

Método para determinar el número mínimo de medidas de color o de textura en muestras gonioaparentes.

A method to determine the minimum number of color or texture measurements in gonio-apparent panels.

Chorro, Elisabet (1); Perales, Esther (1); Gómez, Omar (1); Burgos, Francisco J. (2); Viqueira, Valentín (1); Martínez-Verdú, Francisco M. (1); Pujol, Jaume (2).

(1) Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías, Universidad de Alicante, Alicante.

(2) Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistema, Universitat Politècnica de Catalunya

<http://web.ua.es/gvc>, elisabet.chorro@ua.es

INTRODUCCIÓN

La aparición relativamente reciente de pigmentos de efecto ha dado lugar al desarrollo y comercialización de nuevos instrumentos de medida que caractericen ópticamente este tipo de colores. En particular para las muestras gonioaparentes es importante medir tanto el color como la textura, en diferentes geometrías de medida. Actualmente sólo existe un instrumento, el espectrofotómetro BYK-mac, que combina en su diseño la capacidad de medir color a 6 geometrías de medida y la capacidad de medir el sparkle, parámetro que evalúa el grado de textura direccional de las muestras, a 3 geometrías de medida. En la biografía, podemos encontrar trabajos sobre el número mínimo de medidas recomendado en muestras con colores sólidos con texturas [1, 2]. Sin embargo, no hay trabajos que recomienden cuál sería el número de medidas mínimas que se necesitarían hacer para caracterizar colorimétricamente muestras con pigmentos de efecto.

Nuestra hipótesis es que los paneles con mayor presencia en sus formulaciones de pigmentos de efecto, ya sea solamente gonocromáticos o para resaltar textura (sparkle o graininess), necesitarán un número mínimo de medidas mayor (y no tiene porqué ser el mismo para todas las geometrías de medida) que en paneles con pigmentos sólidos (sin contar el efecto superficial del barniz, o *clearcoat*). El objetivo de este trabajo es comprobar con el BYK-mac nuestra hipótesis de partida. Para ello, hemos hecho un estudio del número mínimo de medidas necesario, tanto de color como de textura, para caracterizar ópticamente tres tipos de muestras (colores sólidos, metálicos y de interferencia). Los parámetros estudiados fueron los valores colorimétricos $L^*a^*b^*$, que caracterizan el color de las muestras, y los valores de sparkle (general, intensidad y área) que caracterizan la textura de las muestras.

MATERIALES Y MÉTODO

Las medidas se tomaron con el espectrofotómetro BYK-mac. Dicho instrumento proporciona la medida simultánea multiángulo de las muestras en 6 geometrías diferentes: iluminando a 45° y midiendo a -15° , 15° , 25° , 45° , 75° y 110° del ángulo de reflexión especular. Según la normativa CIE dichas geometrías se corresponderían con las siguientes: $45^\circ \times -60^\circ$, $45^\circ \times -30^\circ$, $45^\circ \times -20^\circ$, $45^\circ \times 0^\circ$, $45^\circ \times 30^\circ$, $45^\circ \times 65^\circ$. Además este dispositivo presenta una excelente reproducibilidad entre dispositivos (según sus especificaciones técnicas). Y por último, es el único dispositivo que se encuentra actualmente en el mercado que ofrece la posibilidad de medir algún parámetro que evalúe el grado de textura direccional de las muestras o sparkle. En particular el sparkle se mide a 3 geometrías diferentes: iluminando a 15° , 45° y 75° y midiéndolo a 0° , geometrías que según normativa se representan de la siguiente forma $15^\circ \times 0^\circ$, $45^\circ \times 0^\circ$ $75^\circ \times 0^\circ$, respectivamente.

Para el estudio se eligieron 30 muestras: 10 paneles con colores sólidos, 10 paneles con colores metálicos y 10 paneles de colores perlados o de interferencia. Los colores de dichos paneles fueron elegidos tal que se dispersaran a lo largo del espacio de color tanto como fuera posible. De esta forma, las conclusiones alcanzadas sobre el número mínimo de medidas para caracterizar el panel serían extrapolables a cualquier otro panel, sea cual sea su color. En la siguiente figura podemos ver representados los valores a^* vs. b^* y C_{ab}^* vs. L^* de todas las muestras medidas y a todas las geometrías de medida.

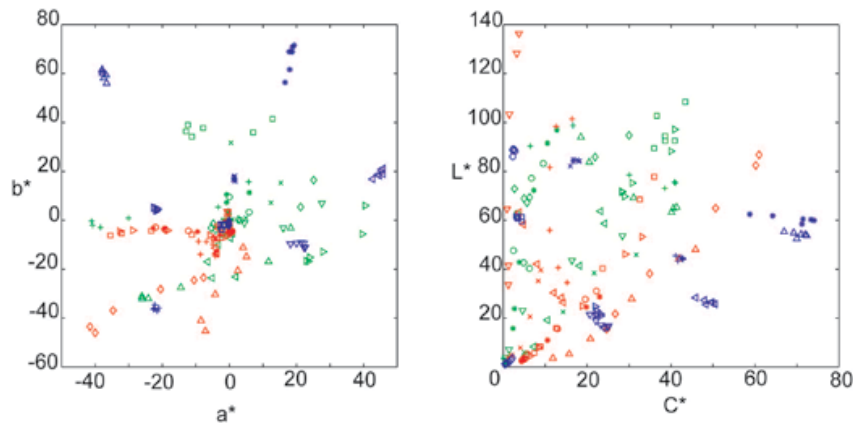


Figura 1. En azul están representadas todas las muestras de colores sólidos, en rojo están representados los valores de todas las muestras de colores metálicos y en verde están representados los valores de todas las muestras de colores perlados o de interferencia.

Como podemos ver, las muestras se dispersan bastante bien por todo el espacio de color. En particular, podemos apreciar que los valores correspondientes a los paneles de colores sólidos (puntos azules), se apiñan en torno a 10 puntos del espacio. Ello es así, porque para los colores sólidos no se espera apreciar variación alguna en el color al variar el ángulo de medida, característica que sí tienen los colores metalizados y perlados.

Finalmente, para determinar el número mínimo de medidas (n) de una manera rigurosa, se optó por calcularlo a partir de la siguiente fórmula estadística [3]:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(n-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

donde N es el tamaño de la población, σ es la desviación estándar de la población, Z es el valor obtenido mediante niveles de confianza (que equivale a 1.96 para un intervalo de confianza al 95 %) y e es el límite aceptable de error muestral que asumimos en 0.5 unidades. Dicha ecuación se obtiene de la fórmula para calcular la estimación del intervalo de confianza para la media, la cual, para una población relativamente pequeña o de muestreo sin reemplazo, es:

$$\bar{x} - Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} = \mu = \bar{x} + Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 20 medidas para cada uno de los 30 paneles citados anteriormente. A partir de estas medidas se calculó y representó el valor de la media acumulada para L^* , a^* , b^* , S_p , y S_A . En las

Método para determinar el número mínimo de medidas de color o de textura en muestras gonioaparentes.

siguientes figuras podemos ver a modo representativo los resultados de la media acumulativa que se obtuvieron para un panel determinado de cada tipo y a unas geometrías fijas:

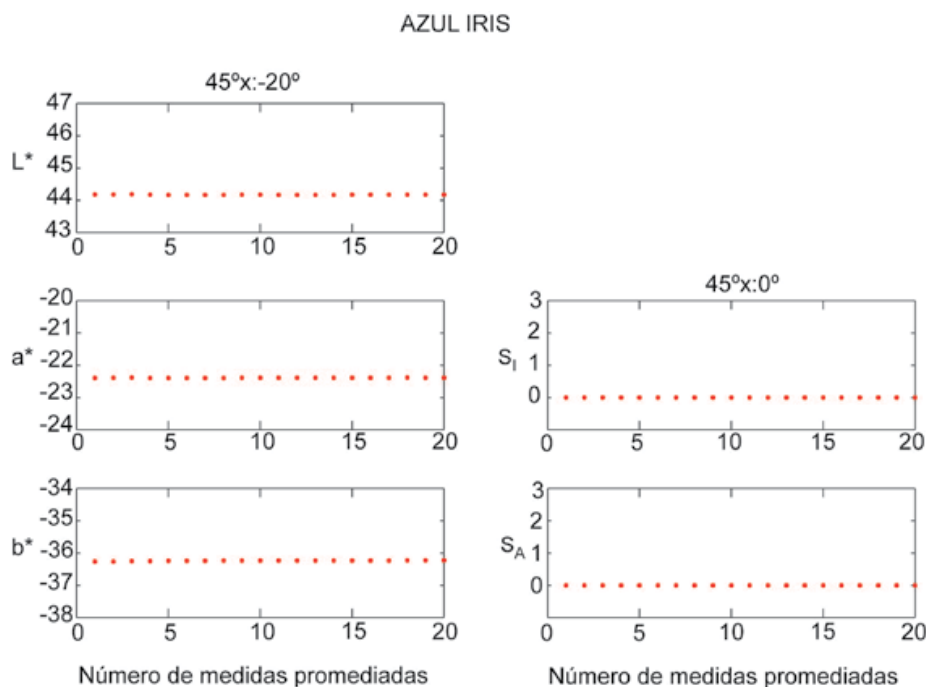
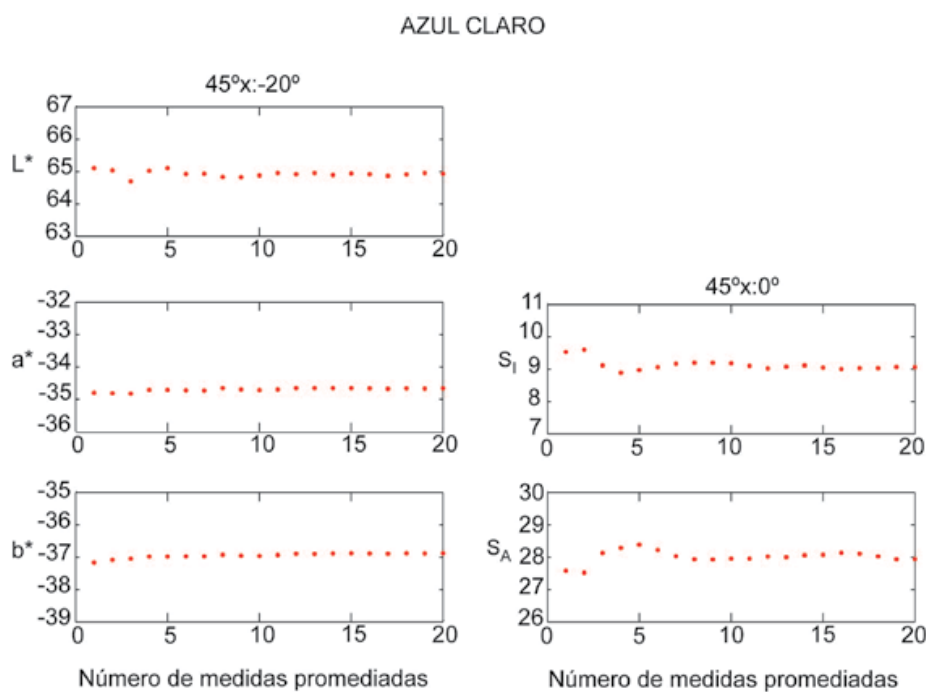


Figura 2. (a) izquierda: Valores de la media acumulada de L^* , a^* y b^* en función del número de muestras promediadas para la muestra sólida “Azul Iris” con la geometría de medida 45°x:-20°. (b) derecha: Valores de la media acumulada de S_1 y S_A en función del número de muestras promediadas para la muestra sólida “Azul Iris” con la geometría de medida 45°x:0°.



(Ec. 1)

(Ec. 2)

Figura 3. (a) izquierda: Valores de la media acumulada de L^* , a^* y b^* en función del número de muestras promediadas para la muestra metalizada “Azul Claro” con la geometría de medida 45°x:-20°. (b) derecha: Valores de la media acumulada de S_1 y S_A en función del número de muestras promediadas para la muestra metalizada “Azul Claro” con la geometría de medida 45°x:0°.

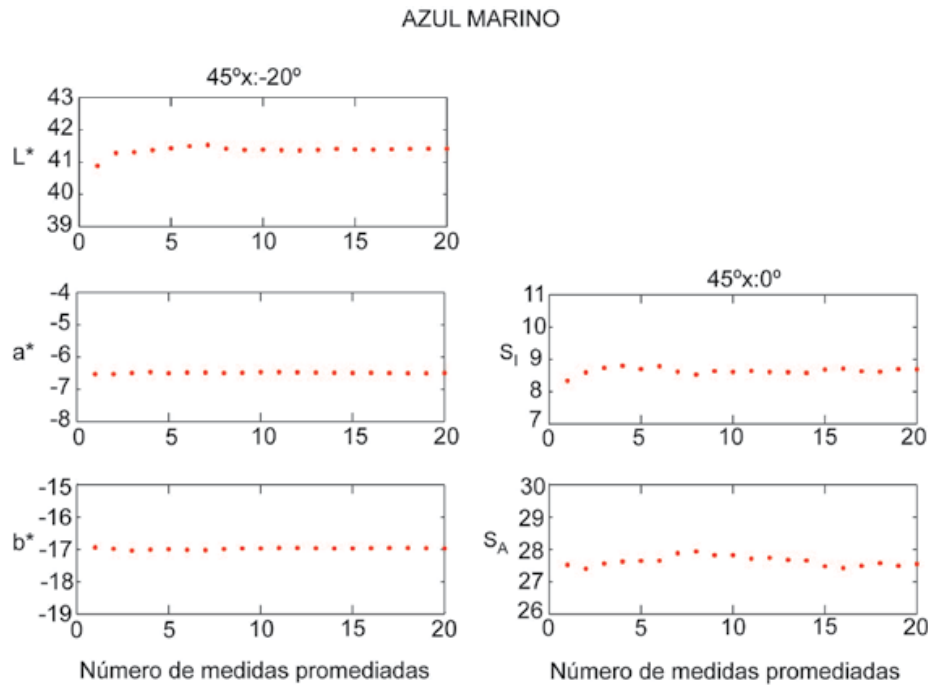


Figura 4. (a) izquierda: Valores de la media acumulada de L^* , a^* y b^* en función del número de muestras promediadas, para la muestra interferencia “Azul Marino” con la geometría de medida $45^\circ \times -20^\circ$. (b) derecha: Valores de la media acumulada de S_1 y S_A en función del número de muestras promediadas, para la muestra interferencia “Azul Marino” con la geometría de medida $45^\circ \times 0^\circ$.

Como podemos ver, y era de esperar, el valor del sparkle para las muestras de colores sólidos es prácticamente nulo, mientras que en las metalizadas y de interferencia no. Además, en general, las muestras metalizada presentan valores, tanto colorimétricos como de sparkle, bastante estables con el número de medidas, mientras que para las muestras metalizadas y perladas suelen necesitarse algunas medidas más para que se establezca el valor medio acumulado.

A continuación se calcularon los valores mínimos según la (Ecuación 1) para todos los paneles, configuraciones de medida y todas las variables estudiadas. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

	45°x:-60°			45°x:-30°			45°x:-20°			45°x:0°			45°x:30°			45°x:65°		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AMARILLO MAIZ	1	1	7	1	1	6	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AZUL IRIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BLANCO	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CREMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GRIS PLATA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NEGRO	9	1	6	8	1	6	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROJO	4	7	11	2	4	8	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VERDEB	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VERDEC	1	1	10	1	1	8	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VIOLETA	18	17	7	14	14	3	9	9	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 1. Número mínimo de medidas para los valores colorimétricos de los paneles de pigmentos sólidos.

Método para determinar el número mínimo de medidas de color o de textura en muestras gonioaparentes.

	15°x:0°		45°x:0°		75°x:0°	
	S _I	S _A	S _I	S _A	S _I	S _A
AMARILLO MAIZ	3	15	0	0	0	0
AZUL IRIS	4	4	0	0	2	1
BLANCO	0	0	0	0	0	0
CREMA	1	3	0	0	0	0
GRIS PLATA	7	16	0	0	4	5
NEGRO	18	20	1	5	3	1
ROJO	12	20	1	1	6	3
VERDEB	19	20	1	1	5	1
VERDEC	7	18	0	0	1	3
VIOLETA	7	20	1	4	8	13

Tabla 2. Número mínimo de medidas para los valores de sparkle de los paneles de pigmentos sólidos.

	45°x:-60°			45°x:-30°			45°x:-20°			45°x:0°			45°x:30°			45°x:65°		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AUDI 3	2	4	2	3	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GRIS CLARO	17	1	1	17	1	1	11	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1
AUDI 4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GRIS OSCURO	8	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AUDI 1	4	5	2	3	3	1	4	3	1	4	4	1	2	2	1	1	1	1
AZUL CLARO	8	2	1	11	2	2	6	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
LUGANO	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AUDI 2	2	3	1	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AZUL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PLATA BRILLANTE	6	1	1	6	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1

Tabla 3. Número mínimo de medidas para los valores colorimétricos de los paneles de pigmentos metalizados.

	15°x:0°		45°x:0°		75°x:0°	
	SI	SA	SI	SA	SI	SA
AUDI 3	19	13	18	13	15	2
GRIS CLARO	5	9	2	7	4	8
AUDI 4	14	14	10	12	4	1
GRIS OSCURO	9	11	12	13	4	11
AUDI 1	12	11	19	14	20	7
AZUL CLARO	3	7	5	8	5	9
LUGANO	13	10	5	3	8	5
AUDI 2	17	9	19	11	17	8
AZUL	3	12	2	10	10	3
PLATA BRILLANTE	3	6	2	5	2	6

Tabla 4. Número mínimo de medidas para los valores de sparkle de los paneles de pigmentos metalizados.

Método para determinar el número mínimo de medidas de color o de textura en muestras gonioaparentes.

	45°x:-60°			45°x:-30°			45°x:-20°			45°x:0°			45°x:30°			45°x:65°		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
DORADO	6	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VERDE ROJO	2	3	1	6	13	2	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GRIS OSCURO ROJO	8	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VIOLETA ROJO	8	1	6	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AMARILLO ROJO	4	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GRIS ROJO	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AZUL MARINO	4	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROSA	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AZUL ROJO	4	4	3	4	7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VERDE OSCURO ROJO	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 5. Número mínimo de medidas para los valores colorimétricos de los paneles de pigmentos perlados o de interferencia

	15°x:0°		45°x:0°		75°x:0°	
	S _I	S _A	S _I	S _A	S _I	S _A
DORADO	4	7	2	8	2	7
VERDE ROJO	5	8	3	5	6	2
GRIS OSCURO ROJO	4	10	3	7	6	6
VIOLETA ROJO	5	10	7	8	11	5
AMARILLO ROJO	5	8	3	2	0	0
GRIS ROJO	4	6	6	7	5	2
AZUL MARINO	8	10	7	10	12	9
ROSA	6	9	4	6	5	2
AZUL ROJO	6	8	3	6	3	2
VERDE OSCURO ROJO	10	11	12	12	8	3

Tabla 6. Número mínimo de medidas para los valores de sparkle de los paneles de pigmentos perlados o de interferencia.

Son muchas las conclusiones que se pueden extraer a la vista de los resultados obtenidos. Si comparamos, por ejemplo, el valor mínimo de medidas necesarias para los parámetros colorimétricos frente al valor mínimo de medidas del sparkle, veremos que sin duda alguna, independientemente del tipo de pigmento, se necesitan siempre un mayor número de medidas para determinar el sparkle, que en el BYK-mac condiciona también simultáneamente el número de medidas de color.

Si nos fijamos en el valor mínimo de medidas para los parámetros L*, a*, b*, podemos comprobar, independientemente del tipo de pigmento, para los ángulos muy cercanos al ángulo especular, como son las configuraciones 45°x:-60° y 45°x:-30°, se necesitan un número de medidas considerablemente mayor que para el resto de las configuraciones. Esta conclusión era de esperar, sobre todo en los paneles con pigmentos de efecto, puesto que cerca del ángulo especular se puede encontrar una componente de brillo no deseada, mayor de lo que cabría encontrar.

Otra conclusión que puede obtenerse, y que cabía esperar, era que el número mínimo de medidas, tanto colorimétricas como de sparkle, para los paneles con pigmentos sólidos es, generalmente,

Método para determinar el número mínimo de medidas de color o de textura en muestras gonioaparentes.

inferior al que se obtiene con los paneles con pigmentos de efecto. En este punto deberíamos matizar que ésta era una característica que se esperaba encontrar en todos los casos, entre otras cosas porque por definición los paneles con colores sólidos no deben tener sparkle, y por lo tanto, la fluctuación observada en sus medidas debería ser mínima. Sin embargo, en alguno de los paneles medidos (sobre todo en los paneles con colores más oscuros) se han medido valores de sparkle no nulos. Y este hecho repercute en que aumentan considerablemente el número de medidas mínimo necesario para caracterizar la muestra. Que los valores de sparkle para este tipo de muestras no sean nulos podría ser debido a una mala definición del parámetro de sparkle en el instrumento, o debido a que el sparkle tiene una dependencia significativa con el color del panel. No obstante, estas dependencias salen fuera del objetivo de este trabajo y por ello serán estudiadas con más rigor en trabajos futuros.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que el número mínimo de medidas depende tanto del color como de la textura de la muestra, así como de la geometría de medida de la misma. En particular podemos concluir que:

- la determinación del sparkle requiere un número de medidas mayor que la determinación de los valores colorimétricos, independientemente del tipo de muestra o geometría de medida.
- se requiere un número de medidas mayor para determinar los valores colorimétricos cuanto más cerca se encuentra el ángulo de medida del ángulo especular.
- se requiere un número de medidas mayor para determinar los valores colorimétricos de las muestras con pigmentos de efecto que para las muestras sólidas. Cabe matizar que en este estudio los valores mínimos de medida de las muestras sólidas salen más altos de lo esperado debido a que todas las muestras usadas son brillantes (*glossy*).
- se requiere un número de medidas mayor para determinar los valores de destello (sparkle) en las muestras gonioaparentes que para las muestras sólidas.

Así mismo, también parece que el color de la muestra influya en la determinación del número mínimo de medidas, haciendo que sea mayor el número de medidas en función de la claridad de la muestra. Sin embargo, esta hipótesis de trabajo se estudiará con mayor rigor en trabajos futuros, puesto que entre otras cosas, precisa de un número mayor de muestras.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Economía y Competitividad por la concesión del proyecto coordinado DPI2011-30090-C02 y de la beca FPI BES-2012-053080.

REFERENCIAS

- [1] B. Prieto, P. Sanmartin, B. Silva, and F. Martinez-Verdu, "Measuring the Color of Granite Rocks: A Proposed Procedure," *Color Research and Application*, vol. 35, pp. 368-375, Oct 2010.
- [2] B. Prieto, P. Sanmartin, B. Silva, and F. Martinez-Verdu, "Una metodología eficaz para la caracterización del color por medidas de contacto en rocas graníticas," *Óptica Pura y Aplicada*, vol. 41, pp. 389-396, 2008.
- [3] M. F. Triola, *Estadística elemental, 7ª ed.*. México: Addison Wesley, 2000.