

La reproducción del color

La gran mayoría de los sistemas de reproducción del color se basan en el principio de la tricromía. La cuatricromía es un perfeccionamiento de la tricromía aplicado a la imprenta, añadiendo tinta negra para substituir parcialmente la mezcla de los tres colores fundamentales sustractivos o colores secundarios.

Sistema de Lippmann

Pero antes de exponer estos sistemas mencionaremos una de las excepciones más importantes: el procedimiento de *Gabriel Lippmann*, quien publicó su invento en 1891 y recibió el Premio Nobel de Física en 1908. El procedimiento de *Lippmann* es el primer sistema directo de fotografía en color y forma una excepción dentro de los sistemas de fotografía en color, ya que con este sistema se obtiene una reproducción en los colores espectrales originales.

Lippmann hacía las fotos con una emulsión pancromática transparente a través de la placa de vidrio que se hallaba en contacto con una capa de mercurio. De esta manera las ondas luminosas atraviesan el cristal y la emulsión, se reflejan en la capa de mercurio y vuelven a pasar a través de la emulsión en sentido contrario. Los rayos y sus reflexiones exponen la placa en forma de finísimas láminas de interferencia, cuyas distancias varían según la longitud de onda que las origina. Una vez revelada, la placa se la vuelve a poner sobre mercurio, y se pueden apreciar los colores originales del sujeto, ya que la estructura de láminas tiene la propiedad de dejar pasar más fácilmente la luz de la misma longitud de onda que la originó.

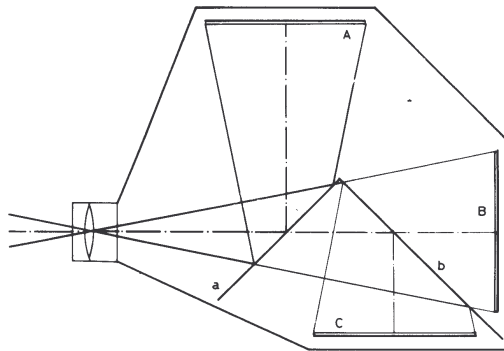
Estos colores se forman de la misma manera que los colores de las pompas de jabón, los de las manchas de aceite sobre la calle mojada, las anillas de Newton o las delgadas capas de óxido sobre una placa de cobre caliente.

Teóricamente el sistema de Lippmann es muy correcto, ya que reproduce los colores en su composición espectral original. A pesar de esto, este sistema nunca ha tenido ningún valor práctico.

La tricromía

La separación tricromática

La separación indirecta, tanto por el sistema aditivo como el sustractivo, se efectúa de la manera siguiente: hay que fotografiar al objeto tres veces, bajo las mismas condiciones, con tres filtros de color: azul, verde y rojo. El material fotográfico empleado tiene que ser pancromático, sensible a todos los colores del espectro visible.



Cámara tricromática

Contemplemos el efecto de los filtros a partir del filtro rojo. El filtro rojo dejará pasar exclusivamente las radiaciones reflejadas por los colores rojo, magenta, amarillo y blanco. Estos colores van pues a ennegrecer el negativo expuesto detrás del filtro rojo. La figura 'La tricromía' representa la traducción al blanco o al negro de los ocho colores fundamentales en los tres negativos de la separación.

La separación indirecta que se practicó corrientemente hasta hace pocos años¹ en el campo de las artes gráficas para la confección de los clichés de imprenta y de los fotolitos para el offset, entre otros, no se presta a la reproducción de objetos en movimiento. Al principio del siglo XX diferentes fabricantes de cámaras ofrecieron cámaras especialmente diseñadas para la separación de los colores. Los tres chasis de placas estaban dispuestos de tal manera sobre una guía que el cambio de una a otra se podía efectuar casi inmediatamente. Los tres filtros solían estar dispuestos detrás del objetivo sobre un disco rotatorio, de manera que el cambio de filtro después de cada exposición era instantáneo. Se construyeron incluso máquinas automáticas que una vez apretado un botón se cuidaban de las sucesivas operaciones, como el cambio de chasis, el cambio del filtro y la adaptación del tiempo de exposición en función de cada filtro.

¹ Actualmente las separaciones de color se elaboran electrónicamente en la gran mayoría de casos.

A pesar de la velocidad con la que este tipo de cámara realizaban las tres exposiciones, no se podían retratar objetos movidos con ellas. Las primeras cámaras que permitían exponer las tres placas simultáneamente estaban construidas según una idea del mismo *Ducos du Hauron* de 1860. Estas cámaras trabajan con dos espejos semi-transparentes a y b, tal como está representado por la figura 'Cámara tricromática'.

La restitución de los colores

La restitución de los colores a partir de las tres separaciones se puede efectuar de manera **aditiva** o de manera **sustractiva**. En el primer caso se mezcla **luz azul, luz verde y luz roja**. En el segundo caso se sobreimprimen **tintas** translúcidas de color **cyan, magenta y amarillo**.

En la **restitución aditiva** la manera clásica consiste en proyectar los tres positivos que se han obtenido de los tres negativos de la separación mediante tres proyectores sobre una misma pantalla. Delante de cada proyector se coloca un filtro del mismo color que había servido para hacer la separación. En la pantalla aparece una perfecta reproducción de los colores originales. Este fue el hecho que demostró *Maxwell* en 1861.

Vamos a analizar el funcionamiento de este hecho a base de una área amarilla de la imagen original. En la primera fotografía la placa no será impresionada, ya que el filtro azul no deja pasar la luz amarilla. Las dos fotografías siguientes sí que serán impresionadas, ya que tanto el filtro verde como el filtro rojo dejan pasar la luz amarilla. Nuestra área amarilla quedará pues blanca en el primer negativo y negra en los dos otros. El positivo que se proyectará a través del filtro azul será negro, los otros dos blancos. Y la superposición aditiva de verde y rojo nos da efectivamente el color amarillo. La figura 'La tricromía' nos ilustra este principio a partir de los colores fundamentales.

Ives inventó, alrededor de 1892, un instrumento para contemplar imágenes de color a partir de separaciones. Este instrumento, llamado cromoscopio, estaba basado en el mismo principio que la cámara de separaciones simultáneas ideada por *Ducos du Hauron*. La figura 'Cámara tricromática' ilustra este sistema.

En la restitución sustractiva los negros de los positivos de la separación se sustituyen por los colorantes fundamentales complementarios (los colores secundarios o fundamentales sustractivos) de los que han servido (los primarios o fundamentales aditivos), en forma de filtros, para separar los colores. Así que el positivo del filtro azul se va a teñir de amarillo; analógicamente al verde le corresponde el magenta y al rojo el cyan.

El color se puede obtener de dos maneras: la plata de las emulsiones se puede sustituir químicamente por el colorante que representa (virado) o se pueden hacer tres clichés de impresión de las tres diapositivas. En el primer caso los clichés se superponen y se proyectan como una única diapositiva. En el segundo se imprimen unos sobre otro con tintas translúcidas en los tres colores cyan, magenta y amarillo.

Vamos a contemplar aquí también el mecanismo de la reproducción a partir de una área amarilla. La separación correspondiente al filtro azul es la única que no queda impresionada por la zona amarilla, y en consecuencia será la única que dará un positivo negro en esta zona. La separación del filtro azul es la que finalmente se va a imprimir con tinta amarilla.

Lamentablemente las tintas de imprenta no tienen las características espectrales que teóricamente se requieren para la práctica de la tricromía sustractiva. Recordemos que dos colores de composición espectral diferente pueden aparecer idénticos a nuestra vista. La industria fotográfica desarrolló unos sistemas de enmascaramiento fotográfico que permitían corregir la mayoría de las deficiencias resultantes de estas imperfecciones de los colorantes. Otro factor que influye en el color de un impreso es la sucesión de las tres tiradas, ya que los colorantes no tienen nunca una transparencia absoluta.

En los procedimientos de imprenta, tanto cuando se hacían las separaciones con filtros como ahora que se separan los colores electrónicamente, se suele preparar una cuarta separación que contiene exclusivamente los tonos oscuros y el negro de los tres colores: la **separación del negro**. Una tricromía, conjuntamente con esta cuarta separación que se imprime con tinta negra, se llama **cuatricromía** o **tetracromía**.

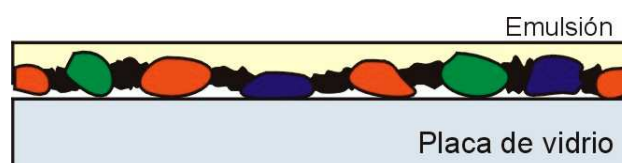
Todos los sistemas de impresión fotomecánicos usuales se prestan a la tirada de tricromías y cuatricromías, pero los más usuales son el lito-offset, el rotograbado y la tipografía. Cuando se usan tramas autotípicas, hay que tener en cuenta los efectos de moiré usando una angulación que los disimule. En los primeros tiempos de la autotipia a veces el amarillo se confeccionaba con una trama de grano irregular. En el rotograbado tradicional, todas las tramas se imprimen en paralelo, cosa que exige una coincidencia angular perfecta.

Tramas tricolores

Ya en los primeros tiempos de la fotografía del color se buscaban sistemas que permitieran la reproducción tricromática mediante una sola placa. El primer éxito en este campo se debe a Joly, quien publicó su sistema en 1894 en Dublín. Joly exponía sus placas pancromáticas a

través de una trama lineal tricolor, con franjas transparentes azules, verdes y rojas. Las diapositivas obtenidas a partir de estos negativos se superponían en registro exacto a la trama que había servido para hacer la foto y se contemplaban por transparencia o se proyectaban sobre una pantalla. Ahora los objetos fotografiados aparecieron en sus colores originales. ¿Cómo funciona este sistema? Volvamos a utilizar nuestro ejemplo del área amarilla y veremos lo siguiente: en el momento de exponer el negativo, la placa queda ennegrecida detrás de las líneas verdes y rojas, pero no detrás de las azules. En el positivo aparecerán líneas verdes y rojas, pero ninguna de color azul. El ojo, que no podrá distinguir las líneas debido a su finura, verá un color amarillo obtenido por mezcla aditiva. Esta manera especial de mezclar colores se llama **mezcla óptica**. La fabricación de aquellas tramas de tres colores, que solían presentar unas 80 líneas por cm, así como su colocación en registro encima de la diapositiva, eran operaciones muy delicadas y se buscaban sistemas más sencillos.

Un paso decisivo en la historia de la fotografía del color fue el que dieron los hermanos *Auguste y Louis Lumière* con la creación de sus '*Plaques Autochromes*' en el año 1903 que salieron al mercado en 1907. Las '*Plaques Autochromes*' eran unas placas fotográficas sensibles con una trama tricolor incorporada. Se fabricaban de la manera siguiente: sobre el cristal destinado a recibir la capa sensible de bromuro de plata pancromática, primero se extendía una capa de cola transparente sobre la que se distribuía una mezcla de granitos de fécula teñidos de azul, de verde y de rojo, evitando que se superpusieran. La mezcla era equilibrada, de manera que su aspecto era de un gris neutral. Los espacios entre los granitos de fécula se rellenaban de hollín. La capa sensible se aplicaba directamente sobre esta estructura. La figura 'Plaque Autochrome' representa esquemáticamente una intersección por una placa de este tipo.



Plaque Autochrome

La fotografía se exponía a través del soporte y se revelaba de manera que se obtenía un positivo directo. Esto último se conseguía de la manera siguiente: primero se ponía la placa en el baño revelador. Si la placa se hubiera fijado en esta fase, se hubiera obtenido un negativo, en el cual a cada color le hubiera correspondido su color complementario. Pero la placa se pasaba sin fijación en un baño rebajado de permanganato de potasio, donde la plata metálica quedaba rebajada a cero. A continuación

la placa se exponía a la luz diurna y se volvía a revelar: las partes no afectadas por la luz en la exposición principal son las que ahora se ennegrecen, mientras que las otras quedan blancas. De esta manera se obtiene una diapositiva de color según el mismo principio que el de *Joly*.



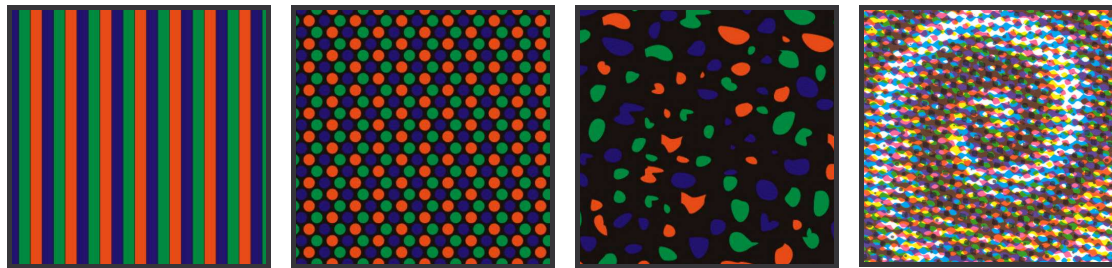
Fotografía con el sistema de Lumière

Con excepción de las pantallas de televisión de color y similares, los procedimientos aditivos han perdido toda su importancia. La imprenta y la fotografía moderna de los colores se basan en la síntesis sustractiva.

Las cuatro estructuras representadas en la figura representan diferentes tramas relacionadas con la reproducción del color. La trama lineal corresponde a la de *Joly*, pero también a la de las pantallas CRT de los televisores a partir de los años 1970. La trama de puntos corresponde a los primeros televisores de color. La trama irregular esquematiza las '*Plaques Autochromes*' y los sistemas derivados. Finalmente la figura 'Tricromía' es una ampliación de una tricromía autotípica como la que encontramos en la mayoría de los impresos offset de color.

Esta última estructura nos demuestra que aquí no tenemos una restitución de los colores estrictamente sustractiva, ya que no todos los puntos de las diferentes tramas se cubren: hay muchos puntos que se hallan solos en zonas blancas. En las zonas oscuras, la mayoría de puntos se superpo-

nen, pero cuanto más claro es el color reproducido, más puntos dispersos encontramos. En estas zonas ya no se sustrae el color, más bien se suma el color de los puntos a la luz del papel blanco. Se habla de **mezcla combinada** de los colores.



Trama lineal

Trama de puntos

Trama irregular

Tricromía

En el rotograbado tradicional tenemos una reproducción casi exclusivamente sustractiva, ya que todos los puntos de la trama tienen la misma extensión.

Las películas multicapas

Las películas con múltiples capas sensibles para la separación del color directo dominaban el mercado fotográfico hasta finales del siglo XX, cuando empezaron a ser desbancadas por la fotografía digital. La larga evolución de estos materiales se iniciaba al final del siglo XIX cuando se empezó a hacer fotos sobre paquetes de dos o tres placas superpuestas de sensibilización individual. Las diferentes placas de estos paquetes, por su sensibilización y coloración, daban una separación de los colores espectrales en dos o tres regiones. Uno de los pioneros de esta técnica era *Gurtner* en Berna, quién insoló en 1901 una placa pancromática a través una placa teñida con naranja de naftol. Ambas placas estaban reunidas emulsión contra emulsión. La primera placa, que era teñida y no sensibilizada sólo estaba sensible para la región azul del espectro y actuaba a la vez de filtro que retenía la luz azul, de manera que solo una parte del espectro actuaba sobre la placa pancromática. La copia (diapositiva) de la placa teñida (que había perdido su tinte anaranjado durante el revelado) se viraba al azul, la otra se viraba en amarillo. Superponiendo ambas placas se obtenía una imagen de color a la que solo faltaban los tonos rojos, que no se podían reproducir con este sistema¹.

¹ Más adelante se rodarían algunas películas comerciales con materiales basados en dos colores. Todavía a finales del siglo XX se usaban proyectores de televisión

Ya en el primer decenio del siglo XX, en la empresa del Dr. J.H. Smith en Zürich, se fabricaban placas que reunían tres capas sensibles sobre un mismo soporte. Antes de revelarlas, las tres capas se tenían que separar del soporte para tratarlas individualmente. El problema principal era el montaje final de las tres capas en registro.

El problema de la elaboración de un material que reuniera tres capas sin necesidad de su separación mecánica durante el proceso pudo ser solucionado de dos maneras durante la historia, por el procedimiento de la destrucción de colorante y sobre todo por el del revelado cromogéneo.

El primer procedimiento de capas múltiples es el de la **destrucción de colorantes**. Destacan los nombres de 'Gasparcolor' a partir de 1932 y de 'Cilchrome', procedimientos para hacer ampliaciones directas a partir de diapositivas. El principio de estos procedimientos es la destrucción parcial de los colorantes incorporados a las tres emulsiones, proporcionalmente a la formación de plata metálica durante el revelado. Una vez eliminada la lata mediante un blanqueador y un fijador se obtiene una imagen positiva de color. Se habla también de **revelado cromolítico**. El procedimiento de destrucción de colorantes pronto quedó confinado al campo de la copia en color.

La segunda solución al problema de la coloración simultánea de tres capas superpuestas, mucho más importante desde el punto de vista de su difusión, es el revelado cromogéneo. La solución química se debe a los trabajos de *Homolka*, *Fischer* y *Siegrist*. La solución técnica se debe a la perseverancia de dos músicos, *Mannes* y *Godowsky*. El último es el hijo del famoso pianista.

La formación de los colorantes está basada en la reacción química del revelador oxidado por la reducción de los halogenuros de plata, activados bajo el efecto de la luz, con unas sustancias que se llaman acopladores. Estos acopladores pueden estar mezclados al baño del revelado, como es el caso en el procedimiento *Kodachrome* inventado en 1935 por *Mannes* y *Godowsky*, o pueden estar presentes en cada una de las tres emulsiones, como en el caso de los materiales *Ektachrome*.

Mientras que los materiales que tienen los acopladores incorporados se pueden revelar en positivo o en negativo, los materiales que no llevan los acopladores en sus tres capas siempre producen positivos.

El **revelado de los materiales que no tienen los acopladores incorporados** es el siguiente: primero se revelan las tres capas con un revelador no cromogéneo. Luego se expone la película a una cantidad bien determinada de luz roja, la cual sólo afecta a la parte complementaria de la capa destinada a recibir el colorante cyan, ya que es la única capa

que trabajaban con dos colores, magenta y verde, lo que daba una sensación de color similar al sistema de Gurtner.

sensible al rojo. La película se revela con revelador cromogéneo que contiene el acoplador correspondiente al color cyan. Ahora se forma una imagen positiva de color cyan en la capa destinada a este colorante, además de las imágenes positivas y negativas de plata en esta misma capa. Las dos capas restantes se someten sucesivamente al mismo procedimiento. Finalmente la plata metálica se elimina mediante un rebajador, y el resultado es una diapositiva de color.

Los **materiales que contienen los acopladores** de color incorporados a cada capa se revelan con un revelador cromogéneo que forma simultáneamente las tres imágenes de plata y las tres imágenes de colorante. La plata también aquí se elimina con un rebajador y un fijador. El resultado es un negativo de color. Si se quieren obtener diapositivas directas mediante este procedimiento, primero se revela la película con un revelador que no sea cromogéneo, luego se interrumpe el revelado y se expone el material a la luz blanca intensa. El revelado cromogéneo, que puede ser simultáneo a esta segunda exposición, formará al mismo tiempo las tres imágenes de plata y las tres imágenes de colorantes. Después del blanqueado se obtiene una diapositiva de color.

La mayoría de los materiales fotográficos de color tienen una primera capa sensible al azul, destinada a formar la imagen del colorante amarillo. La segunda capa sensible lo suele ser al verde y la tercera al rojo. Entre las dos primeras capas suele haber un filtro amarillo que impide el paso hacia las capas inferiores a los rayos azules. El colorante amarillo de este filtro se elimina durante el revelado.

El lector puede descubrir estas capas rascando con cuidado una zona negra de una película revelada que ya no sirve.

El revelado cromogéneo de los materiales que contienen los acopladores de color incorporados a cada capa se esquematiza en las dos figuras, que contemplan el caso del revelado negativo y positivo. Las cuatro capas representadas en la figura son las siguientes:

- * Capa sensible al azul
- * Filtro amarillo
- * Capa sensible al verde
- * Capa sensible al rojo

A partir de un negativo de color se puede obtener un positivo sobre un papel fotográfico con unas capas similares a las de la película, por proyección mediante una ampliadora o simplemente por contacto.

Los colores casi siempre tienen que ser equilibrados, ya que suelen tener una predominancia más o menos pronunciada y la luz de la ampliadora también puede estar desequilibrada cromáticamente en algún

sentido. Esta corrección se efectúa con filtros por el procedimiento de corrección aditiva o sustractiva. En el primer caso se efectúan tres exposiciones consecutivas a través de los filtros azul, verde y rojo. En el segundo sistema de corrección, el sustractivo, se efectúa una exposición única con una luz filtrada con elementos de un juego de filtros en los colores cyan, magenta y amarillo, disponibles en toda una gama de densidades. Este juego de filtros se puede sustituir por un cabezal de mezcla cromática a base de luz azul, verde y roja.

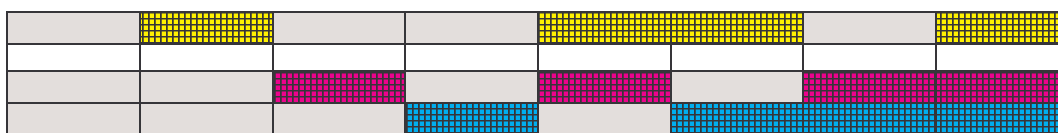


Negro	Azul	Verde	Rojo	Cyan	Magenta	Amarillo	Blanco
							

Colores originales



Efecto de la exposición









Revelado cromogéneo



Blanqueado



Fijado

Blanco	Amarillo	Magenta	Cyan	Rojo	Verde	Azul	Negro
							

Colores del negativo

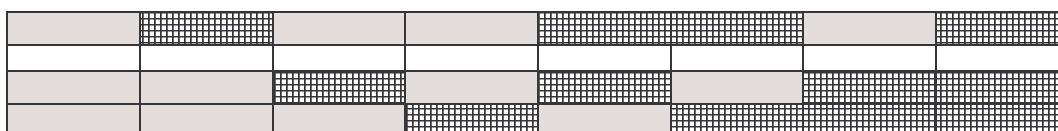
Significado de las estructuras

	Halógeno de plata
	Imagen latente
	Plata metálica

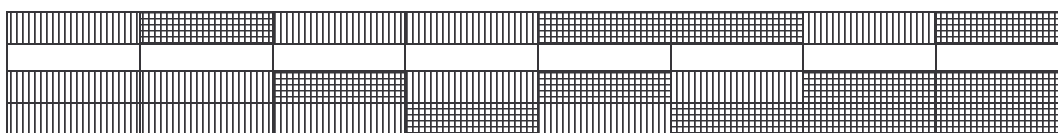
El revelado cromogéneo negativo

Negro	Azul	Verde	Rojo	Cyan	Magenta	Amarillo	Blanco
							

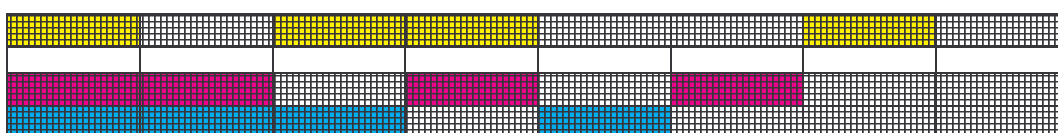
Colores originales



Primera exposición y primer revelado, no cromogéneo



Segunda exposición, con luz blanca



Revelado cromogéneo



Blanqueado y fijado

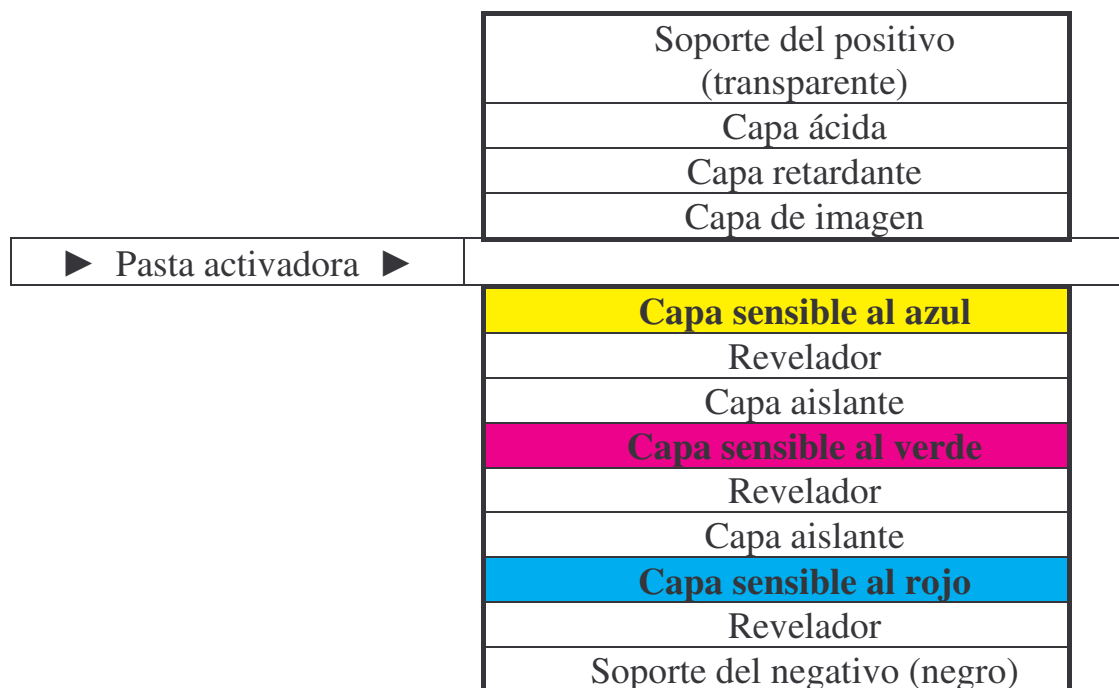
Negro	Azul	Verde	Rojo	Cyan	Magenta	Amarillo	Blanco
							

Resultado final

Significado de las estructuras**El revelado cromogéneo positivo**

La fotografía instantánea

En 1957 *Edwin Land* inventó por primera vez un procedimiento que permitió acceder a una fotografía en el plazo de pocos minutos sin aparatos complicados ni conocimientos especializados. En 1963 la empresa *Polaroid* ofreció un sistema similar que permitía obtener fotografías de color. A continuación intentaremos describir el funcionamiento de esta técnica. Ya que las fuentes consultadas se contradicen en algunos detalles, hay que leer este texto con la debida reserva.



Como en el caso del *Kodachrome*, este sistema también trabaja con una película de varias capas. El sistema de *Polaroid* y *Land* trabaja con un paquete de dos películas superpuestas que corresponden al negativo y al positivo. Entre los dos paquetes, en dirección paralela al margen de la imagen hay una abolladura llena de una pasta gelatinosa que contiene un activador, un pigmento blanco y un colorante negro. Después de la exposición el paquete pasa entre dos rodillos de acero, que distribuyen homogéneamente la pasta entre las dos películas, lo que inicia las reacciones químicas necesarias para el revelado.

En el momento de la exposición la luz atraviesa primero la película positiva y a continuación sucesivamente las diferentes capas de la película negativa. Igual que en el caso del *Kodachrome* aquí también tenemos una capa sensible al azul, otra sensible al verde y una sensible al rojo.

Después de cada capa fotosensible hay una capa de revelador. Las tres capas sensibles correspondientes a cada uno de los colores primarios están separadas entre ellas por unas capas aislantes.

En las diferentes capas las substancia reveladoras están reunidas con los correspondientes colorantes sustractivos (amarillo en la capa sensible al azul, magenta en la capa sensible al verde y cyan en la capa sensible al rojo) en unas mismas moléculas. El catalizador contenido en la pasta que ahora se halla entre los dos paquetes se difunde hasta las capas de revelador y 'libera' estas moléculas. El colorante negro de la pasta permite que la película se pueda exponer a la luz atenuada del día.

Ahora los halógenos de plata expuestos a la luz reaccionan con el revelador de tal manera que la plata que se forma se combina con la molécula correspondiente a cada color para formar una molécula que a su vez se combina con las moléculas del colorante. Las otras moléculas de colorante que no han quedado atadas por ninguno de estos compuestos de plata se pueden difundir libremente a través de todas las capas hasta la capa de imagen de la película positiva, dónde se mezclan en cada zona en la proporción correcta para reproducir el color original.

El ácido que se va difundiendo desde su capa a través de la capa retardante neutraliza los componentes alcalinos del revelador para aumentar el tiempo de conservación de la imagen. De paso el colorante negro de la capa intermedia se vuelve transparente, de manera que ahora aparece el pigmento blanco contenido en la pasta activadora. Su finalidad es la de reflejar la luz blanca y de impedirle el paso a las capas inferiores.

La fotografía instantánea tiene diferentes aplicaciones. Sobre todo es importante en los casos en los cuales no se puede repetir una foto y que hay que estar seguro de que ha salido bien. También se usa cuando los clientes no quieren esperar, como los turistas o los que necesitan una foto de carnet.

También tiene su aplicación en la fotografía industrial: en el estudio del profesional se cambia el casete de la cámara de estudio por un casete que trabaja con material instantáneo. Si el resultado cumple las expectativas del fotógrafo, se hace la foto definitiva sobre la película plana definitiva, que da la calidad exigida, pero que no estará revelada hasta horas o días después.

La empresa Polaroid que creó Land también ofrece materiales especiales, por ejemplo en blanco y negro. El principio de funcionamiento es similar al descrito más arriba.

Últimamente la tendencia es substituir los materiales de fotografía instantánea por cámaras digitales. Yo personalmente creo que la fotografía instantánea tiene sus días contados.

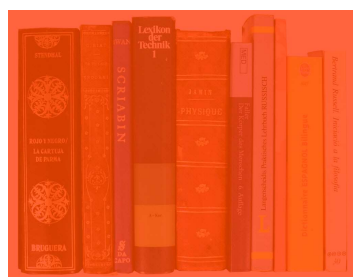
La cuatricromía

En la elaboración tradicional de cuatricromías, hoy en día desbancada por los sistemas electrónicos, se podían seguir dos posibles caminos: la separación tramada directa y la indirecta. En el sistema de **tramado directo** las separaciones a través de los filtros azul, verde y rojo se efectuaban a través de una trama de contacto gris o una trama de cristal sobre material de tipo lith pancromático. Normalmente se usaban juegos de 4 tramas preanguladas a 15° (cyan), 45° (negro), 75° (magenta) y 90° (amarillo), respectivamente. Los negativos de selección, todos ellos provistos de perforaciones de registro, se montaban uno a uno sobre una máscara que delimitaba los márgenes de la imagen (la máscara también tenía las perforaciones) y se positivaban en contacto con película lith.

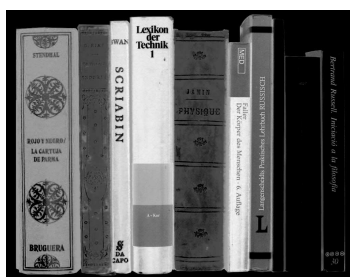
En el **sistema indirecto**, que se usaba con más frecuencia, las separaciones se efectuaban a través de los mismos filtros, azul, verde y rojo, sobre material de tono continuo pancromático. Estos negativos luego se copian conjuntamente con la máscara de delimitación sobre película lith, intercalando una trama de contacto entre la separación negativa y la película sensible, respetando la angulación de la trama para cada color. El paquete de películas de arriba abajo constaba de los elementos siguientes:

- * Máscara de delimitación
- * Negativo de medio tono
- * Trama de contacto
- * Película lith

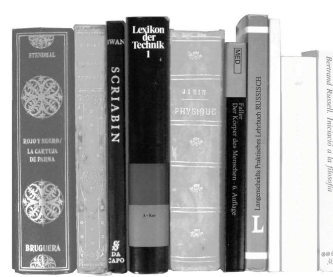
El resultado final de ambos sistemas era el mismo. En ambos casos convenía disponer de una cámara de reproducción con espejo o prisma inversor.



Original visto a través del filtro rojo



Negativo obtenido a través del filtro rojo



Positivo del mismo, cliché del cyan



Cyan



Amarillo



Magenta



Separación del negro



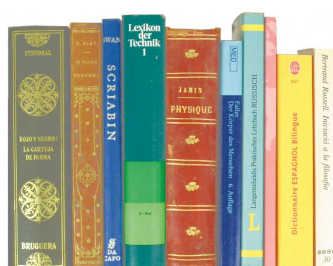
Cyan y amarillo



Cyan y Magenta



Amarillo y magenta



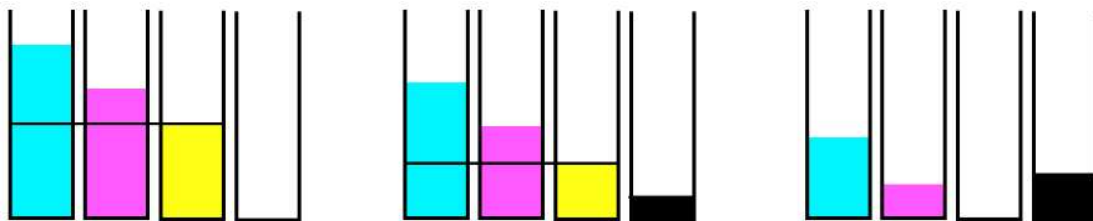
Tricromía



Cuatricromía

Elaboración de una cuatricromía

Además del refuerzo de los negros de la estampa, la sustitución de la tricromía por la cuatricromía puede tener otras ventajas. Se pueden preparar separaciones que rebajan o eliminan los tres colorantes básicos en aquellas zonas donde coinciden los tres. Esta reducción, llamada UCR (Under Color Removal) se compensa con la cantidad correspondiente de tinta negra. De la misma manera que (casi) todos los colores se pueden reproducir con los tres colores secundarios, cualquier color se puede reproducir mediante dos colores fundamentales (escogidos adecuadamente) y el negro. Cuando la sustitución del tercer color por el negro es total, se habla de GCR (Grey Component Replacement). La figura 'UCR: Tres mezclas que dan el mismo color' ilustra el funcionamiento del UCR y del GCR. La reducción de color UCR presenta la ventaja de un secado más rápido de los impresos, lo que sobre todo es importante cuando se imprimen todos los colores en una misma pasada por una prensa de cuatro colores. Como efecto secundario se obtiene un considerable ahorro de tinta.



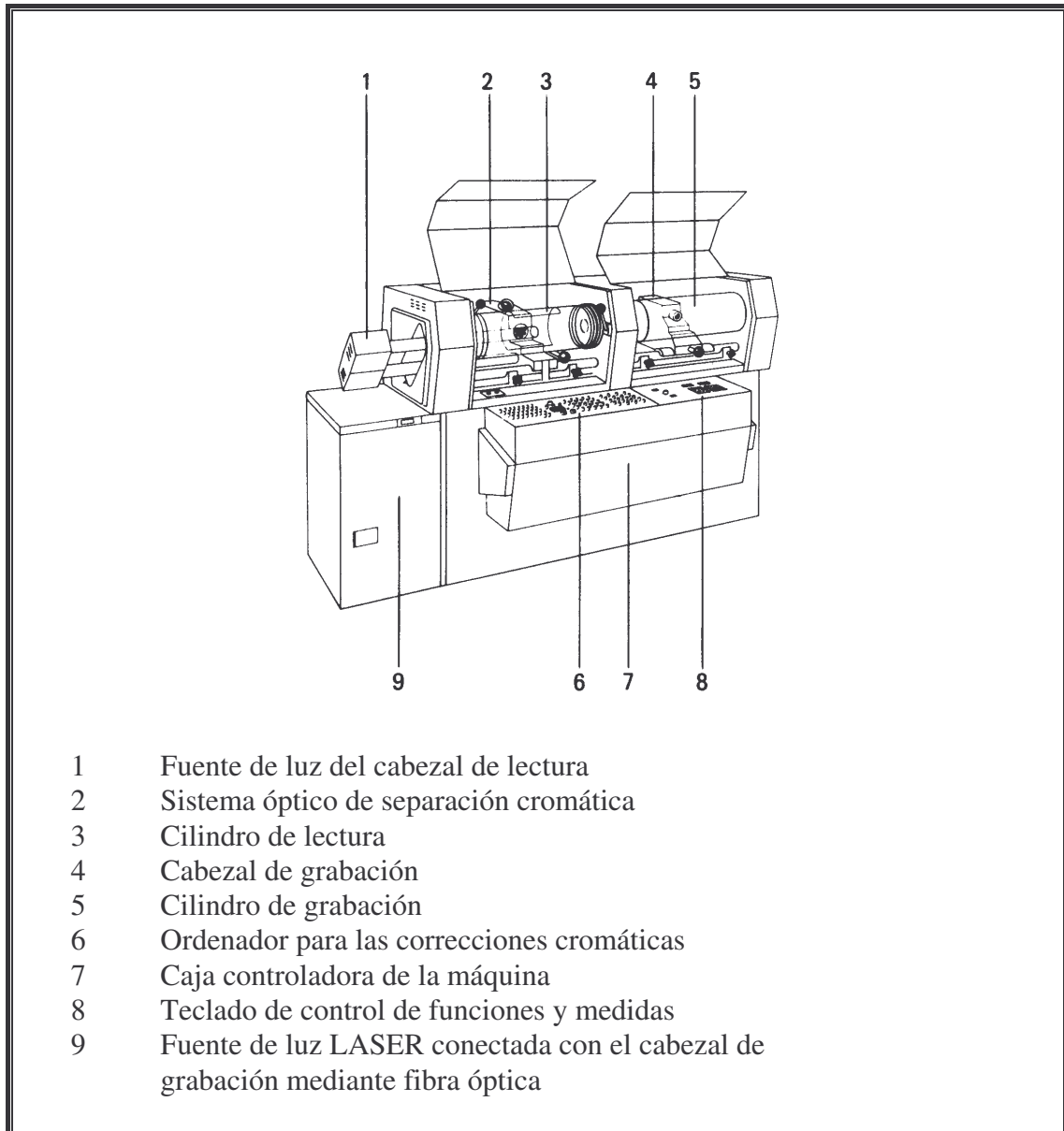
UCR: Tres mezclas que dan el mismo color

El scanner

En el último cuarto del siglo XX las técnicas fotomecánicas tradicionales para separar los colores se han ido sustituyendo por los scanners electrónicos. En este tipo de máquinas el original que se trata de reproducir, generalmente una diapositiva, pero a veces también un original opaco flexible, se fija sobre el cilindro de lectura. Sobre el cilindro de grabación o de restitución se fija la película sensible, que tiene que ser del tipo tone si se quieren hacer separaciones de tono continuo y de tipo lith si se quieren obtener separaciones tramadas¹. No es necesario gastar película pancromática, ya que el rayo de luz utilizado para la

¹ En las máquinas de primera generación todavía se necesitaba colocar una trama de contacto encima de la película lith, cuando se quería hacer un tramado directo. Las máquinas más avanzadas ya calculaban los puntos de trama electrónicamente y los graban mediante un rayo de luz LASER.

exposición tiene el mismo color para las cuatro separaciones. Una vez escogidos la ampliación o reducción, las correcciones de color y demás datos, se cierran las tapas protectoras de ambos cilindros, a fin de evitar que entre luz de fuera, y se pone la máquina en marcha.



Chromograph de Hell

Ambos cilindros empiezan a dar vueltas a gran velocidad. Sobre el cilindro de lectura un rayo de luz ilumina puntualmente las zonas que hay que medir colorimétricamente en cada momento y un sistema óptico transfiere su reflexión a unos sistemas de medición. Mientras que el

cilindro da vueltas, el cabezal de lectura se va desplazando despacio en dirección del eje del cilindro, de manera que el área iluminada va describiendo sobre el cilindro una curva helicoidal en forma de rosca. Mientras tanto sobre el cilindro de grabación el cabezal se mueve de manera análoga e impresiona la película mediante otro rayo de luz que varía de intensidad en función de la información recibida desde el ordenador central de la máquina, que evalúa la información recibida por el cabezal de lectura.

La figura 'Chromograph de Hell' representa un ejemplar de la generación de scanners de los años 1980, el *Chromograph 299L* de Hell¹. Entonces el modelo *DC 350* era uno de los más perfeccionados de su clase. Con esta máquina ya era posible entonces insolar las cuatro separaciones de una cuatricromía de una sola vez, y la forma de la trama (elíptica, cuadrada, etc.) se podía programar mediante un *floppy disk*.

Una máquina suplementaria, el *Chromaskop*, permitía simular la imagen definitiva impresa sobre una pantalla de TV, partiendo de los datos medidos por el cabezal de lectura y memorizados en la computadora interna de la máquina, antes de exponer la película sensible. En esta pantalla se podían observar todos los efectos de la corrección cromática, lo que permitía ir rectificándolas hasta obtener una calidad óptima. Sólo al final de estas operaciones se pone el cilindro de grabación en marcha, el cual graba la cuatricromía correspondiente al último estado obtenido sobre la pantalla de control.

La casa *Hell* dio un paso más todavía en la tecnología de los scanners con su sistema *Chromacom* que es un sistema que permitía hacer los montajes de las cuatricromías, los textos, las máscaras y otros elementos electrónicamente, incluyendo las posibilidades de hacer superposiciones transparentes sin gastar ni una sola hoja de película sensible antes de los fotolitos definitivos. Este sistema incluso permitía unas técnicas de retoque manuales que pocos años antes hubieran pertenecido al campo de la ciencia-ficción. Y los retoques eran reversibles, como los conocemos hoy en los programas de retoque fotográfico más avanzados.

Una vez los montajes y los retoques acabados, el sistema *Chromacom* permitía escoger entre tres posibilidades: la confección de un juego de cuatro fotolitos en el scanner, una prueba de color sobre papel fotográfico en una máquina auxiliar o incluso, la grabación de un juego de cilindros de huecograbado en un *Helio-Klischograph*.

¹ La casa Hell tuvo la amabilidad de facilitar-nos este dibujo.

Otras aplicaciones del color

En el campo de las técnicas gráficas los colores no siempre se utilizan para reproducir con fidelidad los colores de un original. Muchas veces se imprimen colores para disponer de unas posibilidades de diferenciación y de contraste que el uso de una sola tinta no ofrece. Las iniciales, que al principio se solían iluminar a mano, ya pronto se empezaron a imprimir en dos tintas. La primera obra conocida que presenta iniciales impresas en dos tintas es el famoso salterio impreso por los discípulos de *Gutenberg*, *Fust* y *Schöffer* en 1457. De aquella época también data la expresión 'rúbrica', que entonces se refería a las partes de una página tipográfica impresa en color rojo (rubrum = rojo).



Xilografía de Bernhard S. Schürch

En el campo de la ilustración hay que mencionar una técnica llamada **camafeo**, o con la palabra francesa **camaïeu**, al principio practicada con dos tablas xilográficas que se entintaban con dos tintas diferentes, las cuales a veces sólo se distinguían por la intensidad. El inventor de la técnica al camafeo, también llamado **claroscuro** parece que es el alsaciano *Johann Ulrich Wechtlin* una figura misteriosa del siglo XVI con

los diferentes nombres de *Wachelin*, *Vuechtlin* o incluso *Pilgrimm*. *Lucas Cranach*, *Hans Burgkmair*, y *Ugo da Carpi* son los más destacados xilografistas en camafeo. fue el primero en imprimir xilografías al camafeo con más de dos tintas.

Hay dos maneras de imprimir estampas a la manera de camafeo. La primera consiste en imprimir tantas tablas diferentes como tintas. La segunda manera se basa en una sola tabla, de la cual, en el momento de imprimir la primera tinta, que siempre tiene que ser la más clara, sólo se han vaciado los elementos correspondientes a los blancos. Antes de la segunda tirada, que hay que efectuar bajo un registro riguroso y con una tinta más oscura que la primera, o con una tinta opaca, se recortan los elementos que tienen que mantener el color correspondiente a la primera tirada. Para la última tirada, que tradicionalmente se solía efectuar con tinta negra, sólo se reservan las partes del dibujo que tienen que quedar impresas en todas las tintas de todos los tirajes.

El artista de Berna, *Bernhard S. Schürch*, ha ilustrado toda una serie de libros con la misma técnica como los antiguos maestros del camafeo, pero con otra finalidad, de manera que las obras de *Schürch* ya no se pueden considerar camafeos en el sentido estricto de a palabra. Elaborando estas xilografías primero se imprime el fondo. Luego se recortan todas las partes de la tablas que tienen que quedar con el color del fondo en los impresos definitivos. La próxima tinta opaca se imprime en registro estricto a partir de la plancha modificada. Luego se recortan las zonas que tienen que guardar la segunda tinta en los impresos definitivos. Este procedimiento se repite con cada color, usando siempre colores opacos. Gracias al registro exacto las vetas de la madera quedan visibles en todas las tintas. Este sistema a veces se denomina '**técnica a la tabla perdida**', o '**técnica al taco perdido**' ya que la tabla ya no sirve para repetir la tirada. *Schürch* usa una minerva automática de *Heidelberger* para imprimir sus xilografías.

Con medios fotomecánicos se pueden realizar efectos de camafeo a partir de un original en blanco y negro o de color, haciendo dos fotografías quemadas sobre material lith con diferentes tiempos de exposición. El fotolito más oscuro, el negativo del cual se ha expuesto menos tiempo, se imprimirá con un gris claro o un color, mientras que el otro se imprime encima con un color más oscuro o con negro. Según los tiempos de exposición y los colores, se pueden obtener efectos diferentes. Si las dos o más tintas de la tirada son grises, se obtendrá una especie de separación de grises que tendrá aproximadamente el aspecto de una autotipia elaborada según el primer procedimiento de *Meisenbach* (sin distancia entre la placa y la trama), si se prescinde de la estructura de la trama.