

# Adquisición de la señal de vídeo

Montserrat Corbalán Fuertes

PID\_00196648



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

# Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Radiometría y fotometría aplicada a la televisión en color...</b>	<b>7</b>
1.1. Definición de radiometría y fotometría .....	7
1.2. Magnitudes radiométricas y fotométricas .....	9
1.3. Cuerpo negro .....	13
1.4. Iluminación en platós de televisión .....	16
<b>2. Colorimetría aplicada a la televisión en color.....</b>	<b>18</b>
2.1. Leyes de Grassmann de la trivarianza .....	18
2.2. Observador patrón y espacio de color XYZ .....	20
<b>3. Captación con cámara en color y obtención de las señales</b>	
<b>RGB.....</b>	<b>25</b>
3.1. Control de la intensidad de luz .....	25
3.2. Filtros correctores de color .....	26
3.3. Objetivos .....	26
3.4. Sensores .....	28
3.5. Matrizado .....	31
3.6. Balance de blanco y de negro .....	31
3.7. Corrección de gamma .....	32
<b>Bibliografía.....</b>	<b>33</b>



## Introducción

En este módulo vamos a definir magnitudes que tienen que ver con la iluminación de los objetos, cómo se determina el color según la manera que tenemos los humanos de calificarlo, y todo con el objetivo de entender cómo influye en la captación en la televisión. Asimismo, veremos cómo se forma la señal de color en televisión por mezcla aditiva y algunos procesos de procesamiento de la señal, que se realiza en el interior de la cámara para obtener las señales RGB. Por último, se explican algunos de los elementos principales de una cámara de vídeo.

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques de la cadena televisiva analógica:

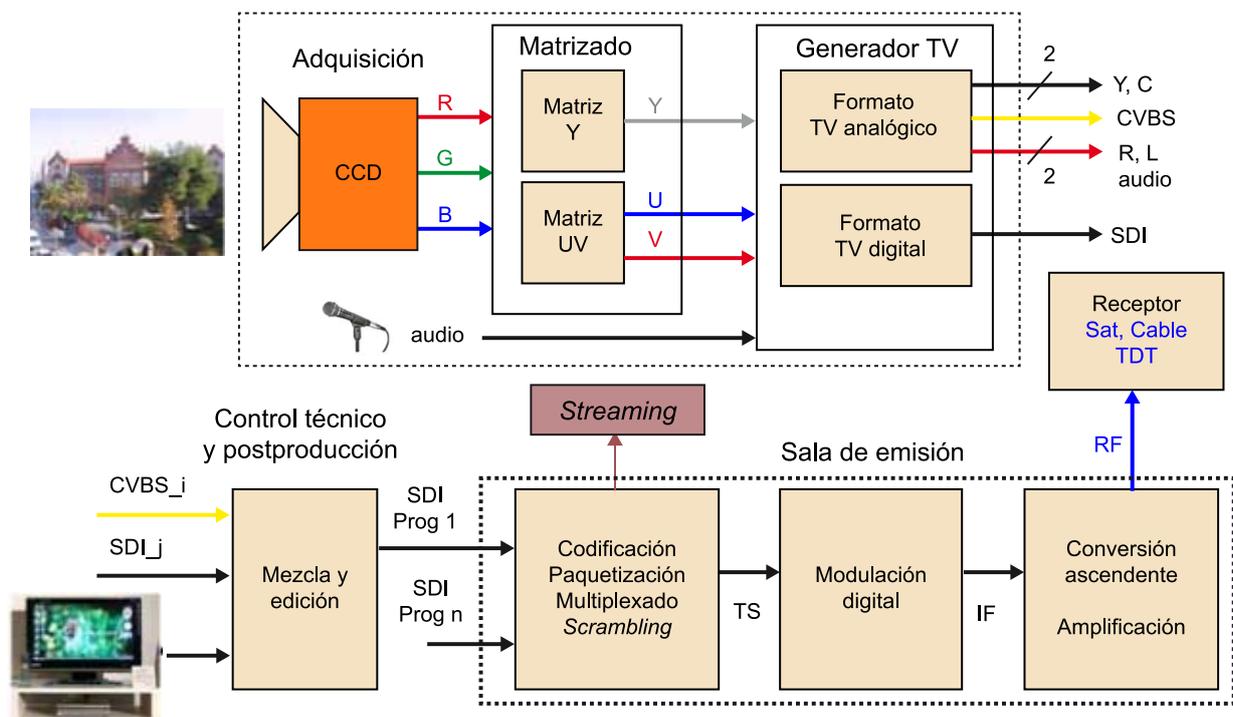


Figura 1. Cadena televisiva. En naranja se indica el bloque que se desarrolla en este módulo.

La cadena de transmisión de la señal de televisión, desde el estudio profesional donde se genera hasta el receptor que la recibe, se puede dividir en tres partes:

- Adquisición o captación de las imágenes y sonidos.
- Conversión de la información captada a señales electrónicas que serán procesadas adecuadamente hasta la recepción por parte del usuario.
- Reproducción en una pantalla o monitor de la señal recibida.

De las tres partes, la primera es la más crítica, ya que la calidad de la señal adquirida marca la calidad de la información televisiva. Si no hay una buena adquisición de señal, no se puede aumentar la calidad en las otras etapas. Por ello, es fundamental que la captación se haga con cámaras de vídeo de una definición y una calidad igual o superior a la que se requiere en la reproducción. También es necesario controlar la iluminación y utilizar las fuentes de luz adecuadas al objetivo buscado, por lo que es necesario saber qué caracteriza a una fuente de luz. Esto nos lleva a presentar nociones sobre radiometría y fotometría.

Los primeros sistemas de televisión captaban y reproducían imágenes en blanco y negro, ya que la tecnología de las cámaras y las pantallas no estaba suficientemente desarrollada. Estos sistemas trabajaban con una sola señal de vídeo, la señal en blanco y negro, que más tarde se llamaría luminancia, o señal Y. La calidad de la señal en blanco y negro analógica depende principalmente de la iluminación, la óptica de la cámara, la sensibilidad y la relación señal-ruido del sensor. Actualmente, con las cámaras digitales, las escalas de grises que se puede obtener; es decir, el rango dinámico de la señal dependerá del número de bits del convertidor analógico digital: cuanto mayor sea el número de bits del convertidor, mayor será el rango dinámico de grises representables y mayor calidad tendrá la imagen obtenida.

Los sistemas de televisión en color se basan en cámaras que captan la imagen descompuesta en tres colores básicos: el rojo (R, *red*), el verde (G, *green*) y el azul (B, *blue*). Veremos que esto está relacionado con la trivariancia que presenta el sistema visual humano que se ha reproducido en la fabricación de las cámaras. La calidad final de la imagen no solo depende de las condiciones citadas anteriormente para la obtención de la imagen en blanco y negro, sino que además hay que tener en cuenta cómo se obtiene el color, cómo se procesa y qué señal se obtiene. Concretamente mencionaremos el procesado que se realiza en la cámara a causa de los procesos no lineales que los reproductores de vídeo le hacen a la señal (función gamma) y explicaremos en qué consiste el balance de blancos y negros.

En el siguiente apartado presentamos conceptos básicos sobre iluminación, porque sin ella no se percibe nada y es fundamental tenerla en cuenta para obtener unos colores lo más reales posibles. En segundo lugar presentamos conceptos básicos sobre el color, cómo se representa cuantitativamente y cómo lo percibe el sistema visual humano. Actualmente, tanto las cámaras como la reproducción se realizan sobre dispositivos en color. Las cámaras en color tratan de reproducir, en la medida de lo tecnológicamente posible, el funcionamiento del sistema visual humano, por tanto, conocer cosas de él permite entender mejor algunos procesos que realizan las cámaras. Por último, veremos los elementos principales de una cámara en color.

# 1. Radiometría y fotometría aplicada a la televisión en color

## 1.1. Definición de radiometría y fotometría

Para poder ver las cosas necesitamos que haya luz, de hecho la luz es un elemento esencial del color que percibimos. Por esta razón, antes de seguir hablando sobre la señal de vídeo tendremos que introducirnos en los conceptos relacionados con la luz y la iluminación.

Un emisor es cualquier fuente de ondas electromagnéticas y la energía que transportan dichas ondas se denomina energía radiante. Teniendo presente el concepto de energía radiante, definiremos dos aspectos más:

Se denomina **flujo radiante** ( $\Phi_r$ ) a la energía radiante emitida por un emisor por unidad de tiempo y se mide en vatios (W).

La **irradiación** es el flujo radiante que incide sobre una superficie por unidad de área y se mide en vatios/cm<sup>2</sup>. Hay que tener en cuenta que, al incidir sobre una superficie, un tanto por ciento del flujo radiante será absorbido y otro, reflejado.

Los conceptos anteriores son estudiados por la radiometría.

La **radiometría** es la ciencia que se ocupa del estudio de la medida de la radiación electromagnética en general.

Cuando las magnitudes radiométricas son captadas por el ojo humano (nos referimos a la sensación visual que produce esa energía), estamos en el campo de la fotometría.

La **fotometría** es la ciencia que se ocupa de la parte del espectro electromagnético que el sistema visual puede percibir. En otras palabras, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual.

Cada medida fotométrica tiene su equivalente radiométrico y, en nuestro caso, nos interesan ambas, ya que la finalidad de una cámara es grabar algo que al final será visto por una persona que comparará lo que ve con la realidad.

La sensibilidad del sistema visual humano depende fuertemente de la longitud de onda que recibe (figura 2). Por ello, la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), que es la autoridad internacional en luz, iluminación, color y espacios de color, adoptó como estándares dos curvas de sensibilidad espectral relativa, una para condiciones de visión diurna (o fotópica) y otra para visión nocturna (o escotópica). Estas dos curvas están relacionadas con los dos sistemas de fotorreceptores que tiene el sistema visual humano, los conos (visión diurna) y los bastones (visión nocturna). Las dos curvas de sensibilidad espectral relativa tienen forma de curva de Gauss, pero con máximos desplazados: el ojo muestra su máxima sensibilidad para la longitud de onda de 555 nanómetros (nm) en condiciones fotópicas, mientras que para condiciones escotópicas, este máximo se desplaza hasta los 480 nm. Esto explica por qué en condiciones de iluminación normales vemos colores, pero con baja intensidad tendemos a ver las cosas azuladas: cuanto más baja es la intensidad, menos color percibimos y todo lo vemos gris, hasta que la iluminación es insuficiente y no vemos nada.

### Conos y bastones

Los conos son los responsables de la visión diurna habitual y del color. En cambio, los bastones actúan básicamente en visión nocturna o en situaciones de iluminación baja. Existen tres tipos de conos cuyas sensibilidades máximas a la radiación se sitúan aproximadamente en: 420 nm que corresponde a una longitud de onda del espectro azul-violeta, 530 nm (verde) y 560 nm (amarillo-rojo). Por eso tradicionalmente se habla de los conos como si fueran de color y se refiere a ellos como los conos "azules", "verdes" y "rojos".

Lo importante es que tenemos sensibilidades a tres rangos del espectro visible: la zona de los rojos, de los verdes y de los azules. Nuestro sistema de visión del color es tricromático.

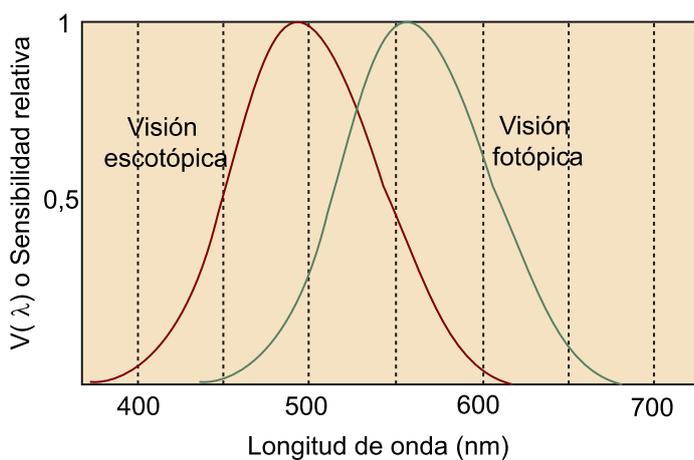


Figura 2. Curvas de sensibilidad del sistema visual humano

## 1.2. Magnitudes radiométricas y fotométricas

En el apartado anterior se han definido dos magnitudes radiométricas, el flujo radiante y la irradiación. La magnitud fotométrica equivalente al flujo radiante en radiometría es el flujo luminoso.

El **flujo luminoso** ( $\Phi_l$ ) es la parte del flujo radiante emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar al sentido de la vista. El flujo luminoso se mide en lúmenes (lm).

A efectos prácticos, el flujo luminoso es el flujo radiante ( $\Phi_r$ ) multiplicado por la sensibilidad espectral relativa del sistema visual humano [ $V(\lambda)$  en la figura 2] integrada sobre el rango de longitudes de onda del visible y multiplicado por la constante  $K_m$ :

$$\Phi_l = K_m \int_{380}^{780} V(\lambda) \Phi_r d\lambda \quad (1)$$

El valor  $K_m$  es de  $683 \text{ lm W}^{-1}$  para condiciones fotópicas y  $1.699 \text{ lm W}^{-1}$  para condiciones escotópicas.

El flujo luminoso caracteriza la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones. Por ejemplo, en una lámpara de luz incandescente, solo alrededor del 10% del flujo radiante que emite es flujo luminoso. Es decir, la mayor parte del flujo radiante no es luminoso.

Con relación al ejemplo de la lámpara incandescente que acabamos de mencionar, y una vez definidos el flujo radiante y el flujo luminoso, estamos en disposición de definir el concepto de eficiencia luminosa:

Se define **eficiencia luminosa** como la relación entre el flujo luminoso y el flujo radiante. Esta relación se expresa en lumen/Watt (lm/W).

Es importante tener claro que la luz viaja radialmente hacia fuera en líneas rectas. Por esta razón, a efectos prácticos muchas veces es necesario medir la intensidad luminosa:

Entendemos por **intensidad luminosa** ( $I$ ) el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido. Matemáticamente, podemos expresar la intensidad luminosa como:

$$I = \frac{\phi_1}{\Omega} \quad (2)$$

Su unidad es el lumen/estereorradián (lm/sr), que se denomina candela (cd).

### Ángulo sólido ( $\Omega$ )

El ángulo sólido mide el tamaño aparente de un objeto. Concretamente, es el ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio limitada por una superficie cónica. Su unidad es el estereorradián (sr).

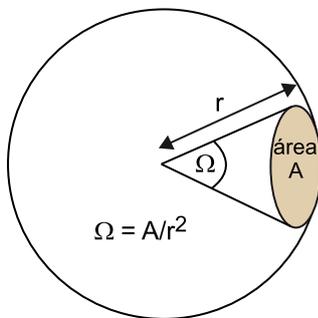


Figura 3

El modo en el que se distribuye la intensidad luminosa de una fuente de luz se indica mediante gráficas de isocandelas, lo que permite elegir la fuente de acuerdo a la aplicación. Si una fuente emite con la misma intensidad en todas las direcciones, eso corresponde a  $4\pi$  sr; es decir, la superficie de una esfera, o aproximadamente 12,56 sr.

### Ejemplo

Si una lámpara incandescente de 100 W tiene una eficiencia luminosa de 13.8 lm/W, tendrá un flujo luminoso de 1.380 lm. En el caso de las luces incandescentes, se puede considerar que emite luz en todas las direcciones. Por lo tanto, tendrá una intensidad luminosa de:

$$I = \frac{\phi_1}{\Omega} = \frac{1380 \text{ lm}}{4\pi \text{ sr}} = 109.87 \text{ cd} \quad (3)$$

No obstante, existen fuentes de luz, como los LED, que no emiten igual en todas las direcciones. En este caso, el paso de lúmenes a candelas no es tan evidente porque hay que tener en cuenta el ángulo de emisión del LED.

Otras dos medidas fotométricas importantes son la iluminancia ( $E$ ) y la luminancia ( $L$ ) o brillo ( $B$ ).

La **iluminancia** se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área y se mide en lux ( $\text{lux} = \text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$ ). Se ha comprobado que la iluminancia se relaciona con la intensidad luminosa mediante la ley inversa de los cuadrados, que para una fuente puntual se define como sigue:

$$E = I/d^2 \quad (4)$$

Donde  $d$  es la distancia desde la fuente luminosa a la superficie incidente y dicha superficie es perpendicular a la dirección de propagación del flujo luminoso (figura 4).

Esta ley permite entender la importancia que tiene la distancia en la colocación de las fuentes cuando se ilumina en un plató de televisión, porque no decrece linealmente.

### Ejemplo

Si un foco de luz se coloca al doble de distancia respecto a un objeto de lo que estaba inicialmente, la iluminancia que ahora le llega al objeto es cuatro veces menor. En los platós de televisión grandes las fuentes se sitúan en parrillas a cierta altura del plató y por eso es necesario calcular cuántas tienen que ponerse para obtener la iluminancia adecuada.

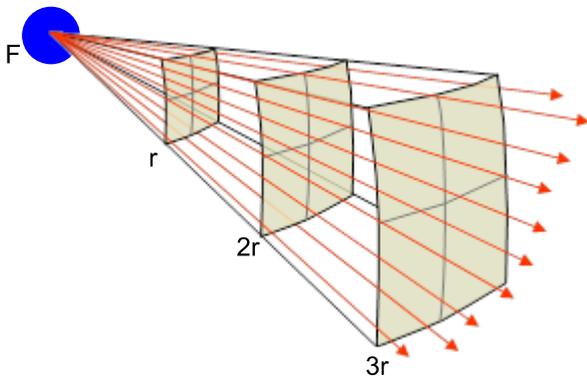


Figura 4. Ley de la inversa del cuadrado. La densidad de líneas de flujo disminuye a medida que aumenta la distancia.

### Diferencia entre lux y lumen

La diferencia entre el lux y el lumen consiste en que el lux toma en cuenta la superficie sobre la que el flujo luminoso se distribuye. 1.000 lúmenes, concentrados sobre un metro cuadrado, iluminan esa superficie con 1.000 lux. Los mismos mil lúmenes, distribuidos sobre 10 metros cuadrados, producen una iluminancia de solo 100 lux.

Cuando la superficie no es perpendicular a la iluminancia, la ecuación (4) debe ser modificada (figura 5):

$$E = I/d^2 \cdot \cos\theta \quad (5)$$

Siendo  $\theta$  el ángulo de inclinación de la superficie con la dirección de propagación del flujo luminoso. Concretamente, como se muestra en la figura 5 y en la ecuación (5), se calcula la iluminancia en la dirección vertical:

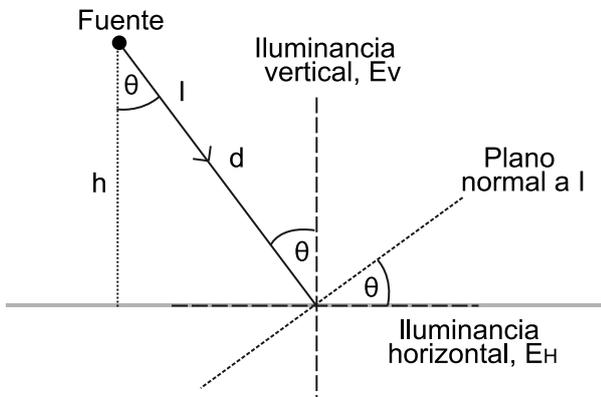


Figura 5. Iluminancia en una superficie que no está en la normal

Por las ecuaciones (4) y (5) se puede entender por qué en los estudios de televisión para iluminar se utilizan varias fuentes de luz de mucha potencia. No solo está afectando a la distancia, sino también a la orientación. Ambos factores se tienen presentes para calcular la cantidad y distribución de las fuentes de luz.

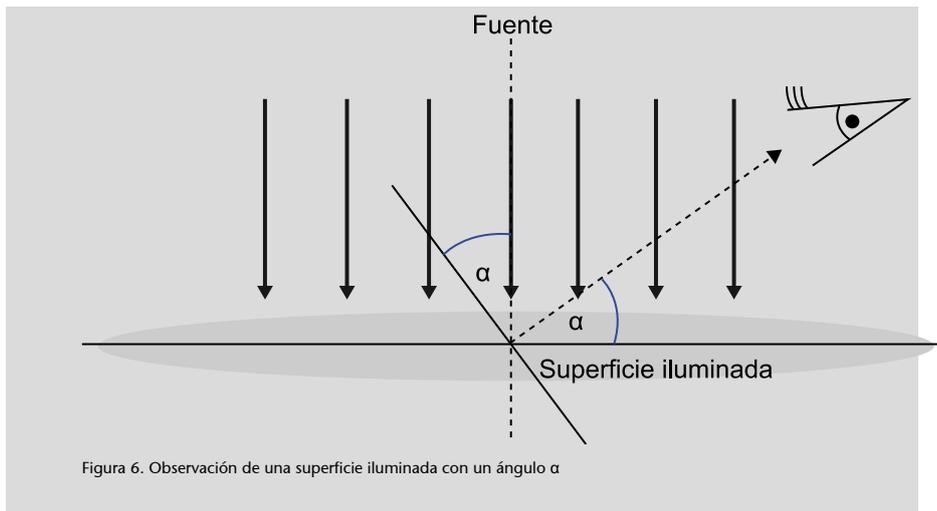
En la práctica, no se conoce la distancia del foco a la superficie ( $d$ ) sino su altura  $h$ , por tanto, según se puede deducir de la figura 5, la ecuación (5) queda como sigue:

$$E = I / \left( \frac{h}{\cos\theta} \right)^2 \cdot \cos\theta = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3\theta \quad (6)$$

La **luminancia** ( $L$ ) se define como la intensidad luminosa emitida por una fuente o superficie, en la dirección de un observador, dividida por el área de la fuente o de la superficie vista por el observador:

$$L_\alpha = \left( \frac{I_\alpha}{A \cos\alpha} \right). \quad (7)$$

Donde  $I_\alpha$  es la intensidad luminosa en la dirección del ángulo  $\alpha$  y el denominador es el área proyectada perpendicular a la dirección de observación. La unidad de la luminancia es el nit ( $\text{nt} = \text{cd}/\text{m}^2$ ).



### Nota

Un vector se dice que es normal a una superficie en un punto si es perpendicular al plano tangente en ese punto de la superficie. En la figura 5 el plano identificado como  $E_v$  (iluminación vertical) es el plano normal a la superficie gris o plano identificado con  $E_H$ .

Las leyes que se han enunciado han considerado siempre que la fuente de luz es puntual. Si esta tiene que considerarse extensa, entonces se complican las expresiones vistas anteriormente porque se debe integrar teniendo en cuenta diversas variables, como son la forma de la fuente y el lugar concreto donde quiere conocerse qué energía está llegando y, por tanto, a qué sensación visual dará lugar.

Una fuente de luz se puede considerar puntual si la distancia de la fuente al punto de iluminación (pantalla, plató, etc.) es sumamente grande comparada con la extensión de dicha fuente.

### 1.3. Cuerpo negro

Si en el interior de una casa cogemos una tela azul, a veces podemos dudar de si es azul o negra, pero al salir al exterior podemos ver claramente que es azul. La tela y nosotros somos los mismos dentro y fuera de la casa, pero cambia la fuente de luz que ilumina. En este apartado vamos a determinar qué caracteriza a una fuente de luz unívocamente y qué efecto tiene sobre la sensación visual que percibimos.

En general, cuando un objeto recibe radiación electromagnética (por ejemplo, luz), una parte de esta radiación es absorbida y otra reflejada. Además, dicho cuerpo, en función de su propia temperatura y de sus propiedades, puede irradiar energía. Cuando la energía absorbida es mayor que la que emite y la que refleja, el objeto se calienta y, como consecuencia, la energía emitida aumenta. El proceso continúa hasta que se alcanza el equilibrio. Una abstracción teórica que no existe en la realidad, pero que se utiliza es el conocido como cuerpo negro. El cuerpo negro es un receptor perfecto que absorbe la totalidad de la

energía recibida. La ley de Kirchoff dice que el poder absorbente y emisor de un cuerpo es constante e igual para todas las superficies a la misma temperatura.

El cuerpo negro presenta siempre una temperatura uniforme, absorbe completamente todas las radiaciones incidentes y las transforma en energía térmica, lo que provoca una radiación en función de su temperatura. La intensidad de la radiación emitida por un cuerpo negro con una temperatura  $T$  viene dada por la ley de Planck:

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} = \frac{1}{e^{(h\nu/kT)} - 1} \quad (8)$$

Donde  $\nu$  es la frecuencia (hercios),  $T$  la temperatura (kelvin (K)),  $h$  la constante de Planck,  $c$  la velocidad de la luz y  $k$  la constante de Boltzman (julio/kelvin). El valor de las constantes y sus unidades se proporcionan en la tabla 1. La gráfica que proporciona la ecuación (8), representada en función de la longitud de onda, se conoce como la distribución espectral del emisor (SPD: *spectral power distribution*).

En la figura 7, a la derecha, se muestran algunas curvas de radiación del cuerpo negro a diferentes temperaturas, y a la izquierda se ilustra el color de una fuente a una determinada temperatura de color. Ambas subfiguras están relacionadas, por tanto, la figura 7 en su globalidad sirve para saber qué SPD (figura de la derecha) tendría la fuente y qué color se percibiría (figura de la izquierda) dada una temperatura de color determinada.

#### Nota

Por este motivo, los fabricantes proporcionan la temperatura de color de sus fuentes y, a veces, la distribución espectral de la energía radiada.

La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a esa temperatura.

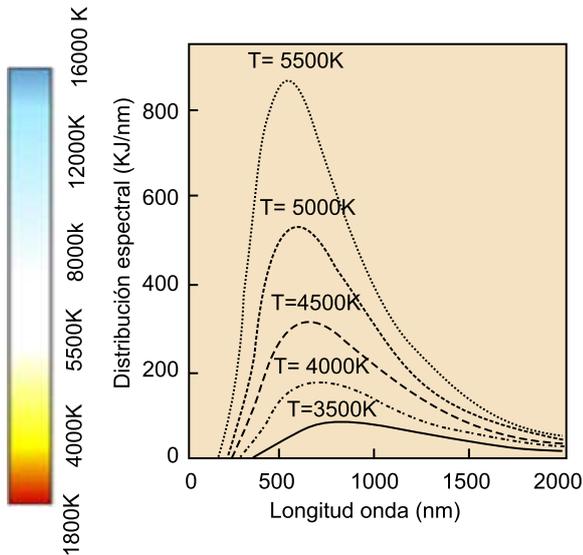


Figura 7. A la izquierda se muestra la temperatura de color de una fuente y el color que genera. A la derecha, la distribución espectral del cuerpo negro a diferentes temperaturas.

**Nota**

La luz es una onda electro-magnética que viaja a una velocidad constante. Concretamente, en el vacío su valor es de 299.792.458 m/s y es igual al producto de la longitud de onda por la frecuencia.

Tabla 1. Constantes de la ley de Planck

Constante	Magnitud	Unidades (SI)
h	$6.62606896 \times 10^{-34}$	J·s
c	$3 \cdot 10^8$	m/s
k	$1.38065 \times 10^{-23}$	J/K

Todos los cuerpos cuya emisión dependa solo de su temperatura se compararán con el cuerpo negro, lo que permite conocer su SPD mediante la ecuación (8). Como un cuerpo negro es un radiador térmico perfecto, cualquier otro cuerpo que está en equilibrio y a la misma temperatura emite menos potencia radiante y dependerá de su capacidad para emitir.

De la ley de Planck se deduce que el color que se observe de una fuente de luz dependerá de su distribución espectral, ya que si no emite igual en todas las longitudes de onda, las que predominen proporcionarán cromaticidad a esa fuente. Si la fuente de luz emite mayormente en las longitudes de ondas largas del espectro visible, la luz se percibirá roja, y si por el contrario prevalecen las longitudes de onda cortas del espectro visible, se percibirá azul. Si se combinan todas las longitudes de onda del espectro visible en cantidades aproximadamente iguales, se percibirá una luz de color blanca.

**Ejemplo**

La luz incandescente, que suele tener una temperatura de color aproximada de 3.200 K, proporciona una luz rojiza que genera sensación de calidez. Por el contrario, la del fluorescente de bajo consumo LT3U20WF, con una temperatura de color de 6.400 K, proporciona una luz fría, esto es, algo azulada.

Como veremos más adelante, solo es necesario conocer la SPD de una fuente de luz para determinar cuantitativamente sus coordenadas de color. Para conocer qué sensación visual puede producir, basta con saber la temperatura de color.

Sin embargo, saber que una fuente de luz está caracterizada por su distribución espectral nos permite entender por qué las diferencias en el espectro entre dos fuentes permiten distinguir mejor si una tela es azul o negra, volviendo al ejemplo con el que iniciamos este apartado.

### **Ejemplo**

Para relacionar qué sensación visual se obtiene si una muestra blanca se ilumina con un determinado iluminante, utilizad el siguiente *applet* <<http://cas.sdss.org/dr6/en/proj/advanced/color/physlet/blackbody.asp?textBox=3000>>.

Al introducir una temperatura de color, se dibuja su SPD según la ley de Planck. En el lado izquierdo, en el círculo inferior, se visualiza la sensación visual que tendríais al mirar esa fuente de luz.

Este *applet* permite relacionar los dos conceptos que van ligados: temperatura o SPD de una fuente de luz y el color que percibimos de él. Mover el ratón sobre la SPD y aparecerá la longitud de onda ( $\lambda$ ) máxima para esa distribución espectral.

## **1.4. Iluminación en platós de televisión**

La CIE tiene estandarizados algunos iluminantes que se utilizan como referencia; por ejemplo, los iluminantes de la luz del día de la clase D. En este sentido, la luz diurna es la luz de referencia en estudios en el exterior y se utiliza como elemento de comparación y evaluación para cualquier otra fuente de luz. Sin embargo, la SPD de la luz del día es muy variable porque no es la misma a primera hora de la mañana que a primera hora de la tarde, ni para un día nublado o uno con sol. Por esta razón, la CIE propuso el uso de iluminantes no reales, pero normalizados, para que sirvieran de estándar: cuando se habla de la luz de día D65, se está hablando de un estándar de la CIE. Sin embargo, este estándar se puede reproducir con fuentes de luz reales.

### **Ejemplo**

En las cabinas de comparación del color de la marca VeriVide, la fuente D65 se realiza mediante tubos fluorescentes, mientras que en la cabina GretagMacbeth se simula el iluminante D65 a partir de lámparas halógenas de incandescencia y filtros apropiados.

En los platós de televisión suelen utilizarse fuentes de luz de tungsteno-halógeno, llamadas comúnmente lámparas de cuarzo. Estas lámparas suelen tener una temperatura de color de aproximadamente de 3.200K y unas potencias que pueden oscilar entre los 500 y los 3.000 watts.

En la práctica, en televisión se utiliza un luxómetro para medir la iluminación recibida en un punto, lo que permite conocer según el área que se vaya a captar, cuantas fuentes se necesitan y de qué energía tienen que ser. La unidad de medida del luxómetro es el lux.

### **Nota**

El luxómetro PCE-L335 tiene un rango de medición de luz desde 0 hasta 400.000 lux, dividido en varias escalas para adaptarse a las luminosidades débiles y fuertes.

Vamos a mostrar algunos ejemplos para establecer órdenes de magnitud: el cielo nocturno despejado con luna nueva puede tener 0,001 lux; el comedor de una vivienda puede tener 50 lux; la salida o puesta de sol en un día despejado, unos 400 lux, en un estudio

de televisión se puede tener 1.000 lux, y en un día con sol se puede medir 32.000 lux o más.

Hasta el momento os hemos comentado qué caracteriza una fuente de luz y qué relación tiene luego con la sensación visual que tenemos. En televisión se debe controlar tanto qué tipo de fuente de luz se usa y de qué potencia, como dónde se sitúa para controlar las sombras. En producción televisiva se aprende a colocar las fuentes de luz, ya que según dónde se sitúen en referencia al sujeto o sujetos que se estén grabando se obtendrá un efecto diferente. La iluminación debe bajar la relación de contraste entre las áreas claras y oscuras mediante la adición de más luz a las áreas oscuras o atenuando las áreas extremadamente claras. De esta forma, es posible conseguir más detalle en las dos áreas.

Una buena iluminación crea una ilusión de tres dimensiones en una imagen plana. La iluminación debe proporcionar un aspecto uniforme, lo que significa que debe buscar consistencia desde cada ángulo de la cámara con la que se capta.

## 2. Colorimetría aplicada a la televisión en color

En la visión diurna o fotópica, el ojo humano tiene tres tipos de células receptoras de la radiación llamados conos. Estos tres tipos de conos se estimulan ante distintos rangos de longitud de onda, que en el espectro visible se sitúan en el rango del rojo, del verde y del azul. Por simplificar, tradicionalmente se acaba hablando de ellos como si fueran monocromáticos, pero hay que tener presente que eso no es así.

Los conos transforman la radiación que captan en impulsos nerviosos, que se envían al cerebro para ser interpretados y que nos produzcan la sensación del color. La colorimetría es la ciencia que ha desarrollado métodos para la cuantificación del color de un objeto que está aislado o formando parte de una escena. Dicho método tiene que tener un sentido perceptual, esto es, los números que se asignan a un color deben describir el color percibido por el sistema visual humano. La percepción del color de un objeto no depende solo de la luz que refleja cuando se ilumina, sino que, en general, depende de la luz que recibimos del objeto y de su entorno. El problema es complicado, por lo que aún no existe un modelo que sea capaz de describir el color que se percibe de un objeto en cualquier condición de observación, aunque ya hay modelos de apariencia del color bastante aproximados.

### 2.1. Leyes de Grassmann de la trivarianza

Un principio enunciado por Newton (1672), reafirmado por Young (1802) y verificado en la práctica, afirma que cualquier color puede ser igualado por la suma de tres colores primarios convenientemente elegidos. La colorimetría tradicional caracteriza al estímulo luminoso que llega al ojo mediante las componentes de un vector en un determinado espacio vectorial. Para construir este espacio, llamado espacio de representación del color, solo hay que elegir tres colores como primarios y un blanco de referencia. En 1931, la CIE propuso los espacios conocidos con los nombres RGB y XYZ.

En ambos espacios se tienen en cuenta las leyes de la trivarianza y de la luminancia de Grassmann (1850), según las cuales cualquier color  $C$  de luminancia  $L_C$  puede definirse como la suma de tres luminancias: roja ( $L_R$ ), verde ( $L_G$ ) y azul ( $L_B$ ).

$$L_C = L_R + L_G + L_B \quad (9)$$

Por otro lado, imaginemos que tenemos dos pantallas contiguas situadas a una cierta distancia del observador. Sobre una de ellas se proyecta una luz blanca que sirve de referencia y, en la otra pantalla, la luz procedente de la mezcla adictiva de tres fuentes de colores primarios (*additive primaries*). Como fuentes

#### Referencia bibliográfica

Ambos espacios están tabulados y encontraréis sus valores en las referencias bibliográficas del presente módulo didáctico.

primarias se escogen fuentes de luz que emiten en la zona del espectro electromagnético correspondiente al rojo ( $P_R$ ), al verde ( $P_G$ ) y al azul ( $P_B$ ). Modificando las proporciones de energía procedentes de esas tres fuentes primarias, se busca obtener un blanco idéntico al de referencia. Si se logra la igualación de color, el resultado será que en ambas pantallas se tiene la misma sensación visual; es decir, solo se verá un único color. En otras palabras, parecerá que hay una sola pantalla en lugar de dos. Para lograr este efecto, el observador debe modificar las proporciones ( $\alpha_R$ ,  $\alpha_G$  y  $\alpha_B$ ) de las tres fuentes de luz  $P_R$ ,  $P_G$  y  $P_B$ , hasta igualar a la luz blanca de referencia:

$$C = \alpha_R P_R + \alpha_G P_G + \alpha_B P_B \quad (10)$$

Esta es la segunda ley de Grassmann. De la mezcla aditiva de dos primarios da el color complementario del tercer primario. La mezcla de un primario y su complementario produce la sensación de blanco para una relación adecuada de luminancias.

### Ejemplo

Para entender cómo se produce la igualación del color partiendo de tres primarios y cómo deben encontrarse las proporciones adecuadas de dichos primarios, modifícalas las cantidades de R, G y B en el siguiente *applet* <[http://www.cs.rit.edu/~ncs/color/a\\_game.html](http://www.cs.rit.edu/~ncs/color/a_game.html)> hasta que coincida el rectángulo interior con el color del exterior.

Las cantidades R, G, B, representan las fuentes primarias y dan una guía indicando si se hace bien o no hasta lograr la igualación.

En este ejemplo, las superficies a igualar en color son un rectángulo en el interior de otro, en vez de ser dos pantallas contiguas como se hizo para determinar la segunda ley de Grassmann, pero la idea fue la misma aunque en un experimento más controlado.

Las tres fuentes de luz primarias deben cumplir que nunca ninguna de ellas se obtenga a partir de las otras dos. La serie de colores que se pueden alcanzar, corresponder o igualar con cualquier conjunto de tres primarios es lo que se considera el *gamut* de esos primarios.

Fijémonos en que la mezcla aditiva es el intento tecnológico de imitar la forma de trabajo del sistema visual humano, donde el color se logra por la correspondiente excitación de los tres tipos de conos que tenemos.

La composición de colores por mezcla aditiva es el principio básico de la generación de señales de vídeo en color y de las pantallas de televisión. En el caso de la norma europea PAL (*phase alternating line*) de televisión en color, se fijan los tres primarios, y como fuente de luz blanca de referencia se usa la luz D6500 de valor conocido. Mediante un experimento similar al mencionado para enunciar la ley de Grassmann, que se describe en la ecuación (10), para la norma PAL se obtuvo que la luminancia para igualarse al blanco de referencia requiere un 30% de la señal roja (R), un 59% de la señal verde (G) y un 11% de la señal azul (B):

### Ejemplo

El amarillo es el complementario del azul. Si se mezclan en proporciones adecuadas el amarillo y el azul, la sensación será de blanco.

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (11)$$

## 2.2. Observador patrón y espacio de color XYZ

Debido a la naturaleza de la visión tricromática, un color puede ser definido por un conjunto de tres coordenadas de un vector en un espacio vectorial tridimensional. El espacio vectorial de color cumple las leyes de Grassmann y tiene unos primarios cuya combinación lineal genera todo el espacio de color. En primer lugar la CIE definió unos primarios que generaron el espacio de color RGB-CIE.

Por ejemplo, para determinar las coordenadas de color de una fuente de luz que tiene una distribución espectral (SPD)  $S(\lambda)$ , se calcula:

$$\begin{aligned} R &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) \cdot d\lambda \\ G &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) \cdot d\lambda \\ B &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) \cdot d\lambda \end{aligned} \quad (12)$$

donde  $\bar{r}(\lambda)$ ,  $\bar{g}(\lambda)$  y  $\bar{b}(\lambda)$  son las funciones de igualación de color o funciones de mezcla del espacio RGB-CIE y  $K_m$  es 683 lm/W.

En la figura 8 se muestran las funciones de mezcla del espacio de color RGB-CIE. Se puede apreciar que la curva  $\bar{r}(\lambda)$  tiene un rango de longitudes de onda en las que el valor es negativo. Esto conduce a obtener en muchos colores una de las coordenadas RGB de valor negativo. Además, existen algunos colores que se sitúan fuera del triángulo de primarios. Por ello, la CIE creó otro sistema de coordenadas, el espacio XYZ-CIE, que se obtiene mediante una transformación lineal del RGB. Además,  $Y$  coincide con la curva de visión fotónica del sistema visual humano de la figura 2. Esto implica que la luminancia de los primarios  $X$  y  $Z$  han de ser cero y la del primario  $Y$ , la unidad. Con este nuevo espacio de color no se obtienen coordenadas negativas.

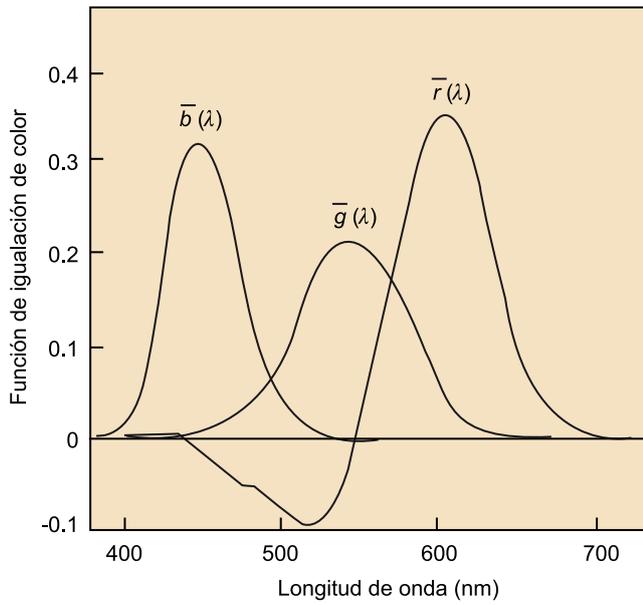


Figura 8. Funciones de igualación de color RGB-CIE (1931)

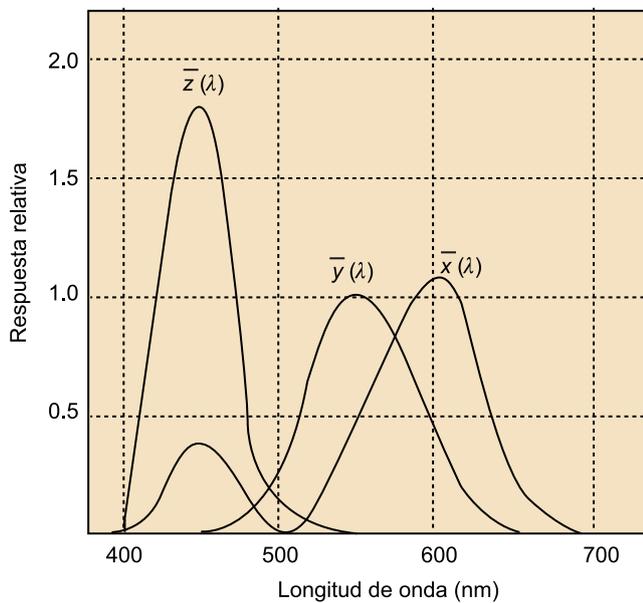


Figura 9. Curvas del observador patrón XYZ-CIE (1931)

En la figura 9 se muestran las nuevas curvas de igualación del color o funciones de mezcla del espacio XYZ-CIE que se definió en 1931. A los valores XYZ se les conoce como valores triestímulos.

Siguiendo con el mismo ejemplo de la fuente de luz con SPD  $S(\lambda)$  de la ecuación (12), su color en el espacio XYZ se obtiene:

$$\begin{aligned}
 X &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda \\
 Y &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda \\
 Z &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda
 \end{aligned} \quad (13)$$

### Nota

A las funciones de igualación o funciones de mezcla  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  y  $\bar{z}(\lambda)$ , se las conoce como funciones de mezcla del observador patrón u ojo patrón, porque describen cuantitativamente el color percibido de un observador medio sin problemas de visión. A través de unas ecuaciones similares a la ecuación (13) se determina cuantitativamente el color de cualquier objeto y viene a representar el color que percibimos.

Para evitar problemas de magnitud se definieron las coordenadas cromáticas que son los valores triestímulos normalizados:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{X}{(X+Y+Z)} \\
 y &= \frac{Y}{(X+Y+Z)} \\
 z &= \frac{Z}{(X+Y+Z)} = 1-x-y
 \end{aligned} \quad (14)$$

Como el espacio CIE XYY fue deliberadamente diseñado para que Y coincida con la luminosidad, la cromaticidad se determina a partir de x e y. Por ello, se definió el espacio CIE xyY, el cual es ampliamente utilizado y del que se definen otros sistemas de representación del color, de ahí su importancia.

El espacio xyY se forma con la cromaticidad del color que se representa en un plano (x, y), llamado triángulo cromático CIE, y su luminosidad en un eje perpendicular al mismo (Y). Por la ecuación (14) se ve cómo partiendo del sistema xyY siempre se puede reconstruir el sistema de representación del color con los valores triestímulos XYZ y viceversa.

Concluyendo, para especificar un color solo son necesarias sus coordenadas cromáticas (x,y) y su luminosidad Y. Esta forma de representar el color está más conectada con la forma en la que los seres humanos describimos un determinado color. En general no lo hacemos considerando las componentes RGB que pueda tener, sino mediante tres características distintas: la tonalidad (si es verde o rojo), la luminancia o brillo (desviación del negro al blanco) y la saturación (la pureza del color). Estas tres características tienen que ver con la percepción psicológica del color y con la manera de referirnos a él. La luminancia contiene la información monocromática de ese color, mientras que el tono y la saturación contienen la información cromática. Por esta razón, el sistema xyY se corresponde bien con la sensación visual que tenemos del color.

## Nota

Un color saturado es un color espectral o monocromático y por eso se le llama puro. Un ejemplo de color espectral es el color de una luz láser. Cualquier cambio hecho a un color puro hará que baje su saturación. En el diagrama de color CIE xyY, los colores más saturados están en el borde exterior. Cuanto más se acercan al centro menor es su saturación.

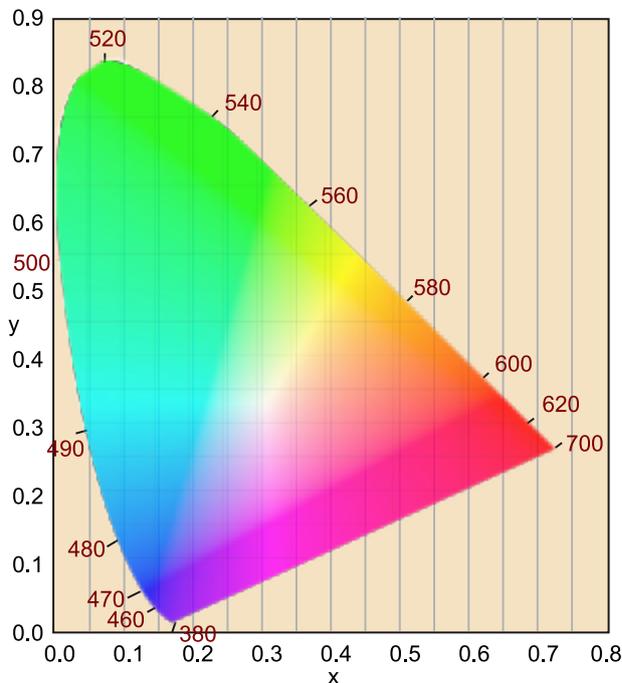


Figura 10  
Fuente: Wikipedia

## Ejemplo

Visita las siguientes páginas del sistema de color Munsell como ejemplo para entender mejor los siguientes aspectos:

- La luminancia o brillo <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-value/>>
- El tono <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-hue/>>
- La saturación <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-chroma/>>.

Este sistema se puede utilizar cuando se quiere describir un color haciéndolo por igualación visual. El color a describir se compara con los que tiene el sistema Munsell y después se identifica con las variables del sistema Munsell.

Resumiendo, para poder medir cuantitativamente el color de una fuente de luz en el espacio de color colorimétrico xyY, se requiere conocer la SPD de la fuente de luz que lo ilumina, las funciones de mezcla del observador patrón y con las ecuaciones (13) y (14) se obtiene su luminancia Y y su cromaticidad (x, y).

Cuando apareció la televisión en color, como tenía que ser compatible con los receptores en blanco y negro, se hizo como en colorimetría; esto es, se obtenía la información de cromaticidad separada de la de luminancia. Entonces se transformó las señales RGB de la cámara a otra representación en la que la

información de luminancia  $Y$  estuviera separada de la de cromaticidad ( $U$ ,  $V$ ). De esta forma se podían utilizar indistintamente en los receptores en blanco y negro y en los de color.

La señal de luminancia se obtiene usando la ecuación (11). Las señales  $U$  y  $V$  se determinan calculando la diferencia entre el rojo ( $R$ ) y el azul ( $B$ ) con respecto a la luminancia ( $Y$ ); esto es,  $U=B-Y$  y  $V=R-Y$ . En el módulo "Televisión analógica" se explicará por qué se definieron así estas coordenadas y por qué se continúan utilizando.

### 3. Captación con cámara en color y obtención de las señales RGB

Los elementos principales de una cámara son los siguientes (que se identifican en la figura 11):

- Control de la intensidad de luz
- Filtros correctores de color
- Objetivos
- Sensores
- Matrizado
- Balance de blanco
- Corrección de gamma
- Balance de negro

Todos estos elementos caracterizan la señal de vídeo que se adquiere. Una vez adquirida, la señal de vídeo se transmite al exterior en uno de los siguientes formatos: RGB, Y/C (supervideo) o vídeo compuesto. Actualmente las cámaras de televisión son digitales, por consiguiente, en ellas se realiza el muestreo, cuantificación y codificación de la señal analógica. Como resultado, la señal de salida es una señal digital.

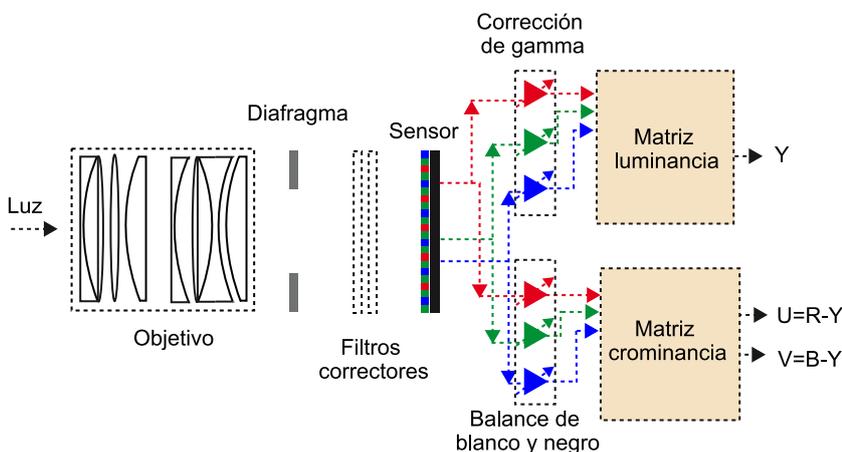


Figura 11. Elementos de una cámara

Veamos a continuación la descripción detallada de cada uno de los controles de la cámara enumerados anteriormente.

#### 3.1. Control de la intensidad de luz

Se trata de controlar la cantidad de luz que llega al sensor o, en otras palabras, el control de la exposición. Este control se realiza con tres parámetros:

- **Apertura del diafragma.** El diafragma o iris consiste en una serie de "soplapas", posicionadas en forma circular y que pueden estar abiertas o cerradas. La medida de la apertura generalmente se representa con una "f" seguida de un valor numérico, por ejemplo:  $f/2.8$  -  $f/4$ .... Cuanto menor es el número, mayor es la obertura y, por tanto, se deja pasar más luz hacia el sensor.
- **Velocidad de obturación o *shutter*.** Este parámetro define el tiempo en el que se permite que entre la luz hacia el sensor y se expresa en fracciones de segundo. Por ejemplo,  $1/1000$  significa que se deja pasar la luz durante una milésima de segundo.
- **Sensibilidad ISO.** Este parámetro, heredado de la fotografía analógica, en que indicaba la sensibilidad de la película fotográfica a la luz, en los sensores actuales indica la amplificación que se hará de la corriente eléctrica obtenida. Cuanto mayor es la ISO, más ruido tiene la imagen.

### 3.2. Filtros correctores de color

Las cámaras generalmente disponen de filtros correctores de color porque, como hemos visto, aunque todas las fuentes de luz (la luz del sol, la luz de tungsteno o las lámparas de cuarzo) producen luz blanca, según sea su SPD, cuando se capta una escena con blancos, estos pueden aparecer amarillentos o azulados. Para evitarlo, las cámaras disponen de una selección de filtros que dependen del modelo de la cámara. Por lo general, suelen tener filtros para la luz de día y para luz artificial de interior. Aparece el nombre y entre paréntesis figura la temperatura de color en grados kelvin del filtro.

#### Ejemplo

Luz de día (5600 K), luz de tungsteno (3200 K) y luz fluorescente (4700 K).

Las cámaras también suelen tener un filtro de densidad neutra, o ND, que sirve para evitar sobreexposiciones de luz. Este filtro reduce la intensidad de luz que le llega al sensor. Se acompaña con un número que indica cuánta luz deja pasar.

#### Ejemplo

El ND4 deja pasar el 25% (una cuarta parte) de la luz incidente a la cámara.

Además, como veremos más adelante, para evitar que los blancos no se vean como tales, las cámaras tienen los circuitos de balance de blancos.

### 3.3. Objetivos

El objetivo clásico de una cámara de vídeo es el de distancia focal variable o zoom. En general se identifica mediante la indicación de la mínima distancia focal y el factor multiplicativo de la máxima distancia focal. Por ejemplo,  $10 \text{ mm} \times 10$ .

La distancia focal de una lente define la distancia entre el centro óptico de la lente y el foco o punto focal cuando se enfoca al infinito. En la

figura 12 la distancia focal se denota con la  $F$  y siempre se mide en milímetros.

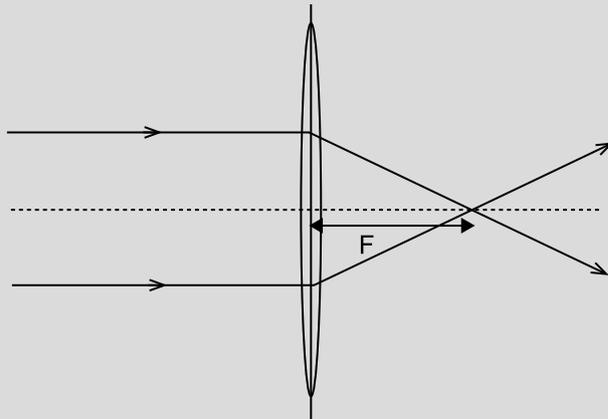


Figura 12. Distancia focal de una lente

En el caso de las cámaras, el sensor se sitúa en el plano imagen. En la figura 13 se ilustra para una lente, dónde se encuentra el plano objeto (escena que se quiere captar), el plano imagen (dónde se sitúa el sensor) y dónde la distancia focal ( $F$ ) de la lente. Esas tres distancias tienen que cumplir:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{O} + \frac{1}{I} \quad (15)$$

El área de imagen captada dependerá de la distancia focal escogida, como puede verse en la figura 13. Los valores de  $y$  y  $y'$  guardan relación con las distancias  $O$  e  $I$ . Por tanto, la elección del objetivo de la cámara está relacionada con la utilización que quiera hacerse. En general, la cámara permite utilizar diferentes objetivos que ofrece el fabricante y que están calculados según el tamaño del sensor de la cámara. En un plató de televisión, como las condiciones de captación son conocidas, generalmente es fácil determinar el objetivo que se necesita.

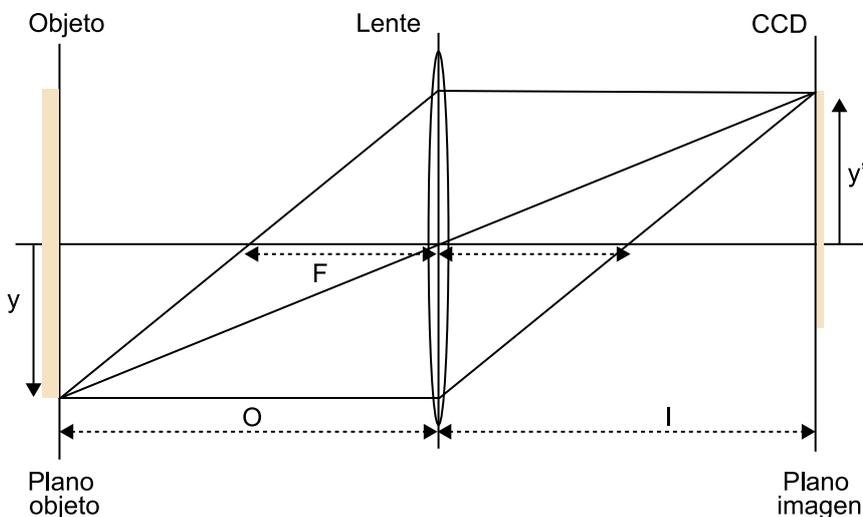


Figura 13. Plano imagen, plano objeto y distancia focal de una lente.

### 3.4. Sensores

Los sensores de las cámaras operan según el efecto fotoeléctrico, convirtiendo la radiación o fotones en electrones. Cuando un área ( $S$ ) del sensor se ilumina con cierta intensidad ( $I$ ), absorbe una energía en la unidad de tiempo proporcional a  $I \times S$ . Como cada electrón emitido toma la energía de un único fotón, concluimos que el número de electrones emitidos en la unidad de tiempo es proporcional a la intensidad de la luz que ilumina el área del sensor.

Actualmente, las cámaras tienen uno de los siguientes dos tipos de sensores:

- *CCD (charge-coupled device)*
- *CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor)*

Inicialmente, los sensores CCD se utilizaron en las cámaras profesionales y semiprofesionales, y los CMOS, en el resto. En ambas tecnologías, cada punto fotosensible incorpora un fotodiodo, que es el encargado de generar los electrones dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él.

La gran diferencia entre las dos tecnologías es que la CMOS integra junto al fotodiodo la electrónica necesaria para convertir los electrones generados en voltaje, lo que permite tener un acceso más inmediato al procesado de la información registrada. Este hecho hace que la tecnología CMOS vaya ganando terreno. Además, actualmente, la mayoría de memorias, microprocesadores y otros dispositivos electrónicos se fabrican con tecnología CMOS, lo que ha redundado en el abaratamiento de su fabricación: se puede hacer en más empresas. No obstante, la tecnología CMOS, al contener más electrónica, dispone de menos superficie para captar la luz que la tecnología CCD para el mismo tamaño de celda. A pesar de esto, los fabricantes han ido buscando soluciones para paliar este inconveniente y por razones económicas extender su uso en los dispositivos de consumo.

Las cámaras en color disponen de sistemas de filtros, interferenciales si son de un sensor o dicróicos si son de tres sensores, para la captación del color. En la figura 14 se ilustra la máscara de Bayer, que es como se distribuyen los filtros de color antes del sensor. Estos filtros, o con otras distribuciones, se utilizan cuando la cámara solo tiene un sensor. Como se puede ver en la imagen, hay mayor proporción de filtros verdes que de rojo y azul, lo que se explica si recordamos el sistema visual humano: según la figura 2, somos más sensibles en el rango de los verdes y en los sensores eso se simula poniendo más zona sensible a ese tono que al azul o el rojo.

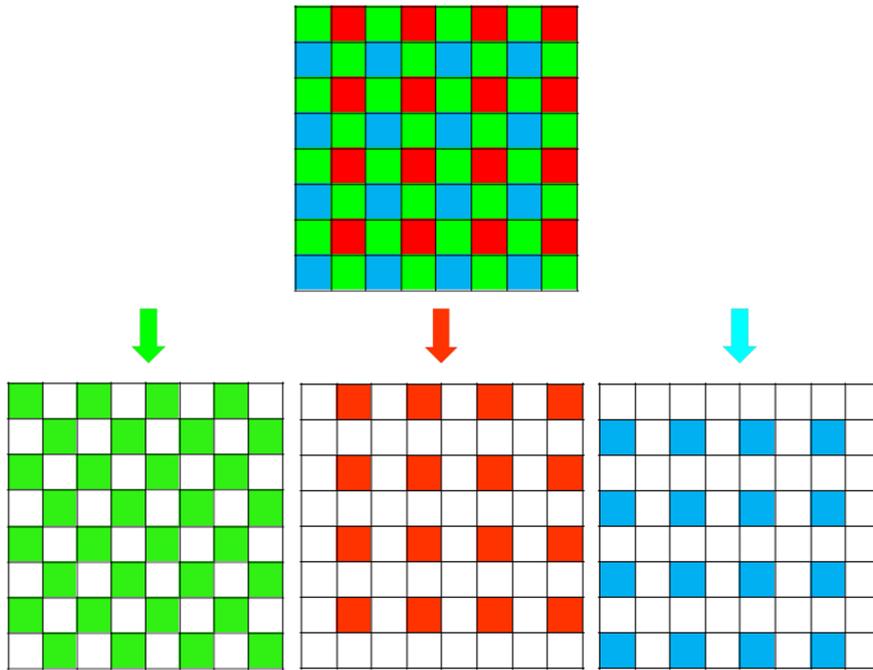


Figura 14. Máscara de Bayer de una cámara con un solo sensor

Un filtro dicróico tiene la propiedad de reflejar el rango de longitudes de onda del espectro visible que quiere filtrar y dejar pasar el resto. En la figura se ve cómo en primer lugar refleja los azules, que con otros componentes ópticos se logra que converjan sobre un sensor, y en segundo lugar refleja los rojos siguiendo el mismo procedimiento. El resto converge en el tercer y último sensor.

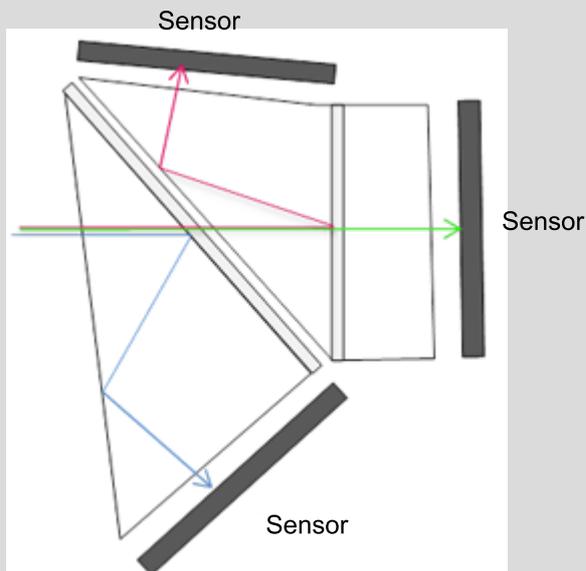


Figura 15. Prisma dicróico

Independientemente del sistema de filtros utilizado para captar el color, las cámaras operan como sucede en el sistema visual humano; es decir, utilizan un sistema tricromático de filtros de color que operan en un rango de longitudes

de onda que corresponden a la zona de los rojos, los verdes y los azules. En la figura 16 se muestra un ejemplo de cómo puede ser la respuesta de un sensor de una cámara en color.

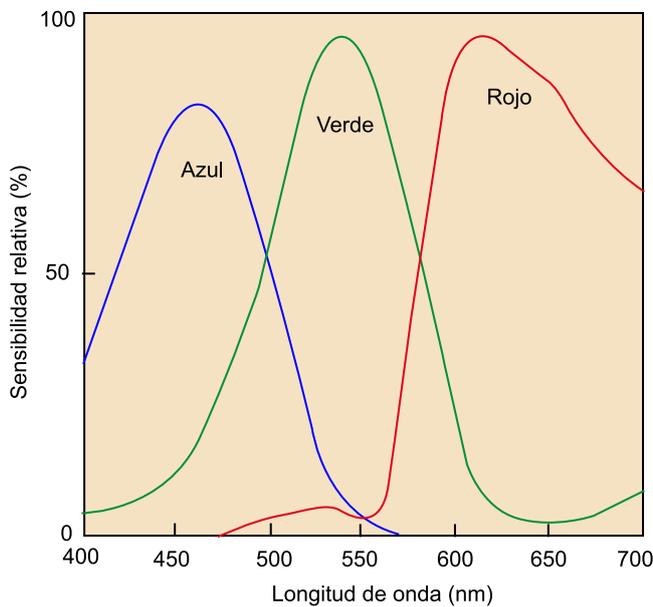


Figura 16. Respuesta espectral del sensor de una cámara en color

Como se puede ver, los sensores presentan una sensibilidad no uniforme, con tres máximos en tres zonas diferenciadas del espectro visible que corresponden a las longitudes de onda de los rojos, los verdes y los azules. Por analogía, a las señales procedentes de una cámara se las identifica con las siglas RGB, aunque en esta ocasión si son analógicas son señales de tensión.

Los filtros que se utilizan en una cámara para la detección del color tienen una función equivalente a los conos del sistema visual humano. Los conos responsables de la detección del color en el sistema visual humano tienen su equivalente en colorimetría y en las cámaras en color. En colorimetría, para poder dar una medición cuantitativa del color, están las funciones de mezcla del observador patrón. En las cámaras en color está el sistema de filtros de color.

Las curvas de sensibilidad espectral del sensor de una cámara tienen una función equivalente a las funciones de mezcla del observador patrón, ya que las señales por componentes R, G y B que se obtienen después del sensor vienen a ser las análogas a las coordenadas X, Y, Z. Por eso, a través de esas señales de tensión que se obtienen de la cámara, se puede reconstruir toda la información, tanto de intensidad como de color, de la escena captada.

Si se comparan las curvas de la figura 16 con las funciones de mezcla del observador patrón (figura 9), se pueden apreciar bastantes similitudes. La diferencia mayor está en la doble gaussiana de la función  $(\bar{x}(\lambda))$ . Sin embargo, las similitudes han permitido que las cámaras en color capten bien los colores reales.

### 3.5. Matrizado

Las señales RGB sufren varias transformaciones electrónicas, denotadas convencionalmente como *matrixing* en la función matriz, de adecuación de niveles, corrección de gamma, detalle, balance del blanco, pedestal, etc. obteniéndose unas nuevas señales R, G y B procesadas. Nos vamos a centrar en explicar el balance de blanco y de negro.

#### Aclaración

Cuando a la señal se le somete a transformaciones lineales para obtener una nueva señal, convencionalmente en la literatura se dice que la señal pasa a través de la matriz. Por tanto, veréis cómo la palabra *matriz* aparecerá en el diagrama de bloques de la cadena de televisión cuando a la señal se le realice una transformación lineal.

### 3.6. Balance de blanco y de negro

Recordad que hemos explicado que la temperatura de color de la fuente de luz es determinante en el color de los objetos iluminados. Si la fuente de luz se comporta como un cuerpo negro, a la temperatura de color le corresponde una longitud de onda máxima que muestra la dominancia de color de esa fuente. Por tanto, si una muestra blanca se ilumina con la luz del día al mediodía o con luces incandescentes, nosotros la veremos blanca porque el sistema visual humano presenta constancia al color. Sin embargo, si lo captamos con una cámara, las señales que registrarán serán diferentes.

La cámara dispone del conocido balance de blanco que consiste en realizar las correcciones oportunas de forma que efectivamente aparezca un blanco como tal, con independencia de la temperatura de color de la fuente de luz con la que se ilumina. Para realizar el balance de blanco se capta desenfocado (para no captar ninguna textura) un objeto de color blanco (un papel, por ejemplo) cubriendo toda la escena y se pulsa el botón de calibración de blancos.

El balance de blanco consiste en ajustar las ganancias de los amplificadores de las tres vías R, G y B de la cámara para que sus tensiones de salida sean iguales.

Concretamente se comparan las tensiones de la componente R y B con la G. Las diferencias de esas tensiones realimentan los correspondientes amplificadores variando sus ganancias hasta lograr la igualdad de las tres tensiones. Ese balance queda registrado en una memoria y solo es necesario repetirlo si cambian las condiciones de iluminación.

Cuando se está captando con varias cámaras es cuando conviene realizar el balance de blancos en las condiciones de iluminación en la que se producirá la captación. De ese modo se garantiza que al cambiar la imagen de una cámara a otra no se observen cambios de color en los blancos y en el resto de colores.

Cuando se capta en el exterior, conviene hacer este ajuste más frecuentemente porque la temperatura de color irá cambiando a lo largo de las horas y de la climatología.

De forma análoga al balance de blanco, en el balance de negro la cámara alinea los niveles de negro de las señales R y B con la señal G hasta igualar los niveles de las tres señales.

### **3.7. Corrección de gamma**

En los monitores de rayos catódicos (CRT), la relación entre el voltaje aplicado para producir una respuesta lumínica no es lineal, concretamente es logarítmica. Esto modifica el contraste de la imagen. En otras palabras, el rayo de electrones que golpea los fósforos para generar la imagen no tiene una relación lineal con el voltaje que se le aplica. Por esta razón, en las cámaras se aplica la corrección de gamma a las tres señales R, G y B independientemente, que es el proceso inverso. De este modo, se asegura que la reproducción de la imagen mostrada en el televisor será lo más parecida a la captada por la cámara.

Con la aparición de televisores que utilizan tecnologías diferentes a los tubos CRT (LCD, plasma o LED), que no presentan esta no linealidad, no es necesario utilizar la corrección de gamma cuando se graban las imágenes.

## **Bibliografía**

**Cubero M.; Casado, F.** (2006). *La luz en la producción de televisión. Conceptos y teorías*. Ed. Marcombo.

**Wyszecki, G.** (1982). *Stiles, Color Science*. John Wiley & Sons.

