

Últimos avances en la evaluación de la reproducción cromática: Índice de rendimiento cromático (Ra) e índice de fidelidad cromática (Rf).



Aparición en el mercado productos con tecnología LED, provoca

- Falsos comentarios... (luxómetros convencionales no sirven para medir los niveles de iluminación...).
- Apariencia de mayor nivel de iluminación que con otras fuentes.
- Mejora de la percepción. Los colores se aprecian mejor.

Preocupación por la reproducción del color, se exige mucho más a la tecnología LED que a otras fuentes de luz.

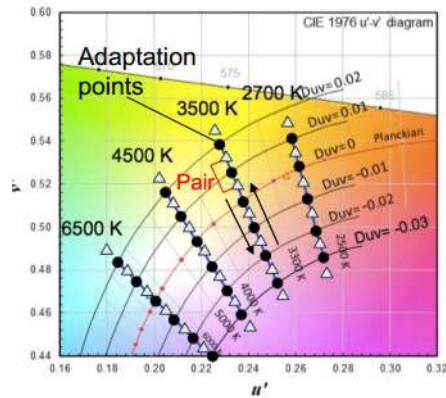
¿Cómo se valora la capacidad de una fuente de reproducir el color?

Lo habitual es usar el Ra, índice de rendimiento general de color definido por la CIE en su publicación "CIE13.3:1995: Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources." El método consiste en comparar el comportamiento de la fuente de luz problema cuando ilumina diferentes muestras de color (8 muestras Munsell) con el comportamiento de una fuente de luz teórica:

- Cuerpo negro a la misma temperatura de color que la fuente problema por debajo de los 5000K.
- Iluminante de la serie D de la misma temperatura de color que la fuente problema por encima de los 5000 K

¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

Experimento realizado en 2013 por el NIST (National Institute of Standards and Technology) relacionado con la preferencia en la temperatura de color y su valor de desviación del cuerpo negro. *Y. Ohno, "Practical Use and Calculation of CCT an Duv" LEUKOS 10:1, 47-55, DOI: 10.1080/15502724.2014.839020 (2013)*

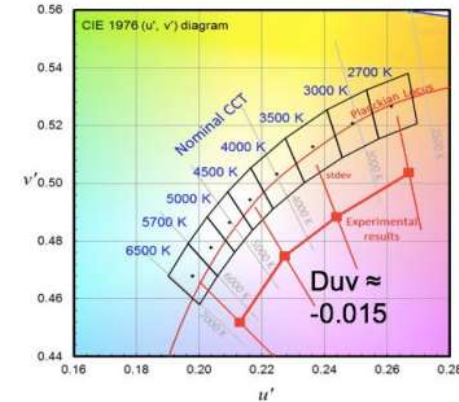


6 Duv points at each CCT,
4 CCTs,
at total 23 points.
Total 50 spectra used.



- NIST STLF at ~ 300 lx.
- 18 subjects (20 to 70 yrs old)
- Viewed **fruits/vegetables** on the table, his/her **skin tone** and the **whole room**.
- **Adapted** to each Duv point before judgement: which light is "**more natural**".

Average results of all subjects

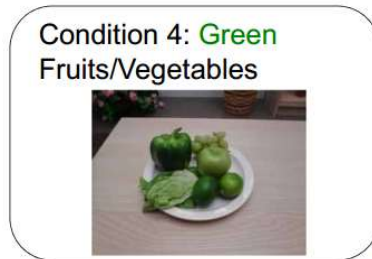
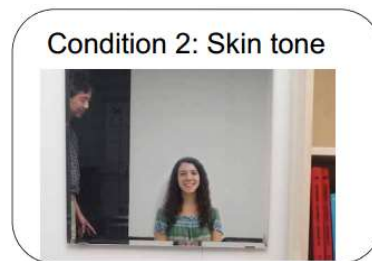


Duv ≈ -0.015 at all CCTs
appeared most natural.

Los resultados muestran que la percepción de las personas sometidas a este test en cuanto a qué luz les parecía más natural se sitúan por debajo de la curva de comparación ($Duv \approx -0.015$)

¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

Experimento realizado en 2014 por el NIST (National Institute of Standards and Technology) relacionado con la preferencia en el nivel preferido en la saturación. *Y. Ohno, M. Fein, C. Miller, "Vision Experiment on Chroma Saturation for Color Quality Preference" CIE 216:2015, pp 60-69 (2015)*

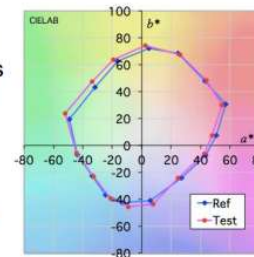


Why perception differ from the CRI scores?



Looks better (for most people)

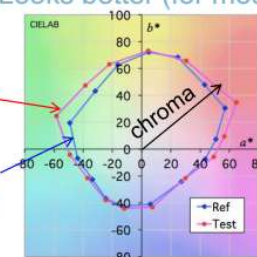
Plots of 15 CQS samples on CIELAB (a^*, b^*)



The area within such plots is called "gamut area"

Test light ($R_a=78$)

Reference (Planckian)

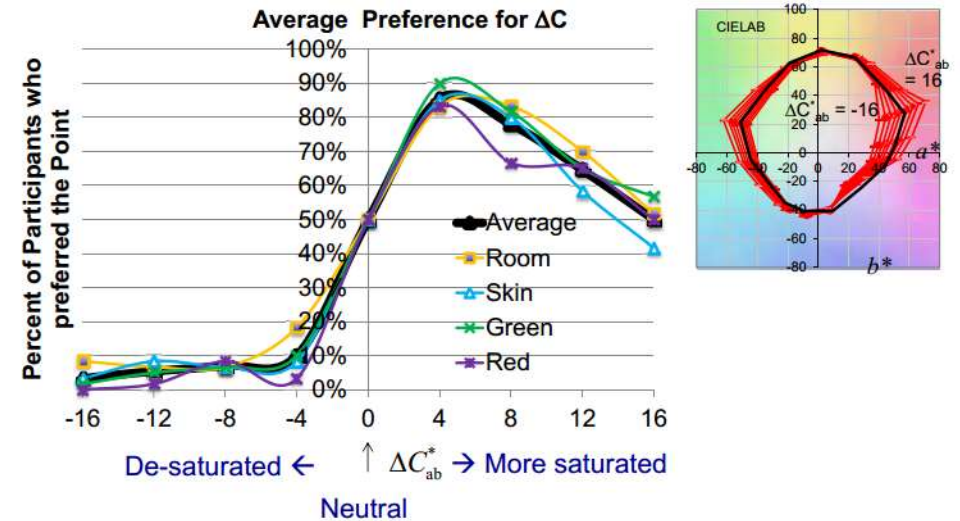
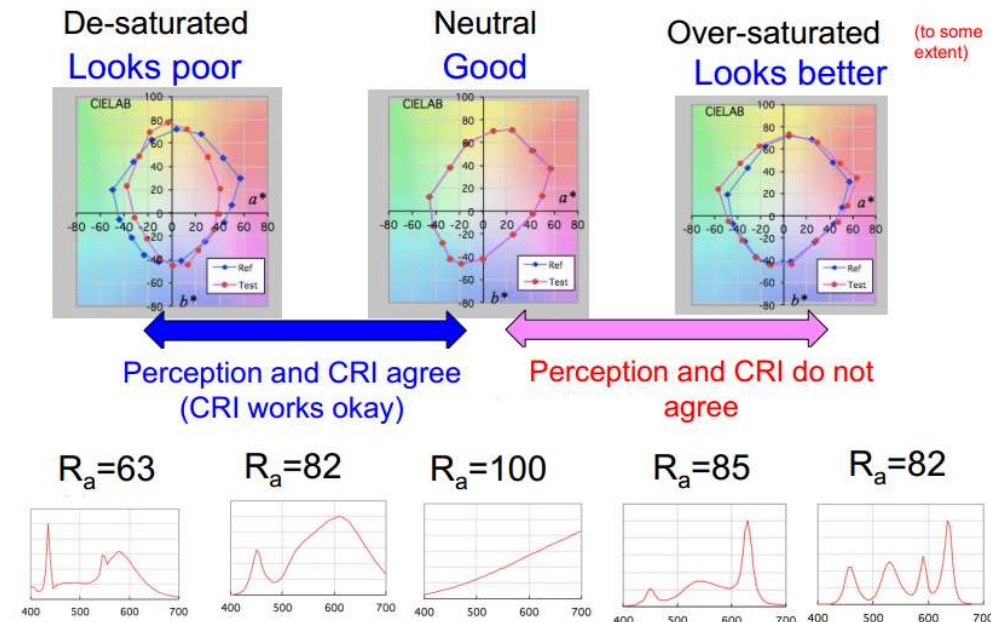


Red and green are critical

- CRI is a color fidelity metric based on Reference Illuminant.
- Perception is different from color fidelity

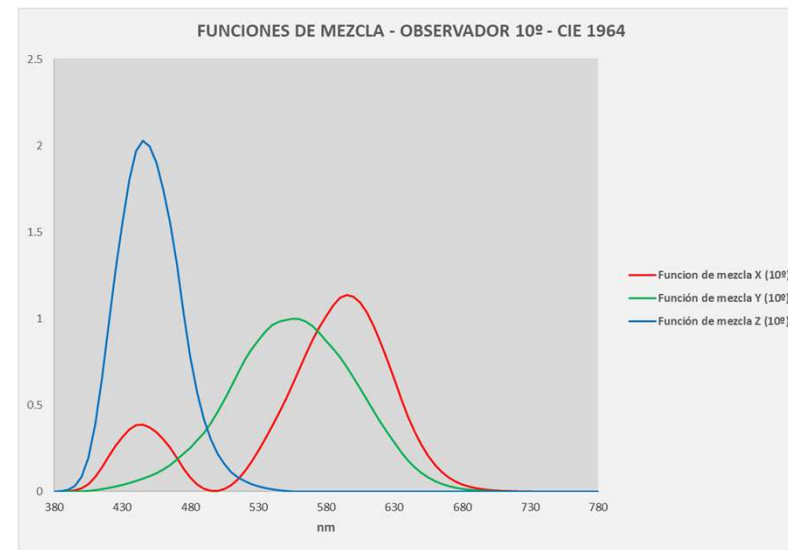
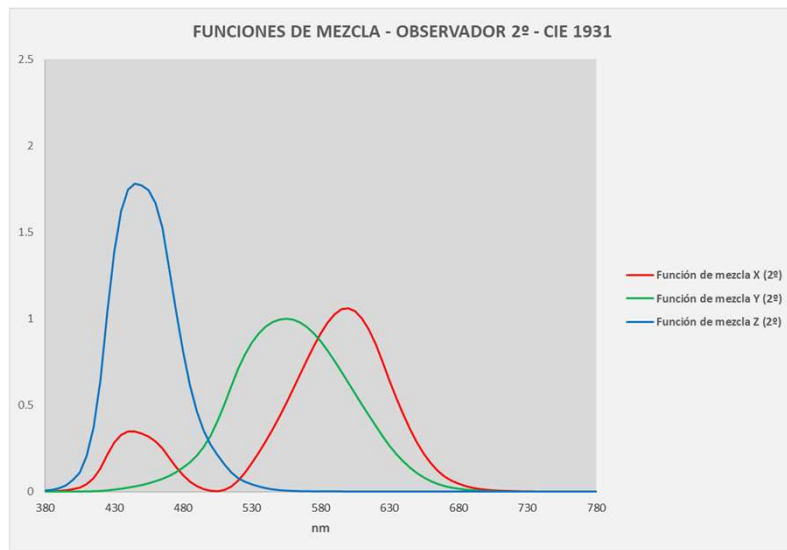
¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

Experimento realizado en 2014 por el NIST (National Institute of Standards and Technology) relacionado con la preferencia en el nivel preferido en la saturación. *Y. Ohno, M. Fein, C. Miller, "Vision Experiment on Chroma Saturation for Color Quality Preference" CIE 216:2015, pp 60-69 (2015)*



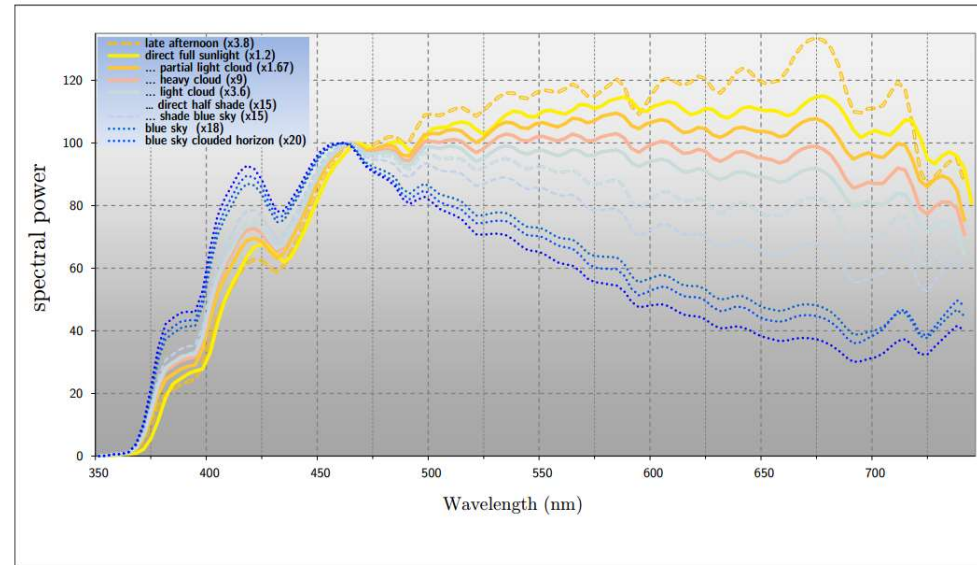
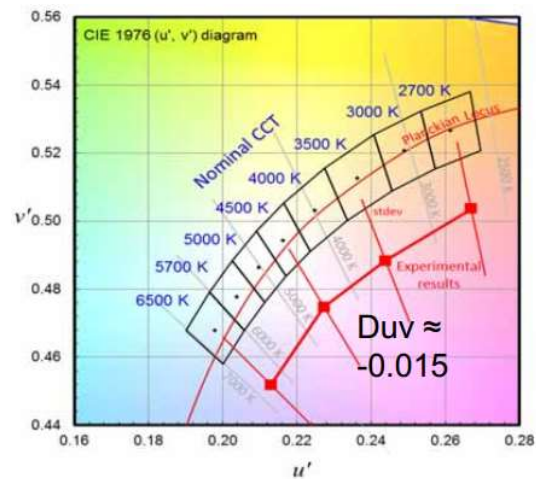
¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

- En el cálculo de Ra se utiliza el observador 2º de la CIE y para determinar la coordenadas cromáticas y diferencias de color se utiliza el observador 10º



¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

- La base de los iluminantes de referencia. Cuerpo negro y series D de la CIE quedan por encima de la distribución espectral que se percibe como “más natural”. ¿Esto se percibe así en cualquier parte?

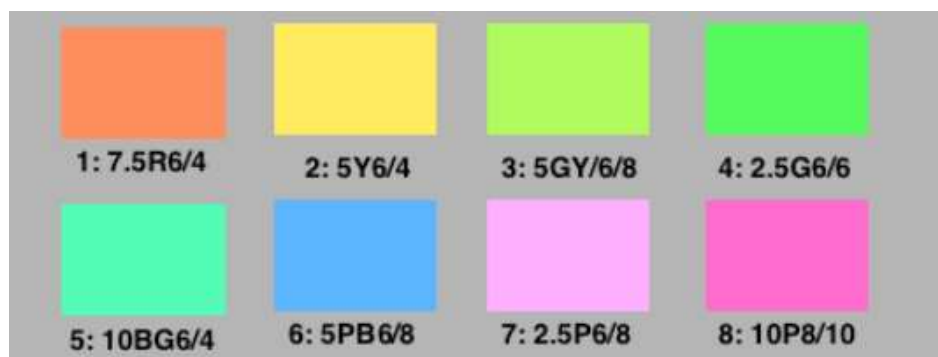


By Txbangert - Data is from X-Rite i1Pro (118 sensor values between 350-740nm, Excel produced the graph, it was exported to PDF using Microsoft Office PDF export and tweaked with Illustrator and converted to SVG with Inkscape. Errors introduced by Inkscape were corrected by hand.original file:
http://www.eecs.qmul.ac.uk/~tb300/pub/Images/Spectrum_of_Sunlight_en.pdf, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35719991>

¿Es adecuado el Ra para valorar la capacidad de reproducir el color?, ¿qué valor de Ra es el óptimo?

- La comparación se realiza únicamente con 8 muestras de color del sistema Munsell

Nombre		Apariencia bajo luz solar	color
TCS01	R1	Rojo verdoso claro	
TCS02	R2	Amarillo grisáceo oscuro	
TCS03	R3	Verde amarillo intenso	
TCS04	R4	Verde claro amarillento	
TCS05	R5	Verde claro azulado	
TCS06	R6	Azul claro	
TCS07	R7	Violeta claro	
TCS08	R8	Lila rojizo claro	

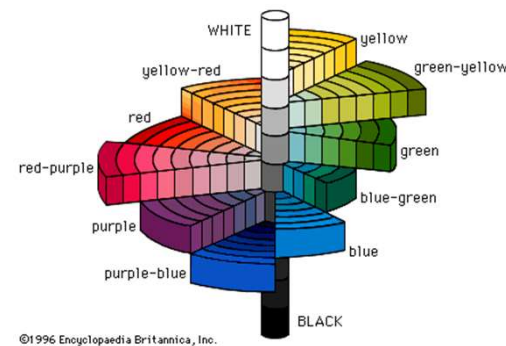
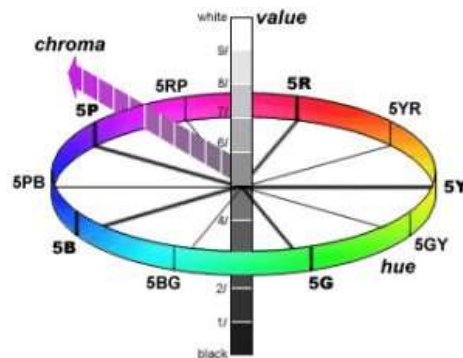


¿Existe alguna alternativa al Ra que nos proporcione más información sobre el rendimiento cromático de una fuente de luz? IES TM-30:2015: ES Method for Evaluating Light Source Color Rendition.

En este documento se hace un buen análisis sobre la complejidad de cuantificar de forma precisa la capacidad de reproducir el color de una fuente de luz. Indicando que no hay ningún indicador o medida que cuantifique de forma precisa todos los aspectos de la reproducción cromática.

Dos nuevos términos:

- Índice de Fidelidad del color (R_f), donde se cuantifica la fidelidad (cercanía a una referencia)
- Índice de Gama de Color (R_g), que se ocupa de la gama del color (aumento o disminución de la saturación), este parámetro tiene en cuenta uno de los atributos del color (luminosidad (value), saturación (chroma) y tono(hue))



¿Existe alguna alternativa al Ra que nos proporcione más información sobre el rendimiento cromático de una fuente de luz? IES TM-30:2015: ES Method for Evaluating Light Source Color Rendition.

El método para la evaluación de la reproducción cromática de la fuente de luz TM-30-15 se basa en comparar el comportamiento de la fuente de luz problema cuando ilumina diferentes muestras de color con el comportamiento de una fuente de luz teórica a la misma temperatura de color:

- Cuerpo negro a la misma temperatura de color que la fuente problema hasta los 4500K
- Una mezcla proporcional entre la radiación de un cuerpo negro y un iluminante de la serie D, entre 4501K y 5500K
- Iluminante de la serie D de la misma temperatura de color que la fuente problema por encima de los 5500K.

Para la evaluación se utiliza el observador 10º de la CIE.

Utiliza 99 muestras de color para realizar el análisis.

CES 1	CES 2	CES 3	CES 4	CES 5	CES 6	CES 7	CES 8
Tipo C	Tipo C	Tipo A	Tipo A	Tipo D	Tipo C	Tipo E	Tipo D
CES 9	CES 10	CES 11	CES 12	CES 13	CES 14	CES 15	CES 16
Tipo F	Tipo G	Tipo G	Tipo A	Tipo F	Tipo E	Tipo B	Tipo C
CES 17	CES 18	CES 19	CES 20	CES 21	CES 22	CES 23	CES 24
Tipo C	Tipo B	Tipo E	Tipo F	Tipo D	Tipo D	Tipo G	Tipo D
CES 25	CES 26	CES 27	CES 28	CES 29	CES 30	CES 31	CES 32
Tipo A	Tipo G	Tipo A	Tipo G	Tipo C	Tipo A	Tipo D	Tipo C
CES 33	CES 34	CES 35	CES 36	CES 37	CES 38	CES 39	CES 40
Tipo B	Tipo G	Tipo G	Tipo A	Tipo A	Tipo G	Tipo F	Tipo F
CES 41	CES 42	CES 43	CES 44	CES 45	CES 46	CES 47	CES 48
Tipo F	Tipo F	Tipo C	Tipo F	Tipo G	Tipo E	Tipo C	Tipo D
CES 49	CES 50	CES 51	CES 52	CES 53	CES 54	CES 55	CES 56
Tipo D	Tipo F	Tipo F	Tipo F	Tipo E	Tipo F	Tipo G	Tipo G
CES 57	CES 58	CES 59	CES 60	CES 61	CES 62	CES 63	CES 64
Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo G	Tipo F	Tipo C	Tipo F	Tipo E
CES 65	CES 66	CES 67	CES 68	CES 69	CES 70	CES 71	CES 72
Tipo F	Tipo E	Tipo E	Tipo F	Tipo F	Tipo F	Tipo F	Tipo F
CES 73	CES 74	CES 75	CES 76	CES 77	CES 78	CES 79	CES 80
Tipo F	Tipo C	Tipo F	Tipo F	Tipo A	Tipo F	Tipo C	Tipo G
CES 81	CES 82	CES 83	CES 84	CES 85	CES 86	CES 87	CES 88
Tipo A	Tipo C	Tipo C	Tipo F	Tipo A	Tipo C	Tipo F	Tipo F
CES 89	CES 90	CES 91	CES 92	CES 93	CES 94	CES 95	CES 96
Tipo A	Tipo E	Tipo B	Tipo A	Tipo D	Tipo C	Tipo A	Tipo A
CES 97	CES 98	CES 99					
Tipo F	Tipo A	Tipo E					

¿Qué dice la CIE acerca de la evaluación del color? CIE 224:2017 Colour Fidelity Index for accurate scientific use.

El índice de rendimiento de color, definido en la publicación CIE 13.3-1995, en particular el índice general de rendimiento de color R_a , es un parámetro ampliamente adoptado y utilizado por la industria de la iluminación, tanto en documentos normativos como en especificaciones internacionales y nacionales. Sin embargo, las limitaciones del R_a , **especialmente para fuentes de luz de estado sólido**, que en ocasiones proporciona valores de R_a que no siempre coinciden bien con la evaluación visual por parte de los usuarios.

La CIE determinó que, se necesitan mejores métodos de caracterización de la calidad del color, este trabajo se dividió en dos tareas: (1) desarrollar un índice de fidelidad del color preciso desde el punto de vista científico asignado a TC 1-90, y (2) para desarrollar una o más medidas de calidad de color relacionadas con la percepción más allá de la fidelidad, asignadas a TC1-91 para el trabajo inicial.

Este informe técnico, desarrollado por TC1-90, es un informe de investigación que describe un índice de fidelidad de color general, R_f , como una medida científicamente precisa de la fidelidad de color con respecto a un iluminante de referencia. Esta fidelidad de color, se basa en el índice de fidelidad, definido por la IES en el documento TM-30-15

¿Qué dice la CIE a cerca de la evaluación del color? CIE 224:2017 Colour Fidelity Index for for accurate scientific use.

Mejoras importantes:

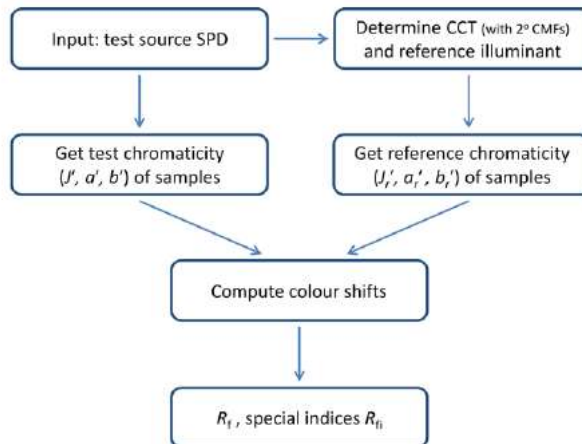
- La actualización del cálculo de diferencia de color
- La incorporación de 99 muestras de color.

El índice de fidelidad de color general, R_f , representa cómo la fuente de luz problema representa la apariencia de color de todo el conjunto de muestras (en promedio) en comparación con aquellas que se obtienen a partir de un iluminante de referencia, de forma similar a como se calcula el Índice de Rendimiento de Color General (R_a).

El Índice general de Fidelidad de Color (R_f), combina las diferencias de color calculadas para todas las muestras de prueba de color en un único valor de índice promedio, y esto representa un aspecto de la calidad de color que no considera los efectos de percepción y la preferencia.

El Índice general de Fidelidad de Color (R_f), por lo tanto, no es un reemplazo del índice general de reproducción de color, R_a , ni para la calificación y especificación de productos ni para requisitos reglamentarios u otros requisitos mínimos de rendimiento. La sustitución del CRI será una cuestión de estudio y discusión futura que incluirá la evaluación del R_f , junto con el desarrollo de un conjunto armonizado de nuevas medidas de calidad del color para evaluar los efectos relacionados con la percepción y aspectos prácticos que vayan más allá de la fidelidad del color.

¿Qué dice la CIE a cerca de la evaluación del color? CIE 224:2017 Colour Fidelity Index for for accurate scientific use.



NOTE In all steps the 1964 10° colour-matching functions (CMFs) are used, except the CCT step which uses 2° CMFs as is the usual practice

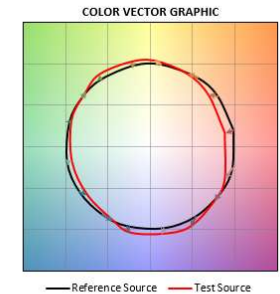
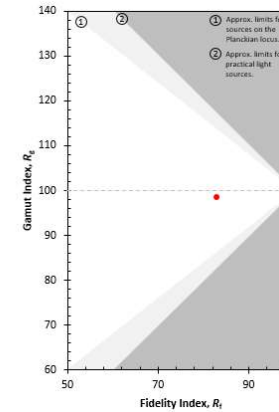
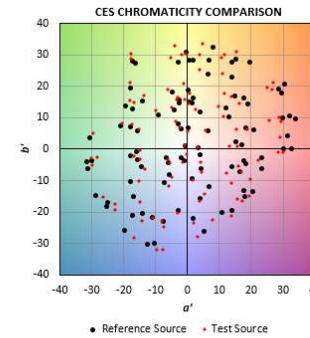
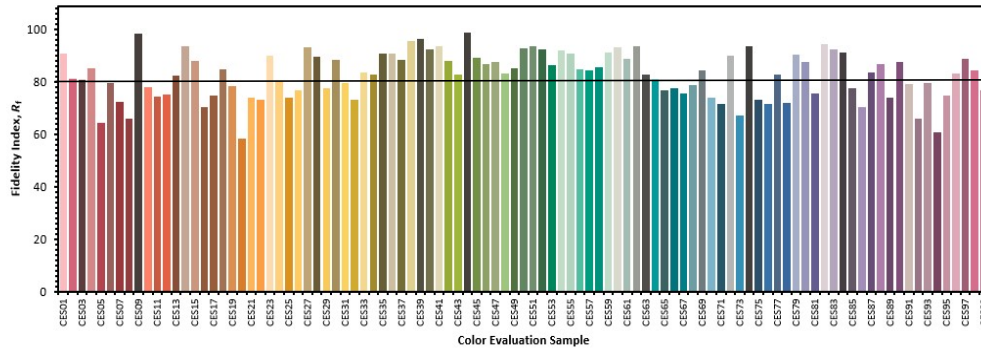
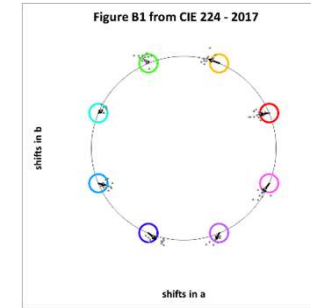
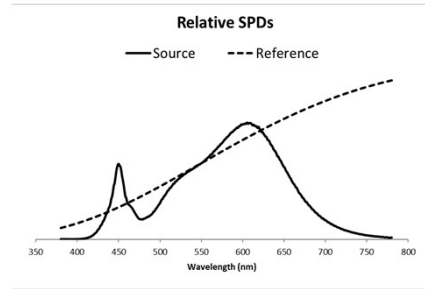
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	W

Algunos ejemplos...

LUMINARIA VIAL DE 3000K

Tc (K)	Duv	Ra	Rf (CIE)	Rf (TM-30)	Rg (TM-30)
3111	-0.0008	83.9	84.6	83	99

Ra1	82.7
Ra2	89.9
Ra3	95.6
Ra4	83.1
Ra5	82.3
Ra6	87.0
Ra7	85.4
Ra8	65.3

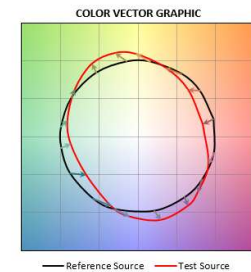
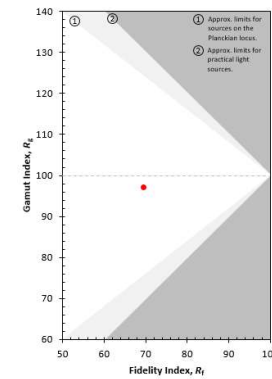
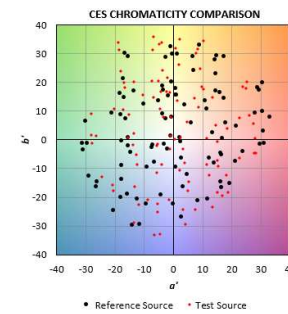
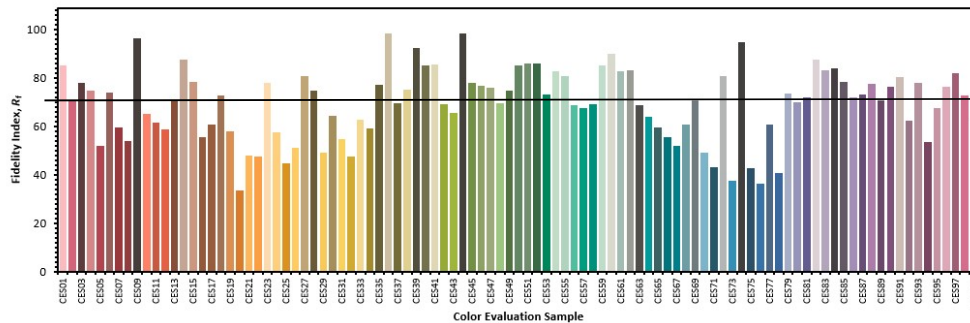
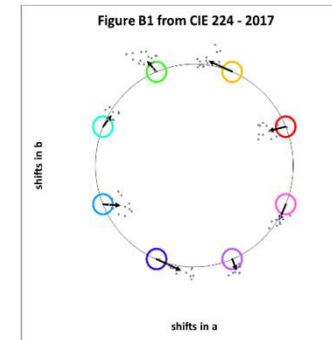
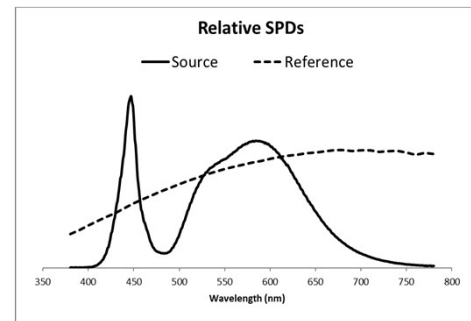


Algunos ejemplos...

LUMINARIA VIAL DE 4000K

Tc (K)	Duv	Ra	Rf (CIE)	Rf (TM-30)	Rg (TM-30)
4076	-0.0024	73.2	72.6	69	97

Ra1		71.9
Ra2		78.1
Ra3		82.1
Ra4		73.7
Ra5		71.2
Ra6		69.1
Ra7		80.3
Ra8		59.2

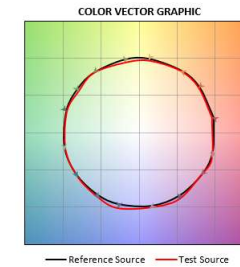
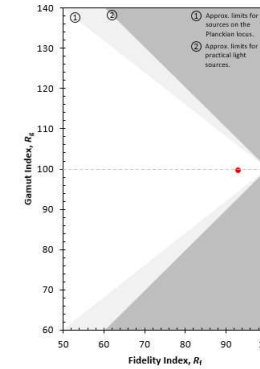
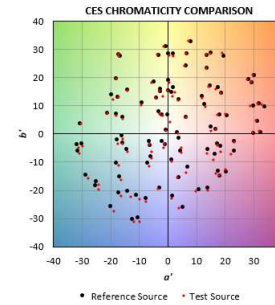
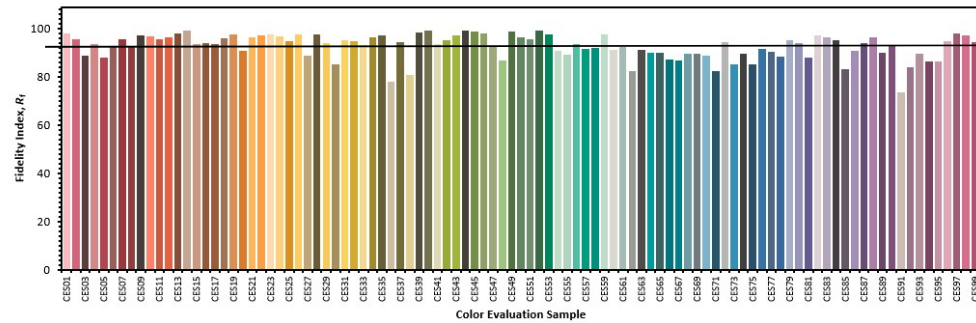
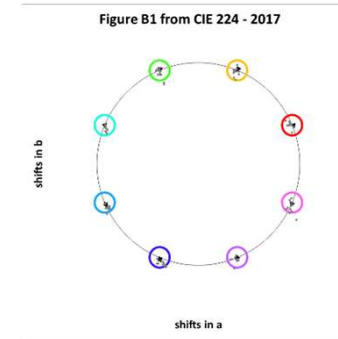
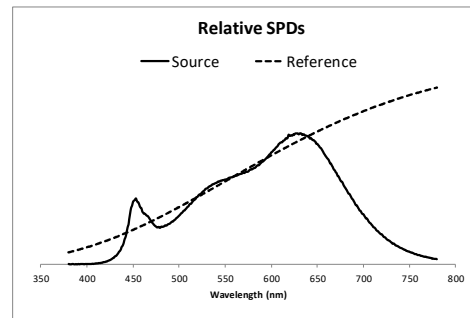


Algunos ejemplos...

LUMINARIA DE INTERIOR 3000K

Tc (K)	Duv	Ra	Rf (CIE)	Rf (TM-30)	Rg (TM-30)
3083	0.0001	97	93.6	93	100

Ra1		98.4
Ra2		98.9
Ra3		96.7
Ra4		97.8
Ra5		97.2
Ra6		97.3
Ra7		96.7
Ra8		93.5

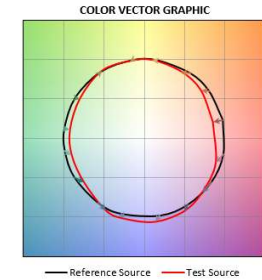
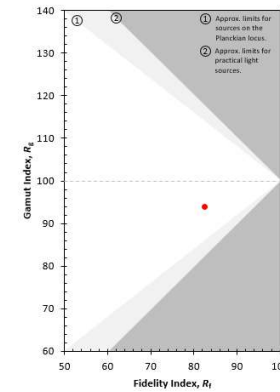
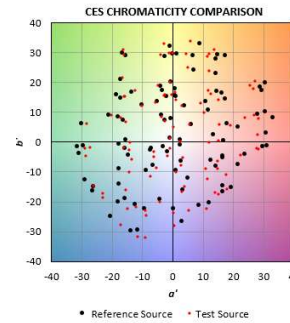
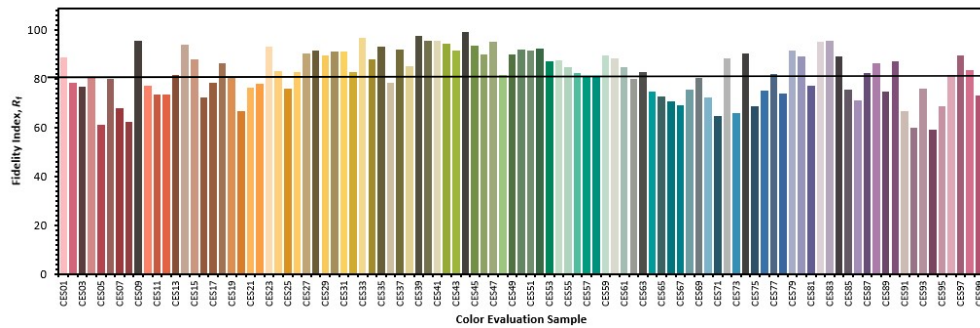
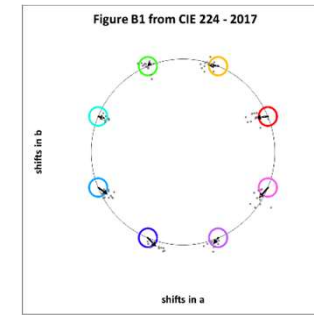
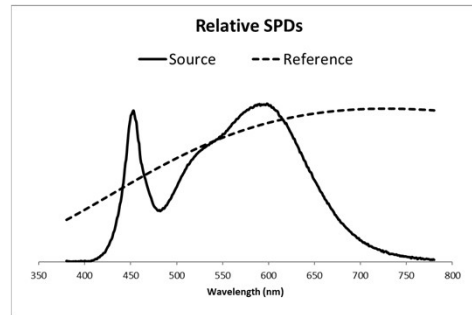


Algunos ejemplos...

LUMINARIA DE INTERIOR 4000K

Tc (K)	Duv	Ra	Rf (CIE)	Rf (TM-30)	Rg (TM-30)
3982	0.0029	82.6	84.3	82	94

Ra1		80.2
Ra2		88.9
Ra3		95.6
Ra4		80.8
Ra5		80.2
Ra6		84.8
Ra7		86.3
Ra8		64.4

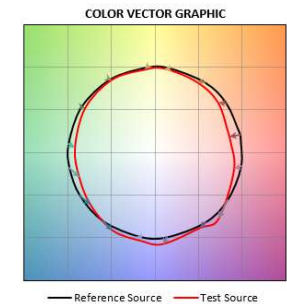
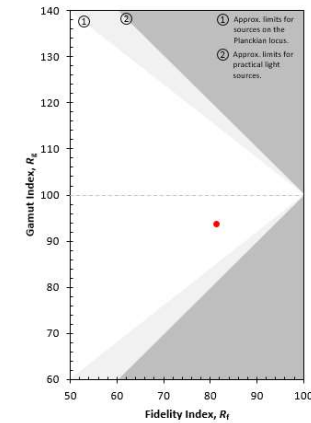
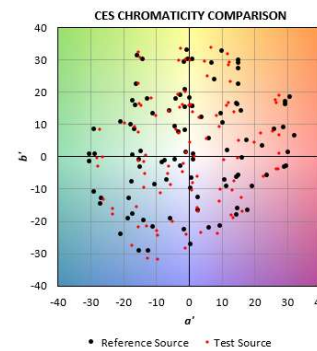
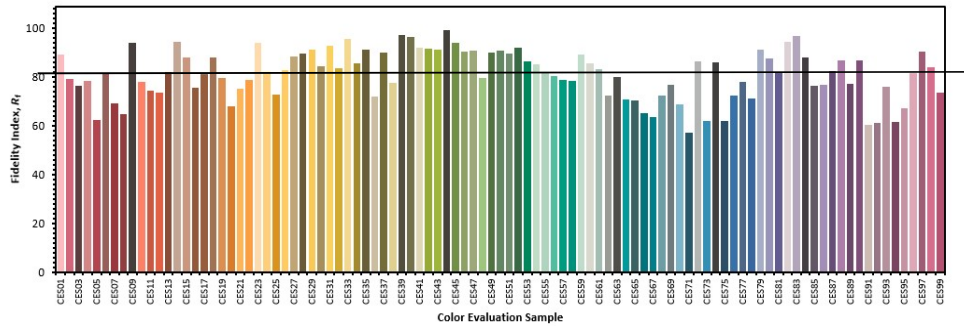
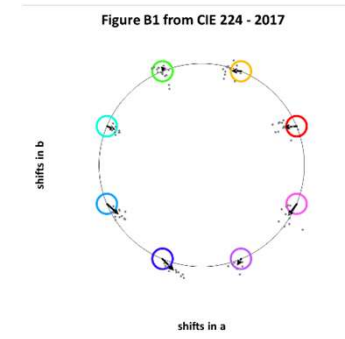
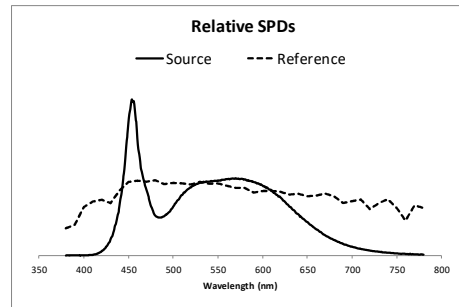


Algunos ejemplos...

LUMINARIA DE INTERIOR 5900K

Tc (K)	Duv	Ra	Rf (CIE)	Rf (TM-30)	Rg (TM-30)
5875	0.0038	83.9	83.3	81	94

Ra1		82.1
Ra2		89.6
Ra3		92.9
Ra4		81.8
Ra5		81.9
Ra6		83.9
Ra7		88.1
Ra8		70.8



Conclusiones

El índice de Fidelidad definido por la TM-30 y el índice de fidelidad general definido por la CIE, nos aporta información valiosa acerca del comportamiento de una determinada fuente de luz en comparación con una de referencia en cuanto a la visión del color.

Los iluminantes de referencia utilizados son los de siempre, situados en la curva definida por el cuerpo negro o por la serie D de la CIE, aunque parece que las preferencias sitúan a la luz por debajo del cuerpo negro como “más natural”.

Puede que sea necesario definir nuevos iluminantes que nos permitan además de evaluar la fidelidad de la reproducción, los aspectos más relacionados con las sensaciones o percepciones.

También es necesario replantearse ciertas exigencias en cuanto a la reproducción del color se refiere, no todas las instalaciones de alumbrado son iguales y por tanto no todas las instalaciones deben reproducir el color del mismo modo ni necesitan proporcionarnos el mismo grado de fidelidad en el color que vemos.

Elena Sanjuán Sánchez
esanjuan@candeltec.es

candelTEC S.L.
www.candeltec.es

