

CAPITULO II

CONOZCAMOS AL COLOR

2.1 Definiciones y bases

Todos tenemos una idea acerca de la naturaleza del color. Sin embargo tendríamos dificultades para decir qué es. Será muy conveniente comenzar definiendo, con la misma sencillez que siempre emplearemos, qué entendemos por color.

Evidentemente es una sensación visual y por decirlo así comenzamos. Pero las sensaciones visuales, es decir todo lo que vemos, tienen forma y ocupan una determinada posición en el espacio que abarca nuestra vista. Pero tanto la forma como el espacio son totalmente independientes del color, y en consecuencia ya tenemos las palabras para armar la frase que nos permitirá explicar, a quién nos lo pregunte, qué es el color. Simplemente diga que el color es una sensación visual, independiente de la forma y posición de los objetos desde los cuales llega a nosotros.

A continuación nos interesa saber de dónde sale, o cuál es su origen. Esto es un poco más complicado, pero igualmente resultará sencillo llegar a tener ideas claras.

Todos hemos visto alguna vez al arco iris y también más de una vez habremos visto manifestaciones similares, por ejemplo cuando la luz del sol incide sobre algunos objetos total o parcialmente transparentes. Por ejemplo con algunos trozos de vidrio.

Pero se puede hacer una experiencia que es conocida por todos quienes estudiaron elementos de física (Fig. 2-1).

Hacemos llegar la luz solar a una de las caras un prisma de cristal, y observamos que la luz saliente por la otra cara del prisma se compone de

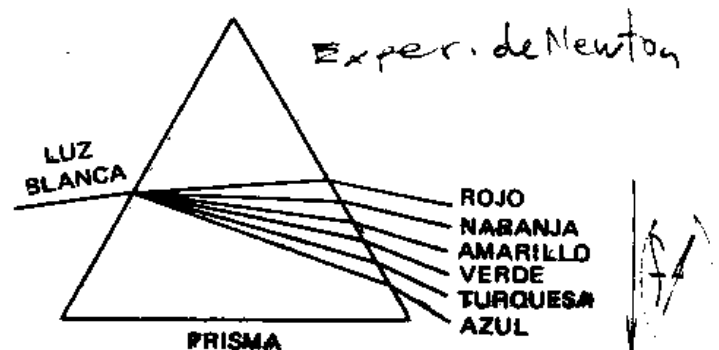
una serie de franjas de color, exactamente iguales en su colorido a las del arco iris. Este es el llamado experimento de Newton.

Los colores que más fácilmente distinguimos son el rojo, anaranjado, amarillo, verde, turquesa (o verde azulado) y azul. Con más atención el observador llegará a ver tonalidades intermedias ya que en ningún caso existe una separación definida entre las franjas, y por el contrario, las transiciones de uno a otro color son muy suaves, graduales.

¿Cuál sería la enseñanza de esta experiencia y qué agrega a nuestros conocimientos? Nos dice que todos los colores que vemos saliendo del prisma se encuentran en la luz solar; pero no nos dice nada respecto a la existencia de otros colores que nuestra experiencia diaria nos permite comprobar.

Sin embargo nos ha dado un punto de partida que inteligentemente estudiado, puede constituir el primero de una serie de pasos interesan-

Fig. 2-1 Experiencia de la dispersión de la luz, punto de partida para el estudio del color.



tísimos. Por ejemplo, viendo lo que ocurre si procedemos al revés y tratamos de obtener luz blanca (por ahora sinónimo de luz solar), a partir de todos o algunos de los colores que se dispersan con la experiencia del prisma. Veamos los resultados y cómo tenemos que proceder si también nosotros deseamos experimentar en este mundo tan interesante de los colores.

Ya que los colores extremos que emergían del prisma eran el rojo y el azul, tratemos de ver cuáles son los resultados de mezclar luces de ambos colores. Para ello nos valdríamos de 2 proyectores de color que podrían ser simples linternas enfocables con un filtro de color interpuesto.

Los filtros de color son trozos de vidrio de buena calidad, del color en cuestión, o bien dos trozos de vidrio claro que aprisionan un plástico transparente, siempre del color que distingue al filtro. Lo cierto es que si tenemos o fabricamos filtros de color y los colocamos delante de las linternas, tenemos proyectores adecuados para nuestras necesidades experimentales. Mezcleemos entonces las luces que nos brindan estos proyectores y para ello los hacemos incidir con sus luces sobre una pantalla blanca. Fig. 2-2.

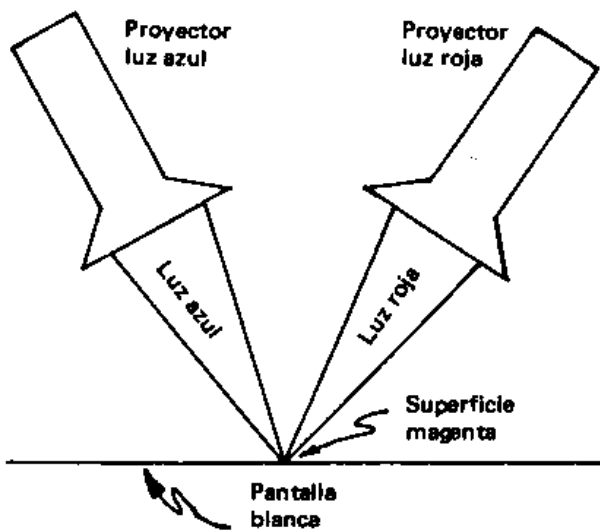


Fig. 2-2 Con proyectores muy simples, linternas con un filtro adosado, pueden realizarse experiencias muy interesantes. Mediante el ejemplo representado pueden obtenerse distintos matices purpúreos.

Obtendremos un nuevo color, hasta ahora no logrado, puesto que no figuraba entre los colores dispersados por el prisma. Vulgarmente a este color se lo denomina fucsia (ya que es el color típico de la flor de ese nombre) pero como de ahora en más nos habituaremos a las designaciones empleadas en colorimetría, le daremos el nombre correcto: magenta. (BORDO)

Para obtener el magenta ambas linternas sumi-

nistraban muy aproximadamente la misma cantidad de luz, pero ahora queremos ver qué sucede si aumentamos la intensidad de uno de los proyectores, mientras disminuimos la del otro, procurando mantener entre los 2 la misma intensidad de luz total. Por ejemplo, acercamos la fuente de luz roja, y alejamos la fuente de luz azul.

El color que habíamos obtenido, el magenta, se irá enrojeciendo cada vez más y cuando hayamos alejado mucho la luz azul, a la vez que acercado considerablemente la roja, el color que veremos sobre la pantalla blanca, será naturalmente el rojo. Pero igualmente podríamos haber procedido al revés. Desde el centro, allí donde las dos luces iluminaban la pantalla por partes iguales y obteníamos el magenta, podríamos haber comenzado a acercar la luz azul, y simultáneamente a alejar la roja.

Ya se imagina Ud lo que sucederá entonces. El magenta se va azulando, y si continuamos con el alejamiento de una y el aproximamiento de la otra, terminaremos por ver en la pantalla una luz totalmente azul.

Todos los tonos que hemos obtenido entre ambos extremos, rojo y azul reciben un nombre genérico. Se los denomina púrpuras, y tienen gran importancia práctica.

La experiencia que hemos descripto es realmente muy interesante puesto que hemos obtenido nuevos colores, pero por cierto ayuda poco a nuestros propósitos de poder hacer una composición de los colores, es decir tratar de obtener todos a partir de unos pocos. Pero podemos decir que estamos en camino del éxito, sólo que habrá que introducir un color más, o para el caso nuestro, trabajar con un tercer proyector el cual deberá iluminar con luz verde. Ya sabemos cómo podemos conseguirlo por medio de una linterna enfocable y un filtro de color, obviamente, verde.

Comenzamos nuevamente las experiencias pero ahora trabajaremos con la luz roja utilizada anteriormente y con la nueva fuente de luz verde. El procedimiento comienza proyectando ambas luces sobre la misma zona de la pantalla.

Nuestra alegría ante el resultado se justifica, pues con el procedimiento descripto obtenemos el color amarillo. Uno de los colores del arco iris o de la experiencia del prisma.

Pero no nos detenemos, y nuevamente alejamos la luz verde mientras a la vez acercamos la roja y nuestro amarillo se enrojece hasta llegar a ser un franco anaranjado. Otro color más del espectro que hemos logrado. Decimos color del espectro porque nuestros progresos nos autorizan a emplear el lenguaje de la técnica, y efectivamente los colores del arco iris y de la experiencia de dispersión con el prisma, se denominan colores del espectro, o también: espectrales.

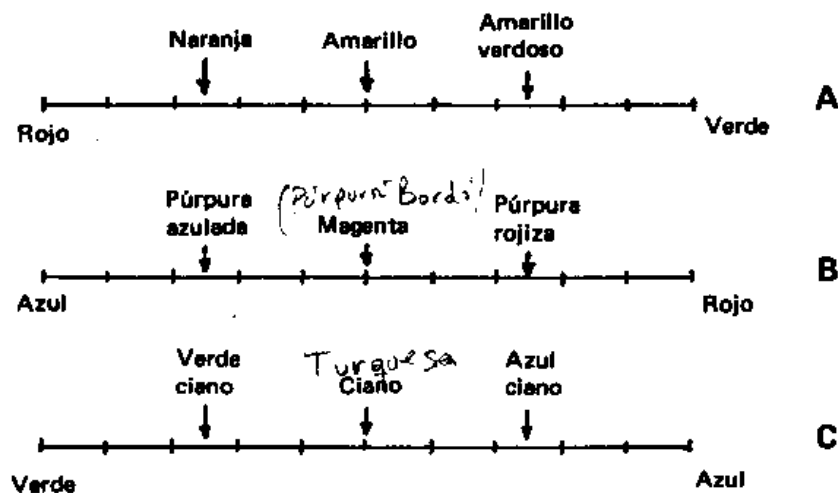


Fig. 23 Forma práctica de recordar los matices obtenidos con 2 proyectores.

Si siguiendo con la experiencia, siempre partiendo del centro, procedamos en sentido inverso acercando la luz verde y alejando la roja. El amarillo que habíamos obtenido se hace verdoso y llegaremos a un punto en el cual la luz roja ya no tiene casi efectos, y si en cambio los tiene la luz verde que domina en forma absoluta. Obtenemos así dicho color verde, de la misma forma que antes, con la luz verde alejada y muy próxima la roja, también habíamos llegado a obtener color rojo en forma exclusiva.

Ahora apaguemos la linterna roja. Trabajemos con la azul y la verde, iluminando con igual participación de ambas, una zona de la pantalla blanca. Seguirán las alegrías debido a que sintetizamos otro color espectral: el llamado verde turquesa que es una mezcla por mitades de azul y verde. Pero de ahora en más a este color lo llamaremos ciano. Ya imaginará por qué. Efectivamente, es el nombre que se da al turquesa en colorimetría.

Si la experiencia se completa observando lo que sucede con desiguales contribuciones de una fuente de luz respecto a la otra, veremos que el ciano puede tornarse gradualmente más y más azulado, hasta terminar en azul. O por el contrario, podría pasar a ser cada vez más verdoso, hasta terminar en verde.

Cuando no queremos olvidarnos de algo, lo mejor es anotar. Y de ninguna forma tenemos que olvidar lo obtenido, de manera que nos dedicamos a anotar. La dificultad es que no sabemos cómo hacerlo, pero lo aprenderemos de inmediato.

Tracemos una línea recta de unos 10 centímetros y dividámosla en 10 partes iguales. Anotemos en sus extremos los colores con los cuales hemos trabajado en alguna de las 3 experiencias que hemos hecho. Por ejemplo: rojo y verde.

El centro de la recta será el lugar indicado para anotar el color que resultaba de iluminar con am-

bas fuentes de luz desde la misma distancia. Por consiguiente en el centro anotamos amarillo. Cuando aproximábamos la linterna roja y alejábamos la amarilla habíamos obtenido el color anaranjado. Por lo tanto, entre el amarillo y el rojo vamos a anotar dicho color, pero también le haremos un pequeño cambio de denominación pues nos conviene anotarlo como naranja. La razón es que tanto amarillo como anaranjado comienzan con la misma letra y llegará un momento que trabajaremos con las iniciales. Es cierto que el anaranjado es un color y la naranja una fruta, pero las razones prácticas son más fuertes para nosotros, que las gramaticales. Justificamos así el empleo de la N como inicial.

Volvemos nuevamente a la recta de 10 centímetros y a mitad de camino entre el amarillo y el verde anotamos amarillo verdoso ya que éste era el color que correspondía cuando con estas 2 luces, teníamos la verde más próxima a la pantalla. De cualquier forma, en la fig. 23 tenemos el dibujo correcto, tal como lo muestra la vista A.

Siempre en la misma figura, en las vistas B y C anotamos los resultados de las otras 2 experiencias, y todo queda perfectamente claro.

A un gran físico (Maxwell) se le ocurrió hacer un triángulo con estas 3 líneas, y la idea que parece tan simple adquiere un valor enorme. Fig. 24

Observe que el triángulo se forma con las mismas líneas que antes habíamos dibujado en forma separada, pero los resultados ahora son mucho más importantes. Tanto, que nos permitirán trabajar con las 3 fuentes de luz a la vez, y anotar todos los resultados para así obtener todos los colores prácticos. Se asombrará de ver cómo ocurren las nuevas mezclas con 3 colores.

Reanudamos nuestro trabajo volviendo a obtener el amarillo por medio de iguales cantidades de luz roja y verde, proyectadas sobre una pantalla blanca, y dejamos ambas luces en la posición ade-

Triángulo de MAXWELL

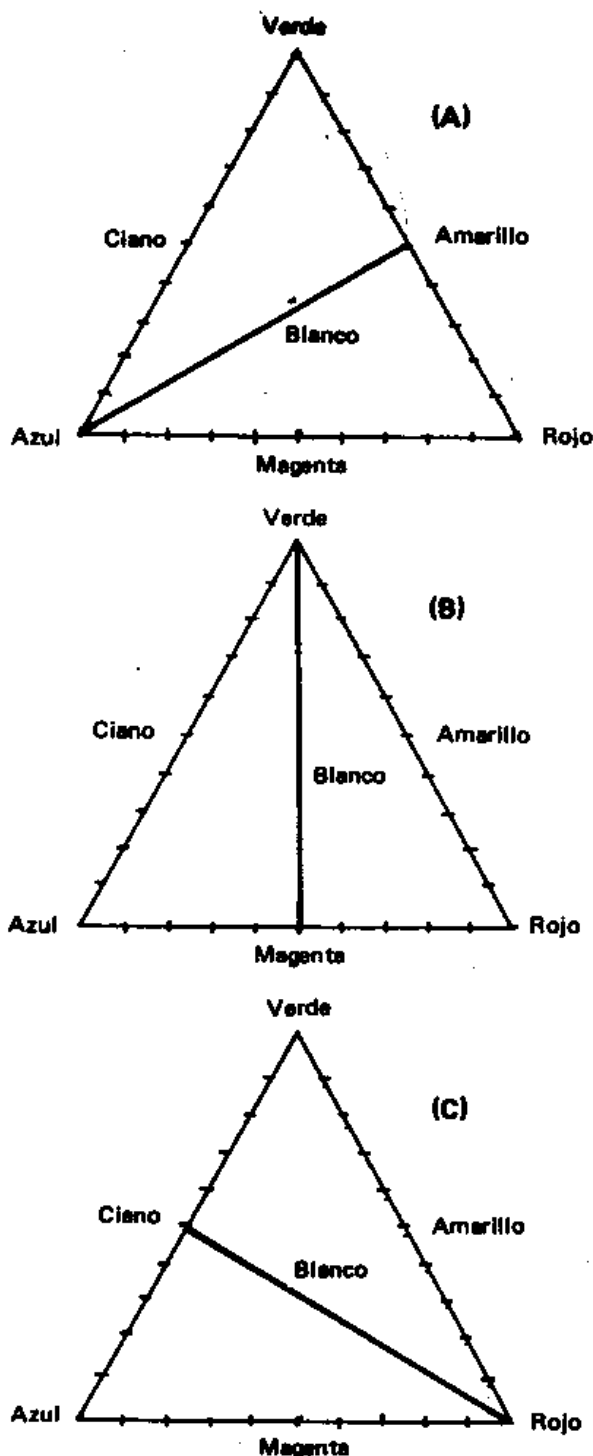


Fig. 2-4 Representación de los colores mediante triángulos en cuyos vértices disponemos los primarios.

cuada para ello. Ahora encendamos la luz azul y el resultado será que de la mezcla de las 3 luces surge luz blanca. ¡Igual resultado al que obtendríamos sin los filtros, en lo que al color de la luz se refiere!

Esto es tan importante que lo anotaremos de inmediato, pero siempre marcando sobre una recta todo lo que nos va apareciendo. Recordemos que el blanco resulta de una contribución más o menos

pareja de las 3 fuentes de luz. Si alejábamos a la vez el par de lámparas que nos permitía obtener el amarillo, éste color no cambiaba, pero sí comenzaba a perder importancia frente al azul, cuya iluminación iba en aumento sobre la pantalla. El color resultante se va modificando, tornándose más claro hasta llegar al blanco cuando la contribución de las 3 luces está equilibrada.

Si debilitamos más al amarillo y a la vez aumentamos la contribución del azul, la luz blanca que habíamos logrado, se va azulando y llegamos a tener un celeste perfectamente definido, y que finalmente termina en azul, cuando la fuente de dicho color sea la clara dominadora de la situación. La forma de anotar todo esto se da a ver en la fig. 2-4, vista A. En la misma figura vemos los otros dos casos posibles.

Por ejemplo en la vista B se aprecia lo que ocurre si comenzamos con las luces rojas y azul hasta obtener el color magenta, y una vez logrado éste, comenzamos a iluminar con luz verde. Nuevamente los resultados obtenidos cuando las 3 fuentes de luz están igualmente activas en lo que a la iluminación de una zona de la pantalla blanca se refiere, son similares. Si lo piensa un poco, no es posible obtener resultados diferentes a los que habíamos obtenido antes con amarillo y azul, por la muy simple razón de que entonces, igual que ahora, teníamos las 3 fuentes de luz contribuyendo casi por igual. Si antes obteníamos blanco, por supuesto ahora lo obtendremos también.

Lo que cambia, son los colores que se obtienen si debilitamos el magenta y aumentamos el verde o viceversa. La recta que agregamos en la vista B nos muestra todo.

El tercero de los casos sería el que resulta de trabajar primeramente con verde y azul hasta lograr el ciano, para de inmediato aplicar progresivamente rojo. Es otro de los caminos para llegar a la luz blanca y por medio de la recta que apreciamos en la vista C, siempre de la figura 2-4, representamos los resultados obtenidos.

Desde ahora para nosotros existen 6 colores que serán de gran valor para nuestro conocimiento de la televisión en color. Tres de dichos colores son los que teníamos en las fuentes de luz: rojo verde y azul. Como de ellos resultan todos los demás, los llamaremos colores primarios.

Los otros 3 colores importantes que completan los 6, son aquellos que al ser mezclados con los primarios daban por resultado el blanco. A estos colores se los denomina complementarios de los primarios. Así el amarillo es el complementario del azul, el ciano lo es del rojo y el magenta del verde.

En la fig. 2-5 dibujamos el mismo triángulo pero ahora lo dividimos en zonas para mostrar todos

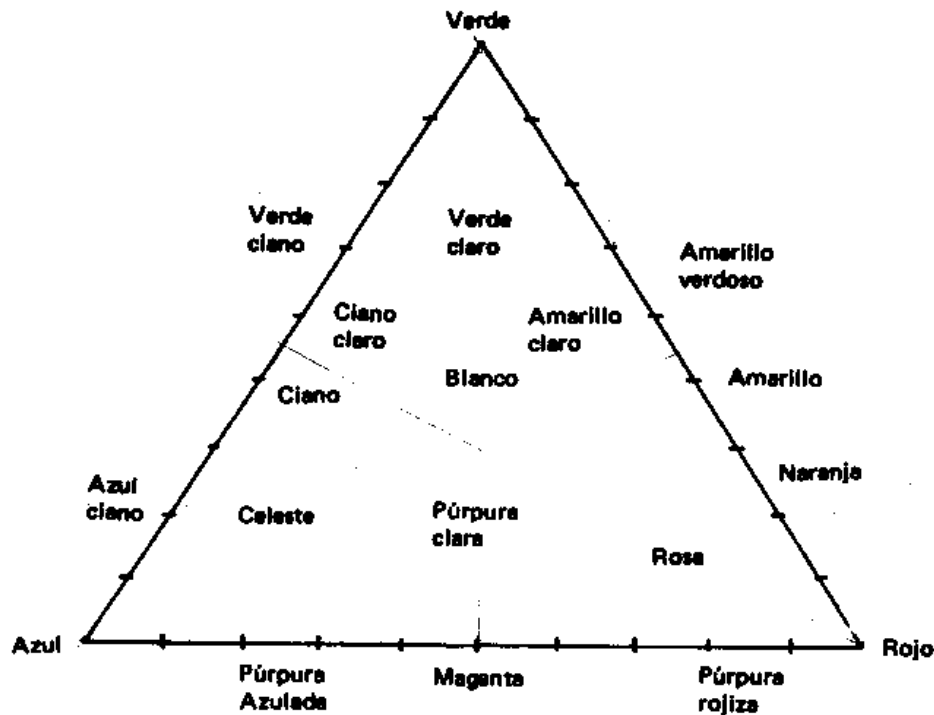


Fig. 2-5 La representación con ayuda de un triángulo permite representar todos los colores obtenidos en su interior.

los colores que es posible obtener, modificando las luces e los 3 primarios, en lo que a su intensidad se refiere.

Están todos los colores de importancia práctica y con ayuda de los mismos podríamos obtener imágenes similares a las que conocemos del cine en color o que resultan de proyectar diapositivos.

2.2 La importancia del ojo en el estudio del color

Hemos progresado mucho en nuestros conocimientos sobre el color y esto que ahora sabemos merece complementarse con algunas nociones acerca del comportamiento del ojo humano. Sin estas nuevas nociones quedarían sin explicar muchas cosas.

Para comenzar a estudiar el comportamiento del ojo es muy conveniente analizar el funcionamiento de una cámara oscura, origen de las cámaras fotográficas actuales. Fig. 2-6.

Efectivamente, como su nombre lo indica, se trata de una cámara oscura, ya que la única luz que en ella puede penetrar lo hace a través de un orificio pequeño.

Las paredes de esta cámara deben ser negras, de un negro bien opaco (negro mate) para que la poca luz que penetra por el agujerito no experimente reflexiones en el interior de la cámara. El negro mate las absorbe, a todas y no refleja prácticamente nada.

Si en la cara opuesta a la que tiene la pequeña perforación colocamos un vidrio despolido y miramos desde atrás, aparece una imagen de los objetos que la cámara "ve".

Cuanto más pequeño es el agujero más definidas son las imágenes, pero a la vez menor es la cantidad de luz que entra y menor resulta en consecuencia la luminosidad de la imagen formada sobre el cristal despolido. La óptica moderna ha solucionado este problema colocando una lente delante de la abertura. Así es posible concentrar mucha luz sin perder nitidez en las imágenes.

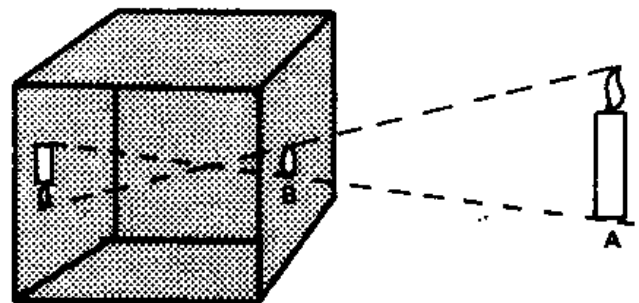


Fig. 2-6 La llamada cámara oscura constituye el fundamento de las cámaras fotográficas y presenta analogías con el funcionamiento del ojo humano.

Además las cámaras fotográficas tienen un dispositivo, denominado diafragma, que permite agrandar o achicar el agujero de entrada, de acuerdo con la luz que tiene la escena a fotografiar. Lo in-

interesante es que el ojo funciona en forma muy similar. Veamos cómo. (Fig. 2-7.)

Lo que damos a ver en dicha figura es un corte del ojo y de tal forma poder estudiar su interior. Todas las paredes internas del globo ocular son oscuras debido a un revestimiento llamado coroides, y que solo se interrumpe en lo que sería en el ojo, el orificio por donde penetra la luz. La membrana transparente que existe en la parte delantera del ojo, siempre en el camino de la luz, se denomina cornea, y detrás de ella, luego del llamado humor acuoso, encontramos al iris.

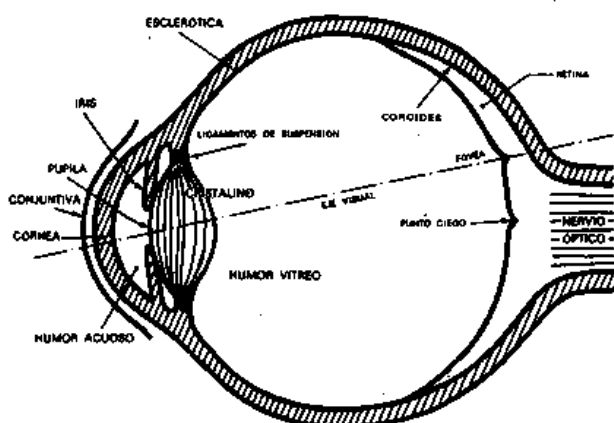


Fig. 2-7. Corte del ojo humano mostrando sus órganos principales.

Esta es la parte coloreada del ojo, pero no por ello está para adorno. Se contrae o se dilata de acuerdo con la luz que el ojo recibe y por este medio es posible abrir o cerrar el orificio de entrada, de manera que al interior del ojo llegue la cantidad de luz más adecuada para su funcionamiento. En ambientes poco iluminados, la entrada del ojo se dilata y éste capta toda la luz posible. Si repentinamente pasamos a recibir mucha luz, experimentamos una sensación muy desagradable que sólo desaparecerá por completo cuando se produzca la reacción del iris, y éste reduzca la abertura para entrada de la luz de acuerdo con las nuevas condiciones.

Si las cosas ocurrieron en sentido opuesto, igualmente tenemos dificultades. Por ejemplo cuando, viniendo de una calle muy luminosa, entramos en un recinto poco iluminado. No vemos casi nada y ello es consecuencia que el ojo viene acomodado para las condiciones de mucha luz y ahora debe adaptarse a la casi oscuridad; dilatando la abertura de entrada lo que demora bastante. Después de producida la dilatación, nuevamente volveremos a distinguir algunas cosas de acuerdo con el nivel

de luz que tengamos, pero siempre mucho más que al entrar, en las condiciones expresadas.

Así como en la cámara fotográfica la luz proveniente de la imagen llega a una película adecuada para el proceso fotográfico, también en el ojo la luz llega a un tejido sensible a la luz. Es el tejido de la retina, la que a su vez a través del nervio óptico lleva al cerebro la información correspondiente a las sensaciones visuales.

El tejido de la retina tiene dos clases de células sensibles, que se denominan conos y bastoncitos, cuyo comportamiento ante el color es bien diferente.

Los conos están activos cuando la iluminación es más que moderada, lo cual significa que se excitan cuando les llega bastante luz. Proporcionan una visión muy definida, nítida y con colores. Las otras células de la retina, los bastoncitos, se activan con intensidades minúsculas de luz, y ello las hace responsables de la visión nocturna.

Los bastoncitos no proporcionan una visión nítida ni tampoco diferencian los colores, y en este aspecto se comportan como una película fotográfica para blanco y negro. Lo podemos probar observando cómo, con poca luz, no percibimos los colores, que aparecen de inmediato ni bien aumenta la iluminación.

Claro está, para nosotros son más importantes los conos, por lo menos en todo lo que hace a la televisión en color. Existe una teoría, casi una certeza, que permite afirmar la existencia de 3 tipos diferentes de conos, los cuales son respectivamente sensibles al rojo, al verde y al azul. Los mismos colores que consideramos colores primarios.

Lo cierto que cuando vemos un objeto blanco es porque se excitan adecuadamente los 3 tipos de conos. Cuando vemos un color que resulta de la mezcla de otros 2, por ejemplo el amarillo, están activos los conos sensibles al rojo y al verde; y como es fácil deducir cuando vemos sólo un color primario, sea el caso del rojo, es debido a que sólo los conos sensibles al rojo están activos. Todo ello de acuerdo con la teoría expresada.

El ojo humano no es igualmente sensible a todos los colores. Si trazamos la curva de respuesta del ojo excitándolo con iguales cantidades de energía de luz de diferentes colores, el brillo percibido varía en la forma que da a ver la fig. 2-8. Este hecho, como veremos, tiene mucha importancia para nosotros.

Otra característica asociada a la visión de los colores es la referente a la definición que el ojo tiene para los mismos. A través de un ejemplo, que cualquiera de nosotros puede comprobar, se lo demostramos.

Una fotografía en blanco y negro tiene gran

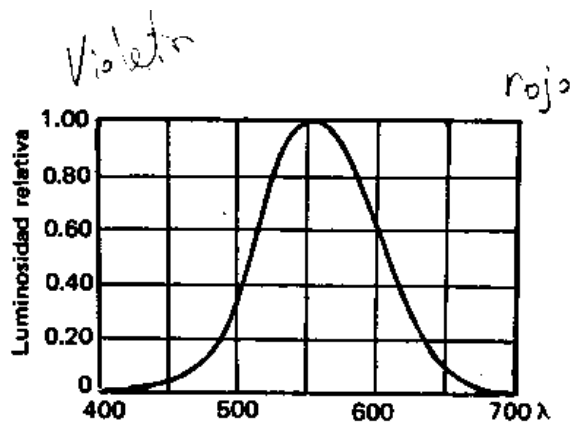


Fig. 2-8 La sensibilidad del ojo humano para luces de diferentes colores.

cantidad de detalles, es muy nítida, si efectivamente fue correctamente tomada y procesada. Si a esa misma fotografía la coloreamos con cuidado, con ayuda de un pequeño pincel, podemos obtener muy buenos resultados. Tal vez esto último no esté al alcance de todos, pero en las casas de fotografía y en los álbumes familiares con seguridad encontraremos algún ejemplo de esta técnica, muy empleada antes de que aparecieran las películas de color. Para mayor información sepamos que hasta algunas películas de 35 milímetros fueron coloreadas a mano.

Pero fijémonos un poco en la forma que se coloreaba. A pincel. Luego el detalle que podía conseguirse era muy inferior al de la película en blanco y negro, y sin embargo los resultados no eran tan malos. En su época se consideraba que aumentaba el valor de estima de una fotografía, cuando la misma era coloreada.

Imaginemos un poco lo que podría suceder con las imágenes televisadas. Recibidas en blanco y negro con adecuada nitidez o definición, no requerirían el mismo detalle para adquirir color. El concepto es muy importante y aun cuando se fundamenta en las condiciones del ojo humano, de inmediato se relaciona con la técnica de las telecomunicaciones.

Para poder recibir las imágenes de televisión con el detalle a que estamos acostumbrados, todo el sistema, transmisor-receptor, debe funcionar con un ancho de banda de aproximadamente 4 MHz; y esto sólo para recibir las imágenes desprovistas de color.

Para recibir las mismas imágenes en color es evidente que se debe transmitir otra información independiente, adicional. Pero no será necesario que tenga el mismo ancho de banda que hemos comentado. La imagen en color será inobjetable con mucha menos información (sinónimo de ancho de banda) que el requerido para su recepción con todos los detalles, pero en BN. Pero entiéndase bien, igualmente necesitamos definir perfectamente la imagen y en consecuencia requerimos los 4 MHz

citados, pero para colorearla, no es necesario agregar 4 MHz adicionales. Alrededor de 1 MHz ya es suficiente.

Luego, ya tenemos conocimiento de algo de gran importancia práctica. La información de crominancia, de cuya existencia hablamos al comentar el esquema de bloques de la fig. 1-1 no requiere un ancho de banda comparable al de la información de video y oportunamente aprenderemos que este hecho ha sido fundamental para posibilitar el sistema de color, tal cual lo utilizamos actualmente.

Otra característica del ojo le permitirá asombrarse primero, y asombrar luego a sus amigos, sobre todo si con algo de ingenio realiza algunas sencillas experiencias.

El ojo percibe muchos colores, de enorme importancia práctica, con lo cual queremos decir que son muy abundantes y ello, a pesar de que su existencia no es admitida desde el punto de la física teórica. Pero curiosamente vamos a comenzar con este tema pidiéndole que observe algunos detalles de imágenes en BN.

Existe un cuadro de pruebas empleado por las emisoras de televisión que, visto en un televisor para BN asume la forma de una serie de barras verticales, de grises variables en su tono, flanqueadas por 2 barras, blanca una y negra la otra. Fig. 2-9.

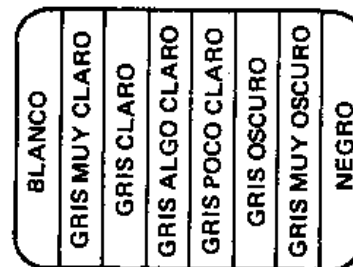


Fig. 2-9 Este cuadro de pruebas compuesto por 8 franjas de brillo decreciente permite obtener conclusiones muy interesantes.

Tome un trozo de cartón y tape completamente la barra blanca. Verá que la barra gris más próxima a la blanca que fue tapada, aparece ahora como blanca, sin que sea necesario modificar nada. Sólo tapar la mencionada franja blanca que aparecía en un extremo.

Si vuelve a destapar la franja en cuestión de inmediato ésta aparecerá como blanca y la franja vecina recupera su anterior condición de gris.

Esto que hemos hecho es muy importante por sus consecuencias. Para percibir la tonalidad del gris es imprescindible que lo comparemos con otra zona de mayor brillo, que entonces denominamos blanca. Recuerde que al tapar la franja del extremo, la inmediata pasaba a ser percibida como

blanca y lo propio ocurriría si tapáramos la segunda franja. En tal caso será la tercera, la que tomará el papel de blanca, y así sucesivamente.

Luego, al gris no lo percibimos en forma independiente de cualquier otra zona iluminada próxima, es necesario que se den ciertas condiciones que hemos tratado de explicarle.

Esto mismo ocurre con muchos colores. Por ejemplo: el castaño (nombre correcto del color que vulgarmente se denomina marrón). Veamos cómo podemos percibir este color que tampoco existe en forma autónoma.

La forma más simple sería proyectando con ayuda de las linternas que ya hemos manejado, luz amarilla, por ejemplo obtenida mediante luces roja y verde proyectadas simultáneamente, o más simplemente intercalando un filtro amarillo. Lo cierto es que tenemos que iluminar con amarillo la pantalla que hemos utilizado en nuestras pruebas. Ahora sobre esta zona amarilla proyectemos luz blanca; proveniente desde una linterna simple sin filtro alguno. Graduando convenientemente la intensidad de ambas luces será evidente que el amarillo se transforma en castaño.

Este es sólo un ejemplo de los muchos colores sumamente comunes que se obtienen sólo en condiciones determinadas y como consecuencia del comportamiento del ojo. Dichos colores no podemos decir que existan como realidades físicas. Se dice que son subjetivos.

Los colores que vulgarmente conocemos como granate o verde oliva tienen un origen semejante a partir del rojo y del verde respectivamente.

Finalmente otra experiencia interesante acerca de cómo vemos el negro. Es frecuente que algún técnico, tal vez muy amigo de hablar, le diga que entre las bondades de una imagen de un cierto televisor figuran unos negros muy buenos, y que en otros televisores no aparecen con tanta calidad. Evidentemente este hombre no sabe bien lo que dice. Veamos por qué.

Todos sabemos cuál es el color de un tubo de televisión, nos referimos naturalmente a su pantalla, observándolo cuando está apagado. Se trata de un color grisáceo, algo lechoso. No lo sabemos describir mejor, pero de algo estamos seguros. Negro no es.

Ahora encendamos el televisor que posee dicho tubo y de ser posible veamos el cuadro de pruebas al que hicimos referencia en la fig. 2-9, y con un cartón tapemos todas las franjas menos la negra. Esta franja deja de ser negra para tomar el color del tubo.

También el negro sólo se percibe en los televisores si existe otra luz que por contraste lo haga aparecer como tal. Sin esa otra luz no hay negros. Luego el técnico locuaz se refería a algo que no

existe. Tal vez lo que sucedía, era que el contraste del televisor que observaba estaba excedido, y entonces aparecían zonas negras en abundancia, las que en correctas condiciones de ajuste deberían aparecer como zonas grises.

2.3 Comenzando con el tubo de color

Es posible que tengamos oportunidad de poder manejar los controles de un televisor de color. De no ser así por el momento, sólo lo imaginaremos, pero los conocimientos que confirmaremos, de cualquier forma serán de mucho valor.

Oportunamente estudiaremos con todo detalle cómo es un TRC de color. Por el momento sólo es necesario que sepamos que se trata de un tubo con 3 cañones, cada uno de los cuales generalmente puede ser manejado en forma independiente. Queremos decir, que el brillo de cada cañón puede ajustarse en forma individual por medio de potenciómetros situados en la parte posterior del aparato, y a los que únicamente accede el técnico.

Con sólo manejar los 3 potenciómetros citados podemos hacer lo mismo que hicimos con las linternas. Por ejemplo, cortar el cañón azul y con el accionamiento en sentidos opuestos de los potenciómetros correspondientes a los cañones rojo y verde obtener todos los matices intermedios.

Se trataría de comenzar con el cañón rojo solamente en actividad. De inmediato reducimos un poco la intensidad del cañón rojo y hacemos que el verde empiece a participar en la iluminación de la pantalla. Así observamos que el rojo se va transformando en anaranjado y si continuamos aumentando la contribución del verde y siempre disminuyendo la del rojo, pasaremos por un amarillo anaranjado, por el franco amarillo, por el amarillo verdoso; y finalmente llegaremos al verde puro, cuando esté cortado el cañón rojo y sea precisamente el cañón verde el único activo.

Con los cañones rojo y azul, procediendo en la misma forma, podemos obtener toda la gama de púrpuras; y para terminar, regulando adecuadamente las intensidades de los cañones verde y azul, obtenemos el ciano y todos los colores que según conocemos, corresponden a esta condición de mezcla.

Pero también podemos obtener con 2 cañones en actividad algunos de los colores complementarios de los primarios. Puede ser cualquiera, pero a modo de ejemplo obtengamos el color complementario que con mayor facilidad reconocemos: el amarillo.

Obtenido el amarillo, para lo cual deben estar activos en forma exclusiva los cañones rojo y verde, comencemos a hacer trabajar al cañón azul. El

amarillo se va haciendo más claro y finalmente aparecerá la pantalla iluminada con luz blanca.

Esta luz blanca, sin tinte alguno, similar a la obtenida en un tubo para BN, será la que permitirá que el televisor de color, al recibir una transmisión para BN, desprovisto de información de crominancia debido a que no se la transmite, se comporte como un televisor de blanco y negro. Recordemos, ésta era una de las condiciones de compatibilidad.

2.4 Una advertencia necesaria

Al comenzar nuestro estudio dijimos que todo lo referente al color era aplicable a diversas especialidades, las cuales podían ser totalmente independientes de la televisión en color. Le nombramos algunas, pero tal vez el lector pudo suponer que tuvimos un olvido, y no nos referimos a otras posibilidades que ciertamente son las más comunes en la vida diaria. Por ejemplo, combinar colores mezclando pinturas.

Además tenemos idea de que los pintores trabajan también con colores primarios y que precisamente son también 3.

Pero lo cierto es que se trata de técnicas muy diferentes en casi todos los aspectos, y precisamente también en lo referente a la mezcla de colores.

Las pinturas, anilinas y en general cualquier colorante, actúan como un filtro. Veamos cómo.

Cuando miramos un género y decimos que tiene un cierto color, es debido a que dicho color llega reflejado a nuestros ojos. Sucede que dicho género, iluminado con luz blanca, absorbe todos los colores menos el que le corresponde, al cual lo refleja. Por ejemplo un objeto verde sólo devuelve luz verde y hace desaparecer, absorbiéndolas, las luces de otro color. Actúa como un filtro con la diferencia de que el filtro es transparente y el paño a que hemos hecho referencia no lo es. Pero sí son transparentes los pigmentos responsables

del color. La luz blanca con la cual iluminábamos el trozo de género ha atravesado de ida y de vuelta los pigmentos, y emerge con sólo un color, para llegar así a nuestros ojos. Fig. 2-10

Lo mismo ocurre con los pigmentos de una pintura con la cual recubrimos superficies diversas, y en general, con cuanto objeto que aparenta un cierto color sin ser fuente de luz, como sucede en la inmensa mayoría de los casos.

Nosotros nos referimos en nuestro estudio a fuentes de luz, por una razón muy sencilla. El TRC de los televisores es una fuente de luz y en consecuencia a él se le pueden aplicar todas las cosas que hemos estudiado, y además porque es la forma técnica más correcta de llegar a conocer al color.

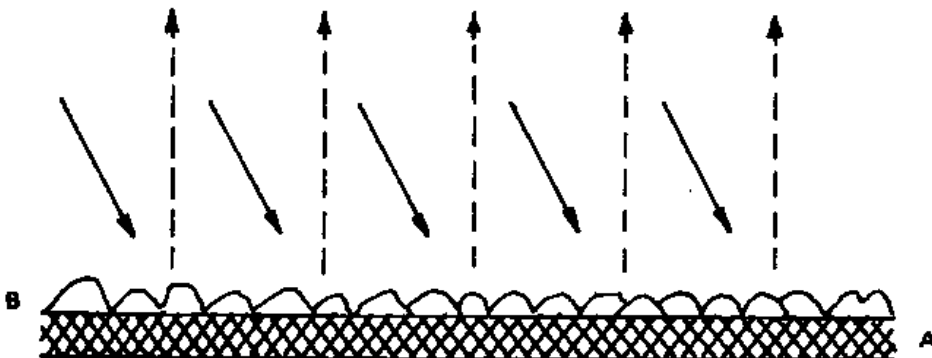
Las mezclas de luces de colores aumentan la energía de la zona iluminada al incidir sobre una superficie. Es natural que así sea ya que a la energía lumínica de una fuente, se agrega la correspondiente a otra que ilumine el mismo punto simultáneamente. Todo lo contrario ocurre con los pigmentos.

Cuanto más pigmentos pongamos menos luz será reflejada y así en el caso de mezclar pinturas de colores distintos el resultado siempre será una pintura más oscura. A modo de ejemplo podría ser interesante tener en cuenta que con luces amarilla y azul, podemos obtener luz blanca que tiene más energía lumínica que cualquiera de las dos fuentes que le dan origen. Si mezclamos dos pinturas de colores amarillo y azul, en cambio, el resultado será una pintura verde oscuro.

2.5 Las fuentes de luz.

Ahora que sabemos la importancia de la fuente de luz sobre el color que percibimos tenemos que aumentar nuestros conocimientos acerca de las fuentes de luz que corresponde emplear, para obtener en cada caso los mejores resultados.

Fig. 2-10 Los pigmentos de las pinturas y anilinas actúan como filtros de color. Con A se señala la superficie pintada o teñida, mientras que con B se muestran los pigmentos depositados sobre la superficie citada.



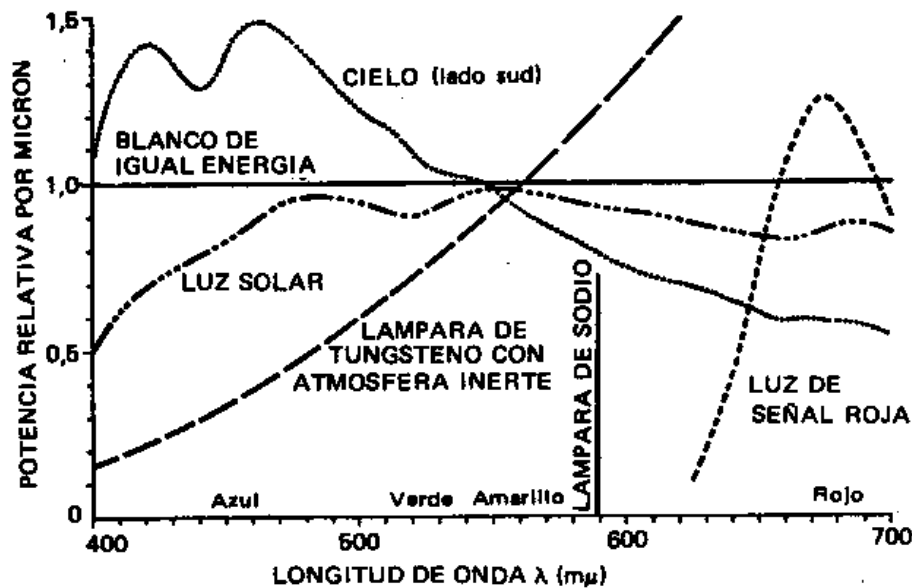


Fig. 2-11 Las diferentes fuentes de luz a las cuales estamos acostumbrados, tienen un contenido de radiaciones muy variable.

¿Qué puede pasar si un objeto amarillo es iluminado con luz azulada? Por supuesto todo depende de la pureza de la luz emitida por la fuente, y de la calidad de los pigmentos que tiene el recubrimiento del objeto amarillo, pero no le extrañe que pudiera aparecer muy oscuro, y al menos en teoría, negro.

Este resultado, en apariencias sorprendente, no lo es tanto. Todos tenemos idea, en especial si nuestro trabajo tiene algo que ver con la apreciación de colores, que sobre los mismos tiene decisiva influencia la fuente de luz.

En el caso que tomamos a modo de ejemplo, el amarillo que debe reflejar el objeto está compuesto por luces roja y verde. Nuestro ojo sólo percibe el amarillo si le llegan a las células de la retina luces roja y verde, en la proporción adecuada. Al iluminar el objeto amarillo con luz azul, no pueden ocurrir reflexiones de rojo y verde, por la muy simple razón que la fuente de luz no las contiene. Consecuencia, no se refleja nada, y el objeto se vería negro. Claro que es muy difícil que ello ocurra en la práctica.

Ninguna luz iluminante será perfectamente azul, a menos que se recurra a técnicas muy especializadas, y siempre estará presente algo de luz blanca (mezcla de todos los colores) de lo cual a su vez resultará la reflexión de rojo y verde mezclados, que el ojo percibirá como amarillo. Pero este color, de cualquier forma, resultaría degradado en relación a otros.

Si pensamos un poco, para no deformar los colores de los objetos tendremos que emplear una fuente de luz que contenga por igual todos los colores. A esta fuente de luz ideal, se la denominaría fuente de luz blanca. El cielo claro es una fuente

que se aproxima a lo ideal, tal cual se lo permite ver la fig. 2-11.

Una lámpara común con filamento de tungsteno es también una fuente de luz parecida a la fuente ideal, sobre todo si la tensión de alimentación es la normal o superior a la normal; ya que al disminuir la tensión, y como resultado la temperatura del filamento, disminuye el contenido de componentes cercanos al azul y aumentan las tonalidades próximas al rojo. Pero de cualquier forma el espectro o conjunto de frecuencias componentes de luz que emite, es muy amplio.

Todo lo contrario ocurre cuando la fuente de luz tiene su origen en una descarga gaseosa. Por ejemplo con las llamadas lámparas de sodio.

Una calle iluminada con lámparas de sodio es muy atractiva y también lucen las fachadas de los edificios cuando se las ilumina con dichas lámparas. Pero ahí terminaron sus posibilidades de aplicación, y la razón no es otra que la reproducción desastrosa que brinda de los colores. La causa es muy simple.

Toda la energía luminosa de estas lámparas está concentrada en una banda muy estrecha de frecuencias, precisamente las que le dan su color característico y que coincide con las frecuencias a las cuales el ojo es más sensible. Pero fuera de esa banda no hay casi nada más, y la inmensa mayoría de los colores de importancia práctica están ausentes. Por ejemplo el rojo, tiende a aparecer casi negro, y no es nada agradable observar a una persona con los labios morados. Además como la piel humana debe su color particular a un cierto contenido de rojo, los individuos, al ser iluminados con luz de sodio, aparecen lívidos y la piel toma aspecto cadavérico.

Todos estos inconvenientes no cuentan para iluminar una calle o un edificio de fachada blanca, pero no obstante es cada vez más común acompañar a las lámparas de sodio de otras lámparas que compensen, aún cuando sea en parte, las carencias que hemos descripto.

Existe otra fuente de iluminación muy utilizada y que combina las descargas gaseosas con los efectos de la fluorescencia. Por ejemplo las modernas lámparas de mercurio y los popularísimos tubos fluorescentes.

A pesar de que las lámparas y los tubos tienen características eléctricas diferentes, desde el punto de vista que nos interesa a nosotros, el de la luz emitida, pueden ser tratados conjuntamente; ya que en ambos casos se trata de una descarga gaseosa interna, no visible, que excita un recubrimiento que pasa a ser entonces el emisor de luz.

Si sólo queremos tener una idea muy aproximada, digamos que estos recubrimientos están emparentados con los recubrimientos de las pantallas de los tubos de televisión. En este último caso la luz que emiten es debida al impacto enfocado de un haz de electrones, pero igualmente la luz es consecuencia de la excitación por medio de otra energía diferente. Estos recubrimientos fluorescentes pueden resultar de la mezcla de varias sustancias, cada una de las cuales emite preferentemente alguna banda de frecuencias, digamos algún color, con máximo rendimiento. Ello posibilita entonces, obtener mezclas que cubren muchos colores, y la luz obtenida es más adecuada a las necesidades comunes.

Sin embargo observe como se han salvado estos inconvenientes en los comercios y puestos de venta de carne que tienen su mercadería en exhibición. Complementan la luz de los tubos comunes, con la luz de otros tubos especiales que emiten sólo luz roja, debido a que poseen un recubrimiento especial. Lo cierto es que el efecto es espectacular, y los trozos de carne lucen una tonalidad que da la apariencia de calidad y frescura. Precisamente, todo lo contrario ocurriría si los tubos de luz roja se apagarán.

2.6 Nuevas definiciones acerca del color

Evidentemente el número 3 se repite mucho en el estudio del color. Así es que son 3 los colores primarios y también 3 los tipos diferentes de conos que explican la mayor parte de los problemas referentes a las sensaciones de color. Veremos ahora otra forma de definir las diferentes luces de color, que confirma la importancia en todo esto del número 3.

Una luz de cualquier tipo se puede diferenciar de otra por su intensidad. Si comparamos la luz de

una pequeña linterna con la emitida desde el faro de un automóvil, diremos que esta última es más intensa. Es un concepto bastante claro para todos nosotros porque estamos muy acostumbrados a observar fuentes de luz de muy variada intensidad. Sin embargo de tener que profundizar conocimientos, las cosas se nos complicarían bastante y para no apartarnos de lo nuestro, la televisión en color, volvamos hacia la fuente de luz del televisor, es decir, a la pantalla del TRC.

Si tenemos un televisor para BN y variamos el control de brillo, hacemos que la pantalla emita más o menos luz. Para ello estamos variando la cantidad de electrones que el cañón hace llegar a la pantalla. Esto de alguna manera significa que estamos poniendo en juego una cantidad de energía variable, pero que siempre será mayor cuanto mayor sea el brillo.

Esto podría justificar que sin profundizar mucho aparezcan el brillo, la intensidad de luz y la energía de la fuente de luz como cosas similares. Y en realidad son diferentes sobre todo cuando queremos que los conceptos de una y otra cosa no sirvan para aplicarlos a nuestros problemas propios del color.

Para manejarnos en forma simple y correcta dejemos de lado por el momento, el problema de la intensidad de la luz. Se hace muy importante cuando es necesario evaluar problemas de iluminación, es decir cuando hay que tener en cuenta el efecto de las superficies variables que deben iluminarse.

Al brillo podemos definirlo como una medida de la luz que llega a nuestra vista y así observamos que la variación del control así designado en un televisor, incide en ese aspecto precisamente. Y así, por ejemplo, un televisor de pantalla chica y otro de pantalla grande podrían ser ajustados para obtener igual brillo, pero las intensidades de luz en tal caso serían diferentes. El tubo mayor, iluminaría más la habitación a oscuras que el tubo más pequeño. Así obtenemos una confirmación clara acerca de las diferencias entre brillo e intensidad. Pero lo realmente interesante viene al considerar el color.

Tal como confirmaremos en el capítulo próximo, el ojo no es igualmente sensible a los diferentes colores. Su mayor sensibilidad se encuentra muy próxima al amarillo verdoso y la curva de la fig. 2-13 nos lo aclara todo perfectamente.

Esto quiere decir que si emitimos luz azul de una cierta energía y luz verde de igual energía, el brillo percibido por el ojo sería mayor en este último caso. Así entonces llegamos a la conclusión de que también la energía de una fuente de luz, es diferente del brillo con el cual dicha luz es percibida.

Resumiendo, todos tenemos una idea del brillo y ahora ya podemos diferenciarlo mejor de las res-

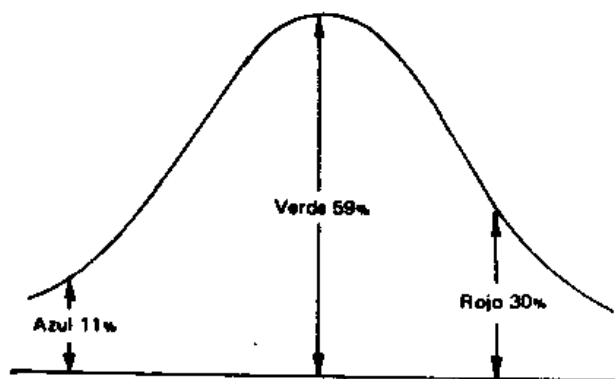


Fig. 2-12 La desigual sensibilidad del ojo humano a las diferentes longitudes de onda hacen que la luz percibida como blanca a partir de 3 primarios tenga diferentes contribuciones de rojo, verde y azul.

tantes magnitudes y con las cuales podríamos confundirlo.

Otro concepto que tenemos que definir es el matiz. También se trata de una palabra usualmente empleada pero que en este caso exige una definición más precisa. El matiz del color es lo que en forma ambigua denominamos tono del color, y a veces simplemente color.

El verde es un matiz, como lo es el amarillo o cualquiera de los colores que distinguimos, y entonces nos encontramos ante una duda. Si el matiz es el color, no necesitamos utilizar una nueva palabra para designar lo que ya conocemos. Nuevamente aquí tenemos que proceder con cuidado si queremos llegar a conclusiones útiles para nuestro estudio.

Volvamos nuestra atención al triángulo de colores, tal como lo vemos ahora en la fig. 2-13 en la cual hemos unido mediante una recta los colores verde y magenta.

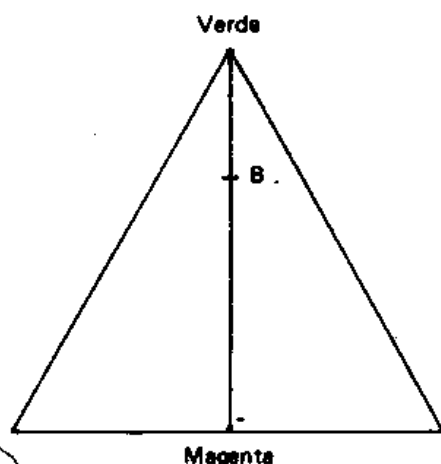


Fig. 2-13 En el interior del triángulo los colores tienden a perder saturación especialmente si el desplazamiento ocurre sobre la recta que une alguno de los primarios con el complementario que le corresponde.

El color verde por ejemplo, lo reconoceríamos como el color anotado o representado en el vértice del triángulo. Pero que ocurre con el color que señalamos en el punto B. ¿Se trata también de color verde?

Contestando la pregunta podemos decir que sí. Se trata de color verde, pero es diferente del que está representado en el vértice.

El color representado en el vértice, tal cual recordamos es el verde correspondiente a la fuente de luz de dicho color. Es nuestro verde primario. El color representado en el punto B, aparece ante nuestros ojos como verde pero está formado con la contribución del magenta, y tal como sabemos si continuamos aumentando la contribución de este último color aclaramos el verde, y hasta podemos transformarlo en blanco.

Esto nos permite decir que el color del punto B es verde efectivamente, pero con un cierto contenido de blanco. Empleando el lenguaje de la técnica decimos que el verde del vértice es un color saturado (no contiene blanco) mientras que la tonalidad correspondiente al punto B es un verde no saturado. Y cuanto más magenta aplicamos, menos saturado aparece nuestro verde. Pero en cambio conserva siempre el mismo matiz.

Los físicos nos enseñan que lo que distingue al matiz de un cierto color es su longitud de onda. Efectivamente la luz puede ser considerada como una vibración electromagnética cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 380 y 780 milímetros o millonésimos de milímetro. La longitud de onda más larga corresponde al rojo, y la más corta al violeta.

El verde que hemos representado en el vértice del triángulo de la fig. 2-13 podría tener una longitud de onda de 560 milimicrones y respecto al color del punto B, siempre de la mencionada figura, diremos que tiene igual longitud de onda dominante, pero tal como sabemos, su saturación es menor.

Las púrpuras como no son colores espectrales (recordemos que no aparecían en la experiencia del prisma) no tienen una longitud de onda asociada, de manera que cuando quiere definirse con precisión un cierto matiz púrpurino nos referimos a la longitud de onda del verde con el cual es complementario, y aclaramos así esta indeterminación.

Luego, de ahora en más, la característica que define una cierta tonalidad de color, la denominaremos matiz; mientras que al contenido de blanco poseído por cada color, lo distinguiremos por su saturación. Pero en sentido inverso, ya que cuanto más saturado es un color, menos blanco tiene, y viceversa.

Ahora estamos en condiciones de definir un color por 3 magnitudes que son: brillo, matiz y saturación. Nos serán muy útiles estas nuevas magnitu-

des, siempre 3 como vemos, para comprender algunos aspectos prácticos de la televisión en color.

2.7 Colores espectrales y colores reales

Tal vez tenga oportunidad de ver el diagrama que le mostramos en la fig. 2-14. Se denomina diagrama de cromaticidad del ICI o del ICE (las primeras iniciales en inglés, las segundas en francés) y es muy utilizado en trabajos sobre color ya que con su ayuda pueden definirse con toda precisión los colores empleados en todo tipo de iluminación. La televisión en color, también recurre a este diagrama, Fig. 2-15.

Tal como apreciamos, nuestro triángulo es sólo una parte de la superficie del diagrama del ICI, lo que significa que los colores o matices que pueden

ser reproducidos por la televisión en color son sólo una parte de los colores totales. Pero los colores fuera del triángulo que mostramos son colores muy saturados, con muy escaso contenido de blanco, lo que los hace poco luminosos, y a la vez, poco agradables. Luego, es poco importante que se los reproduzca o no.

Esto significa que los colores espectrales, colores también llamados puros, son de escaso valor práctico. Tal vez ello lo sorprenda pero es así.

Otra sorpresa es la luz blanca. Es una mezcla desordenada de todos los colores o de todas las longitudes de onda, ya que como demuestra la experiencia del prisma, en la luz blanca están contenidos todos los colores. Luego es la más impura de las luces. Esto contrasta con la idea tan arraigada de considerar al blanco sinónimo de pureza.

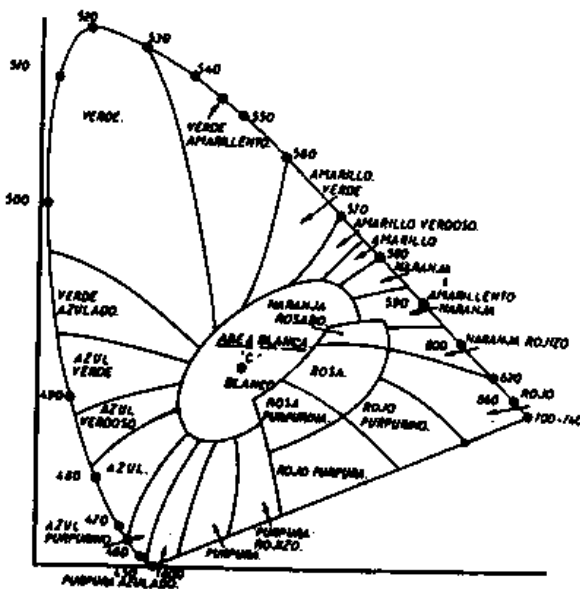


Fig. 2-14 El diagrama de cromaticidad del ICI permite una representación completa de todos los colores.

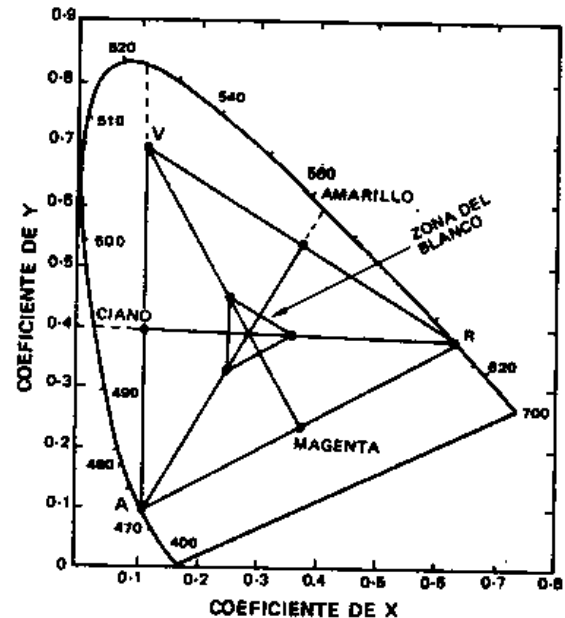


Fig. 2-15 Con los primarios utilizados en televisión cromática, los colores reproducidos son los encerrados por el triángulo.