



# BOLETÍN INFORMATIVO

para la Industria de las Artes Gráficas

## EDITORIAL

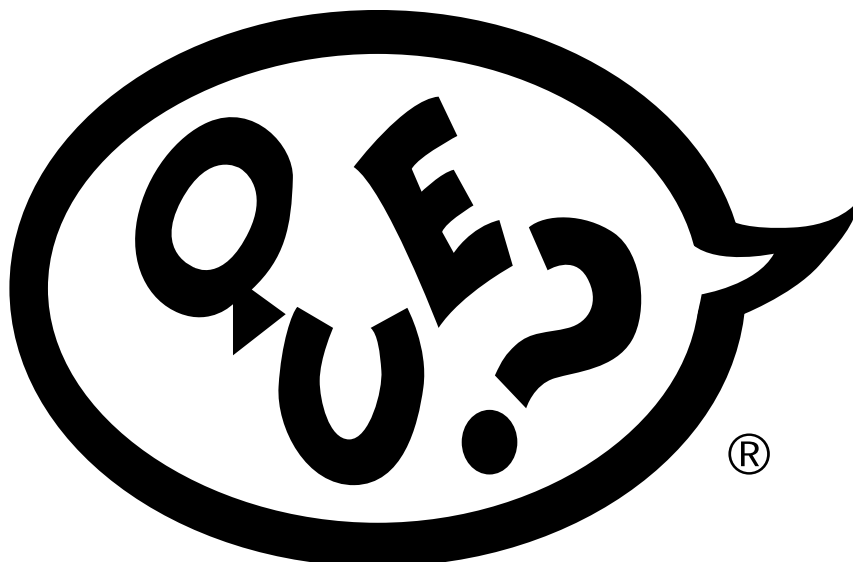
### Grupo Pochteca también está de fiesta

El pasado 12 de octubre se conmemoró el descubrimiento de América. Y, una vez más, tuvimos la oportunidad de reflexionar sobre nuestra participación en el crecimiento y fortalecimiento de nuestro continente y, consecuentemente, en el desarrollo de nuestra nación.

La celebración de eventos como éste, además de significar el mantenimiento en la memoria de un hecho histórico del que formamos parte, constituye una invitación a la suma de acciones y compromisos para hacer de nuestro país un motivo de orgullo.

Es en este sentido en el que deseamos manifestar y reafirmar nuestro compromiso, ya que en Grupo Pochteca estamos convencidos de que la suma de esfuerzos y el trabajo conjunto contribuirán al reconocimiento de nuestra industria como un motor que impulsa a la economía del país.

¡Es así como Grupo Pochteca te invita a continuar esforzándote para hacer de la industria de las artes gráficas, un motor más de desarrollo y crecimiento!



ANUNCIO

# PROPIEDADES ÓPTICAS DEL PAPEL



Entre las propiedades del papel, cartulina o cartón, destacan las llamadas comúnmente ópticas, debido a que éstas son en primera instancia las que nos proporcionan una idea sobre la apariencia del papel, mediante el sentido de la vista, causándonos una impresión favorable o desfavorable. Estas propiedades son: color, blancura, brillo, opacidad y transparencia.

Sin embargo, al determinar las propiedades ópticas de un papel, no debemos esperar que los resultados obtenidos nos indiquen a simple vista cómo se verá un producto impreso en él.

De hecho, la lectura de estas propiedades en determinado instrumento óptico, no refleja necesariamente lo que vemos, debido a que el sentido de la vista sólo aprecia la apariencia del papel, pero no sus propiedades ópticas, en términos de medidas físicas.

Cuando se trata de interpretar los resultados de las pruebas ópticas, es imprescindible tener en cuenta las diferencias que existen entre las propiedades físicas y las sensaciones fisiológicas y psicológicas que intervienen en el proceso de la visión.

En el **Boletín Qué?** No. 8, aparece un artículo sobre la blancura del papel, que recomendamos leer

antes de éste, ya que en él se tocan puntos importantes para comprender las propiedades ópticas, por ejemplo, la modificación de la luz por los materiales, la interacción del papel con la luz y los rangos de longitud de onda relacionados con los colores.

Para apreciar las propiedades ópticas de un papel se requiere:

1. Una fuente de iluminación apropiada.
2. Una hoja de papel.
3. El ojo y el cerebro humanos para observar e interpretar la luz reflejada o transmitida a través del papel; o bien, un detector fotoeléctrico y un medidor.

Las fuentes de iluminación que tienen interés en este caso, son las que emiten luz visible, es decir, las que forman parte del espectro de energía electromagnética comprendido entre una banda muy angosta de longitudes de onda que van de los 380 a los 720 nm (nanómetros). Recordemos que hacia abajo de este rango se encuentra la región ultravioleta del espectro y hacia arriba, la región de los infrarrojos. Ver figura 1.

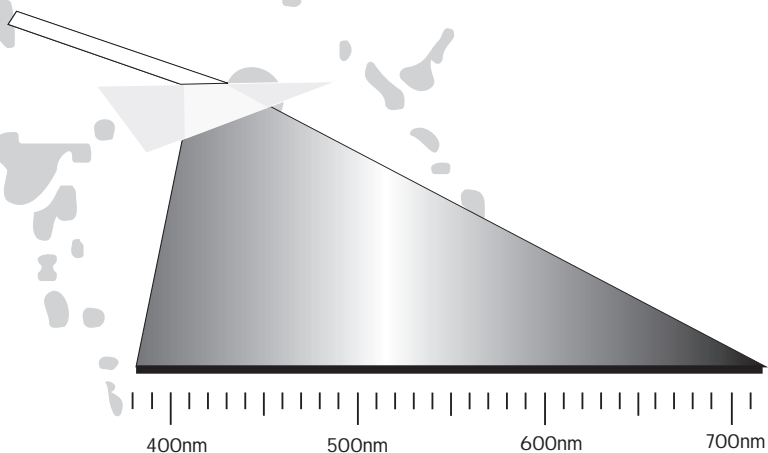


Figura 1.  
Espectro óptico visible.

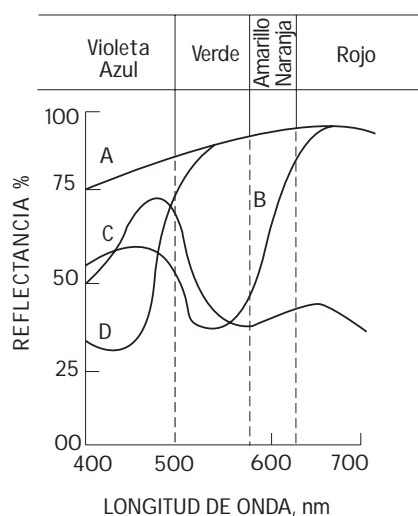
# COLOR



**E**n la industria papelera hay una gran variedad de papeles de color para diferentes usos. Normalmente para darles color se emplean anilinas y pigmentos que son agregados en la pasta, antes de formar la hoja, aunque también puede teñirse la superficie del papel cuando éste ya se encuentra formado.

Ahora bien, el color de una hoja de papel lo determinan las características de absorción y reflexión de la luz de los componentes que la forman, es decir, el color de la hoja depende de la cantidad de luz de determinada longitud de onda (color), que absorba y refleje el papel. En los papeles de color la mayor parte de la absorción y reflexión de la luz se debe a los colorantes.

En la gráfica 1, se puede apreciar la influencia de un colorante en las características de absorción de la luz en hojas de celulosa blanqueada, comparada con la misma celulosa teñida con los colores básicos.



Gráfica 1. Curvas espectrofotométricas típicas de celulosa blanca y teñida:

A blanco, B rojo, C azul, D amarillo.

Además, en la gráfica se muestran las curvas que resultan de graficar la reflectancia difusa de una pila de hojas a diferentes longitudes de onda a través del espectro visible; así como la curva que muestra el comportamiento de una pila de hojas de celulosa blanca y otras tres pilas de hojas de la misma celulosa teñidas de: rojo, azul y amarillo. (Estas curvas se llaman curvas espectrofotométricas).

En los casos que se presentan en la gráfica 1, se puede observar que el principal efecto que causan los colorantes es un cambio en la curva característica de la celulosa blanca. Con excepción de las anilinas fluorescentes, las anilinas y los pigmentos de color siempre reducen la reflectancia cuando se añaden a un material.

Los cambios que se observan en estas curvas de reflectancia del espectro se deben a la absorción selectiva de la luz por el colorante utilizado, por ejemplo, en el caso del rojo, se ve que la absorción selectiva es prácticamente cero (cerca del 100% de reflectancia), en la región roja del espectro que va de 660 a 700 nm de longitud de onda. En esta región, la reflectancia de las hojas blancas y las rojas es esencialmente la misma. En cambio, la absorción de ese papel rojo aumenta considerablemente en las longitudes de onda menores de 660 nm, hasta una absorción máxima de alrededor de 550 nm, que se localiza en la región del espectro que corresponde al verde. De esta forma las anilinas y los pigmentos del papel de color, absorben prácticamente toda la luz incidente, excepto en las longitudes de onda asociadas con su color. A los colorantes que actúan en esta forma se les llama sustractivos.

Lo anterior se demuestra colocando los filtros de los tres colores complementarios: magenta, cian y amarillo, sobre una

luz blanca. Como se muestra en la figura 2, en la parte en que se traslapan los tres filtros no se transmite la luz, por lo que se ve negro, mientras que en los sitios en que se traslapan dos filtros, la absorción selectiva produce los colores azul, rojo y verde. Este principio es el fundamento para la fabricación de papel de color.

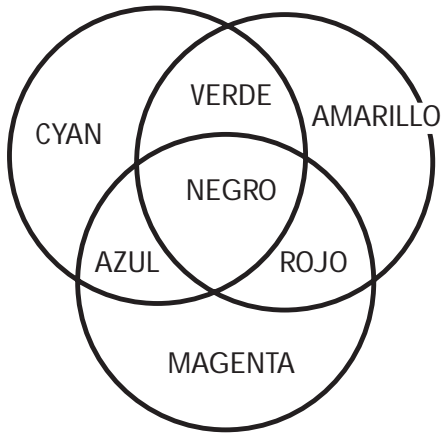


Figura 2. Efecto de la superposición de filtros magenta, cian y amarillo.

Además de agregar anilinas para darle al papel diferentes colores, se acostumbra agregar éstas en cantidades muy pequeñas, en tonos rojos o azules, para matizar el papel blanco. Esto se hace debido a que las fibras con que se fabrica el papel tienen un tono amarillento, aunque estén blanqueadas y, al añadir algún colorante azul rojizo o azul violeta, se compensa dicho tono al provocar que la hoja absorba menos luz en la región magenta del espectro, que cuando tenía su tono natural. El ojo a simple vista registra la hoja más blanca.

## Descripción del color

Es necesario contar con un sistema adecuado para describir el color y poder establecer especificaciones de fabricación. Al fabricar un papel de color es importante que el color se aprecie igual a la muestra estándar, pero también que bajo condiciones normales, se mantenga ese color al paso del tiempo.

El color se describe en términos de tono, intensidad y brillo. El tono está dado sobre la base de los tres colores primarios: rojo, verde y azul. Un tono azul puede describirse como más rojizo o más verdoso que otro azul, y también puede ser más intenso o más brillante. La intensidad del color se refiere a la profundidad del tono, es decir, si es más claro o más oscuro, como cuando se agrega anilina roja a una pulpa, si la cantidad es pequeña se obtendrá un tono rosa, que es claro, pero con una cantidad mayor se obtendrá un tono rojo, que es oscuro. La comparación de la intensidad de un color sólo se puede hacer cuando se trata del mismo tono. El brillo se refiere a su capacidad de reflejar la luz, un tono brillante refleja mucha luz; para hacer mate un color brillante se agrega otro color complementario o negro. Dos colores son complementarios cuando cada uno de ellos absorbe la luz reflejada por el otro color, por ejemplo: rojo y verde, azul y rojo y verde y azul.

## Sistema CIE

La "Comission Internationale d'Éclairage", que significa Comisión Internacional de Iluminación, es un sistema que proporciona un método para describir el color. Y es que si bien durante muchos años la igualación de colores ha sido un arte adquirido a través de muchas horas de trabajo, en la actualidad se han desarrollado numerosos aparatos y sistemas, incluidas las computadoras digitales, que permiten definir un color y saber qué tono le falta o le sobra para igualar un estándar. Hoy en día numerosos instrumentos para medir el color se basan en el CIE, cuyo fundamento se encuentra en que cualquier color se puede reproducir por medio de los tres colores primarios, en un experimento controlado.

El CIE define numéricamente a la iluminación y al observador estándar, así como a los colores primarios: rojo, verde y

azul, como las funciones triestímulos X, Y y Z, respectivamente. Para describir un color se utilizan tres coordenadas que corresponden a los valores triestímulos, mismos que se relacionan con la forma en que el observador ve un color. El CIE proporciona los medios para representar la respuesta humana a la señal de un color, sin embargo, los valores triestímulos no están directamente relacionados con la respuesta humana al color y su aplicación en la práctica resulta complicada.

### Sistema Hunter L, a, b triestímulos

Sistema de color que se deriva del Sistema CIE; de gran aceptación debido a que es fácil de entender e interpretar. En la figura 3, se muestra la representación de las coordenadas que se emplean en este sistema para designar los colores.

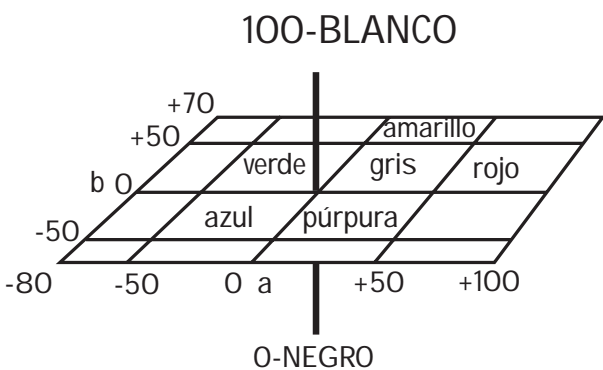


Figura 3.

Representación tridimensional de las coordenadas que designan los colores de las superficies en el Hunter L, a, b.

El valor L representa la aproximación matemática de la respuesta del ojo al negro-blanco. Un blanco perfecto tiene un valor de 100 y un negro perfecto tiene un valor de cero en la escala L. Un valor positivo en la escala a, indica lo rojo, un valor negativo en esa escala, lo verde; el cero es gris. Un valor positivo en la escala b, indica lo amarillo, un valor negativo lo azul; el cero es gris.

Por ejemplo, un papel que tiene los valores: L 70, a+30 y b+23, es un papel claro, como indica el valor relativamente alto de L, y de un tono rojo amarillento, de acuerdo con los valores a y b.

### Instrumentos para medir el color

Todos los aparatos para medir el color se ubican dentro de las dos siguientes clasificaciones: espectrofotómetros y colorímetros.

El espectrofotómetro es el instrumento básico para medir el color que facilita la obtención de resultados completamente objetivos. Sus mediciones dependen sólo de las características de la luz reflejada por la muestra, independientemente de las características del observador o de la fuente de luz. En la figura 4, se muestra un esquema simplificado de un espectrofotómetro.

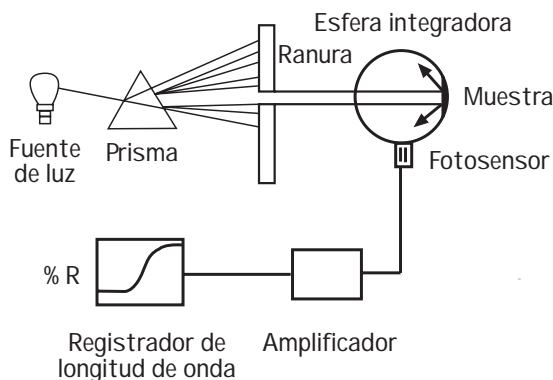


Figura 4. Diagrama simplificado de un espectrofotómetro.

En este tipo de sistema, la muestra se ilumina esencialmente con luz monocromática y se mide la luz difusa reflejada en cada longitud de onda del espectro visible; la cantidad de luz reflejada por la muestra se expresa como porcentaje de la reflectancia difusa, a la

misma longitud de onda, de un estándar de referencia blanco.

El espectrofotómetro automáticamente traza la curva de la reflectancia contra la longitud de onda; la curva resultante es la curva espectrofotométrica de la muestra que se midió. Estas curvas son como las que se presentaron en la gráfica 1.

Nota: Numerosos espectrofotómetros están diseñados para el proceso de transmisión de la luz y no pueden utilizarse para mediciones en papel; para dicha medición existen algunos como el Macbeth, el Hunter L, a, b y el Elrepho.

## Estándares de referencia

La escala porcentual de reflectancia en las curvas va del 0 al 100, pero no se refiere a un porcentaje absoluto de reflectancia. El rango de reflectancia absoluta asociado con el porcentaje de reflectancia de la escala está determinado por el estándar de referencia utilizado para hacer la medición. Un estándar de referencia ideal debería de reflejar el 100% de la luz que incide en su superficie, en todas las longitudes de onda del espectro visible, sin embargo, no hay materiales conocidos que cumplan con este requerimiento; para la calibración de las escalas se ha considerado como 100% al óxido de magnesio, aunque en realidad tiene aproximadamente un 98.5%.

## Colorímetros de filtros

Estos instrumentos, también llamados colorímetros de filtros triestímulos, sirven para medir el color. En la figura 5, se presenta un diagrama simplificado de este tipo de aparatos, en el cual la muestra es iluminada por una fuente de luz blanca, y la luz reflejada por la muestra es dirigida a un

fotodetector que genera una señal eléctrica proporcional a la cantidad de luz que incide en él. Entre la muestra y el fotodetector se encuentran los filtros triestímulos (azul, rojo y verde), diseñados para proporcionar la respuesta de acuerdo con el Sistema CIE, y basados en la distribución de la fuente de luz y la respuesta del fotodetector en el espectro. Las señales del fotodetector son operadas electrónicamente para dar los resultados en algunas de las escalas de color como la del Sistema L, a, b ó en los valores CIE.

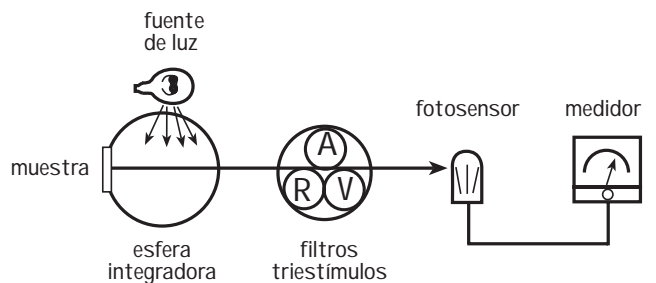


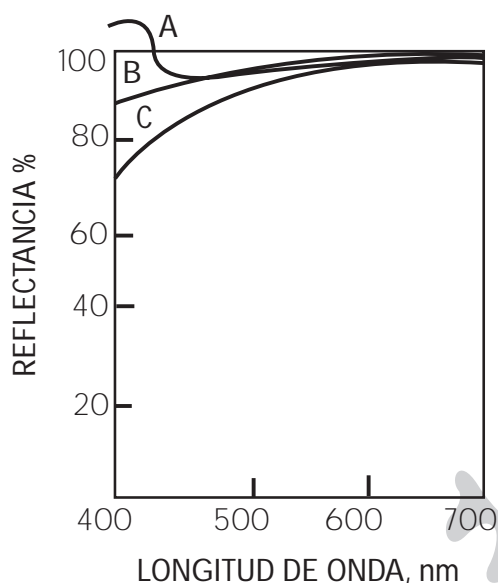
Figura 5.  
Diagrama simplificado de un colorímetro.

Hay que tener presente que cuando se utilizan instrumentos para medir el color de papeles blancos, puede haber complicaciones si se analizan papeles que contienen colorantes fluorescentes, también conocidos como blanqueadores ópticos, mismos que han sido ampliamente aceptados en la industria del papel porque dan al ojo humano una apariencia de mayor blancura. Lo anterior se debe a que dichos papeles absorben la luz ultravioleta y la reemiten en el rango visual, produciendo un efecto fluorescente que a la luz del día neutraliza lo amarillento del papel. (De aquí la apariencia de mayor blancura).

En caso de emplear un colorímetro para medir el color en papeles con colorantes fluorescentes, debe tenerse en cuenta la

contribución de este tipo de colorantes a la medida de la reflectancia.

En la gráfica 2, se presenta una gráfica en la que la muestra A, contiene un blanqueador óptico, es decir, un colorante fluorescente. El efecto de este colorante genera que en la porción azul del espectro, este papel posea un reflectancia mayor que la del estándar de sulfato de bario que se utiliza para calibrar a 100.



Gráfica 2. Curvas de reflectancia del espectro:

- A. papel bond de trapo con un colorante fluorescente.
- B. pulpa de linters de algodón.
- C. pulpa de pino blanqueada.

También hay que considerar que en caso de medir muestras entre las que hay metamerismo, los colorímetros darán resultados erróneos, tal como sucede con la observación visual.

El Metamerismo es un efecto físico por el cual dos superficies que se observan del mismo color cuando son iluminadas con determinada fuente de luz, al cambiar la fuente de luz, se ven de diferente color.

Si bien cualquier reflectancia corresponde a un punto determinado en el

espacio del color, sin embargo, a muchos espectros de reflectancia les puede corresponder el mismo punto en el espacio del color y evocar la misma sensación de color. Cuando un par de espectros distintos corresponden al mismo punto en el espacio del color, el fenómeno se llama metamerismo. Para que el color de dos superficies se vea igual bajo diferentes condiciones de iluminación, ya sea con luz de día o de interior, las curvas de reflectancia de las dos deben corresponder en todas las longitudes de onda del espectro visible.

## BLANCURA

Como recordarás, en el Boletín Qué? No. 8, se trató la blancura del papel, que en inglés se denomina *brightness*, y cuyos resultados se dan en %. También existe otra forma de medir la blancura del papel llamada "*whiteness*", cuyos resultados se reportan como CIE *whiteness*.

Ahora bien, es complicado definir un papel blanco, ya que se ha dicho que un objeto que refleja toda la luz que incide en él, se ve blanco. Sin embargo, en el caso del papel blanco, nos encontramos con que normalmente está matizado de manera que se tiene un blanco azulado, o bien, rosado.

Cuando se trata de medir la blancura de un papel, se mide la reflectancia a una longitud de onda de 475 nm, que corresponden al color azul en el espectro, y el valor que se obtiene es *brightness*, conocido comúnmente como blancura.

En cambio, en el caso de determinar *whiteness* en el papel, se mide una combinación de la reflectancia total de la



# BRILLO

luz blanca y su uniformidad en la reflectancia a todas las longitudes de onda del espectro visible. Un blanco perfecto debería tener el 100% de reflectancia a todas las longitudes de onda de la luz visible, pero recordemos que no existe un blanco perfecto.

De hecho, el óxido de magnesio que se utiliza como estándar de referencia, tiene una reflectancia total de la luz de 97-98.5%, con una variación menor al 1% a diferentes longitudes de onda. Por su parte, la mayoría de los papeles blancos tienen una reflectancia total de la luz entre 50 y 90%, con variaciones hasta de 20-30, a diferentes longitudes de onda.

Por otra parte, la medición que se realiza para obtener *whiteness*, corresponde a la definición de la blancura de un papel, pero como lo que nos interesa en la práctica no es la blancura real, que en el caso del papel suele verse con un ligero tono amarillento, sino la blancura aparente, es decir, qué tan blanco se ve el papel, o lo que es lo mismo, nos interesa la impresión que nos causa el papel al mirarlo, no qué tanto corresponde éste a la reflexión de la luz, a todas las longitudes de onda del espectro visible, para este objeto manejamos la determinación de la blancura como *brightness*.

En la práctica, el concepto que en inglés se conoce como *brightness*, nos proporciona la medida de la reflexión en la región azul del espectro, generándonos valores más bajos cuando hay un tono amarillento.

La determinación de la blancura como *whiteness* se aplica con los métodos de prueba TAPPI T 560 y TAPPI T 562, que surgieron como métodos provisionales en 1996, sin embargo, en México no se aplica esta forma de evaluar la blancura, sino que se determina como *brightness*. De tal suerte que no existe una relación que nos permita comparar los resultados de los valores medidos como *whiteness* con los de *brightness*.



Es la propiedad por la cual una superficie es capaz de reflejar los rayos paralelos de una fuente de luz que incide en ella, en un ángulo de reflexión igual al de incidencia, en forma semejante a como ocurre en un espejo. Cuando la luz se refleja en esta forma se llama reflexión especular.

El brillo en el papel está relacionado con el lustre y con el deslumbramiento, que es la reflexión excesiva de una luz brillante. Tanto el brillo como el lustre se relacionan con un efecto agradable, mientras que el brillo deslumbrador se asocia con un efecto enceguecedor, desagradable.

El brillo en el papel se puede describir como una propiedad que hace que la superficie refleje más luz en la forma que lo hace un espejo, que luz difusa en el mismo ángulo, es decir, que la superficie del papel tiene mayor reflexión especular que reflexión difusa. Nota: Tengamos presente que el brillo se aprecia más en unos ángulos de observación que en otros.

Por el contrario, una superficie mate refleja un rayo de luz incidente en todas direcciones, y la superficie se observa igual desde todos los ángulos. Este comportamiento se debe a las irregularidades que existen en la superficie del papel. La mayor parte de los papeles tienen una superficie que no es perfectamente brillante ni perfectamente mate, sino que se puede situar en diferentes grados de brillo, de acuerdo con lo ópticamente plana que sea su superficie.

Una superficie es ópticamente plana, cuando las irregularidades en dicha superficie no exceden de un dieciseisavo de la longitud de onda de la luz incidente.

Conviene recordar que las longitudes de onda del espectro visible van desde los 380 hasta los 720 nanómetros, y que un nanómetro equivale a  $10^{-9}$  metros, o a un milimicrón. Lo anterior significa que hablamos de irregularidades excesivamente pequeñas.

Cuando la superficie del papel no es ópticamente plana, los rayos paralelos de luz al chocar con dicha superficie tendrán diferentes ángulos de incidencia y, por lo tanto, los rayos de luz reflejados no serán paralelos, sino que se reflejarán en varias direcciones.

Y es que la superficie de un papel es muy irregular (cuando se ve con aumento es semejante a una serie de crestas y valles), de tal suerte que la luz que llega a su superficie se refleja en todas direcciones.

Si al papel se le da un acabado con calandria las partes altas de muchas de las crestas se nivelarán dando áreas planas que quedarán al mismo nivel; de esta forma los rayos paralelos de luz que inciden en dichas áreas tendrán el mismo ángulo de incidencia y se reflejarán como rayos paralelos de luz, es decir, en forma especular.

La cantidad de luz reflejada en forma especular dependerá del porcentaje del área total representado por las partes altas de las crestas niveladas. De hecho, si se le da un grado mayor de calandrado al papel, habrá un número mayor de áreas planas y el brillo aumentará.

Al recubrir el papel con pigmentos que rellenen los valles se obtendrá el mismo efecto, aunque es necesario darle un acabado ópticamente plano, el cual se puede lograr por medio del secado contra una superficie muy pulida, o bien, por un proceso de supercalandrado, lográndose así un grado de brillo bastante alto.

Habrá que considerar que no existe una relación directa entre la lisura y el brillo del papel, aunque en igualdad de condiciones, una mayor lisura produce un incremento en el brillo. Por su parte, el color y la blancura no afectan el brillo, debido a que es un fenómeno de la superficie que depende del índice de refracción del papel, de la longitud de onda de la luz y del ángulo de incidencia de dicha luz sobre el papel.

En muchos impresos de calidad es muy apreciado un papel *con* brillo alto, como en el caso del tipo couché, debido a que estos papeles realzan la impresión, sin embargo, con este tipo de papeles es importante tener en cuenta otros factores como la absorbencia del papel y las características de la tinta.


## Determinación del brillo

Para medir el brillo de un papel, se han utilizado ángulos diferentes de incidencia de la luz, pero la mayoría de las mediciones se realizan a un ángulo de  $75^\circ$  de la normal a la hoja, como recomienda el método de TAPPI T 480; este ángulo corresponde al de  $15^\circ$  con respecto al plano del papel, que se usa en el aparato Photovolt. Sin embargo, aún no se ha llegado a un acuerdo universal sobre el ángulo que debe utilizarse para medir el brillo, aparentemente el ángulo de  $75^\circ$  es el mejor para la mayoría de los papeles, aunque no es recomendable para papeles con alto brillo, con los que conviene más el uso de un ángulo menor. De hecho, existen instrumentos que toman la medida a  $45^\circ$  ó a  $60^\circ$ .

En cuanto a los instrumentos para medir el brillo especular, todos cuentan con una fuente de luz, un colimador para producir un haz de rayos paralelos, un sistema para dirigir la luz hacia la muestra de papel a un ángulo de incidencia fija y uno para medir la luz reflejada por el papel a un ángulo de reflexión igual al de incidencia.

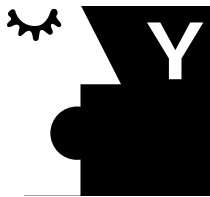
Dichos aparatos se suelen calibrar a 100° con un estándar de cristal negro pulido.

Se debe evitar que las muestras a utilizar para esta determinación, presenten defectos como arrugas, manchas, dobleces, o de algún otro tipo, que pudieran alterar la superficie y, por lo tanto, los resultados.

En este cuadro presentamos los valores normales para algunos tipos de papeles 

<input checked="" type="checkbox"/> Cubiertos y laqueados	96
<input checked="" type="checkbox"/> Portada de revistas	70
<input checked="" type="checkbox"/> Libros, cubiertos en máquina	51
<input checked="" type="checkbox"/> Supercalandrados	30
<input checked="" type="checkbox"/> Libros	12
<input checked="" type="checkbox"/> Bond para máquina de escribir	60

## OPACIDAD Y TRANSPARENCIA



Ya hemos visto que cuando la luz incide en un objeto, es reflejada, transmitida o absorbida. A los rayos paralelos que son reflejados o transmitidos se les llama reflejados o transmitidos especularmente. La luz que es dispersada antes de ser reflejada o transmitida, se dice que es reflejada o transmitida difusamente. La parte de luz que se refleja especularmente determina el brillo de una hoja de papel, mientras que la parte que se refleja difusamente se utiliza para determinar el color y la blancura. Finalmente, la parte de la luz que se transmite determina la opacidad y la transparencia.

La opacidad se determina por el total de la luz transmitida y la transparencia por la cantidad de luz que es transmitida especularmente, sin haber sido dispersada. Cuando la luz se dispersa y se transmite difusamente, se dice que el objeto es translúcido; casi todos los papeles son translúcidos, es decir, permiten el paso de cierta cantidad de luz, pero únicamente de luz que fue dispersada.

### Transparencia del papel

Cuando un papel no dispersa la luz que pasa a través de él, es transparente y se tiene una clara visión de cualquier objeto que se encuentre bajo el papel, sin importar la distancia a la que se localice. Por otra parte, si el papel tiene alguna tendencia a dispersar la luz, la transparencia variará de acuerdo con la distancia que exista entre el objeto y el papel. Una medida real de la transparencia, es la relación entre la transmitancia paralela o especular y la transmitancia total de la luz. La transmitancia es la proporción de la luz incidente que es transmitida por una superficie translúcida.

El papel glassine, que es de los más transparentes, tiene una transmitancia paralela del 10 al 40%, para una transmitancia total de 60 a 85%. Esta medida de la transparencia es la forma más indicada de evaluar los materiales transparentes, mientras que la medida de la opacidad es la adecuada para papeles relativamente opacos.

### Opacidad del papel

Un papel opaco es aquel que impide el paso de la luz a través de él, como ejemplos de papel opaco tenemos el papel negro con que se envuelven las películas fotográficas y la mayoría de los cartones. Sin embargo, se aplica el término de papel opaco con libertad a muchos papeles, por ejemplo, el papel opaco para libros, que

tiene una opacidad del 90%, y el papel opaco para envoltura de pan que tiene una opacidad baja del 60%. La opacidad es una propiedad importante en los papeles para impresión y escritura, por lo que generalmente forma parte de sus especificaciones.

## Factores que afectan la opacidad

Son aquéllos que influyen en la dispersión de la luz que incide en la superficie de dicho papel y normalmente son parte en su fabricación. A continuación se mencionan los más importantes:

- El tipo de fibras de celulosa.** Las fibras influyen sobre todo por su diámetro y los finos que contienen. Los finos son pequeños fragmentos de fibras que quedan atrapados en la hoja.

- La refinación.** Al refinar se aumenta, por una parte, el área total de las fibras en que la luz será dispersada, por lo que se puede esperar que la opacidad aumente. Pero, por otra parte, también se incrementa el área de uniones entre fibras, lo que a su vez aumenta el área de contacto óptico entre ellas, lo que tiende a reducir la opacidad. Como se ve, la refinación tiene dos efectos contrarios, aunque en la mayoría de los casos influye más la reducción de la dispersión debida al aumento de uniones entre fibras, razón por la que normalmente la refinación reduce la opacidad.

- El prensado de la hoja húmeda.** El prensado aumenta el número de uniones entre fibras, razón por la que como en el caso de la refinación, disminuye la opacidad.

- Los colorantes y las cargas.** Ambos elementos son factores importantes para la opacidad debido a que absorben y dispersan la luz, generando que ésta aumente. El efecto de los colorantes y el de las cargas se suman.

- El peso base del papel.** A mayor peso hay mayor cantidad de material y, consecuentemente, más espesor, lo que ocasiona que aumente la dispersión de la luz en la hoja, lo anterior se traduce en una mayor opacidad.

## Métodos para medir la opacidad

La opacidad se determina por la cantidad de luz transmitida por el papel. Si toda la luz se transmite y nada se refleja o absorbe, la opacidad será cero. Si nada de la luz se transmite y toda se refleja o absorbe, la opacidad será de 100%.

A pesar de que la opacidad se puede medir por la cantidad de luz transmitida, generalmente se determina como una relación de contraste. La opacidad es la relación de la reflectancia difusa de una hoja sencilla de papel, respaldada por un cuerpo negro, con la reflectancia del mismo punto de la hoja de papel, respaldada por un cuerpo blanco.

Podría parecer incorrecto medir la opacidad por medio de la medida de la reflectancia, si la opacidad está determinada por la luz transmitida. Sin embargo, la relación de contraste es una medida indirecta de la transmisión de luz.

Cuando la luz que ha sido transmitida a través de una hoja de papel se encuentra con un cuerpo blanco, se refleja de regreso a la hoja y una parte sale como luz reflejada adicional, pero si esa luz transmitida se encuentra con un cuerpo negro, será absorbida y no habrá ninguna adición a la luz reflejada. La diferencia entre la medida de estas dos reflectancias, depende de la cantidad de luz transmitida a través de la hoja.

Cualquier instrumento que se pueda utilizar para medir la reflectancia del papel, se puede usar para medir esta relación de

contraste. Los valores que se obtengan dependerán de las características de la fuente de luz en el espectro, la geometría de iluminación y observación, así como de la reflectancia en el espectro del cuerpo de respaldo de la muestra.

Estas características deben estar especificadas en cualquier aparato que se utilice para determinar la opacidad. La mayoría de los medidores de opacidad están fabricados de acuerdo con las especificaciones dadas en el método de prueba TAPPI T 425.

Hay dos formas de medir la opacidad, una se llama Opacidad TAPPI (TAPPI *Opacity*) y la otra se llama Opacidad de Impresión (*Printing Opacity*). La diferencia entre las dos está en el cuerpo blanco de respaldo de la hoja de papel que se emplea para la determinación.

## Opacidad TAPPI

En lo que se refiere a cuerpos de respaldo para medir la opacidad, el ideal sería un blanco con reflectancia del 100%, y un negro con absorbencia total de luz. Una cavidad negra con superficie opaca tendrá una reflectancia menor del 0.5% y se podrá utilizar como cuerpo negro, pero, por otro lado, como ya vimos, no existe un material que sea blanco total.

Existen algunos materiales que se acercan al 100% de reflectancia, pero no se mantienen en su valor si no se protegen de la contaminación generada por las impurezas del aire. Este problema se ha solucionado utilizando un estándar que da un valor de reflectancia del 89%.

La opacidad TAPPI es la relación de la reflectancia de una hoja respaldada por la cavidad negra, y la reflectancia del mismo punto de la hoja respaldada por el estándar blanco de 89% de reflectancia.

Se puede expresar por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Opacidad TAPPI} = R_0/R_{89}$$

Donde: R = Reflectancia

## Opacidad de Impresión

El método de opacidad TAPPI se utilizó durante un largo periodo de tiempo, pero hoy en día, aunque se sigue aplicando la opacidad TAPPI, se prefiere otro método en el que se utiliza una pila de papel en vez del cuerpo blanco.

La opacidad de impresión es la relación entre la reflectancia de una hoja de papel respaldada por una cavidad negra y la reflectancia de una pila gruesa del mismo papel, que no permite el paso de la luz. Esta relación se expresa con la fórmula:


$$\text{Opacidad de Impresión: } R_0/R_{\infty}$$

Donde: R = Reflectancia

Se llama opacidad de impresión porque mide la propiedad que se conoce como transparencia.

## Medida de la Opacidad por Transmitancia

Como acabamos de ver, la medida de la opacidad por la luz reflejada, se utiliza más que la que se obtiene por la luz transmitida. La razón es que la primera es más apropiada para papeles de escritura o impresión, pero en el caso de papeles para empaque, utilizados para proteger su contenido del deterioro por la luz, es mejor medir la opacidad tomando como referencia la transmisión de la luz.

Para medir la opacidad por transmitancia, se coloca la muestra de papel entre una fuente de luz estándar y una celda fotoeléctrica, y se compara la cantidad de luz que mide la fotocelda cuando está la hoja de papel, contra la que se detecta al quitarla. 

En esta oportunidad presentamos la cámara para artes gráficas, conocida también como cámara de fotorreproducción, la cual permite obtener negativos o positivos con características particulares por medio de luz reflejada o transmitida, que es proyectada por el original hacia una película sensible a la luz. Este tipo de cámaras se dividen en cámaras horizontales y verticales y cuentan con elementos similares a los de una cámara fotográfica portátil, sin embargo, sus dimensiones son diferentes debido a la aplicación especializada que realizan.

•**Cámaras horizontales.**- principalmente para grandes formatos. Incluso la cámara llega a abarcar un cuarto oscuro en donde se coloca la película sensible a la luz, y un cuarto con iluminación normal que es donde se colocan y cambian los originales.

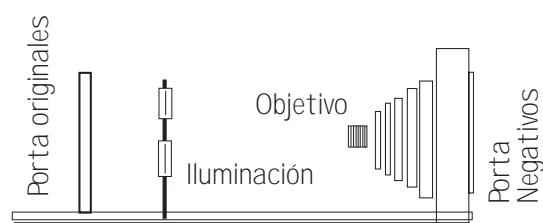


Figura 6. Cámara Horizontal.

•**Cámaras verticales.** Equipo más versátil que se sitúa generalmente dentro del cuarto oscuro.

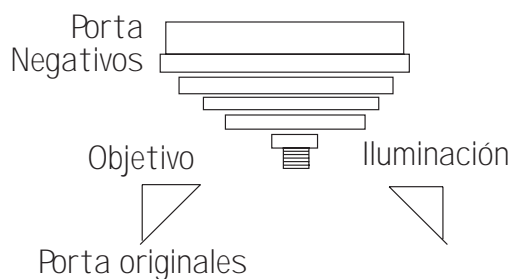


Figura 7. Cámara Vertical.

Ambos equipos están compuestos por los elementos que a continuación enlistamos y se encuentran disponibles en presentación manual, para ajuste de tamaños y enfoque, y automática, para cálculo de exposición y ampliación o reducción de imagen y cambios de lente y diafragmas.


•**El portanegativos.** Plano donde va situada la película fotográfica para ser expuesta a la luz. En la mayoría de las cámaras fotomecánicas, la película es colocada manualmente en una hoja, cada vez que se realiza una toma. Este procedimiento se realiza en un cuarto oscuro con iluminación roja que no afecta la emulsión de la película y permite al operador cortar, centrar y fijar la película sobre el portanegativos.

•**El objetivo.** Conjunto de lentes que de acuerdo al ajuste de la distancia entre el portanegativos y el portaoriginal, proyecta una imagen ampliada, reducida o al mismo tamaño del original.

•**El diafragma.** Círculo regulador de la luz que pasa por los lentes. Se ajusta a diferentes diámetros, llamados pasos de diafragma, para incrementar o disminuir la intensidad de la luz.

•**El obturador.** Mecanismo que a través de dos laminillas cubre el lente para impedir el paso de la luz. Dichas laminas se abren sólo durante el tiempo específico que se determinó que la película fuera expuesta a la luz

•**La iluminación.** Se genera por medio de lámparas adaptadas tanto para originales opacos (sobre papel), llamada iluminación por reflexión, y para originales transparentes (sobre película), llamada iluminación por transmisión. Estas fuentes de luz proyectan el original hacia los lentes y éste a su vez, hacia el portanegativos, para finalmente exponer la película fotosensible.

•**El portaoriginales.**- Plano donde va situado el original a reproducir. 



En relación con las pruebas ópticas del papel.

**Absorción:** ningún medio transmite una radiación sin cierta pérdida de energía. Esta energía adquiere otra forma dentro de dicho medio. Si hablamos de luz transmitida por una hoja de papel, una parte de la luz se pierde dentro de la hoja (luz absorbida), y se transforma en calor.

**Metamerismo:** efecto físico por el cual dos superficies que se aprecian del mismo color cuando son iluminadas con determinada fuente de luz, al cambiar la fuente de luz, se observan de diferente color.

**Opacidad:** resistencia de una hoja de papel al paso de la luz. Esta propiedad minimiza la visibilidad de lo impreso en la otra cara del papel.

**Reflexión:** fenómeno que consiste en que una luz que encuentra la frontera entre dos medios, se regresa para seguir en el primero. El efecto de este regreso es que la luz se refleja, aunque la reflexión no es total en materiales como el papel, en los que además de la luz que se refleja, parte se absorbe y parte se transmite.

**Reflectancia:** también se llama factor de reflexión. Es la proporción de la luz incidente que es reflejada por una superficie.

**Transmitancia:** es la proporción de la luz incidente que es transmitida por una superficie translúcida.

Fuente: Diccionario de Física  
Colección Llave de la Ciencia  
México, Grupo Editorial Norma Educativa, 1992.

Pulper and Paper Manufacture  
Kocurek, Michael J.  
Vol. 9. Tercera Edición  
Montreal, Que., Canada, 1983.

