, los OBJETOS que nos rodean y el SER HUMANO.

En los capítulos siguientes se estudian estas variables y sus interrelaciones.

2.1. LA LUZ

La luz es una forma de energía capaz de estimular a nuestro órgano de la visión de manera que permite distinguir claramente la forma, el tamaño y el color de los objetos que nos rodean.

NATURALEZA DE LA LUZ

Desde el punto de vista físico definimos la luz como “toda radiación electromagnética con distribución espectral comprendida entre 780 y 380 nm siendo $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$.(figura 2.1)”.

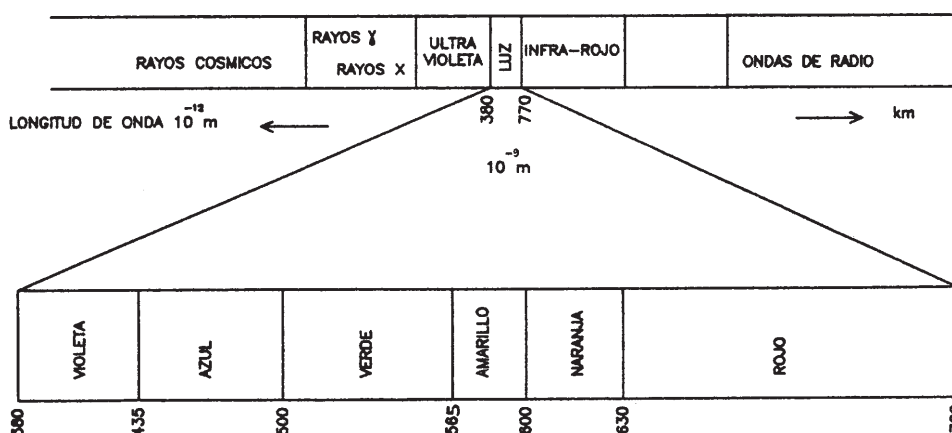


Fig. 2.1 - El espectro electromagnético

Este intervalo, al que llamamos **espectro visible**, representa una estrecha banda del **espectro electromagnético** cuyo rango oscila entre 10^{-14} y 10^7 m.

Las radiaciones cuya longitud de onda no se encuentra dentro del espectro visible quedan fuera de la experiencia visual; son ejemplo de esto los rayos x, ondas de radio, U.V., etc.

Cada color está asociado a una longitud de onda concreta:

380 - 435 nm violeta	565 - 600 nm amarillo
435 - 500 nm azul	600 - 630 nm naranja
500 - 565 nm verde	630 - 780 nm rojo

La longitud de onda se refiere al largo de las ondas en las cuales viaja la luz. (figura 2.2).

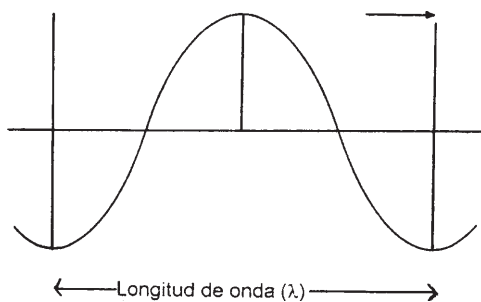


Fig. 2.2

Las radiaciones lumínicas se caracterizan por su espectro de emisión. Es posible determinarlo midiendo la forma en que la cantidad de energía lumínica total se divide en cada longitud de onda (I) emitida por una fuente. En el eje horizontal se indican las longitudes de onda en nanómetros (nm) y en el eje vertical el valor 100 % corresponde al total de energía lumínica emitida por el cuerpo; para cada longitud de onda se indica el porcentaje de energía emitida en esa longitud (energía relativa).

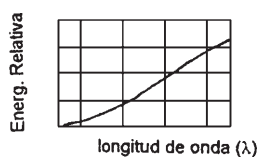


Fig. 2.5- Lámpara incandescente

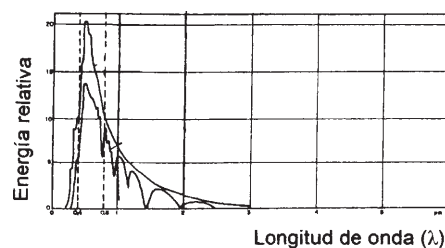


Fig. 2.6 - Espectro solar

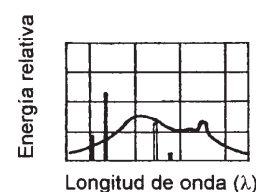


Fig. 2.7 – Lámpara fluorescente

El sol y las fuentes artificiales (lámparas) son *fuentes primarias* ya que emiten luz propia; mientras que, los objetos o superficies de nuestro entorno, que si bien no emiten luz propia, reflejan las emisiones de otras fuentes; son denominadas *fuentes secundarias*.

Una radiación *monocromática* es aquella cuyo espectro está compuesto por una sola longitud de onda. (figura 2.3).

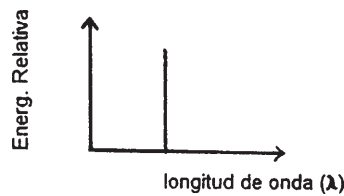


Fig. 2.3 Fuente monocromática

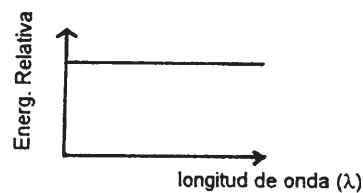


Fig. 2.4 Fuente de espectro equienergético.

Llamamos *luz de espectro equienergético* a la radiación luminosa con igual energía para todas las longitudes de onda, (figura 2.4), situación que es difícil de encontrar en la práctica, ya que fuentes aparentemente blancas (como la luz solar o una lámpara incandescente) presentan un espectro de emisión diferente para las distintas longitudes de onda.

La emisión de una lámpara incandescente, (figura 2.5) tiene un espectro muy rico hacia los amarillos y anaranjados, la emisión máxima de la radiación solar (figura 2.6) se concentra en las lon-

gitudes de onda corta, mientras que algunas lámparas fluorescentes (figura 2.7) tienen picos hacia los azules

FUENTES DE LUZ

Existen dos tipos de fuentes primarias de luz:

Naturales: El sol es la fuente de luz natural por excelencia; parte de su espectro corresponde a radiaciones lumínicas.

La luz proveniente del sol se manifiesta de dos maneras: puede iluminar de manera directa (*radiación directa*) o a través de la radiación reflejada por toda la bóveda celeste (*radiación difusa*).

Generalmente en iluminación natural consideramos esta última al diseñar ya que la radiación directa del sol puede generar incomfort por su gran intensidad.

El color de la luz natural adquiere importancia como patrón, que definirá si una determinada fuente artificial tiene buen o mal *reconocimiento de colores*. Hay que tener en cuenta que dicha luz no es constante a lo largo del día y que varía enormemente según la situación del sol, la época del año, o el estado del tiempo.

Artificiales: Existe actualmente una gran variedad de fuentes artificiales disponibles en el mercado, de las cuales las más conocidas son: lámparas incandescentes, fluorescentes, de descarga, etc.

Reconocimiento de colores

Al iluminar un espacio es conveniente contemplar dos aspectos de igual importancia: la cantidad y la calidad de la luz.

No sólo debemos lograr niveles de iluminación suficientes sino que la calidad de la iluminación debe ser tal que permita crear un ambiente agradable desde el punto de vista del confort además de realzar las cualidades expresivas del espacio.

La calidad de la luz depende de su espectro de emisión. Este determina el color de la luz y de qué manera los distintos colores serán vistos cuando se los ilumina con una fuente determinada.

Estas características pueden ser perfectamente definidas por los siguientes índices:

a) Temperatura de color (C.C.T., Color Correlated Temperature):

La temperatura de color es un índice por el cual podemos especificar el color de una fuente de luz.

Se define como la temperatura que deberá tener un cuerpo negro, expresada en Kelvin (K) para que la radiación lumínica que emita sea igual a la fuente considerada; de tal manera que ambas radiaciones tengan la misma apariencia de color y "cromaticidad".

Cuando la *Temperatura de Color* es mayor que 5.000 K el espectro de la fuente tiene un corrimiento hacia los azules y decimos que se trata de una fuente de luz fría.

En cambio si la *Temperatura de Color* es menor que 3.300 K predominan los amarillos y decimos que la fuente es cálida. En general podemos decir que a mayor *Temperatura de Color* la emisión de la fuente se caracteriza por una mayor frialdad.

Este fenómeno se explica por la Ley de Wien según la cual el producto de la longitud de onda por la Temperatura es igual a una constante: $\lambda \times T = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m.K}$.

Veamos algunos ejemplos de *Temperatura de Color*:

Lámparas de filamento; con gas:	2800-3100 K
Lámparas halógenas de tungsteno:	3200-3400 K
Luz solar promedio (mediodía):	5250 K
Cielo nublado:	7000 K
Cielo despejado:	12000-24000 K
Las lámparas fluorescentes Blanco:	3500 K
Luz de día:	4300 K

Datos obtenidos de ("Lighting", D.C.Pritchard)

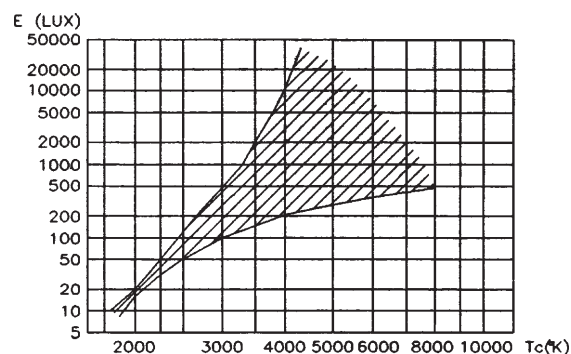


Fig. 2.8 - Gráfico de Kruithof. (De: "Les energies a l'arquitectura" R. Serra Florensa).

El color de la luz es también un parámetro del confort visual y de expresividad. Puede enriquecer la percepción de un espacio o causar molestias e incomodidad a los usuarios. La gráfica de **Kruithof** relaciona la *Temperatura de Color* con el nivel de iluminación o iluminancia (E) y define una zona de confort. El gráfico nos indica que a mayor Iluminancia la *Temperatura de Color* deberá aumentar, la fuente deberá ser más “fría” para no resultar molesta para los usuarios(figura 2.8).

b) Índice de Reproducción de Colores (C.R.I. Color Rendering Index):

El *Índice de Reproducción de Colores* permite conocer el grado de precisión con que una fuente reproduce los colores.

El *Índice de Reproducción de Colores* de una lámpara determina cuanto se acerca la apariencia de una variedad de objetos de color iluminados por esa lámpara a la de los mismos objetos iluminados por una fuente de referencia. Es conveniente que la lámpara usada como referencia sea de igual o casi igual *Temperatura de Color* que la lámpara que se quiere ensayar, para obtener resultados confiables.

El máximo valor teórico del *Índice de Reproducción de Colores* es 100 considerándose aceptable un *Índice de Reproducción de Colores* de 50. (figura 2.9). No hay que confundir la *Temperatura de Color* y el *Índice de Reproducción de Colores*. Dos fuentes de igual apariencia de color pueden tener un espectro completamente diferente,

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color C.R.I.	Apariencia de color	Aplicaciones
1	C.R.I. ≥ 85	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales.
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes.
2	70 ≤ C.R.I. < 85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, Industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, Industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, Industrias de precisión (en climas fríos)
3	Lámparas con C.R.I. < 70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento de color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Fig. 2.9 - Recomendaciones de la C.I.E. (De: "Manual de alumbrado" Phillips).

y por lo tanto un *Índice de Reproducción de Colores* muy distinto.

Para que una fuente tenga buen reconocimiento de colores es necesario que emita energía radiante suficiente en todas las longitudes de onda. Sean las fuentes B y C de la figura 2.10; parecerán iguales al ser proyectadas sobre una superficie blanca, pero si se las proyecta sobre una superficie multicolor, la fuente C mostrará todos los colores; en cambio, la fuente B sólo mostrará el naranja correspondiente a la longitud de onda 650 nm y el verde correspondiente a la longitud de onda 490 nm. Todas las demás superficies se verán negras, principio que es utilizado en la llamada luz negra.

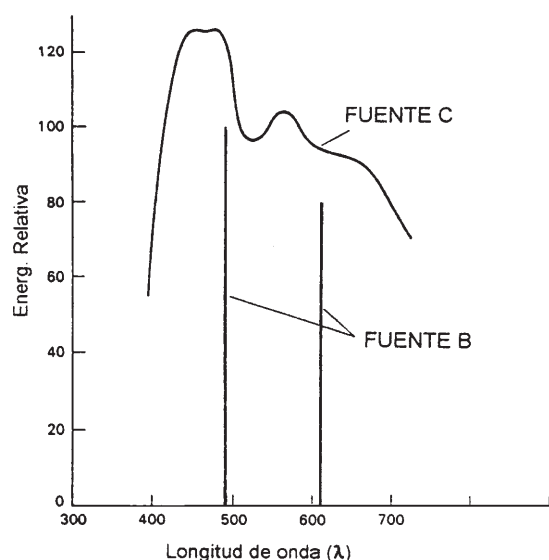


Fig. 2.10 - De: "Lighting" D.C. Pritchard.

2.2. EL OBJETO

Vimos en el capítulo anterior que el color de los objetos está condicionado por la luz que los ilumina.

Tanto la composición de la luz como la forma en que los objetos se comportan frente a ésta, determinan la composición espectral del estímulo de color que llega al ojo. Es decir que, la luz que el objeto refleja o transmite tiene una distribución espectral diferente de la incidente. En algunos casos esta diferencia es pequeña aunque puede llegar a ser considerable y dependerá de las propiedades de absorción, transmisión y reflexión del objeto sobre las cuales nos detendremos más adelante.

Llamaremos **estímulo de color** a la composición espectral de la luz que luego de reflejarse o ser transmitida por el objeto atraviesa el espacio y llega al ojo del observador.

No debemos confundir estímulo de color con la sensación de color que es el color que efectivamente vemos. El estímulo de color no es un color en sí mismo sino un portador de información que el ojo se encargará de transformar, reprogramar y enviar al cerebro por medio de impulsos nerviosos; es allí donde se produce entonces la sensación de color.

En términos generales la luz que incide en un objeto sufre el siguiente proceso: una parte es absorbida, una parte es reflejada, y otra es transmitida. Los objetos de diferentes colores absorben distintos componentes espectrales de la luz. Es esencial para la definición de un color la parte del espectro que es absorbida por el objeto. Pero la información que llega al observador se da a través de la parte del espectro que el objeto refleja o transmite.

Los objetos se pueden clasificar en tres grandes grupos: *opacos*, *transparentes* y *traslúcidos*. Los objetos *opacos* son los que no transmiten la radiación que incide en ellos al contrario de lo que sucede con los objetos *transparentes* y *traslúcidos* que sí permiten que cierta cantidad de energía los atraviese.

Los materiales opacos producen un estímulo que llega al ojo a través de la energía reflejada, mientras que en los materiales traslúcidos o transparentes el estímulo producido en el ojo se debe a la porción de espectro transmitida.

Las propiedades de los objetos en relación a la luz son:

Absorción (*coeficiente de absorción*, α), se refiere a la fracción de energía incidente en el objeto que es absorbida por este.

Transmisión (*coeficiente de transmisión*, τ), se refiere a la fracción de energía transmitida

Reflexión (*coeficiente de reflexión*, ρ), se refiere a la fracción de energía reflejada.

Estas propiedades del objeto son diferentes para cada longitud de onda.

La suma de los *coeficientes de absorción* (α), *transmisión* (τ) y *reflexión* (ρ) para cada longitud de onda es igual a 1 (total de la energía incidente). Es decir, $\alpha + \tau + \rho = 1$ (figura 2.11).

Para el caso de los objetos opacos en que $\tau = 0$, tenemos que $\rho + \alpha = 1$.

Los coeficientes se expresan como porcentajes o como decimales (por ejemplo: 60 % o 0.60).

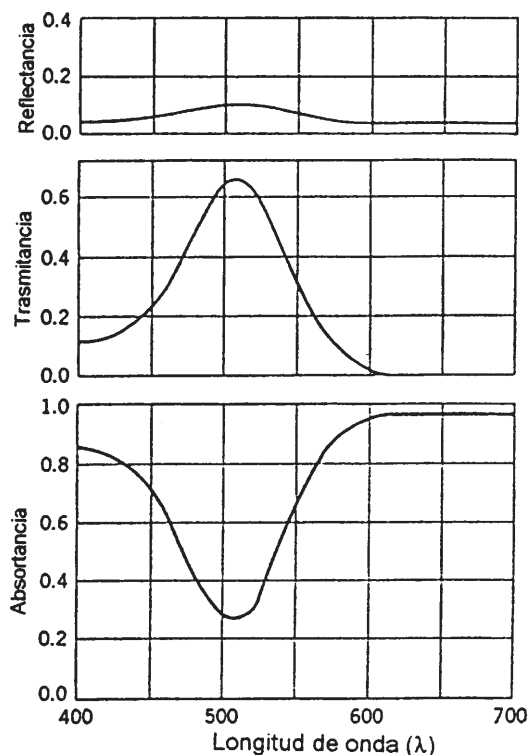


Fig. 2.11 - Curvas de absorción, transmisión y reflexión de un cuerpo traslúcido.
De: "An Introduction to color" R. Evans

Consideremos el caso concreto de un *objeto opaco* o sea que absorbe parte de la luz incidente y refleja el resto, iluminado por una fuente de *luz de espectro equienergético*, es decir que emite igual energía para todas las longitudes de onda.

Sabemos que el estímulo de color que llega al ojo es una radiación electromagnética visible que podemos representar por medio de un gráfico similar al de una radiación lumínica.

Vimos que las propiedades de absorción y reflexión de un objeto pueden variar según la longitud de onda. Entonces para cada longitud de onda (λ) tendremos un coeficiente de absorción

(α) y un coeficiente reflexión (ρ) diferentes, que queremos hallar obteniendo lo que llamamos función de *estímulo de color típico* del objeto.

Como la energía incidente es constante para todas las longitudes de onda (corresponde al 100%), podemos obtener el porcentaje real de reflexión para cada longitud de onda y construir el gráfico del *estímulo de color típico* para ese objeto. (figura 2.12).

Al valor medio de este gráfico, le llamamos reflectancia o factor de reflexión ρ de una superficie.

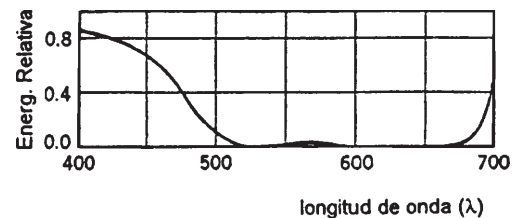


Fig 2.12 - De: "An Introduction to color" R. Evans

Supongamos que se ilumina ese mismo objeto con una fuente de espectro distinto del de una fuente equienergética, por ejemplo una lámpara incandescente. La distribución energética de este tipo de lámpara no es uniforme, siendo mucho más rica en los amarillos y rojos que en los azules. (figura 2.5). El estímulo de color, evidentemente será distinto.

El gráfico de la (figura 2.12) representa el porcentaje de energía para cada longitud de onda que el objeto refleja.

A su vez el gráfico de la (figura 2.5) muestra las cantidades relativas de energía de la fuente para cada longitud de onda.

La energía que finalmente será reflejada corresponde a los porcentajes indicados en la figura 2.13 (multiplicando la energía incidente para cada longitud de onda por el porcentaje de reflectancia correspondiente). Por ejemplo cuando $\lambda = 400$ nm (figura 2.12) el porcentaje de energía que se refleja es 82 %. Si la energía relativa de la fuente para esa longitud de onda es 18 (figura 2.5), la energía reflejada se obtendrá multiplicando 18 por $\rho = 0.82$, que es igual a 15. (figura 2.13).

Procediendo de la misma manera para cada longitud de onda terminaremos por construir el grá-

fico del estímulo de color que llega al ojo cuando el mismo objeto es iluminado por una lámpara incandescente. Vemos que es sensiblemente diferente al gráfico anterior. Aquí vemos que la lámpara incandescente enfatiza los anaranjados y rojos y “amortigua” los azules.

Los valores medios de reflectancia o coeficiente de reflexión varían según la fuente de luz considerada.

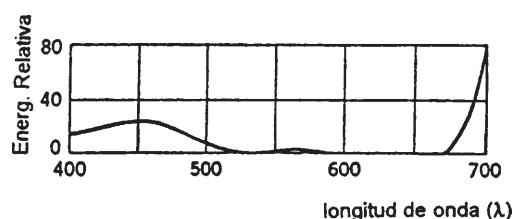


Fig. 2.13 - Producto de los gráficos de las figuras 2.5 y 2.12.

Si un objeto opaco iluminado por la fuente de espectro equienergético (figura 2.4) refleja el 100 % de manera constante para todas las longitudes de onda (0% absorción) decimos que es un objeto de **color blanco**.

Si un objeto opaco iluminado por la fuente de espectro equienergético (figura 2.4) refleja un porcentaje constante para todas las longitudes de onda pero siendo éste menor a 100 % decimos que el objeto es de **color gris**.

Si un objeto opaco iluminado por la fuente de espectro equienergético (figura 2.4) refleja 0% de la radiación incidente (100 % absorción) decimos que el objeto es **negro**.

En estos tres casos la reflexión es constante para todas las longitudes de onda, (sólo

varía el porcentaje reflejado), por lo que la acción del objeto en relación a la luz es no selectiva.

En cambio en nuestro ejemplo de la (figura 2.13) (objeto opaco) los porcentajes de absorción y reflexión varían según la longitud de onda. En este caso la acción del objeto en relación a la luz es selectiva.

Hay materiales no opacos que no reflejan selectivamente pero tienen absorción y transmisión selectiva. Por ejemplo, en el caso del vidrio coloreado la luz transmitida tiene un color que dependerá del espectro propio de transmisión de ese vidrio pero la luz reflejada es de la misma composición espectral que la luz incidente.

Además del vidrio otros materiales de uso común como el barniz, las maderas pulidas, o las pinturas sintéticas, reflejan un porcentaje de la luz incidente, sin cambiar su composición espectral.

Es bastante común que un objeto que absorbe selectivamente la luz tenga una terminación superficial no selectiva, es el caso de una madera barnizada, que está formada por una capa externa no selectiva que es el barniz y una selectiva que es la madera.

En estos casos se da un proceso singular: la luz incide en la capa exterior; parte de esta luz se refleja no selectivamente y el resto se transmite hasta incidir en la capa interna. Allí se produce la absorción selectiva y el resto de la luz se difunde en todas direcciones. Parte de esa luz se refleja hacia abajo en la capa externa y vuelve a ser selectivamente reflejada en forma sucesiva. Este efecto de *múltiple reflexión* incrementa la acción selectiva de color del material. Esto quiere decir que el ojo ve la suma (aditiva) de esas múltiples reflexiones. Y por lo tanto vemos el color más intenso. (figura 2.14).

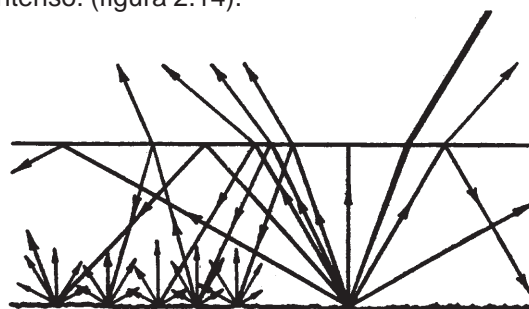


Fig. 2.14 - (De: "An Introduction to color", R. Evans)

2.3. EL OBSERVADOR

Acabamos de ver que podemos conocer con precisión la radiación lumínica que es reflejada y/o transmitida por un objeto, si conocemos el espectro de la fuente y el espectro de reflexión o transmisión del objeto, relación que puede ser perfectamente cuantificada utilizando los métodos adecuados, que no corresponde detallar aquí.

Sin embargo este color no necesariamente corresponde con exactitud al visto por un observador en una escena real.

Por eso hace falta tener en cuenta un tercer factor, que por ser subjetivo no es menos importante: *el observador*, en quien intervienen aspectos

relacionados con los mecanismos de funcionamiento de la visión humana así como aspectos fisiológicos y psicológicos que enriquecen la percepción del color.

EL COLOR Y LA VISIÓN

A manera de síntesis podemos decir que la *retina* es la encargada de transformar el estímulo de color en impulsos nerviosos que son llevados al cerebro por el *nervio óptico*.

La retina contiene conos y bastones. Los *conos* son las células responsables de que veamos los colores mientras que los *bastones* son células mucho más sensibles que perciben pequeñas cantidades de luz no siendo capaces de discriminar colores.

Los conos se ubican preferentemente en el centro del campo visual mientras que los bastones se ubican mayormente en la periferia. Es por eso que cuando tenemos bajos niveles de iluminación los objetos se ven más brillantes en la periferia.

El ojo cuenta con tres tipos de receptores cada uno de los cuales es sensible para distintas partes del espectro. Es decir que rigen los tres distintos tipos de sensaciones correspondientes a los colores primarios: rojo, verde y azul. Estos tres tipos de receptores, según la composición espectral del estímulo que llega al ojo, se adaptan de acuerdo a sus respectivas áreas espectrales. Es lo que permite a la persona diferenciar los colores.

Curva de sensibilidad del ojo

Como vimos anteriormente, los receptores del ojo son sensibles a un rango de longitudes de onda comprendidas entre 380 y 780 nm.

El ojo "evalúa" el estímulo de color que le llega de acuerdo con su sensibilidad espectral. Nuestro órgano de la visión no tiene la misma sensibilidad para todas las longitudes de onda, es decir que a variaciones constantes del estímulo de color, no siempre corresponden variaciones equivalentes en sensibilidad.

La sensibilidad máxima se produce en el centro del espectro visible y disminuye hacia los extremos del mismo; lo que quiere decir que, para lograr un estímulo de igual intensidad se necesita

menos energía en el centro que en los extremos del espectro.

Esto tiene gran importancia en la aplicación práctica. Por ejemplo, si necesitamos que una señal advierta sobre un determinado peligro, elegiremos un color para el cual el ojo tenga sensibilidad máxima tal como el amarillo verdoso.

La sensibilidad del ojo depende también del nivel de iluminación. Para una visión normal de luz diurna, tanto natural como artificial, actúan los conos; por lo que somos capaces de distinguir colores. Este tipo de visión se conoce como **fo-tópica**. (figura 2.15).

Pero cuando el nivel de iluminación baja un determinado umbral ya no somos capaces de distinguir colores, los conos ya no trabajan y solo actúan los bastones. El pico de sensibilidad se corre a 505 nm (verde). Este tipo de visión se llama **escotópica**. (figura 2.15).

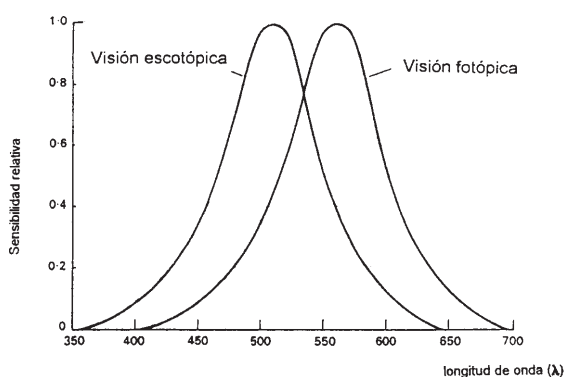


Fig. 2.15 - Curva de sensibilidad del ojo.

LA PERSPECTIVA PSICOLÓGICA

Hemos visto que la sensación de color es guiada por varios factores: sobre todo físicos, que se refieren a la luz y la materia en la que ésta incide y a la manera en que esta materia absorbe o transmite la radiación.

También interactúan: la precisión técnica con que fue aplicado el color, la inclinación con que la luz incide en la superficie iluminada, la inclinación con que observamos esa superficie, y por supuesto intervienen los colores circundantes, que alteran las características del color que deseamos observar.

En segundo lugar hemos visto como intervienen en la visión humana las características anatóni-

co-fisiológicas y la sensibilidad diferencial del órgano de la visión frente al espectro de la fuente.

“Por último y no por ello menos importante, el factor psicológico de la percepción estudia los efectos diferentes que un mismo color suscita en observadores distintos, en base a su experiencia previa, sensibilidad, inteligencia y memoria. Sin contar naturalmente que también los mismos parámetros de la percepción son influenciados por factores culturales, y aun dentro de una misma cultura, las vivencias sensoriales se modifican con el pasar del tiempo, cambian con la moda, las estaciones, la historia y las costumbres.” (Andrea Bassoli).

Por otra parte la percepción se comporta de una forma variable respecto a los colores, ya que prevalece, sobre la experiencia del momento, el recuerdo de la experiencia precedente: *La memoria del color* es increíblemente fuerte, la costumbre de leer una forma y los colores que la distinguen puede reducir la capacidad de releerla como se presenta en el momento siguiente. Lo que sucede es que un objeto que nos es familiar, tendemos a percibirlo del mismo color aún cuando cambie el espectro de la fuente que lo ilumina. Este fenómeno se llama *constancia del color*.

Esta compensación que realizamos tiene un cierto límite ya que no podemos compensar grandes variaciones en la composición espectral de la fuente que ilumina el objeto.

La constancia del color se ve favorecida cuando las fuentes de luz tienen un espectro relativamente uniforme o cuando el objeto nos es familiar. En cambio se ve disminuida cuando las distintas

fuentes con que observamos al objeto presentan grandes discontinuidades espectrales.

La psicología del color tiene gran importancia y aplicabilidad desde el punto de vista arquitectónico. Los colores asociados a objetos o superficies pueden crear efectos de proximidad, lejanía, aumento o reducción de espacios, influir el estado de ánimo de las personas y crear un determinado clima ambiental.

Es usual clasificar los colores desde el punto de vista psicológico según la sensación que producen. Llamamos *cálidos* a los tonos rojos, anaranjados y amarillos y *fríos* a los azules y violetas. La mayor “calidez” o “frialdad” de un color se determina por su mayor tendencia a los tonos que acabamos de mencionar.

Los colores cálidos parecen avanzar hacia el observador y hacen que éste concentre su atención en ellos, mientras que los colores fríos parecen retroceder. Esto se relaciona con los diferentes puntos de la retina en que hacen foco los distintos colores.

Otro efecto diferencial de “movimiento” que se produce entre el amarillo y el azul es el excéntrico - concéntrico. Supongamos que tenemos dos círculos: uno amarillo y otro azul.

Veremos que el amarillo tiende a expandirse hacia el exterior mientras que el azul desarrolla un movimiento concéntrico, retrayéndose.

Al color verde, centro del espectro, se le considera un color de equilibrio físico que da sensación de inmovilidad; no avanza ni retrocede: se anulan los movimientos concéntrico y excéntrico. (figura 2.16).

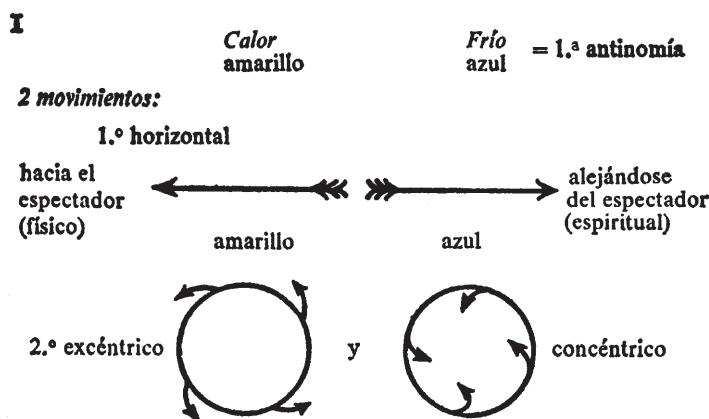


Fig. 2.16 - Esquema de W. Kandinsky. De: "De lo espiritual en el arte" W. Kandinsky.

En general suelen considerarse los colores claros como más *alegres* y los oscuros como más *tristes*. De la misma manera que los colores cálidos resultan más *estimulantes* y *dinamizantes* y los fríos más *sedantes* y *calmantes*.

El mismo amarillo nos aparecerá más cálido (hacia el naranja) si antes de mirarlo hemos observado el cielo azul, y más frío (hacia el verde) si hemos estado mirando una llama o una superficie roja.

Hemos analizado algunos efectos psicológicos del color, sin embargo algunos de estos fenómenos se originan en la fisiología del ojo como es el caso de ***imagen persistente o post-imagen***.

Este fenómeno se manifiesta al mirar fijamente un color durante aproximadamente un minuto; si luego miramos una superficie blanca o negra, el ojo genera una imagen que se sitúa en el color complementario. Los colores complementarios, como veremos más adelante, son aquellos que mezclados aditivamente forman blanco.

Si miramos una superficie roja, la imagen persistente será de color verde-azulado (cian). Esto sucede porque las terminaciones nerviosas de la retina, los conos, están preparadas para recibir cualquiera de los tres colores primarios (rojo, azul y verde). Al mirar fijamente la superficie roja, los receptores del rojo se fatigan y cuando miramos la superficie blanca, en el ojo sólo se estimulan los otros dos tipos de receptores y ocurre una mezcla de verde y azul que formará verde azulado (cian), color complementario del rojo. (figura 2.17).

Una aplicación práctica de este fenómeno es la que encontramos en las salas de cirugía. La vista fijada durante mucho tiempo en el color rojo de la sangre hace que los conos receptores de este color se fatiguen, por lo que el verde azulado es el color elegido para el entorno, a fin de permitir el descanso de los conos fatigados.

Si luego de fijar la vista en un determinado color durante un lapso de tiempo prolongado, miramos una superficie de un color distinto al blanco, el color de la imagen persistente se mezclará con el color de esta superficie. Por ejemplo, si miramos una superficie roja y luego una gris, ésta tomará un tono verdoso.

Existen varios fenómenos relacionados con la imagen persistente, como por ejemplo el llamado "*contraste de reversión*". Al observar durante un minuto una figura formada por círculos de color naranja, tangentes entre sí, siendo los espacios intersticiales de color blanco, la imagen que se forma luego al mirar una superficie blanca es bien diferente. Los espacios dejados por los círculos se ven de color naranja mientras que los círculos se ven de color azulado (figura 2.18).

De la misma manera que hemos estudiado el efecto que tiene la psiquis sobre el color (o para ser más precisos, sobre la percepción de los colores), a continuación analizaremos el posible efecto de los colores sobre la psiquis.

La cromatología estudia estos fenómenos; esta ciencia no solo tiene aplicaciones de tipo terapéutico, sino también resulta invaluable para individualizar, sobre bases científicas, los colores más apropiados para la comunicación de alarma y las señales de seguridad.

Se han realizado numerosos estudios y experimentos a lo largo de los siglos, la luz de color podría producir efectos especiales en el cuerpo. Supuestamente la luz roja estimula el corazón, el color azul podría provocar una parálisis momentánea. Algunos autores enumeran otros efectos fisiológicos del color tales como:

rojo: calorífico, aumenta tensión muscular y presión sanguínea.

naranja: favorece la digestión, acelera las pulsaciones, no tiene efectos sobre la presión sanguínea.

amarillo: estimula para los nervios.

verde: baja la presión sanguínea.

azul: baja la tensión muscular y la presión sanguínea, disminuye el pulso y el ritmo respiratorio.

Esta postura ha sido cuestionada ya que existen infinidad de matices de cada uno de estos colores lo que hace muy relativo su efecto sobre las distintas personas.

La cromatología también estudia las relaciones entre las condiciones exteriores (clima, ambiente) y la aparición de ciertas dolencias o malestares. Aquí una vez más la luz y el color aparecen como elementos fundamentales.



Fig. 2.17 - Imagen persistente

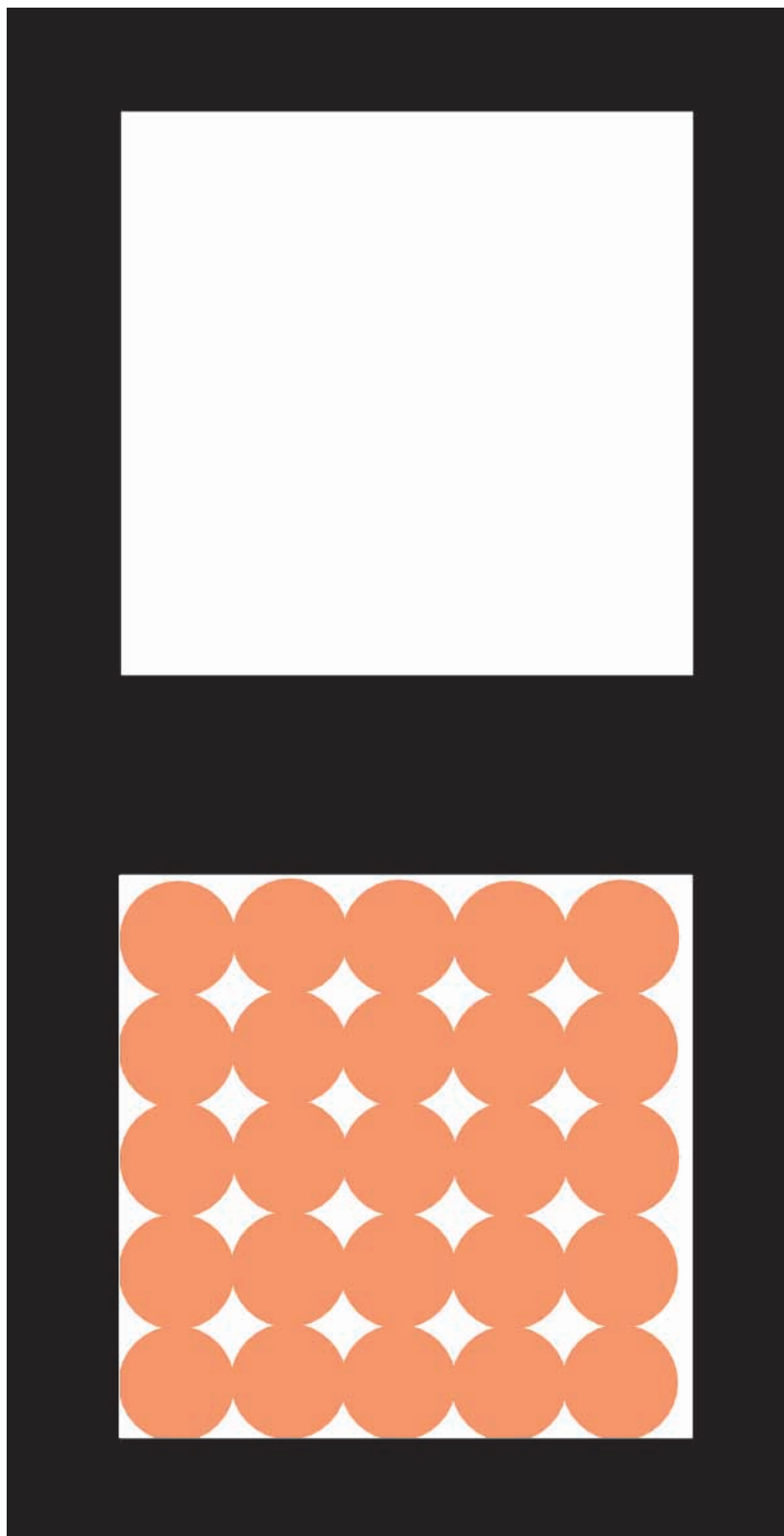


Fig. 2.18 - Contraste de reversión
De «Sobre o tema da cor» J. Alberts y G. Kepes

Un fenómeno descubierto recientemente en *Suecia*, resulta muy interesante en cuanto que permite apreciar en qué medida la luz y el color pueden influir en el comportamiento y en el estado de ánimo.

En invierno cuando las horas diurnas bajan de un mínimo determinado las personas sufrían un síndrome al que se llamó S.A.D. (Seasonally Affective Disorder). Se volvían irritables, estaban siempre cansadas y sufrían depresiones.

Algunas de estas personas empezaron a concurrir al centro médico local para realizar una terapia que consistía en sentarse vestidos totalmente de blanco en una habitación de color blanco cuya iluminación ascendía a 10.000 (!) luxes con luz de espectro similar a la luz diurna. Se constató una notoria mejoría de estas dolencias. (Se piensa que el S.A.D. está relacionado con la glándula pituitaria que controla algunas funciones corporales como por ejemplo el sueño).

3. TEORIA DEL COLOR

3.1. TIPOS DE MEZCLAS: ADITIVA Y SUSTRACTIVA

Cuando la luz incide sobre un objeto de acción selectiva, éste absorbe un porcentaje de la energía recibida, variable según la longitud de onda. La energía, que el objeto refleja o trasmite es menor que la energía incidente. Este decrecimiento de la energía incidente corresponde a un comportamiento *sustractivo*.

Si por ejemplo tenemos dos filtros, ambos con una acción selectiva frente a la luz (uno de ellos azul y el otro amarillo) y los colocamos uno a continuación del otro, el decrecimiento al que hacíamos referencia en el párrafo anterior, se va a producir por la acción sucesiva de ambos materiales. Esta superposición de efectos de carácter sustractivo se llama *mezcla sustractiva* de colores.

Los colores de la mayoría de los objetos de nuestro entorno se forman por un proceso sustractivo. Los pigmentos absorben determinados componentes de la luz blanca que incide sobre ellos, reflejando y/o transmitiendo solo los componentes de la luz que le dan su color característico.

Pero si dos luces de distinta composición espectral son proyectadas sobre una misma superficie, el color resultante de la superposición de dichas luces será la suma de ambos espectros. El ojo no es capaz de separar el color de cada fuente, sólo puede reconocer el color resultante. Este tipo de mezcla de colores se denomina *mezcla aditiva*, ya que el color resultante se obtiene de la adición de varios colores.

Un pigmento azul mezclado con uno amarillo dará verde mientras una luz azul mezclada a una luz amarilla dará blanco. La diferencia se debe al hecho de que, en la mezcla de pigmentos, el fenómeno es *sustractivo* mientras que en la mezcla de luces el fenómeno es *aditivo*.

La suma aditiva del espectro completo de colores constituye la luz blanca. Pero la luz blanca, o de cualquier otro color, también puede producirse mezclando cantidades apropiadas de solo tres de estos colores: *rojo*, *verde* y *azul*, los que se denominan colores *primarios aditivos* ya que a partir de estos tres colores se puede reproducir luz de cualquier color. La suma de los tres primarios aditivos da *blanco* (figura 3.1).

De una manera análoga y por un proceso sustractivo se puede, partiendo de tres colores, reproducir todos los demás. La tríada de colores con que logramos este efecto es la formada por: *cian*, *amarillo* y *magenta*. Son los colores *primarios sustractivos*. La suma de los tres primarios sustractivos da *negro*. (figura 3.2).

La mezcla dos a dos de colores primarios aditivos produce los colores *secundarios aditivos* (figura 3.1). Estos son el cian, el magenta y el amarillo. Procediendo de igual forma obtenemos los *secundarios sustractivos*: rojo, verde y azul (figura 3.2).

Podemos observar, a su vez, que algunas parejas de colores producen luz blanca, por ejemplo azul + amarillo, rojo + azul verdoso (cían), y verde + rojo azulado (magenta). Esta tríada corresponde a un color primario aditivo mezclado con un color secundario aditivo. Estos pares de colores se conocen como *complementarios*. Para los colores de formación sustractiva, la mezcla que aditivamente resulta de color blanco, dará el negro.

Existen diversas aplicaciones del principio de mezcla aditiva de colores, además de la mezcla de luces, tales como la formación de imágenes de la televisión, la impresión en offset o la pintura de la corriente "puntillista".

La mezcla de luces tiene aplicación práctica en la iluminación de escenarios y espectáculos de luz y sonido. Un conocido ejemplo de aplicación es el usado en el "Teatro Negro de Praga"

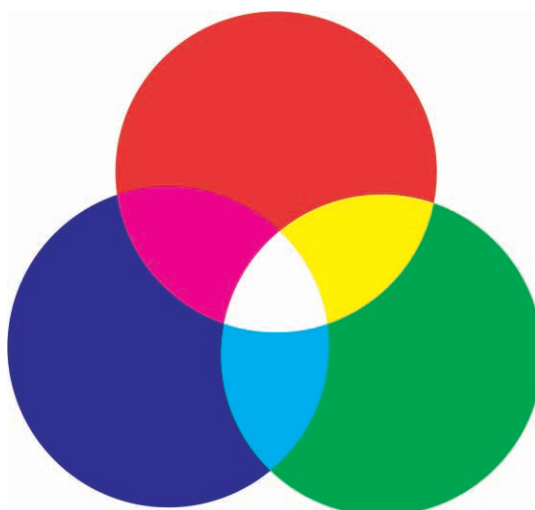
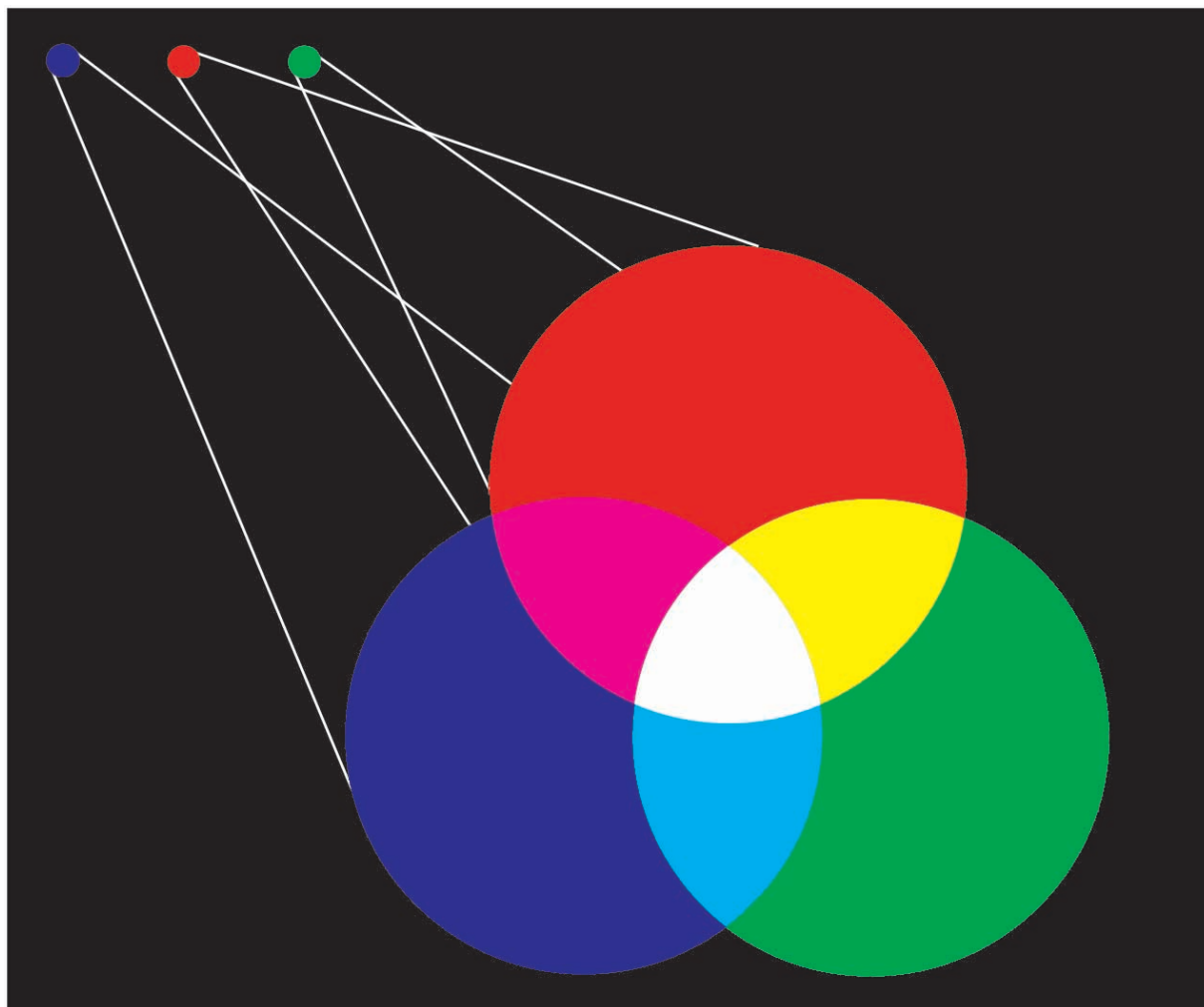


Fig. 3.1 - MEZCLA ADITIVA (De: "El color. Nociones fundamentales." Instituto de Diseño)

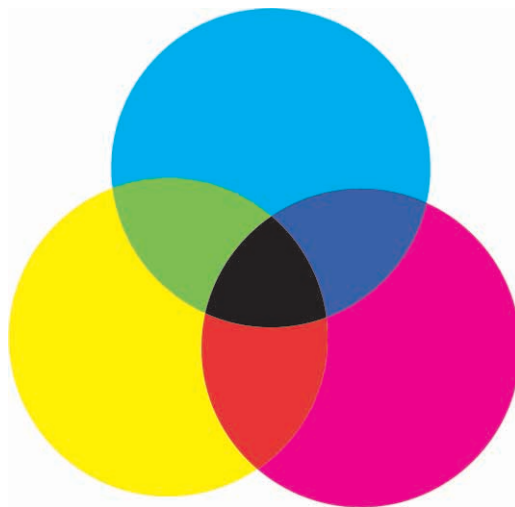
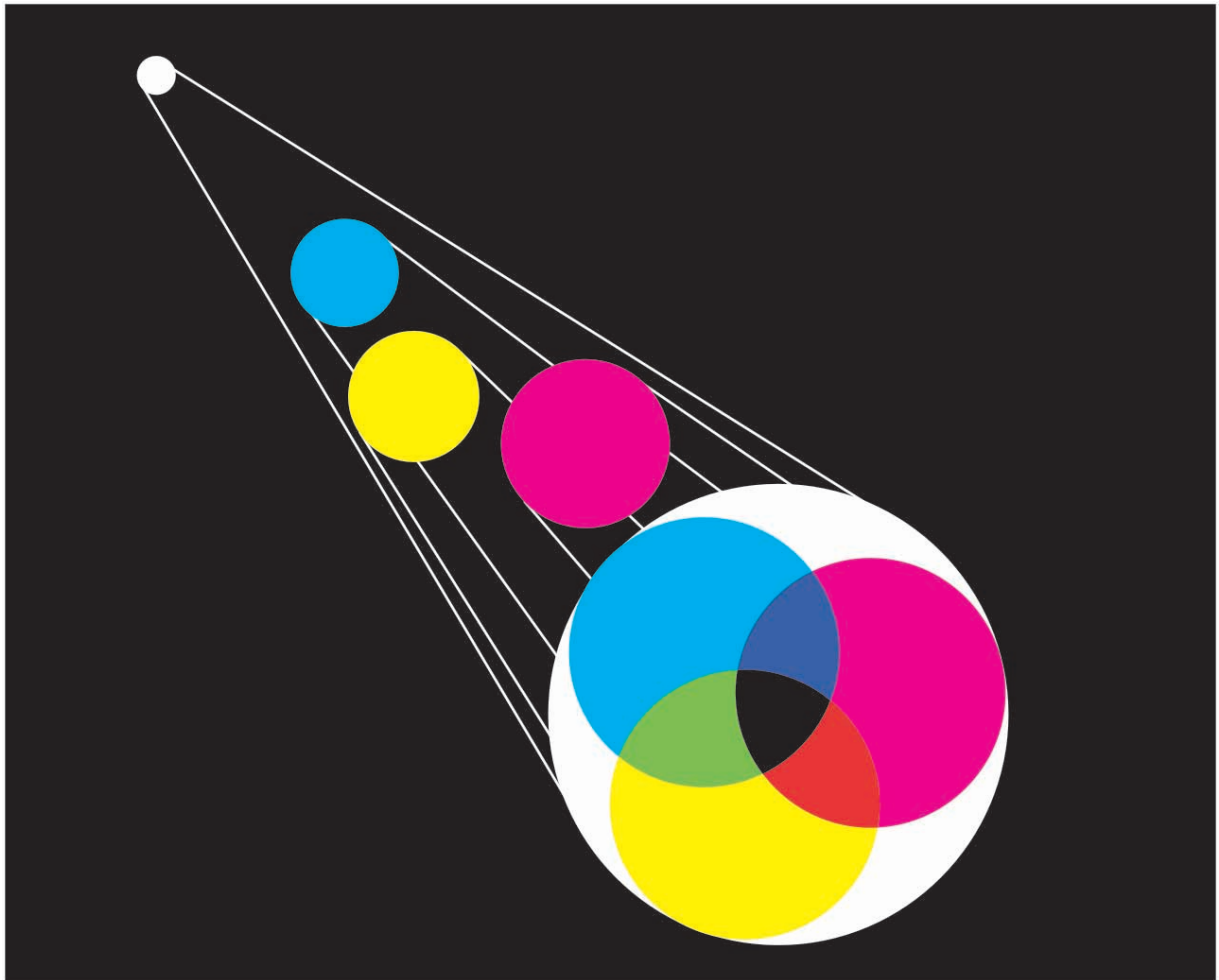


Fig. 3.2 - MEZCLA SUSTRATIVA (De: "El color. Nociones fundamentales." Instituto de Diseño)

El caso de la pintura “puntillista” es por demás interesante. Si observamos detenidamente las obras de esta corriente podremos ver que están formadas por pequeñísimos puntos de distintos colores. Al ser dichos puntos de tan reducido tamaño no son capaces de estimular a los conos para identificar los colores de los puntos por separado. El cerebro mezclará aditivamente los distintos estímulos de color. Si los puntos fueran de los tres colores primarios aditivos veríamos blanco.

Como la mezcla aditiva produce colores más claros se hace necesario incluir cantidades parciales de negro a fin de introducir las necesarias gradaciones de grises; es el caso de la cuatricromía utilizada en la impresión offset.

La televisión en colores es la principal aplicación tecnológica del funcionamiento del órgano de la vista. Tiene como base el negro, oscuridad de la caja del televisor. La señal es transmitida desde tres cámaras y el tubo de imagen tiene tres emisores separados que excitan al mosaico de tres colores (azul, verde y rojo) de puntos de fósforo en la pantalla a los cuales se pone en luminiscencia. La intensidad de estos tres colores se regula de manera continua y la gama de tonos se obtiene por la intensidad relativa de los tres campos de recepción.

En cuanto a la mezcla sustractiva de colores y sus aplicaciones concretas tenemos además de la *mezcla de pigmentos*, la *fotografía en color*.

Como toda síntesis sustractiva con la mezcla de tres filtros se obtienen la totalidad de los colores.

La base de partida es el color blanco, no selectivo, (se refiere por ejemplo, a la luz blanca que es necesaria para proyectar una diapositiva) al que se le superponen los tres filtros de colores primarios (magenta, cian, amarillo). Cada una de estas capas tiene la misión de absorber las radiaciones correspondientes ciertas longitudes de onda. O sea que partiendo de un color blanco se sustrae la parte del espectro que no nos interesa, para transmitir o reflejar el resto.

Por ejemplo, si se elimina el azul de un blanco este quedará amarillo, porque azul + amarillo es igual a blanco; si al blanco le restamos rojo obtendremos cian y si le sustraemos verde, obtendremos magenta. Al pintar una superficie de amarillo estamos sustrayendo el azul del espectro reflejado, etc.

3.2. MODELOS O SISTEMAS DE ANÁLISIS DE COLOR

Los sistemas de medición de colores responden a la necesidad práctica de la industria de especificar los colores con precisión. Surgen entonces estudios de color llevados a cabo por diversos autores, desde Newton, pasando por Goethe, Holzel, Ostwald, Munsell, Itten hasta llegar a las clasificaciones modernas como el Sistema Natural de Colores o a los modelos generativos digitalizados como el Radiance.

Para comprender y representar las relaciones estructurales entre colores primarios, secundarios, etc., se utilizan esquemas gráficos; cada

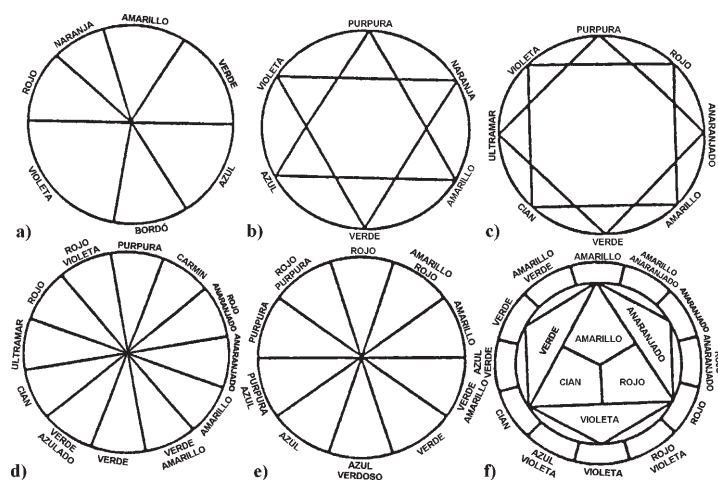


Fig. 3.3: *Círculo Cromático* según diversos autores: a) Newton, b) Goethe, c-d) Hölzel, e) Munsell, f) Itten

autor tiene su propia forma de representación que va desde el círculo cromático (en el plano) (figura 3.3), hasta representaciones tridimensionales.

Una de ellas es la esfera cromática de Itten cuya estructura se desarrolla en planos paralelos entre ellos y planos perpendiculares (meridianos). En los polos opuestos se hallan el blanco y el negro; en el ecuador, los colores del círculo cromático.

La necesidad de catalogar y reproducir colores nos lleva a la definición de parámetros de comparación que varían según el sistema al que nos estemos refiriendo.

Los términos que se utilizan en español para definir las tres variables del color suelen ser:

1) tinte o **tono** (hue, en inglés). Rojo, azul y amarillo son tonos primarios.

2) luminosidad o claridad (lightness, en inglés) o **valor** (value, en inglés): es el atributo o dimensión por el cual un color varía su claridad u oscuridad.

3) **saturación** (saturation, en inglés) o cromaticidad (chroma o chromaticness, en inglés): es el atributo por el cual se define la pureza del color a partir de una base neutral. A medida que se le agrega un pigmento la cromaticidad aumenta hasta que el color satura la base.

“Luminosidad, claridad y **valor** aluden a la misma variable, así como brillo y luminancia, y pueden tomarse como sinónimos entre sí, solo que «valor» suele ser el término usado por los pintores.

Saturación y cromaticidad aluden también a la misma variable y también pueden tomarse como sinónimos entre sí.” (J.L.CAIVANO, Presidente del Grupo Argentino del Color).

En este trabajo se hace referencia a estas variables como: tono, saturación y valor.

El Atlas de Color de Munsell:

Munsell realizó una clasificación sistemática del color que aún hoy se sigue usando. Su teoría se aplica solamente a superficies de color. Su método de notación se basa en la determinación de las tres variables que definen el color: **tono**, **saturación** y **valor** (hue, chroma y value en inglés).

La nomenclatura de cada color puede ser definida según su grado de tono, saturación y valor.

La figura 3.4 muestra un corte esquemático del sólido de colores de Munsell. En este sistema se organizan 100 tonos en una secuencia espectral alrededor del círculo cromático (figura 3.5). Este número resulta de la división de 10 matices (5 principales y 5 intermedios): rojo, amarillo-rojo, amarillo, verde-amarillo, verde, verde-azul, azul, magenta(púrpura)-azul, magenta(púrpura), rojo-magenta(púrpura).

Para identificar el tono se usa su inicial aunque para una especificación más detallada se usa las cifras del 1 al 100 sin la inicial.

Este círculo cromático representa el ecuador del sólido de Munsell.

Su eje vertical central representa los colores que van del blanco (extremo superior) al negro (extremo inferior). Esta variación corresponde al valor. El negro tiene valor 0; el blanco tiene valor 1. Esta variable está directamente relacionada con el coeficiente de reflexión de la superficie. Si V = valor y r coeficiente de reflexión, se tiene: $\rho = V(V-1) / 100$. (Pritchard).

En el plano horizontal el módulo del vector que coincide con el radio indica la saturación del color. Un coeficiente de saturación cero corresponde a un gris puro. Entre 0 y 6 corresponde a colores de baja saturación o “agrisados” mientras que los colores de alta saturación o más “limpios” tienen coeficientes entre 8 y 14.

La notación Munsell para un color determinado sería: Tono Valor / Saturación. Por ejemplo un rojo sería 5R 6/12 (Tono: 5R, Valor: 6, Saturación: 12).

El valor da una indicación del **coeficiente de reflexión**; para el ejemplo anterior:

$V=6 \therefore \rho = 6 \times 6 / 100 = 0,3$ (30%) (Pritchard).

Al crear esquemas de color, el éxito del proyectista depende del correcto conocimiento y manejo del tono, valor y saturación de los colores.

El hecho de que cada color sea perfectamente especificado y que pueda comunicarse mediante un código hace que el sistema Munsell sea una herramienta inestimable para identificar y seleccionar colores. Su uso generalizado por

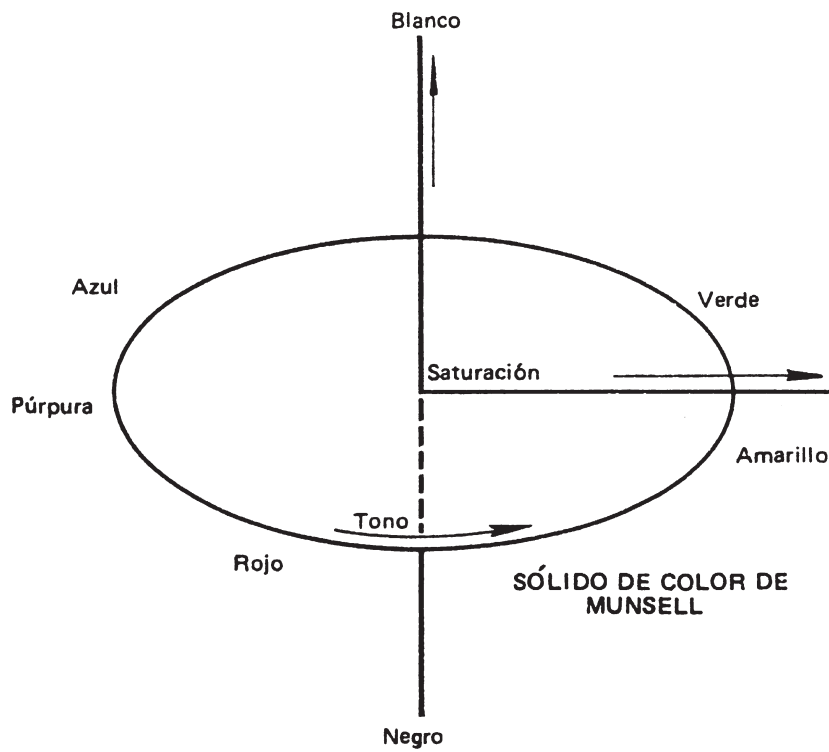
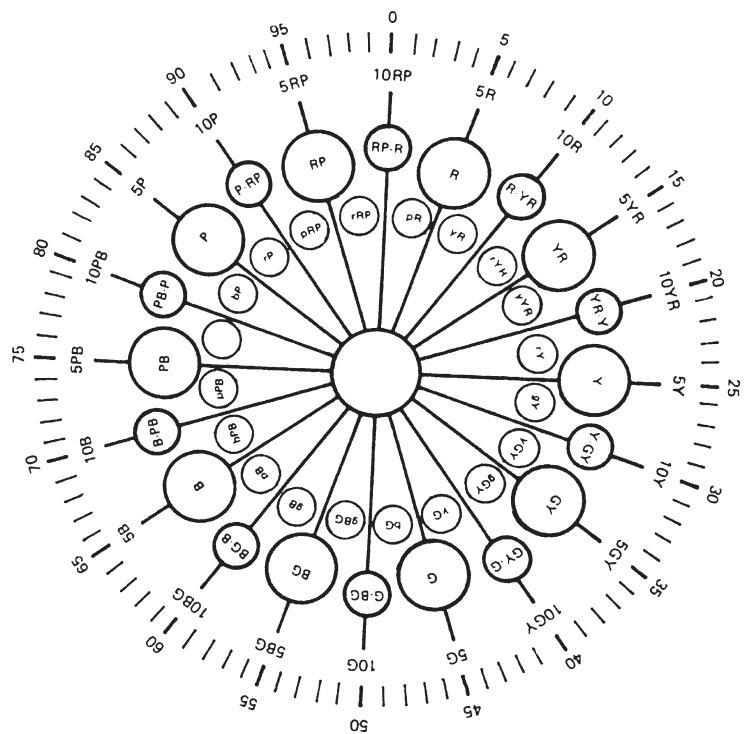


Fig. 3.4 - Esquema del Sólido de Munsell
De: "El color y su medición" R. LOZANO

Fig. 3.5 - Corte horizontal del Sólido de Munsell
De: "El color y su medición" R. LOZANO



decoradores, arquitectos e investigadores así lo demuestra.

El Atlas Munsell se ha adoptado como instrumento de medición por agencias como: *U.S.A. Bureau of Standards*, *Japanese Industrial Standards for Colour* y la *British Standards Institution*. (Tom Porter).

3.3. CONTRASTE DE COLORES

La apariencia de un color es afectada por aquellos que lo rodean o son adyacentes a él. Por eso cuando dos colores son puestos uno al lado del otro se establece inmediatamente una relación entre ellos, que puede ser agradable o no.

La interrelación de colores situados uno junto a otro es conocida como **contraste**. Se pueden producir grandes cambios en tono, saturación o valor, enfatizando el contraste.

El contraste se manifiesta a través de distintos efectos: puede hacer que los colores parezcan más claros, más oscuros; con mayor o menor pureza, que cambien de tono o que combinen algunos de estos efectos.

Si los contornos de las superficies involucradas están bien definidos enfatizarán el contraste en tono y/o saturación mientras que los contornos más difusos tienden a disminuirlo.

El contraste puede ser obtenido de diversas formas:

1. *contraste de valor o luminancias o claridad*: Al yuxtaponer objetos o superficies de distinta luminancia parecerán respectivamente más brillantes o más oscuros que al verlos separadamente.

Un ejemplo de este tipo de contraste se da cuando vemos el mismo valor de gris sobre un fondo blanco o un fondo negro; en el primer caso parecerá "más claro" que en el segundo. (figura 3.6).

2. *contraste de saturación o cromaticidad*. Al yuxtaponer objetos o superficies de color igual en tinte pero de distinta saturación, aparecen con mayor o menor grado de saturación que al verlos separadamente (figura 3.7).

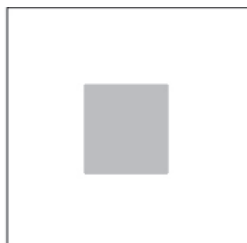
3. *contraste de tinte o tono*: Con un determinado color de fondo puede lograrse satisfactoriamente un cambio de tonalidad en un color dado. Un tono naranja sobre un fondo verde aparecerá más rojizo, pero al cambiar el color del fondo al violeta el mismo tono de naranja aparecerá casi amarillo (figura 3.8).

4. *contraste por complementarios*: Al ser los colores complementarios, estimulamos en la misma medida los tres tipos de conos en la retina (verde, rojo y azul) tal como si estuviéramos mirando el color blanco al cual el ojo está naturalmente ajustado. Cuando un color aparece sobre un fondo cuyo color es complementario al del color en cuestión, la saturación de este color se ve favorecida, ya que la post-imagen del fondo tiene el mismo tono que el del color en cuestión. El efecto máximo se da cuando ambos colores tienen el mismo valor.

5. *contraste simultáneo*: (contraste de valor y/o saturación y/o tono). El contraste simultáneo se refiere a los cambios aparentes de tinte, valor y/o cromaticidad que se generan por los colores adyacentes.

A través del diseño de iluminación podemos lograr efectos de contraste; por ejemplo en un espacio de color azul con bajo nivel de iluminación lograremos un contraste interesante al pintar la pared del fondo de color melón aumentando considerablemente el nivel de iluminación. Al ver un objeto a contraluz aparecerá una diferencia de luminancias considerable entre el fondo y la sombra definida por su silueta. Esta se destacará recortada contra el fondo como una figura plana perdiendo sus características de tridimensionalidad.

Fig. 3.6 - Contraste de claridad o luminancia o valor



más "oscuro" sobre fondo blanco



más "claro" sobre fondo negro

Fig. 3.7 - Contraste de saturación o cromaticidad



más "agrisado" sobre fondo
"más puro" del mismo tono



más "puro" sobre fondo «más
agrisado» del mismo tono

Fig. 3.8 - Contraste de tono



más "amarillento" sobre fondo violeta



más "rojizo" sobre fondo verde

4. COLOR Y ARQUITECTURA

EL COLOR EN INTERIORES

“El objetivo para un proyectista al elegir colores, debe ser lograr un resultado armónico desde el punto de vista estético, así como lograr un ambiente confortable desde el punto de vista lumínico. El color debe contribuir al confort. Tenemos que pensar que los espacios serán habitados por seres humanos, donde trabajarán y vivirán.” (R.Lozano, 1978).

ARMONÍA DE COLORES

Por lo que hemos visto no sólo debemos tener en cuenta un color en particular al diseñar, sino que también debemos considerar factores como la textura y el tipo de iluminación.

Una preocupación recurrente al diseñar con el color es la de establecer las relaciones de **armonía** que nos aseguren un buen resultado final. Una de las dificultades que surgen en este sentido es la que deviene del cambio en los gustos que se producen de generación en generación, según la cultura, la edad, sexo, etc. Por eso es difícil establecer normas para la creación de combinaciones de color. En general se podría decir que la combinación depende del sentido común y del buen gusto, por lo que se pueden variar los principios que enunciaremos a continuación, elaborados a partir de estudios realizados por diversos autores, cuya aplicación no tiene porqué ser rígida sino que tan sólo deben tomarse como guía.

Sería ideal que el arquitecto se familiarizara con alguno de los sistemas de clasificación de colores, sobre todo al sistema Munsell ya que no sólo brinda una clasificación bastante completa de los colores más usuales sino que proporciona valores de reflectancia lumínica.

Para realizar un esquema inicial de diseño debemos tener en cuenta el color propio del material con que está constituido un objeto, superficie o

plano y que no puede modificarse, como pisos de madera, paredes de ladrillo, etc.

Sobre esta base hay que tener en cuenta el área y proporciones del local a diseñar; porque, como vimos, el color produce efectos de proximidad, lejanía, aumento o disminución de longitudes, etc.

Debemos considerar el color con respecto al color de fondo, colores adyacentes y otras texturas que afectarán su apariencia. La calidad de percepción de un objeto varía según su fondo. Si se quiere destacar un color lo más conveniente puede ser darle un fondo neutro que lo realce. Estos principios se pueden aplicar también a texturas. Se puede leer una textura lisa contra una rugosa.

Es recomendable **no usar más de tres tonos** en una misma composición.

A mayor área conviene usar un color más neutro (más agrisado, menos saturado). El área siguiente en tamaño puede tener un color más saturado. En caso de haber un tercer color sería el más saturado de todos y ocupará el área menor.

De acuerdo a lo anterior algunos de los recursos para lograr una armonía de colores pueden ser:

- Variar la saturación y/o valor de un mismo tono.
- Emplear colores complementarios, de tal forma que estimulemos de manera equivalente los receptores sensitivos logrando un equilibrio. Uno de ellos será elegido para el área mayor y tendrá menor saturación que el otro.
- Usar tonos similares y de igual saturación. Se refiere a colores que se vinculan entre sí porque comparten un tono. Por ejemplo, amarillo y verde-amarillo. O bien, dos tonos similares y un tercer tono que sea complementario.

Estas reglas que acabamos de enumerar no pretenden ser exhaustivas. Las posibilidades de combinación de colores es infinita y dependen en último término de la habilidad del diseñador.

Algunos elementos a considerar

Iluminación:

Al diseñar debemos tener en cuenta tanto la luz natural como la artificial. Es importante el tipo de iluminación bajo la cual el color será apreciado tanto en cantidad como en calidad.

Un buen diseño de iluminación debe lograr niveles de iluminación suficientes de acuerdo a los requerimientos específicos de la tarea que vaya a llevarse a cabo en ese lugar y una adecuada relación de luminancias entre las superficies comprendidas en el campo visual.

Se tendrá en cuenta el color de la luz. Por ejemplo, los objetos de color cálido son más agradable a la vista si se iluminan con una lámpara de Temperatura de color baja o sea de apariencia cálida. Si iluminamos objetos de color frío con una luz cálida, ésta tenderá a amortiguar la frialdad de los objetos.

Al iluminar superficies de color éstas actúan a su vez como fuentes secundarias de luz, influenciando los colores del entorno. La calidad de la luz reflejada en el interior depende del color de dichas superficies y de la textura de las mismas. Esto es, una superficie de acabado mate tendrá un efecto difusor mientras que una superficie brillante tendrá una reflexión especular.

Los colores se ven más oscuros y saturados cuando se reflejan en una superficie mate. De la misma manera, un color aparecerá más oscuro y saturado sobre una superficie rugosa que sobre una superficie lisa.

A su vez, en exteriores, iluminando los edificios podemos lograr diferentes efectos combinando luz y color: crear una determinada atmósfera, enviar un mensaje, realzar sutilmente el color del material. O bien lograr efectos dramáticos como en el teatro o en espectáculos de luz y sonido. En este último caso el decorado no existe. Son la luz y el color los encargados de crear los distintos efectos en el espacio y en el tiempo.

Clima ambiental

A través del uso del color podemos colaborar a *crear un determinado clima ambiental*. Esto se relaciona, entre otros factores, con el destino del

local a diseñar; la adecuada elección de colores en locales de trabajo disminuye la fatiga, mejora el estado de ánimo, aumenta la seguridad y la producción.

En lugares de trabajo conviene que las áreas destinadas a tareas donde sea importante la concentración tengan una atmósfera de calma y serenidad mientras que en un jardín de infantes ésta deberá ser excitante y estimulante. Por ejemplo en la sala de espera de un hospital, son apropiados los colores sedantes, mientras que en lugares de esparcimiento, donde se necesita un clima alegre y dinámico, los colores deberán ser estimulantes.

Los ambientes físicamente fríos o cálidos pueden ser contrarrestados tanto con colores, como con una iluminación cálida o fría según el caso. Por lo tanto elegiremos colores cálidos si la temperatura ambiente es baja y colores fríos si la temperatura ambiente es alta.

Los colores fríos o sedantes son adecuados para lugares de trabajo pesado y los colores cálidos se emplean si las actividades que se realizan no requieren gran esfuerzo físico.

También existe una relación del color con la *orientación*: conviene seleccionar colores fríos como el azul para habitaciones expuestas al sol del mediodía y colores cálidos para locales que dan al sur en el hemisferio sur (o al norte en el hemisferio norte).

Saturación

En general podemos decir que los objetos de colores cálidos parecen más grandes, mientras que los objetos de colores fríos parecen más pequeños. Una mayor saturación acentúa estos efectos mientras que un bajo grado de saturación los disminuye.

El Lic. Roberto Lozano en su libro "El color y su medición" hace dos distinciones según la proporción que los colores ocupan en el campo visual:

En grandes áreas que ocupan todo el campo visual:

Saturación elevada + negro = mayor acercamiento, más pequeño.

Saturación elevada + blanco = menor acercamiento, más grande.

De más cerca a más lejos el orden sería:

- 1- cálidos oscuros
- 2- fríos oscuros
- 3- cálidos saturados
- 4- fríos saturados
- 5- cálidos claros
- 6- fríos claros
- 7- blanco

Si el color sólo ocupa una parte pequeña parte del campo visual y se encuentra rodeado de otros colores:

Saturación elevada + negro = aleja el objeto del observador

Saturación elevada + blanco = acerca el objeto al observador

El orden sería el siguiente:

- 1- cálidos saturados
- 2- cálidos claros
- 3- blanco
- 4- fríos claros
- 5- fríos saturados
- 6- cálidos oscuros
- 7- fríos oscuros
- 8- negro

Como hemos visto la componente psicológica en la percepción del color es de vital importancia; conviene evitar, por ejemplo, colores muy saturados en superficies muy extensas. Se sabe que si los colores saturados constituyen la mayor parte del entorno tienen, en períodos prolongados, efectos negativos sobre el organismo humano. Esta incomodidad se ve acentuada si los colores involucrados no son complementarios. Por eso se prefieren los colores claros no saturados: colores pastel, ocre y blanco, para paredes, y en general objetos grandes del entorno inmediato. En cambio si el objeto es pequeño puede tener un alto grado de saturación siempre y cuando no ocupe la mayor parte del entorno inmediato.

Como regla general se podría decir que la saturación de un color deberá ser inversamente proporcional a la parte que ocupe en el campo normal de la visión, tanto en tiempo como en área. Podemos establecer que a **mayor saturación, menor área o menor tiempo.**

Los colores saturados deben usarse con mucho cuidado, especialmente cuando se quiera des-

tacar objetos contra un fondo. No se recomienda usar, en este caso, un color de fondo demasiado saturado. En general si queremos realzar las características de un objeto lo más conveniente es usar un fondo de color claro sin que el contraste de luminancias objeto-fondo sea demasiado acentuado.

Si usamos colores complementarios en una misma composición, éstos se verán más saturados de lo que son en realidad. Por esto cuando los empleamos, conviene que tengan distinto grado de saturación. Es aconsejable que el color de mayor saturación tenga un área menor.

Existe una relación entre color y confort acústico, conviene evitar tonos demasiados saturados en máquinas muy ruidosas así como conviene usar colores fríos cuando el ruido de fondo sea alto.

Contraste:

Cuando el tamaño de un objeto en relación al entorno es muy pequeño, se confundirá con éste si los colores son similares en tono, brillo y saturación. Sin embargo, podemos lograr una clara percepción al modificar alguno de estos parámetros (Ver Contraste).

La percepción del contraste se ve incrementada cuando los colores empleados son complementarios, así como cuanto mayor sea el área que tengan las superficies en cuestión.

“Conviene **augmentar** el contraste cuando: el tiempo de permanencia es corto, el área del local es grande, se quiere lograr un efecto vivo y excitante o las paredes son lisas. Conviene **disminuir** el contraste cuando: el tiempo de permanencia es largo, el área del local es pequeña, se quiere lograr un ambiente tranquilizante o las paredes son texturadas.” (R.Lozano).

EL COLOR EN LA CIUDAD Y EN EL PAISAJE

Si partimos de la arquitectura del siglo XX podemos ver que ha habido una tendencia a desestimar el color.

Una interpretación equivocada del ideal clásico, asociado a la arquitectura de la Antigua Grecia entiende que sólo es posible el color como termi-

nación natural de los materiales. Sin embargo, nada más alejado de la realidad de la época en que obras como el Partenón fueron construidas. El color desempeñaba allí un papel fundamental; teniendo en cuenta que la uniformidad otorgada por un tono homogéneo tendería a confundir las formas individuales de los elementos escultóricos al decrecer la iluminación natural, cada unidad tenía su propio color que jamás se continuaba sobre las demás superficies.

De esta manera las formas podían ser apreciadas independientemente de la variabilidad de las condiciones lumínicas a lo largo del día: "el color cumplía una función de articulación y de énfasis de la forma arquitectónica y escultórica". (Martenssen).

Sin embargo, en el correr de los años se impuso la idea de una clasicidad blanca, monocromática y el hecho de que tanto la escultura como la arquitectura griega hubieran usado color fue visto con horror.

El color, considerado como ornamento, fue sistemáticamente excluido por la vertiente ortodoxa del movimiento moderno. Sólo se admitían los colores propios de los materiales que, en realidad, eran considerados como "no color". Los colores vivos apelaban a los sentidos, lo que contradecía el carácter racional, base filosófica del movimiento moderno. Pero el color se mantuvo vivo gracias a las arquitecturas populares, característica retomada por algunas corrientes arquitectónicas de la década de los 80.

El color en la arquitectura vernácula se debió principalmente al tipo de material utilizado que generalmente provenía del lugar. A modo de ejemplo en algunos pueblos de Inglaterra es común encontrar casas realizadas desde los cimientos hasta el techo con la piedra calcárea que abunda en el lugar. Esto crea una uniformidad edilicia y una armonía cromática entre la estructura artificial y el paisaje. Norberg-Schultz habla del espíritu del lugar.

Hoy en día dicha identidad del lugar parece estar irremediablemente comprometida. La difusión de los nuevos materiales industrializados a partir del cemento armado o de los polímeros plásticos ha universalizado los colores de las ciudades en todo el mundo y ya no evocan el espíritu ambiental.

Sin embargo en muchas ciudades, por ejemplo en ciertas regiones de Italia, se han llevado a cabo planes urbanísticos a fin de proteger las tradiciones de color. En ciertas ciudades los colores de fachada están determinados por los organismos comunitarios a través de la normativa y no se les permite a los ciudadanos pintar las fachadas con colores diferentes a los que ésta prescribe.

En nuestra ciudad, desde fines del siglo XIX, la normativa municipal restringía el uso del color en fachadas al color propio de los materiales de construcción. Hoy en día estos criterios, para áreas protegidas, están en manos de las Comisiones Especiales Permanentes Municipales.

Existen diversos factores que afectan los colores en los asentamientos humanos: las variaciones lumínicas durante el día, las condiciones climáticas y la presencia de colores saturados. Se pueden realizar estudios en diferentes horas del día o en diferentes condiciones climáticas (días lluviosos, soleados, etc.). Un claro ejemplo de las variaciones de color, que un mismo edificio sufre a lo largo del día, lo da la serie de cuadros de la Catedral de Rouen pintada por C. Monet.

Se han realizado diversos experimentos en la búsqueda de comprender determinados efectos:

En Seattle, EE.UU., se llevó a cabo uno de ellos con respecto a las variaciones del color según las condiciones climáticas.

Se fotografió una casa de ladrillo para ver cómo cambia su color según las condiciones meteorológicas. En un día soleado predominan los tonos rojos y anaranjados. Parecen "avanzar" sobre todo cuando contrastan con un color de fondo frío. En cambio, en un día nublado el ladrillo parece más apagado y frío, y parece "retroceder". Los azules en cambio parecen más brillantes y saturados en los días nublados. Colores con componentes en amarillos como por ejemplo el verde, podrían variar entre un verde amarillento o un amarillo verdoso según los cambios lumínicos.

Como mencionamos anteriormente el color cambia de apariencia según el tiempo y el clima. Según algunos autores los colores suaves y agrisados se ven mejor en climas nublados mientras que colores con alto grado de saturación, así como los tonos pastel son recomendados espe-

cialmente para exteriores en climas secos con cielos brillantes.

Otro experimento interesante fue el desarrollado en el curso de Diseño de Arquitectura, en la Universidad de California en Berkeley, EE.UU., sobre como interactúan el contraste de colores y la forma de los edificios, en relación con el entorno construido.

Se estudió el caso de la torre de la *Grand Central Station* en Nueva York ubicada al término de un eje definido por una avenida rodeada de edificios en altura. Esto fue alterado cuando en la década del 60 se construyó la Torre de *Panam* que pasó a captar la atención de la avenida.

Para restituir a la *Grand Central Station* su antigua situación de punto focal se pintó a este edificio de un color más cálido que cumple la doble función de contrastar con la torre de *Panam* y de “avanzar” espacialmente.

También se llevaron a cabo experimentos relacionados con la posibilidad de utilizar los efectos espaciales del color para crear ilusiones ópticas en formas tridimensionales. Se puede jugar en la elección del color para un edificio, con las ilusiones ópticas que este generará en relación con su entorno (que puede ser natural o densamente urbano).

En este último caso si pintamos el edificio de azul parece retroceder y si lo hacemos de amarillo parece avanzar. Pero también debemos tener en cuenta el color de los edificios del entorno. Puede ser que tengan todos ellos un color uniforme; si quisiéramos mimetizarnos deberíamos elegir el mismo color para el edificio. De ese modo pasará desapercibido. Debemos tener mucho cuidado cuando utilizamos la mimesis como recurso compositivo ya que, como veremos más adelante, podemos lograr el efecto contrario al deseado.

Por otra parte, en lo que respecta al estudio del color en el entorno, una consideración interesante es la casi total ausencia de experiencia en el uso del color en contextos extra urbanos.

La percepción visual del paisaje es un tema extremadamente complejo; la distancia, la luz y la

atmósfera juegan su parte transformando la percepción de esos mismos colores.

En el paisaje los objetos tienden a perder su claridad material, a la distancia el color deja de ser un acabado superficial para adquirir su propia autonomía.

En los últimos dos siglos la tendencia en el diseño de paisaje ha considerado cada vez más el color como un elemento de composición. Las intervenciones de color en el paisaje pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: colores de la naturaleza y colores artificiales aplicados a estructuras nuevas.

Muchas veces se elige la *mimesis* como estrategia de diseño, buscando que la nueva estructura se integre a su entorno. Pero en algunos casos este recurso no logra producir el efecto deseado. Por ejemplo si pretendiéramos camuflar en un entorno rural grandes estructuras, pintándolas de verde, no sólo no lo lograríamos sino que produciríamos un efecto desagradable.

Áreas muy grandes pintadas de un color muy saturado no son adecuadas. Para el caso de la *mimesis* deben estudiarse los colores del entorno, tanto natural como artificial, siendo lo más adecuado la utilización de uno o varios colores de bajo índice de saturación. Para reducir el impacto visual de grandes superficies monocromáticas se recomienda la utilización de varios colores, preferentemente complementarios y con un bajo índice de saturación.

Si tenemos una estructura muy repetitiva (como un conjunto de antenas) resultaría monótono si pintáramos todos los elementos de un mismo color. Algún elemento se puede pintar de tonos saturados y brillantes para captar la atención, distrayéndola de los otros elementos pintados de colores menos saturados y agrisados.

En todos los casos hay que reflexionar sobre la manera más adecuada de intervenir con el color de acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar. El color juega un rol fundamental en el espacio urbano donde el hombre vivirá y se realizará como ser individual y social.

5. BIBLIOGRAFÍA

- J. ITTEN. Arte del color - Editorial Bouret, París.
- R. EVANS. An introduction to color - John Wiley & Sons, Inc., 1948.
- E. JACOBSON. Basic color - P. Theobald, Chicago, 1948.
- W. KANDINSKY. De lo espiritual en el arte - Galatea Nueva Visión, Buenos Aires, 1957.
- J. MARTIENSSEN. La idea de espacio en la arquitectura griega... - Nueva Visión, Buenos Aires, 1958.
- NATIONAL BUILDING RESEARCH INSTITUTE. Colour and the Child - South African Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, 1959.
- M. DERIBERÉ. La couleur dans les activités humaines, De. DUNOD, París, 1962.
- BURNHAM, HANES, BARTLESON. Color: a guide to basic facts and concepts - John Wiley & Sons, Inc., 1963.
- INSTITUTO DE DISEÑO. El Color. Nociones Fundamentales - Facultad de Arquitectura. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 1965
- R.L. GREGORY. Eye and brain, the psychology of seeing - World University Library, London, 1966.
- A.C. HARDY. Colour in architecture - Leonard Hill, Londres, 1967.
- D.C. PRITCHARD. Lighting - Longman Group Ltd., Londres, 1969.
- PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN. Manual de Alumbrado - Holanda
- Textos de ALBERS y KEPES. Sobre o tema da cor - Universidade de Sao Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1975.
- R. LOZANO. El color y su medición - Editorial AmericaLee, 1978.
- J. ALBERS. Interacción del color - Alianza Editorial S.A., 1979.
- H. KÜPPERS. Fundamentos de la teoría de los colores - G. Gili, Barcelona, 1985.
- W. WONG. Principios del diseño en color - Editorial G.G., 1988.
- DI FABIO, COUSILLAS, CORALLO. Apuntes de Iluminación - Cátedra de Acondicionamiento Lumínico y Eléctrico, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Montevideo, 1992.
- J. CAGE. Color y cultura. La práctica y el significado del color de la Antigüedad a la Abstracción - G.Gili, 1993.
- R. SERRA FLORENSA. "Les energies a l'arquitectura" Quaderns d'Arquitectes. Ediciones UPC. Barcelona, 1993.
- M.C.GIRARDIN. Iluminación, Edición del Servicio Coordinador de Publicaciones, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, 1997.
- Artículos y Revistas**
- VILLE GIARDINI. Architettura e colore - Nº 303, Mayo 1995.
- I.L.R. (Revista Internacional de Luminotecnia). Luz y color - 1 / 1994.
- OTTAGONO, 30. Nº 117. Dic./feb. 1995-96.
- ARCHITECTURAL DESIGN. Colour in architecture - Vol. 66. Nº 3/4. 1996.
- CONTRACT DESIGN, 37. Nº 1 (enero 1995).
- CONTRACT DESIGN, 37. Nº 4 (abril 1995).
- INTERIOR DESIGN, 65. Nº 5 (abril 1994).