

### 1. INTRODUCCIÓN<sup>1,2</sup>

La calidad de un producto se asocia tanto con su apariencia como con sus propiedades. La percepción de la calidad del producto la hace el usuario. A menudo, la apariencia es el factor determinante en la decisión de compra y los productos que parecen diferentes o poseen una apariencia deficiente pueden causar rechazo por parte del comprador.

La medición de la apariencia se emplea principalmente en productos manufacturados, comerciales e industriales, para fines de aseguramiento de calidad. También se aplica en investigación y desarrollo de productos, para establecer el cumplimiento de requisitos previamente impuestos.

La apariencia de un objeto se compone de dos atributos principales: cromáticos y geométricos.

Los atributos cromáticos son aquellos asociados al color, tales como:

- Matiz: color percibido de un objeto, como rojo, amarillo, verde, azul o púrpura.
- Pureza: grado de alejamiento del color del gris, llamada también saturación, cromaticidad, viveza o brillantez.

Los atributos geométricos, por su parte, son aquellos asociados con la distribución de la luz en el objeto, tales como:

- Brillo: propiedad asociada con la reflexión especular y responsable de la apariencia lustrosa o brillante.
- Turbidez: la dispersión de la luz dentro de o en la superficie de un objeto casi transparente, responsable de una apariencia nebulosa. **La presencia de defectos superficiales o de partículas en el interior del producto puede causar aumento de la dispersión de la luz, que generalmente se percibe como turbidez o nebulosidad.**

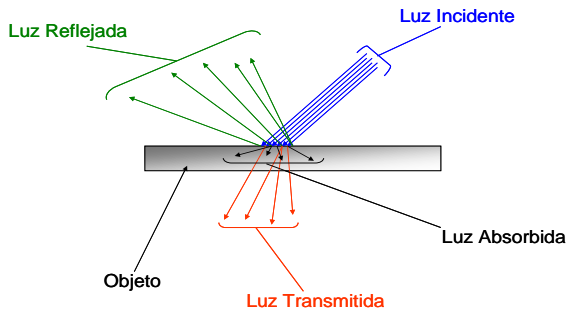
Un simple cambio en los atributos geométricos (tal como brillo) puede causar un cambio aparente en el color percibido de un objeto y por tanto en la apariencia.

### 2. PROPIEDADES ÓPTICAS

#### 2.1. Descripción

Las propiedades que engloban la apariencia de un objeto son aquellas conocidas como propiedades ópticas: transparencia, turbidez, brillo y color.

El comportamiento de las propiedades ópticas de un objeto es una respuesta directa a la acción de la luz, la cual puede ser reflejada, absorbida y/o transmitida y, en consecuencia, **los cambios en el espesor del material pueden afectar los resultados de la medición.**

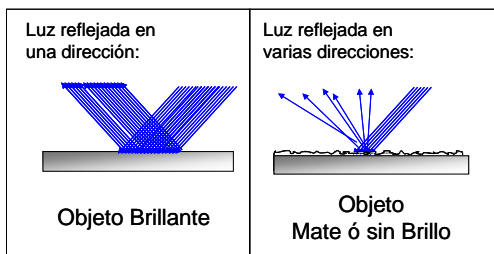


**Figura 1. Efecto de la luz sobre un objeto.**

Cuando sobre una pieza incide un rayo de luz, se tiene que:

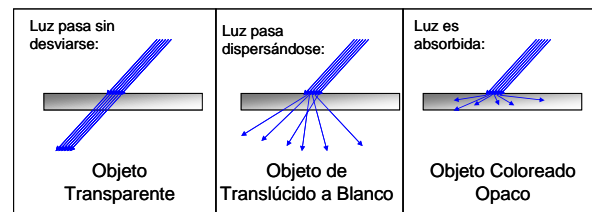
- El brillo es proporcional a la luz reflejada por la superficie.
- La transparencia es un efecto combinado, cuyo principal componente es la capacidad de transmitir o no parte de la luz incidente.
- El color y la turbidez son las diferentes respuestas de la pieza en relación con la absorción de una porción del espectro lumínico.

Para que una pieza de plástico posea brillo, la luz debe ser capaz de reflejarse en una sola dirección, sin sufrir dispersión.



**Figura 2. Brillo de un objeto.**

Para que una pieza de plástico sea transparente, la luz debe ser capaz de atravesarla sin ser dispersada grandemente (experimentalmente este límite se fija por debajo de menos de  $2,5^\circ$ ).



**Figura 3. Efecto de la luz sobre un objeto y su transparencia.**

## 2.2. Medición

### 2.2.1. Transmisión Luminosa y Turbidez

La determinación de la transmisión luminosa y de la turbidez, se puede realizar empleando las normas ASTM D1003, ISO 13468-2 (transmisión luminosa) e ISO 14782 (turbidez), utilizando un equipo para determinar la transmisión luminosa y turbidez en películas y piezas plásticas translúcidas o transparentes **con espesores que no excedan de 10 mm**. Ello no descarta efectuar la medición en otros productos de mayor espesor, pero no estarán regidos bajo esta norma.

### 2.2.2. Brillo

El brillo es una medida relativa a la del estándar de calibración usado; por esta

razón, su valor puede ser superior a 100 unidades e incluso para el caso de espejos perfectos, dependiendo del ángulo de incidencia de la luz, puede llegar a valores de 1000 y 2000 unidades.

La determinación del brillo se puede realizar empleando la norma ASTM D2457, utilizando un medidor de brillo. ISO no posee normas de brillo específicas para plástico, pero sí para papel, cartón y recubrimientos de pintura.

### 2.2.3. Color<sup>1</sup>

Los elementos del color que determinan su percepción son: **una fuente de luz, un objeto y la combinación ojo/cerebro**, debido a que los objetos modifican la luz y dado a que los colorantes y pigmentos en el objeto absorben luz de ciertas longitudes de onda a la vez que reflejan o transmiten otras.



**Figura 4. Situación de observación visual.**

**La luz** procedente de cualquier fuente puede especificarse, según la cantidad emitida, en longitud de onda, medida en nanómetros (nm).

Para efectos de normalización, la Comisión Internacional de Iluminación, conocida también como la CIE (iniciales de su nombre en francés, "Commission Internationale de l'Eclairage"), estableció fuentes e iluminantes estándares.

Una fuente es una luz física real que puede encenderse o apagarse. Un **iluminante** (Figura 5) está definido por una distribución espectral específica y puede no ser posible construir una fuente que la reproduzca.

Iluminantes usuales	
A	- Incandescente
C	- Luz Día (Versión Antigua)
D65	- Luz Día Promedio
F2	- Fluorescente Blanco Frío
D50, D55, D75	- Otras Luces Día
TL84, Ultralume 30U	- Otras Iluminantes Especiales

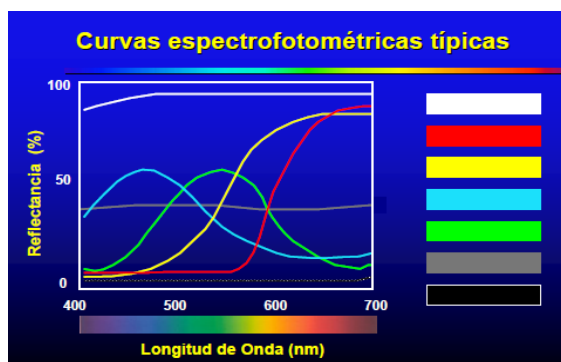
**Figura 5. Iluminantes usuales.**

Las iluminantes usadas con más frecuencia son identificadas por las letras A, C, D65 y F2. De estas cuatro, la de mayor uso es la D65 que representa la luz del día promedio.

Ya cuantificada y normalizada la luz, se debe examinar qué pasa cuando la luz interactúa con el segundo elemento, **el objeto**.

Los objetos modifican la luz. Los colorantes y pigmentos absorben selectivamente algunas longitudes de onda, en tanto que reflejan (o transmiten) otras.

Por eso, la curva espectrofotométrica independiente de la fuente de luz y del observador pasa a ser una propiedad intrínseca del objeto (Figura 6). En general, las curvas que tienden hacia la horizontal corresponden a colores poco cromáticos o acromáticos, como blancos, grises y negros.



**Figura 6. Curvas espectrofotométricas típicas.**

Los colores muy cromáticos tienen curvas con cambios de dirección muy pronunciados, con alta reflectancia en unas áreas y alta absorción en otras.

**La combinación ojo/cerebro del observador** no es tan simple de cuantificar como los otros dos elementos. Para medir este tercer elemento, se consideró un aspecto de la respuesta de los receptores de luz del ojo humano y su percepción de la luminosidad (brillo); es decir, la eficiencia de nuestros ojos para convertir diferentes longitudes de onda en sensaciones de intensidad de luz.

Partiendo del hecho comprobado de que con luces rojas, verdes y azules, llamadas colores primarios espectrales, se puede reproducir toda

la gama de colores del espectro visible, se dedujo que en el ojo hay receptores sensibles selectivamente a la luz roja, a la verde o a la azul.

Basándose en la mezcla aditiva de colores, se efectuaron experimentos de reproducción de luces de color y las transformaciones matemáticas resultantes fueron adoptadas por la CIE como funciones de respuesta de reproducción de color en tres ejes X, Y y Z (uno por cada color primario espectral), en lo que se conoce como el Observador Estándar CIE.

Por otro lado, la teoría de los colores oponentes de Adams y Hunter sirvió de base para las conocidas escalas de color tipo L, a, b que se emplean en la cuantificación del color.



**Figura 7. Escala de colores Hunter.**

Este es un sistema de escala de colores oponentes (escala de Hunter) de tres ejes, basada en la teoría de que el color se percibe como una combinación de sensaciones negro-blanco (L), rojo-verde (a) y amarillo-azul (b).

Es importante recordar que los valores de color no tienen sentido alguno a menos que se identifique lo siguiente:

- Escala empleada - CIELAB o Hunter
- Iluminante
- Observador
- Geometría del instrumento
- Procedimiento específico de medición - número de lecturas, **espesor**, respaldo, temperatura, humedad, **orientación**.

Para medir el color, una muestra del material es colocada en un colorímetro tipo triestímulos. El punto de partida es el cálculo de los parámetros X, Y y Z a partir de un estándar de referencia del sistema CIE que permite la estimación del índice de amarillez y de blancura, de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM E313.

Este método solo debe usarse para comparar especímenes del mismo material y similar apariencia; por ejemplo: probetas troqueladas o cortadas de un empaque o producto a comparar deben tener similar brillo, textura, translucidez y, en el caso de que no sean opacas, el mismo espesor.

### 3. EFECTO DE LAS PROPIEDADES INTRÍNSECAS DEL POLÍMERO<sup>2</sup>

De las propiedades fundamentales de los polímeros, solo el grado de cristalización posee un efecto importante sobre las propiedades

ópticas. La presencia de cristales genera la dispersión de la luz; por lo tanto, a mayor cantidad y/o uniformidad en el tamaño de éstos, menor será la transparencia del polímero. De allí que todos los polímeros amorfos (sin cristales) sean transparentes (poliestireno, acrílicos, entre otros) y que los materiales fundidos también lo sean (puesto que tampoco hay cristales presentes).

### 4. EFECTO DEL PROCESAMIENTO<sup>3</sup>

Para empaques rígidos, es fundamental minimizar la cristalización del producto, lo que se logra con bajos tiempos de enfriamiento en soplado e inyección.

En el caso de empaques flexibles, en donde los requisitos de transparencia son de mayor relevancia, los resultados en la medición de las propiedades ópticas son afectados principalmente por el espesor y la orientación de la película, así como por defectos superficiales.

La uniformidad del espesor se puede lograr con la estabilización de la burbuja y la rotación de los rodillos que definen la velocidad de halado.

Una menor altura de la manga de enfriamiento (ALE) impide la reorganización u orientación de las cadenas en dirección de extrusión (MD), permitiendo mejores propiedades ópticas con una mayor transparencia del empaque. En caso de requerirse, en la producción de película plana, con su enfriamiento súbito garantiza la más alta transparencia posible para la selección del material.

### 5. POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS DE APARIENCIA<sup>1</sup>

Como se ha observado a lo largo de este boletín, la apariencia de un empaque es producto de la resina, equipos y procesamiento utilizados en la elaboración del producto correspondiente, y los problemas de apariencia suelen estar asociados a defectos de estos tres componentes.

A pesar de los controles de calidad del proveedor, siempre existe la posibilidad de **la resina** sea contaminada con material residual. Existen otras fuentes de contaminación, ubicadas en las diferentes partes del **extrusor**, como, por ejemplo, los filtros sucios a lo largo de su cadena productiva. Una boquilla, canal o cualquier otra zona de flujo que no esté completamente limpia puede ocasionar geles, particularmente cuando una nueva resina es introducida al sistema. Este tipo de geles aparecen al azar por todo el producto y pueden ser transparentes, de color ámbar o negros.

Los geles afectan principalmente al empaque flexible y aparecen como un agujero quemado en un punto de la boquilla, donde dos flujos convergen.

Otros problemas de apariencia en empaques flexibles son: la presencia de líneas uniformes a lo largo de la burbuja en dirección transversal (TD) de la película que normalmente pueden ser eliminadas ajustando el aire de soplado de la burbuja; rayas presentes en la película, ocasionalmente intermitentes y siempre

paralelas a la dirección de extrusión (MD), que pueden ser ocasionadas por una superficie puntiaguda o abrasiva. Estas pudieran ser un fragmento de cesta de colapsamiento, sucio en un rodillo de enfriamiento, etc. La fractura de fundido (piel de naranja, piel de tiburón) se produce cuando se excede un esfuerzo de corte crítico del material y puede estar presente en cualquier proceso de transformación.

El secreto para un producto bien coloreado consiste en lograr la óptima dispersión del pigmento en la resina (mezclado físico) y luego, un buen mezclado dispersivo y distributivo en el tornillo. Esto implica un mezclado uniforme de la resina con el masterbatch de color previo a la extrusión.

Para aumentar el brillo como propiedad netamente superficial se debe abordar desde la vertiente de la calidad de las boquillas, así como de las condiciones de procesamiento y del material. En todos los casos, se debe minimizar las imperfecciones superficiales del producto, que pueden ser originadas por geles o por defectos en las cavidades o boquillas.

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Harold, Richard. Seminario "Color y Apariencia". Representaciones Alfil, C.A. 2007.
2. Curso "Introducción a los polímeros". Indesca, 2009.
3. ASTM Standard D1003, 2007e1, "Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent



# BOLETÍN TÉCNICO

## PROPIEDADES ÓPTICAS DE PRODUCTOS DE PE



- Plastics”, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, DOI: 10.1520/D1003-07, [www.astm.org](http://www.astm.org).
4. ISO Standard 13468-2, 1999, “Plastics - Determination of the total luminous transmittance of transparent materials - Part 2: Double-beam instrument”, International organization for standardization, ICS: 83.080.01, [www.iso.org](http://www.iso.org).
  5. ISO Standard 14782:1999/Cor 1:2005, 2005, “Plastics--Determination of haze for transparent materials”, International organization for standardization, ICS: 83.080.01, [www.iso.org](http://www.iso.org).
  6. ASTM Standard D2457, 2008. “Standard Test Method for Specular Gloss of Plastic Films and Solid Plastics”. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008, DOI: 10.1520/D2457-08, [www.astm.org](http://www.astm.org).
  7. ASTM Standard E313, 2010. “Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates”, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010, DOI: 10.1520/E0313-10, [www.astm.org](http://www.astm.org).
  8. Curso “*Técnicas de Procesamiento de Polímeros*”. Indesca, 2009.
  9. Film Extrusion Manual - Process, Materials, Properties. TAPPI PRESS. USA, 1992.

*Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en septiembre 2013.*

*Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos escriba a la Gerencia de Mercadeo a la dirección electrónica: [info@polinter.com.ve](mailto:info@polinter.com.ve), la cual pueden acceder a través de nuestra página web [www.polinter.com.ve](http://www.polinter.com.ve) o de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).*

*La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.*

*Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietileno Venelene®.*