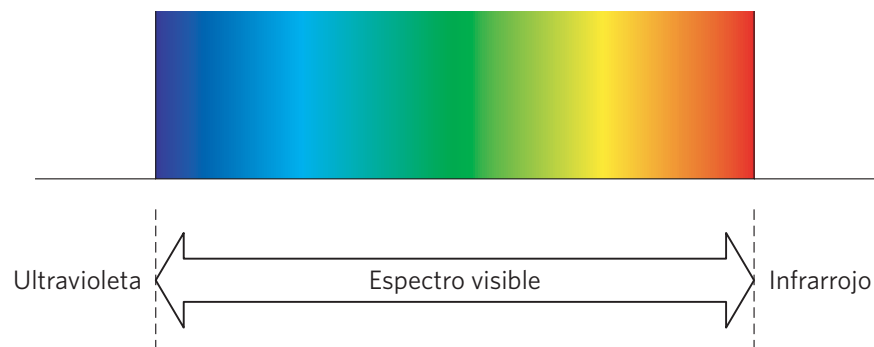


LA NATURALEZA DE LA LUZ Y EL COLOR

LA FÍSICA DE LA LUZ

La radiación electromagnética viaja a través del espacio como energía eléctrica y energía magnética. A veces la energía actúa como una onda y otras veces se comporta como una partícula llamada fotón. Como onda, podemos describir la energía mediante su longitud de onda, que es la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente. La longitud de onda de la radiación electromagnética puede clasificarse desde kilómetros (ondas de radio) a centímetros (microondas de un horno microondas) a millonésimas de milímetro (la luz que vemos) a milmillonésimas de milímetro (los rayos X).

La longitud de onda de la luz generalmente se expresa en nanómetros (nm). Un nanómetro es una milmillonésima de metro. La luz visible tiene longitudes de onda comprendidas entre unos 400 nm y 700 nm. Esta variedad de longitudes de onda se denomina el espectro visible.

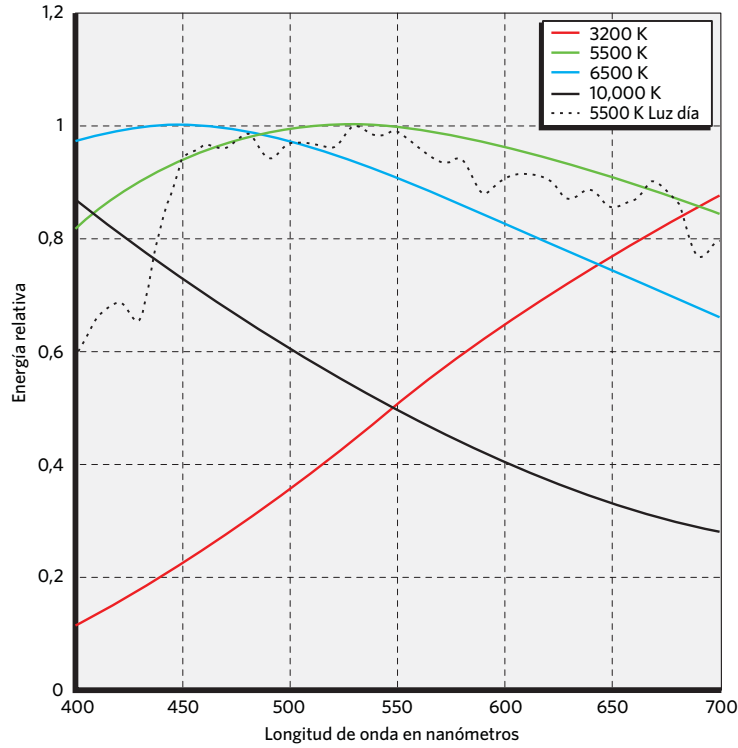


La radiación electromagnética del espectro visible generalmente se genera por una de estas fuentes:

- Fuentes incandescentes. La fuente incandescente más común es la luz de tungsteno.
- Fuentes no incandescentes como luces fluorescentes, haluros metálicos, vapor de mercurio, neón y HMI.
- El sol. (Realmente el sol es una fuente incandescente, ya que produce luz por incandescencia. Sin embargo, en la comunidad fotográfica, incandescencia se refiere a fuentes artificiales).

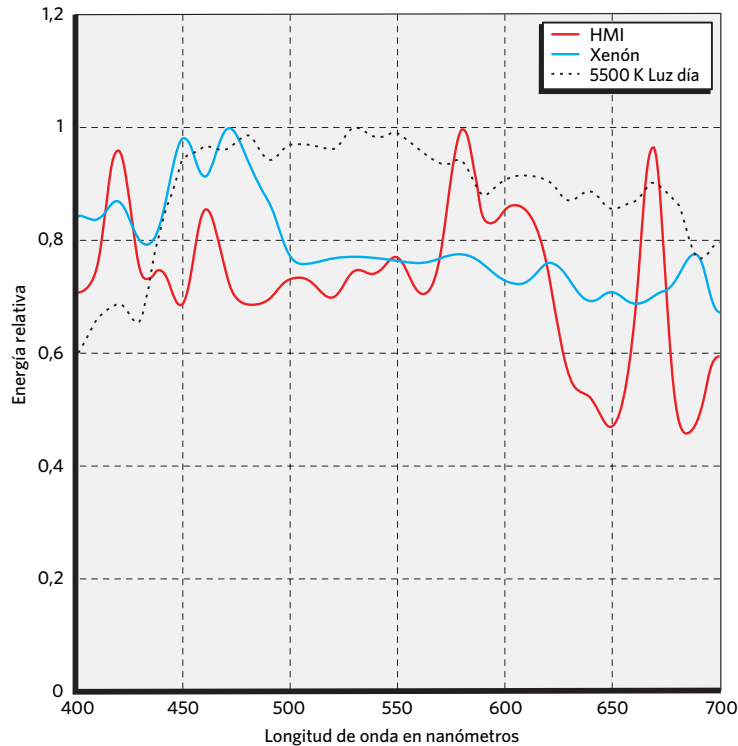
Todos los objetos emiten alguna radiación electromagnética. Cuando un objeto se calienta, emite relativamente más radiación electromagnética de longitudes de onda más cortas y relativamente menos de longitudes de onda más largas. Esta propiedad de la luz permite que un fotómetro mida la temperatura de color de la luz. La figura siguiente muestra las longitudes de onda visibles de la energía relativa emitida en cada longitud de onda de varias temperaturas de color y 5500 K Luz día. A 3200 K hay relativamente una gran cantidad de longitudes de onda largas y una cantidad relativamente pequeña de longitudes de onda cortas. A medida que la temperatura de color aumenta a 5500 K, 6500 K y 10000 K, la cantidad relativa de energía de longitud de onda larga disminuye y la cantidad relativa de energía de longitud de onda corta aumenta.

La curva de 5500 K Luz día no es tan lisa como la curva de 5500 K debido a que la luz día es una combinación de la energía emitida por el sol, la energía absorbida por la atmósfera de la tierra y la energía dispersada por partículas presentes en la atmósfera de la tierra.



Curvas de energía espectral relativa para diferentes temperaturas de color.

Cuando los electrones de una molécula o un gas se excitan, asciende a un nivel de energía más alto dentro de ese átomo o molécula. Después de un periodo de tiempo, los electrones vuelven a su nivel de energía normal y emiten la diferencia de energía en forma de radiación electromagnética. La energía emitida se encuentra frecuentemente dentro del espectro visible. La figura inferior muestra las curvas espectrales de lámparas HMI y Xenón comparadas con la curva de 5500 K Luz día.



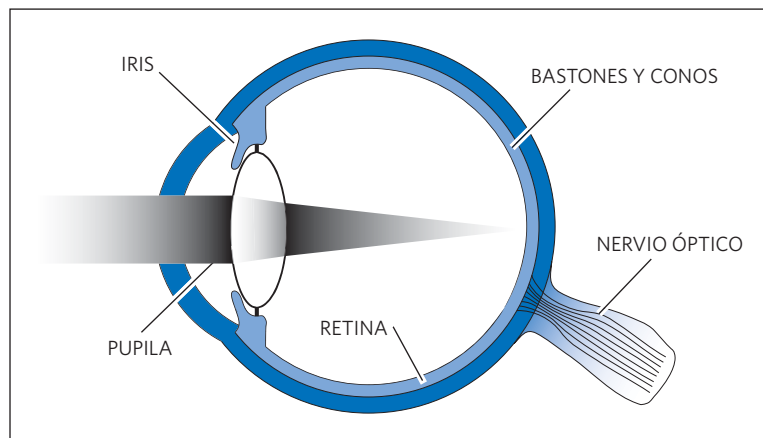
Curvas de energía espectral relativa de lámparas HMI y Xenón comparadas con la curva de 5500 K Luz día.

Cuando la luz incide sobre un objeto, se puede transmitir, absorber o reflejar. En muchos casos ocurren las tres cosas. La transmisión, absorción o reflexión se puede determinar por la longitud de onda de la luz. Por ejemplo, un trozo de cristal transparente transmitirá todas las longitudes de onda de la luz que chocan contra la superficie del cristal. Si el cristal está coloreado, algunas longitudes de onda se absorben y otras se transmiten. Si hay pequeñas partículas en el cristal, algunas longitudes de onda pueden ser absorbidas, otras transmitidas y todas reflejadas. En este caso describiríamos al cristal a la vez como coloreado y opaco. Un trozo de papel coloreado refleja algunas longitudes de onda, absorbe otras longitudes de onda y no transmite luz.

Si la luz incide sobre la superficie de un objeto que la transmite en un ángulo distinto al recto, la luz se desviará cuando entra y cuando sale del objeto. Esta propiedad de la luz permite que una lente enfoque los rayos de luz sobre una superficie, como la superficie de la película utilizada para fotografiar un objeto. Además, las longitudes de onda cortas se desvían más que las longitudes de onda largas. Esta propiedad de la luz produce el arco iris. Cuando la luz penetra en una gota de agua se desvía. Después la luz se refleja en la parte posterior de la gota de agua. A continuación, cuando la luz sale de la gota de agua, los rayos de luz se desvían de nuevo. Debido a que las longitudes de onda cortas se desvían más que las longitudes de onda largas, las longitudes de onda de la luz se dispersan a través del cielo y vemos el arco iris.

VISION DEL COLOR

La visión comienza cuando la luz de una escena penetra en nuestro ojo. La lente de nuestro ojo enfoca la luz como una imagen sobre nuestra retina. La retina humana utiliza dos tipos de células para detectar la luz: bastones y conos. Estos sensores microscópicos están distribuidos por la retina y cada tipo sirve para una finalidad muy diferente. Los bastones y conos convierten la luz en impulsos eléctricos minúsculos que viajan por a través de fibras nerviosas hasta el cerebro. En el cerebro, se convierten en una impresión de la forma y el color del objeto observado.



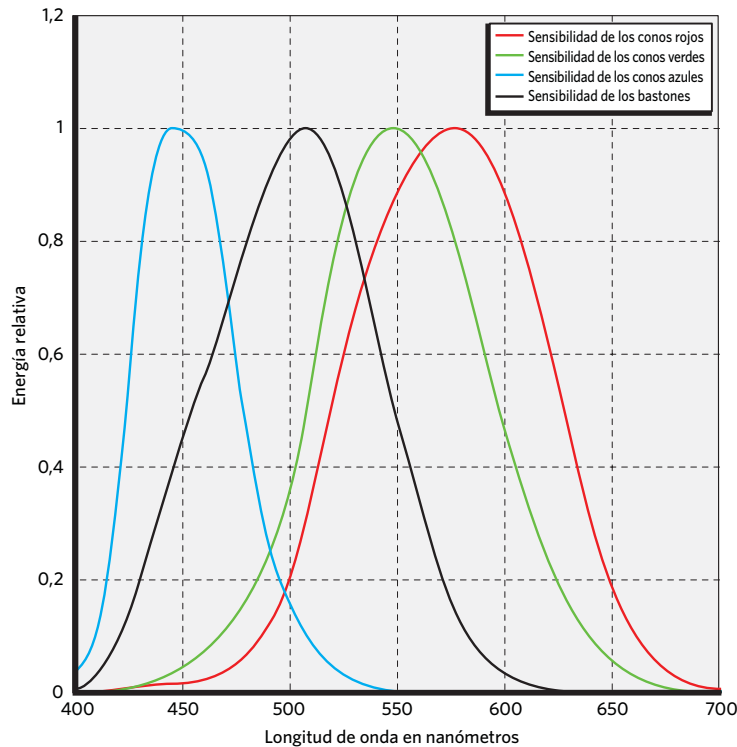
Todos los bastones tienen la misma sensibilidad a las longitudes de onda de la luz y, por tanto, no pueden ver el color de un objeto. Los bastones ven todos los objetos como tonos del gris. Debido a que los bastones también son muy sensibles a la luz—mucho más sensibles a la luz que los conos—nos permiten ver en niveles de luz muy bajos, como una escena nocturna iluminada únicamente por las estrellas o la luna. En escenas luminosas los bastones se inundan con la luz y cesan de producir la señal que el cerebro utiliza para la visión. En escenas de mucha luminosidad sólo los conos suministran una información útil para el cerebro.

Existen tres tipos de conos: uno tiene la mayor sensibilidad a las longitudes de onda largas de la luz visible; otro tiene la mayor sensibilidad a las longitudes de onda medias de la luz visible y otro tiene la mayor sensibilidad a las longitudes cortas de la luz visible.

Percibimos el brillo según sea el nivel total de la señal proveniente de todos los conos. Percibimos el color según sean los niveles relativos de la señal proveniente de los tres tipos de conos. Cuando los conos sensibles a las longitudes de onda largas son estimulados de forma predominante, vemos el rojo; cuando los conos sensibles a las longitudes de onda medias son estimulados de forma predominante, vemos el verde y cuando los conos sensibles a las longitudes de onda cortas son estimulados de forma predominante, vemos el azul. Debido a que sólo existen tres tipos de conos, toda la visión

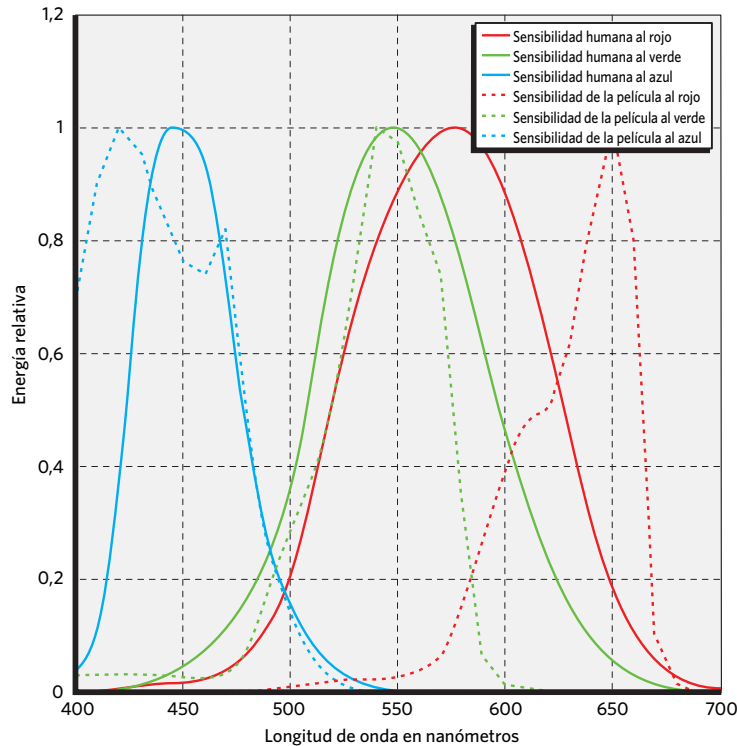
esta basada en estas tres percepciones del color. Por tanto, la mayoría de los colores se describen como claros u oscuros y una combinación de dos colores, por ejemplo, rojo y azul (un azul rojizo o un rojo azulado) Debido al procesamiento de la señal de los conos en el cerebro, no podemos ver un rojo verdoso o un verde rojizo La combinación de rojo y verde da la sensación de amarillo. Por consiguiente, el objeto aparece como amarillo verdoso o verde amarillento. Estas sensaciones son el resultado de diferentes cantidades de señales procedentes de los conos sensibles al rojo y al verde. Cuando esas señales son exactamente iguales, vemos amarillo sin rojo ni verde.

La figura inferior muestra la sensibilidad de los bastones y los tres tipos de conos a las longitudes de onda de la luz visible.



Las sensibilidades espectrales de los bastones y los conos sensibles al ojo, verde y azul humanos

Las sensibilidades espectrales de la película son similares a las sensibilidades de los conos. La figura siguiente compara las sensibilidades espectrales de los conos y la película. Hay numerosas razones para las diferencias de las sensibilidades espectrales de la película y los conos. La gran superposición de las sensibilidades de los conos rojo y verde precisa una considerable cantidad de procesamiento de la imagen en el cerebro a fin de producir sensaciones de rojez y verdor. La película no es capaz de tanto procesamiento de la imagen. La película escaneada podría procesarse mucho como el cerebro procesa las señales de los conos, pero el procesamiento de la imagen aumenta el grano o ruido en la imagen resultante. También, debido a que las imágenes generalmente se ven en condiciones de más baja iluminación que las que existen durante la fotografía, el color debe reforzarse para que las imágenes cinematográficas proyectadas aparezcan naturales. Desplazando las sensibilidades espectrales de la película, es más fácil reforzar química o digitalmente el color de la imagen filmada resultante.



Sensibilidades espectrales de los conos humanos y de las capas sensibles al rojo, verde y azul de la película de color.

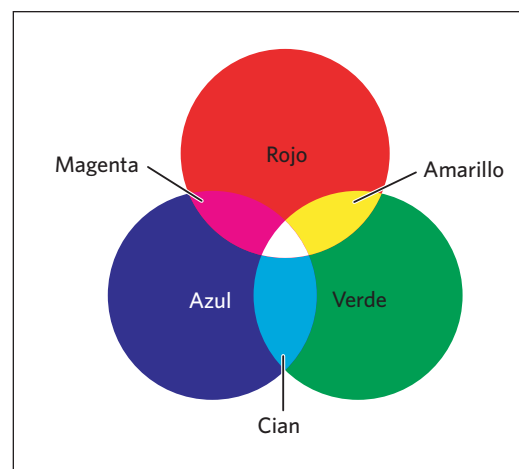
LA REPRODUCCIÓN DEL COLOR

Existen dos sistemas básicos para producir el color: el sistema de color aditivo y el sistema de color sustractivo.

Colores aditivos

El sistema de color aditivo reproduce los colores sumando luces de colores – sus colores primarios son rojo, verde y azul (RGB). Si no está presente ninguno de estos colores, se produce el negro. Si aparecen los tres colores con sus máximas intensidades, el color producido es el blanco. Todos los colores que se pueden producir por un sistema aditivo de tres colores son combinaciones de estos tres colores primarios. Cuando se mezclan en varias proporciones los colores primarios rojo, verde y azul nos proporcionan la gama de colores que vemos. Dos sistemas aditivos conocidos son un televisor y un proyector digital.

En las zonas donde se superponen dos colores primarios, aparece un color secundario. Cuando superponemos el verde y el azul se crea el cian. Azul y rojo producen magenta. Rojo y verde producen amarillo. Cuando se añaden en proporciones iguales rojo, verde y azul se produce luz blanca. La ausencia de los tres colores produce el negro. Mezclando proporciones o intensidades variables de dos o tres colores aditivos primarios se crean colores intermedios.

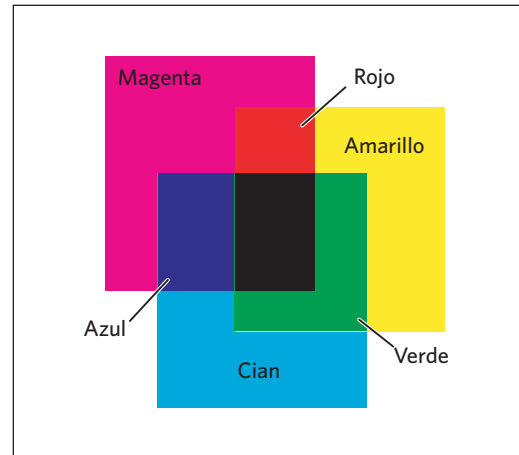


Colores sustractivos

El sistema sustractivo de color reproduce los colores sustrayendo del blanco algunas longitudes de onda de la luz. Los tres colores primarios sustractivos son cian, magenta y amarillo (CMY). Si ninguno de estos tres colores está presente, el color producido es blanco porque no se ha sustraído nada de la luz blanca. Si todos los colores están presentes en sus cantidades máximas, el color producido es el negro porque toda la luz ha sido sustraída de la luz blanca. Todos los colores que se pueden producir mediante un sistema sustractivo de tres colores son combinaciones de estos tres colores primarios.

El sistema sustractivo está asociado con sistemas que dependen de productos químicos para sus colores, como tintas o colorantes sobre papel y colorantes sobre un soporte de película transparente (películas de diapositivas, películas negativas y películas cinematográficas positivas). Los colores que vemos en el sistema sustractivo son el resultado de las longitudes de onda que son reflejadas o transmitidas, pero no absorbidas. El cian absorbe rojo y refleja o transmite verde y azul, el magenta absorbe verde y refleja o transmite rojo y azul y el amarillo absorbe azul y refleja o transmite rojo y verde.

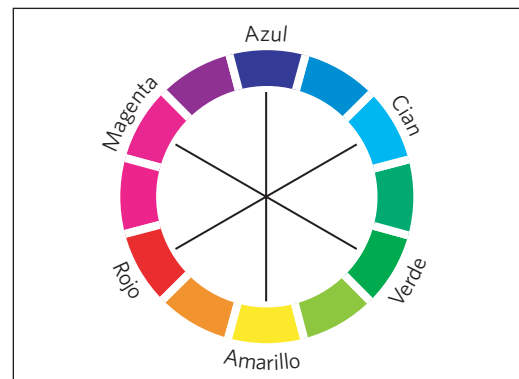
Los colores complementarios son los colores que son absorbidos por los primarios sustractivos. El complemento del cian es el rojo; el complemento del magenta es el verde y el complemento del amarillo es el azul. Lo que nosotros vemos es la luz que se refleja o transmite. Por lo tanto una combinación de un filtro magenta y otro amarillo parece roja porque el magenta absorbe el verde y el amarillo absorbe el azul. Únicamente queda el rojo el que nosotros vemos.



La rueda de colores

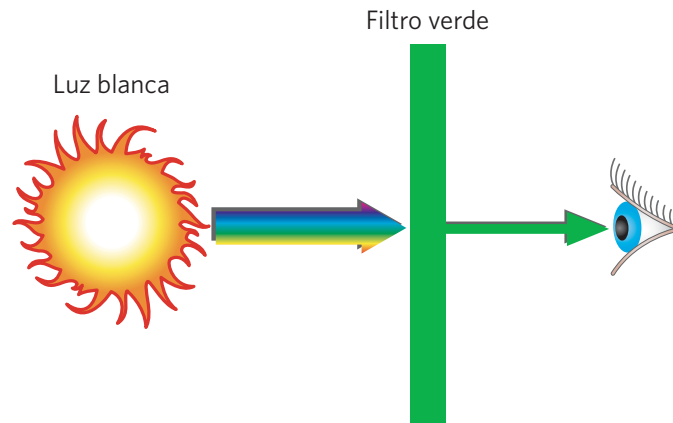
En una rueda de colores los colores complementarios están situados en oposición unos de otros. Combinando estos colores complementarios en niveles variables, se pueden crear un número infinito de tonalidades intermedias.

El complemento del rojo es el cian. Para volver una imagen menos roja hay que añadir más cian. Para hacer una imagen más roja se puede sustraer cian (o añadir más rojo).

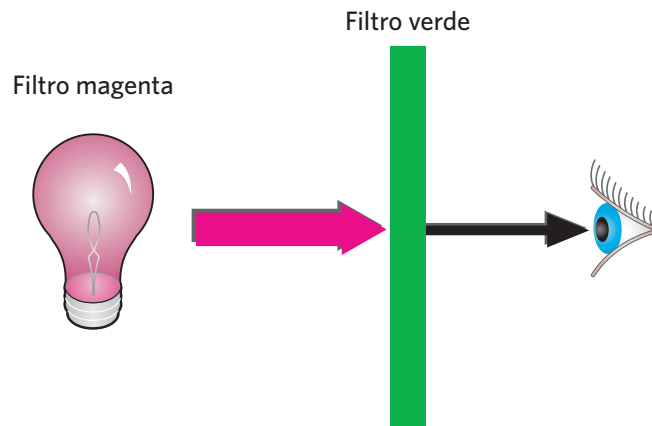


FUENTES DE LUZ Y COLOR

Los objetos que transmiten luz, como el cristal teñido o una película cinematográfica proyectada, permiten que ciertas longitudes de onda pasen mientras que absorben otras. Las longitudes de onda que atraviesan son las únicas que se ven; ellas determinan el color del objeto. Por ejemplo, una pieza de cristal verde (o un filtro verde) absorbe la mayoría de la luz de los extremos azul y rojo del espectro mientras transmiten las longitudes de onda verdes.



Una fuente magenta produce diferentes resultados. A través de un filtro verde, la mayoría de la luz magenta es absorbida y el filtro aparece negro. La reproducción del color de un objeto es el resultado de su color real y de la fuente luminosa existente.



Ajustando la intensidad de un filtro controlamos la cantidad de luz que lo atraviesa. Un filtro verde intenso absorbe prácticamente toda la luz magenta. A medida que disminuye su intensidad, más luz magenta lo atraviesa. La filtración se emplea para controlar el color de la luz durante la exposición y proyección de la película.

TEMPERATURA DE COLOR

La temperatura de color, expresada en grados Kelvin, se puede medir con un termocolorímetro. Para compensar las diferentes temperaturas de color, la película se equilibra en el color durante su fabricación. Cuando se expone con luz de tungsteno o luz día, las películas respectivas reproducen el color correctamente.

La película para luz día se utiliza cuando la fuente de iluminación principal es la luz del cielo, luz del día, o iluminación HMI, que se aproximan a la luz día. La película para tungsteno se emplea para capturar escenas en las que la fuente luminosa principal es de tungsteno. Debido a que la luz día posee una curva espectral relativamente plana, lo que significa que hay más o menos igual energía de todas las longitudes de onda, las sensibilidades al rojo, verde y azul de

una película luz día son aproximadamente iguales. A causa de que la curva espectral de la luz muestra que se emite mucha más energía roja que luz azul, la película para tungsteno está equilibrada de modo que la sensibilidad al azul es correspondientemente más alta que la sensibilidad al rojo.

Se pueden colocar filtros sobre el objetivo de la cámara o la fuente de luz para ajustar el equilibrio de la luz que llega a la película. Por lo tanto, las películas se pueden utilizar con fuentes luminosas distintas que para las que estaban destinadas. Cada filtro presenta características de transmisión predeterminadas que dejan pasar ciertas longitudes de onda y bloquea otras. Las hojas de datos de la película especifican recomendaciones de los filtros iniciales para la mayoría de las fuentes luminosas corrientes. Debería realizarse una prueba in situ para verificar los resultados.

El equilibrio de color es más crítico con las películas reversibles de color. Los filtros se usan para efectuar pequeños cambios uniformes de color. Las películas negativas de color se convierten en copias positivas o se transfieren a una variedad de salidas electrónicas. Por tanto, los ajustes se pueden realizar durante la fase de positivado o por un colorista en una empresa de postproducción.

El cerebro puede ajustar el nivel de la señal que proviene de los conos según sea la intensidad de la luz que incide sobre ellos. Cuando la intensidad es baja, el cerebro aumenta el nivel de la señal; cuando la intensidad es alta, el cerebro disminuye el nivel de la señal. De esta forma un objeto aparece blanco con luz día y con luz de tungsteno. El cerebro ajusta continuamente el equilibrio de color de cada escena de manera que aparezca correcto incluso con iluminación variable.

Límites para la medida de la temperatura de color

La temperatura de color (Kelvin) se refiere únicamente a la apariencia visual de una fuente luminosa - no a su efecto fotográfico. Por ejemplo, algunas fuentes luminosas emiten con intensidad en la región ultravioleta del espectro; la temperatura de color de una fuente así no mide esta porción de la emisión porque el ojo no es sensible a la radiación inferior a 400 nm. Ya que una película habitualmente es sensible a la radiación ultravioleta, una escena puede aparecer demasiado azul a menos que la luz ultravioleta se filtre. Fuentes luminosas pueden tener la misma temperatura de color, pero los resultados fotográficos obtenidos con cada una pueden ser completamente diferentes.

La temperatura de color no tiene en cuenta la distribución espectral de una fuente luminosa. Salvo que la fuente luminosa presente una distribución espectral continua, sólo su temperatura de color efectiva puede que no sea fiable como medio para seleccionar un filtro de corrección adecuado. Por ejemplo, las lámparas fluorescentes no tienen la curva de distribución espectral continua suave que es característica de una fuente con filamento de tungsteno.

La Temperatura de color correlativa (CC) hace referencia a fuentes luminosas no incandescentes como luces fluorescentes, haluros metálicos, vapor de mercurio, neón y HMI. Un valor de temperatura de color correlativa es una aproximación a la verdadera fuente luminosa incandescente más cercana.

Cuando se usa un termocolorímetro, se puede usar un muestrario de gelatinas de corrección de color para determinar la gelatina correcta necesaria para el equilibrio de la película.

En una lectura verde frente a magenta (usando el modo CC), el termocolorímetro puede detectar una gran cantidad de verde y muestra 30 M. El medidor ha calculado que es necesaria una fuerte corrección de magenta. Se puede ensayar una gelatina menos-verde completa de un muestrario delante del receptor del termocolorímetro y después tomar una nueva lectura. Esta gelatina magenta absorberá el pico de verde presente en ciertos tipos de fuentes no incandescentes, como las fluorescentes y vapor de sodio.

Para determinar una lectura roja frente a azul, usamos el modo de temperatura de color. Si la fuente lee 5500 K y estamos intentando igualar con una película equilibrada para tungsteno, probamos situar una gelatina 85 delante del receptor. Idealmente, el medidor leerá 3200 K. Si la lectura del termocolorímetro está ligeramente desplazada, probamos a mezclar gelatinas de densidades variables.

Temperatura de color para varias fuentes luminosas

Luz artificial	
Llama de una cerilla	1.700 K
Llama de una vela	1.850 K
Lámpara incandescente de tungsteno de 40 W	2.650 K
Lámpara incandescente de tungsteno de 75 W	2.820 K
Lámpara incandescente de tungsteno de 100 W	2.900 K
Lámpara de tungsteno de 3.200 K	3.200 K
Lámpara "Photoflood" y reflector difusor	3.400 K
Lámpara "Photoflood" azul luz día	4.800 K
Lámpara de arco de Xenón	6.420 K
Luz día	
Luz del sol: amanecer u ocaso	2.000 K
Luz del sol: una hora después del amanecer	3.500 K
Luz del sol: por la mañana temprano	4.300 K
Luz del sol: A última hora de la tarde	4.300 K
Luz media del sol en verano a mediodía (Washington)	5.400 K
Luz directa del sol a mediados del verano	5.800 K
Cielo cubierto	6.000 K
Luz media del sol en verano (más luz del cielo azul)	6.500 K
Sombra suave en verano	7.100 K
Sombra media de verano	8.000 K
Luz del cielo de verano, varía de	9.500 a 30.000 K

Nota: No hay que confundir luz del sol con luz día. La luz del sol es únicamente la luz directa del sol. La luz día es una combinación de luz del sol más la luz del cielo.

“La película tiene la profundidad para crear la magia que estaba buscando. Quería un espectro de colores completo para crear el mundo vivo que representaba la imaginación de Angelina (Looking for Angelina) y su historia de emigrante, que se ve con frecuencia en blanco y negro y tonos sepia.”

—*Sergio Navarretta*
