

Buscando la correlación instrumental y visual óptima para colores goniocromáticos mediante cabinas de iluminación y multi-gonio-espectrofotómetros

Francisco M. Martínez-Verdú^{1*}, Esther Perales¹, Elisabet Chorro¹, Valentín Viqueira¹,

Francisco Javier Burgos², Jaume Pujol²

¹Grupo de visión y color (GVC-UA), Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y Tecnologías (IUFACyT), Universidad de Alicante (UA), Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03960, Alicante

²Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Rambla de Sant Nebridi 10, 08222, Terrassa (Barcelona)

verdu@ua.es

Resumen: En la búsqueda de la modelización y cuantificación óptimas de la correlación instrumental y visual de materiales goniocromáticos (pinturas y plásticos, principalmente) en los procesos de control de calidad típicos del sector automovilístico, se presenta aquí una comparación de las prestaciones de diversos tipos actuales de instrumentos de medida del color y cabinas de iluminación. Los multi-gonio-espectrofotómetros analizados fueron: Datacolor FX10®, X-Rite MA98® y BYK-mac®, y, las cabinas de iluminación direccional: gonio-vision-box® y byko-spectra effect®. Las propiedades ópticas, básicamente fotométricas y colorimétricas, evaluadas fueron: geometrías de medida, fuente de luz, distancia de observación y dirección visual a la muestra. Los resultados aportados mostraron que actualmente dicha correlación instrumental y visual no es óptima debido a desajustes en las cabinas.

1. Introducción

Actualmente, y con una tendencia de mercado cada vez mayor, los pigmentos de efecto metalizado y perlado, o goniocromáticos, están presentes en la coloración de diversos materiales industriales (tintas de impresión, productos cosméticos, plásticos, pinturas, etc), y en particular en el sector automovilístico [1,2], tanto en vehículos nuevos como repintados. Estos pigmentos se caracterizan básicamente a nivel óptico y visual porque presentan cambios bruscos de claridad, colorido y tono en función de la dirección de luz incidente y la posición del observador. Por tanto, se requiere a nivel instrumental instrumentos específicos, denominados multi-gonio-espectrofotómetros, que permitan conocer la variabilidad espectral y colorimétrica de estos pigmentos y sus formulaciones en diversos materiales para diversas geometrías direccionales de medida y observación. Los multi-gonio-espectrofotómetros más destacados en los últimos 5 años para el sector automovilístico son: Datacolor FX-10®, X-Rite MA-98®, y, por último, como referente a nivel normativo, BYK-mac®.

Además, la presencia de diferentes tipos de efecto de apariencia visual [3], tanto en color como en textura (*sparkle* o *glitter*, y, *graininess*), en estos pigmentos y sus formulaciones en pinturas y plásticos fuerza a los ingenieros de control de calidad en el sector automovilístico a conseguir una correlación instrumental y visual correcta para garantizar un alto nivel de calidad en armonía visual en las carrocerías de los coches, compuestas por diferentes tipos de materiales (acero, plásticos, etc), pero con diferentes tipos de recetas de color igualadas simultáneamente para varias geometrías de medida y observación.

Ya que en el mercado de instrumentos de medida del color existen varios tipos de multi-gonio-espectrofotómetros disponibles, es muy importante usar como segundo paso en la cadena de control de calidad en el sector automovilístico nuevas cabinas de iluminación direccional, no difusas (como las hasta ahora usadas convencionalmente en numerosos sectores industriales), es decir, con varias configuraciones de incidencia luminosa y posiciones de observación, todas ellas direccionales, y validables según normativas

internacionales del sector automovilístico. Recientemente, han aparecido los primeros tipos de esta nueva clase de cabina luminosa: gonio-vision-box®, y, byko-espectra effect®.

Habiendo adquirido nuestro laboratorio estos 5 instrumentos y cabinas a lo largo de los últimos 6 años, nuestro objetivo principal en este trabajo es, por tanto, comprobar hasta qué punto las cabinas de iluminación direccional existentes se ajustan en diseño y funcionamiento a los multi-gonio-espectrofotómetros actuales en la búsqueda de la confirmación óptima entre lo medido y lo observado en este tipo de materiales especiales, tan importante para alcanzar un alto nivel de calidad visual de producto en el sector automovilístico.

2. Materiales y métodos

Los multi-gonio-espectrofotómetros (Fig. 1) analizados se caracterizan principalmente porque usan varias geometrías comunes de medida (Tabla 1) siguiendo las directrices marcadas en varias normativas internacionales (ASTM E2194-09, DIN 6175-2:2001, etc). Sin embargo, solamente el BYK-mac permite obtener parámetros de textura como el sparkle o glitter (relacionado con iluminación direccional) y el graininess (con iluminación difusa).



Figura 1: Multi-gonio-espectrofotómetros analizados: Datacolor FX10 (izquierda), con 10 geometrías, X-Rite MA98 (centro), con 19 geometrías, y BYK-mac (derecha), solamente con 6 geometrías.

<i>Ángulo de iluminación (deg)</i> <i>(relativo a la normal)</i>	<i>Ángulo de medida u observación (deg)</i> <i>(relativo a la normal)</i>	<i>Ángulo (aspecular) respecto la dirección especular (deg)</i>	<i>Nomenclatura CIE</i>	<i>Nomenclatura ASTM/DIN</i>
45	-60	-15	45°x:150°	45as-15
45	-30	+15	45°x:120°	45as15
45	-20	+25	45°x:110°	45as25
45	0	+45	45°x:90°	45as45
45	+30	+75	45°x:60°	45as75
45	+65	+110	45°x:25°	45as110

Tabla 1: Geometrías de medida habitualmente usadas en el sector automovilístico para el control de calidad del color de materiales goniocromáticos (pinturas y plásticos).

Las cabinas de iluminación (Fig. 2) analizadas muestran a priori diferentes características dado que una, la gonio-vision-box es portátil, y la otra no. Aún así, comparten diseño opto-mecánico básico para garantizar la correlación a priori con las 6 geometrías de medida actualmente recomendadas para el sector automovilístico (Tabla 1), e incluso observar el grado de sparkle/glitter de la muestra, pero no así el grado de graininess dado que no presentan una configuración de iluminación difusa.



Figura 2: Cabinas luminosas analizadas: gonio-vision-box (izquierda), byko-spectra effect (centro, visión general), byko-spectra effect (derecha, visión interior).

Las fuentes de luz usadas en los multi-gonio-espectrofotómetros son dispares, abarcando el uso de fuentes halógenas y de xenon hasta el uso de LEDs blancos, tanto tri-banda como bi-banda. En la cabina gonio-vision-box, la linterna incluida es de LED blanco (bi-banda), y, en cambio, en la cabina byko-spectra effect, para el análisis de color se usa un tubo fluorescente simulador de iluminante D65, y para la observación de los 3 tipos de sparkle/glitter se usa una lámpara halógena.

Dado que los multi-gonio-espectrofotómetros se usan exclusivamente para la obtención del factor de reflexión espectral relativo (a un blanco patrón mate) para cada geometría de medida, y de ahí, se obtienen vía cálculo computacional convencional los valores colorimétricos $CIE-L^*a^*b^*C_{ab}^*h_{ab}^*$ correspondientes para cada tipo de iluminante (D65, F11, A, etc), y puesto que, para materiales goniocromáticos, la serie de valores CIELAB para la misma muestra serán a veces bastante diferentes con el mismo tipo de iluminante o fuente de luz, la correlación instrumental y visual óptima consistiría en comprobar visualmente que la gama de percepciones cromáticas de estos materiales observada en cabinas luminosas como las descritas se corresponde con las estimaciones proporcionadas previamente por los multi-gonio-espectrofotómetros. Esto a priori, puede parecer poco complicado, pero lo es cuando realmente es necesario aplicar esta correlación con pares de muestras (Fig. 2, derecha, solamente aplicable con la byko-spectra effect), y por tanto la predicción de una diferencia de color, previamente calculada a partir de los datos instrumentales, por geometría de medida y tipo de iluminante, se debe corresponder con lo observado en la cabina luminosa, tanto a nivel relativo (pares iguales o diferentes) como absoluto (y si diferentes, cuánto de diferentes).

Por consiguiente, si la fuente de luz de la cabina luminosa, por ejemplo, no se ajusta espectral y colorimétricamente al tipo de iluminante seleccionado (D66, F11, etc) en la estimación colorimétrica teórica, la apariencia de color del par de muestras puede en bastantes casos (por tipo de colores, según zona cromática) ser completamente diferente a lo estimado inicialmente. Con lo que, esto acarrearía en la cadena de control de calidad visual (color y textura) grandes problemas de rechazo del producto, y por tanto reclamaciones al proveedor para re-ajustar la formulación de color para alcanzar el objetivo (instrumental + visual) deseado, y por consiguiente retrasos en la producción. Del mismo modo, si el experto colorista en la planta de fabricación de coches, realiza la comprobación visual en una dirección de mirada no acorde con las estimaciones colorimétricas teóricas, se podrían producir los mismos problemas de control de calidad de color.

Según los aspectos citados, y cómo único procedimiento posible para comprobar la correlación instrumental y visual entre las cabinas luminosas con los multi-gonio-espectrofotómetros usados en este análisis, se usó un tele-espectroradiómetro Konica Minolta CS-2000A para evaluar las propiedades espectrales y colorimétricas de las fuentes de luz de las dos cabinas. Y también se usó un fotómetro Gossen Mavolux 5032 para evaluar el grado de uniformidad de iluminación, y su nivel, en los planos de atención o campo visual en ambas cabinas. Para ello, como es convencional, se procedió a la toma de medidas fotométricas y colorimétricas tras 10 minutos de estabilización del encendido de las lámparas en ambas cabinas. Y también se comprobaron los valores angulares de las geometrías de medida entre las fuentes de luz y las posiciones del observador.

3. Resultados

Los niveles de iluminación en lx, en ambas cabinas luminosas fueron muy diferentes, pero la uniformidad era similar. En particular, para las evaluaciones de color, en ambas cabinas se midieron valores de iluminación superiores a 1000 lx, pero no iguales para todas las geometrías de medida, sobre todo para la gonio-vision-box. En la evaluación del sparkle/glitter, únicamente con la cabina byko-spectra effect, ya que con la segunda el campo visual es demasiado pequeño y la agudeza visual humana no es suficiente a veces para detectar esta textura, el nivel de iluminación no podía igualarse al mismo valor en rangos diferentes, únicamente en un valor común de 750 lx, lo cual es insuficiente para replicar las condiciones reales de iluminación diurna, y al exterior, cuando se pretende percibir este tipo de textura en carrocerías de coches. Además, con la cabina byko-spectra effect es imposible cambiar la distancia visual a la escena manteniendo el mismo ángulo visual, cuando con la gonio-vision box es más fácil, pero perdiendo bastante campo visual.

A nivel espectral y colorimétrico, en el primer caso (byko-spectra effect), tenemos índices excelentes de rendimiento colorimétrico en las lámparas fluorescentes y halógenas. Pero estas lámparas no son espectralmente idénticas a las instaladas en los multi-gonio-espectrofotómetros analizados, principalmente basados en LEDs blancos (tipo tribanda o RGB, o bi-banda) y lámparas de xénon. En el segundo caso (gonio-vision-box), la linterna de LED blanco tenía un buen rendimiento de color para el iluminante D65, pero no un buen grado de simulación para luz diurna, ambos parámetros de calidad colorimétrica promulgados por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación y Color).

4. Conclusiones

Las cabinas de iluminación direccional para el sector automovilístico, usadas en la actualidad para analizar la correlación instrumental y visual de materiales goniocromáticos, tienen ventajas e inconvenientes desde el punto de vista fotométrico y colorimétrico. En particular, la nueva cabina BYK usa fuentes de luz ligeramente diferentes a las instaladas y usadas en el multi-gonio-espectrofotómetro BYK-mac, actualmente el instrumento de referencia en este sector. Además, para evaluar la apariencia visual del efecto sparkle en configuraciones geométricas diferentes (15°, 45° y 75°) no es posible seleccionar el mismo nivel de iluminación, y con valores altos (> 2000 lx). Por otro lado, la cabina gonio-vision-box es pequeña y útil para evaluar la gama de colores de paneles gonio-aparentes, incluso en geometrías direccionales dentro o fuera del plano de incidencia luminosa. Pero no vale para evaluar el sparkle debido a su limitación de campo visual y al uso de una fuente luminosa diferente en prestaciones colorimétricas a la usada en el instrumento BYK-mac, o en cualquier otro multi-gonio-espectrofotómetro. Finalmente, ambas cabinas no son adecuadas para aplicar experimentos psicofísicos cuyos objetivos sean evaluar la distancia de detección del sparkle en varias geometrías manteniendo el mismo ángulo visual, o, evaluando el rendimiento de nuevas fórmulas de diferencias de color para materiales goniocromáticos.

Agradecimientos

Al Ministerio de Economía y Competitividad y a la Unión Europea por la financiación de los proyectos DPI2011-30090-C02-01 y DPI2011-30090-C02-02. F.J. Burgos agradece también a la Generalitat de Cataluña por la beca pre-doctoral concedida.

Bibliografía

- [1] H. J. Streitberger and K. F. Dössel, *Automotive Paints and Coatings* (Wiley-VCH, Weinheim, 2008).
- [2] F.M. Martínez-Verdú, "Characterization of goniochromism: current status and pending challenges". Clase magistral dentro el curso "Colour on industry", máster Erasmus Mundus "Color in Informatics and Media Technology", Universidad de Granada, marzo 2011. Disponible en: <http://web.ua.es/es/gvc/documentos/cimet-2011-goniochromism.pdf>.