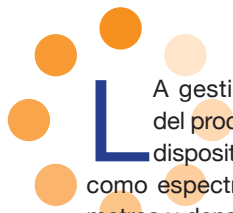


La importancia de la calibración en los dispositivos de medida del color



La gestión de color y el control del proceso se llevan a cabo con dispositivos de medida de color como espectrodensitómetros, colorímetros y densitómetros. El mal uso de los mismos y la ausencia de estándares de calidad pueden afectar a la calidad de la reproducción de los productos impresos. Más aún, incluso manejándolos correctamente, en muchos casos se desconoce el comportamiento de los equipos, al tratarse de dispositivos comprados hace tiempo y que nunca se han revisado o verificado.

La industria gráfica emplea en la mayoría de los casos instrumentos portátiles para medir sobre el terreno, a pie de máquina. Es fácil imaginar que las condiciones ambientales en los talleres no van a ser las más idóneas para los equipos de medida de color: el uso de polvos antimaculantes, la presencia de compuestos orgánicos volátiles en el ambiente o el desprendimiento de polvillo de los papeles pueden ensuciar, o, incluso llegar a dañar la óptica de estos dispositivos.

Un impresor que establezca relaciones contractuales con sus clientes

en términos de reproducción de color, deberá suministrar productos impresos que se encuentren dentro de las tolerancias establecidas en ese contrato. La medida errónea del color con un instrumento dañado puede conducir a graves diferencias, con posibles repercusiones económicas. Por ello, quienes se dedican a gestionar y controlar el color deberán considerar estas consecuencias y los costos que se desprenden de las mediciones incorrectas; si un instrumento deja de funcionar adecuadamente y se detecta pronto en el flujo de trabajo, el costo de los errores de medición será mínimo. Es por tanto vital que el propietario del instrumento de medición se preocupe de su correcta puesta a punto y de cumplir con los intervalos de calibración de tales equipos.

Obviamente, nadie puede garantizar que un instrumento medirá perfectamente durante un período de calibración establecido, pero las organizaciones más sensatas harán controles periódicos para la consecución este objetivo. Los servicios de calibración proporcionan garantía



IGNACIO VILLALBA ROMERO

Doctor en CC. Químicas
Responsable del Laboratorio de Color

de que el instrumento cumple con las especificaciones realizadas en el laboratorio y garantiza su correcto funcionamiento permitiendo la trazabilidad del instrumento a las normas internacionales o nacionales. En caso de que el instrumento no mida correctamente, el equipo debería enviarse al fabricante para el análisis de los componentes y, en caso necesario, la sustitución de piezas.

De todo lo anterior, resulta imprescindible —y es realmente económico— mantener los equipos de medida de color en perfectas condiciones de uso. Esto significa que deberían estar calibrados por un laboratorio competente y acreditado ENAC¹ de acuerdo a la norma ISO/IEC 17025 que ratifica la competencia técnica del laboratorio y garantiza la fiabilidad en los resultados de sus calibraciones y ensayos. De esta forma, el propietario del equipo dispone de información relevante sobre el estado del mismo y margen suficiente para dejar temporalmente fuera de servicio el dispositivo, hasta que un servicio técnico autorizado lo revise y lo ponga a punto.

No menos importantes son las certificaciones basadas en ISO 9000, conseguidas por muchas de las empresas gráficas, que obligan a que los instrumentos metrológicos que usa la organización se encuentren calibrados y con sus certificados de calibración en vigor. Hasta ahora, las auditorías de calidad en la industria gráfica han pasado por alto el hecho de que los equipos no estuvieran calibrados, debido a que no existían laboratorios con capacidad para la calibración de esos instrumentos. Esta laguna ya se ha cubierto desde hace tiempo en este sector y laboratorios acreditados, como el del Instituto Tecnológico y Gráfico Tajamar (ITGT en adelante) ofrecen servicios de ensayo y calibración bajo la cobertura ENAC para cualquier magnitud colorimétrica.

Gracias a esto, el ITGT puede presumir de haber sido el único laboratorio de ensayo y calibración de óptica que ha conseguido acreditarse bajo el sello ENAC hasta el momento en el año 2012. En la publicación número 60 de ENAC, (2012) podemos encontrar que tan solo otros dos laboratorios de calibración, uno de fluidos y otros de química, han sido capaces de alcanzar este sello. De esta forma, pasamos a formar parte de los 344 laboratorios de calibración en España con cobertura ENAC en diferentes áreas. En el anexo 1 se pueden encontrar los certificados de ensayo y calibración conseguidos por el laboratorio del ITGT.

La marca ENAC

Para definir la marca ENAC, nada mejor que seguir lo que ellos mismos dicen en su propia web (<http://www.enac.es/web/enac/la-marca-enac>):

«La marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado en los informes o certificados es el medio por el cual las organizaciones acreditadas declaran públicamente el cumplimiento de los requisitos de acreditación. Los usuarios reconocerán fácilmente los documentos emitidos como resultado de actividades acreditadas (informes de ensayo, certificados, etc.) a través de la marca ENAC. Su presencia en informes y certificados es la garantía de contar con las ventajas aportadas por la acreditación, incluida su aceptación internacional.

»Estos acuerdos constituyen un apoyo técnico al comercio internacional, permitiendo que los certificados e informes emitidos por las organizaciones acreditadas, y los productos o servicios que amparan, sean aceptados fácilmente en los mercados internacionales, contribuyendo así a la eliminación de barreras técnicas y a la reducción de los costes de evaluación. Con la inclusión de la marca se consigue que, de manera inmediata, los clientes y usuarios que reciben un certificado o informe reconozcan que el laboratorio

o la entidad de certificación que lo ha emitido está acreditado y reconocido internacionalmente.»

Como se ha comentado, las certificaciones ISO 9001 implantadas en muchas empresas confirman que la organización dispone de un sistema de gestión de calidad conforme con ciertos requisitos. Sin embargo, la acreditación por ISO/IEC 17025, va más allá pues evalúa y acredita la competencia técnica del laboratorio; es decir, mientras que un sistema de gestión de calidad no garantiza que los procesos en una organización se hagan mejor o peor, la acreditación conlleva que los auditores técnicos de más alto nivel en el país garantizan que el laboratorio dispone y pone en práctica los conocimientos técnicos necesarios para llevar a cabo tareas en su ámbito de actuación.

Por tanto y volviendo a emplear términos de ENAC: «la acreditación aporta confianza para emitir resultados fiables, al disponer de los recursos humanos y materiales y de la experiencia necesaria, como en su capacidad para proporcionar un servicio adecuado a las necesidades de sus clientes, ya que la Norma ISO/IEC 17025, además de requisitos de competencia técnica exige que el laboratorio disponga de un sistema de gestión de la calidad definido por la propia norma.»

La manera más eficaz de garantizar la fiabilidad de los productos o servicios, ante una normativa cada vez más exigente en materia de calidad y seguridad, unos objetivos empresariales cada vez más ambiciosos y un mercado cada vez más competitivo para la industria gráfica, consiste en seleccionar un laboratorio de ensayo o de calibración acreditado en el área de Óptica.

Elegir un laboratorio sin acreditación puede acarrear consecuencias imprevisibles. Por el contrario, la acreditación supone un gran respaldo comercial para los productos gráficos. ENAC aporta el prestigio, la experiencia, la profesionalidad y el máximo reconocimiento internacional, asegurando que la actividad de los laboratorios acreditados responde a las necesidades de cada cliente.

¹ ENAC: Entidad Nacional de Acreditación en España con reconocimiento internacional. ENAC tiene su equivalente en otros países como por ejemplo: NIST en EE.UU, UKAS en Reino Unido, COFRAG en Francia ó DAR-BMWI en Alemania. Otros en: http://www.enac.es/web/enac/EA_Database

Calibración y “puesta a cero”

A diferencia de lo que muchos creen, la calibración es algo distinto a la puesta a cero del instrumento. La mal denominada “calibración” que muchos instrumentos emplean tan solo consiste en una linealización del instrumento con la ayuda de una referencia que puede ser:

- Una placa blanca que acompaña a algunos colorímetros y espectrodensitómetros.
- Una placa blanca y una trampa de luz, para los mismos instrumentos.
- Una tarjeta de referencia con colores impresos para los densitómetros.

Esta linealización o “puesta a cero” resulta imprescindible para el equipo y coincidimos con IFRA (2007), en que se debe llevar a cabo al menos una vez al día para mantener la exactitud de los resultados obtenidos. Esta puesta a cero del equipo se recomienda también:

- Al concluir una pausa
- Cuando se realicen de manera consecutiva un número elevado de mediciones. Sobre todo en equipos con fuente de luz de tungsteno, debido al calentamiento de la misma.
- Cuando la temperatura ambiente haya cambiado más de 5° C.

El laboratorio del ITGT ha desarrollado un método para calibrar y verificar la exactitud de densitómetros, colorímetros y espectrofotómetros. Esta calibración consiste en relacionar los valores medidos por un equipo, sobre un conjunto de patrones con trazabilidad internacional, con el valor real de la magnitud de ese patrón. Esta relación siempre se establecerá como diferencia colorimétrica.

Según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM, 2008), un patrón no es más que un material de referencia destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para que sirvan de referencia. En nuestro caso, los patrones empleados se apoyan en la utilización de doce cerámicas BCRA



serie II más una blanca calibradas por un laboratorio primario.

Todos los patrones utilizados por el laboratorio ENAC del ITGT son trazables a patrones de nivel superior, nacionales o internacionales (cfr. recuadro “trazabilidad”).

Entonces, ¿en qué consiste realmente la calibración de un equipo? Se trata de la diferencia o corrección de la lectura del instrumento sobre el patrón, con el valor certificado para el mismo, acompañado de una incertidumbre. Por ejemplo, la tabla de la parte inferior muestra los resultados de una calibración en la magnitud $L^*a^*b^*$ de un instrumento sobre una cerámica blanca.

Como sería imposible conocer el estado de funcionamiento del equipo para cada color del espectro visible, no queda más remedio que seleccionar un determinado número de muestras que abarquen, de la mejor manera posible,

toda la gama cromática en donde puede medir el instrumento. Para nuestro caso particular, se seleccionaron 13 cerámicas que evalúan tanto los valores acromáticos que devuelve el instrumento —grises y blanco—, como los cromáticos —cerámicas de color—, quedando de esta manera cubierta cada franja del espectro.

Por todo lo anterior, contra mayor número de puntos se evalúen en la calibración, mayor información se tiene del instrumento. En este sentido, el laboratorio del ITGT es el que más puntos de comprobación ofrece a sus clientes para la calibración de sus equipos.

Incertidumbre en la calibración

La expresión de un resultado en una medición para una calibración estará

Resultados en el certificado de calibración Propia del Laboratorio de ITGT (2012)

CERÁMICA BLANCA (WHITE)				
MAGNITUD	CERTIFICADO	MEDIDO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
L^*	95,60	95,85	-0,25	±0.53
a^*	-0,40	-0,62	0,22	±0.21
b^*	2,40	2,56	-0,16	±0.24
		$\Delta E:$	0,36	±1.76

completa sólo cuando contiene tanto el valor atribuido al mensurando —magnitud particular sometida a medición—, como la incertidumbre de medida asociada a dicho valor.

La ISO 3534-1:2008 define incertidumbre como: “Una estimación unida al resultado de un ensayo que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se afirma que está el valor verdadero”. Esta definición tiene poca aplicación práctica ya que el “valor verdadero” no puede conocerse. Esto ha provocado que el Vocabulario de Metrología Internacional, VIM, evite el término “valor verdadero” en su nueva definición y defina la incertidumbre como: “Un parámetro, asociado al resultado de una medida, que caracteriza el intervalo de valores que puede ser razonablemente atribuidos al mensurando”.

La incertidumbre siempre depara una duda acerca de la veracidad del resultado obtenido una vez que se han evaluado todas las posibles fuentes de error y se han aplicado las correcciones oportunas. La incertidumbre nos da una idea de la calidad del resultado ya que nos muestra un intervalo alrededor del valor estimado dentro del cual se encuentra el valor considerado verdadero.

Por ejemplo, volviendo al caso anterior, la diferencia en la magnitud L^* medida por el instrumento y el valor certificado en el patrón era de -0.25 unidades, con una incertidumbre de ± 0.53 . Esto significa que el valor “verdadero” probablemente se encuentre en entre 0.28 y -0.5 .

Por todo esto, resulta imprescindible suministrar al cliente un valor de incertidumbre. Si la medida no fuera acompañada de este valor, los resultados entre laboratorios no serían comparables. Por ejemplo, ¿qué ocurriría si enviáramos a calibrar nuestro equipo a dos laboratorios distintos? ó, más sencillo, ¿y si enviáramos una muestra de color a esos dos laboratorios? Pues podemos afirmar que probablemente los dos laboratorios no obtendrían un resultado idéntico. Gracias a la incertidumbre se soluciona este problema y permite comparar los resultados obtenidos por varios laboratorios.

Por ejemplo, la medida de la coordenada de color L^* de un parche de color en un pliego impreso por el laboratorio A es 55.25 , y 55.85 por el laboratorio B. Estos resultados solo se podrán comparar si se proporcionan las pertinentes incertidumbres:

- Laboratorio A: 55.25 ± 0.53
- Laboratorio B: 55.85 ± 0.10

Ahora los resultados se pueden comparar debido a que los mensurandos coinciden en alguna región.

Para estimar el valor de la incertidumbre se sigue la nomenclatura empleada por EA (1999). Donde la incertidumbre de medida asociada a las estimaciones de entrada se evalúa utilizando uno de los siguientes métodos: “Tipo A” o “Tipo B”.

La evaluación Tipo A de la incertidumbre típica es el método de evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones. En este caso, la incertidumbre típica es la desviación típica experimental de la medida que se deriva de un procedimiento promediado o de un análisis de regresión.

La evaluación Tipo B de la incertidumbre típica es el método de evaluar la incertidumbre mediante un procedimiento distinto al análisis estadístico de una serie de observaciones. En este caso, la estimación de la incertidumbre típica se basa en otros conocimientos científicos.

En resumen, para estimar la incertidumbre es necesario tener en cuenta aspectos como:

- datos obtenidos de mediciones anteriores;
- experiencia o conocimientos generales sobre el comportamiento y las propiedades de los materiales e instrumentos relevantes;
- especificaciones de los fabricantes;
- datos obtenidos de calibraciones y de otros certificados;
- incertidumbres asignadas a los datos de referencia obtenidos de manuales.
- condiciones ambientales

La incertidumbre típica estimada será producto de todas estas consideraciones, pero para garantizar un

grado de cobertura mayor, en EA se ha decidido que los laboratorios acreditados obtengan una incertidumbre expandida que se calcula multiplicando la anterior por un grado de cobertura denominado k .

De tal manera que la incertidumbre expandida (U) será:

$$U = k * u(y)$$

donde:

$u(y)$ es la incertidumbre típica
 k es el grado de cobertura, que cuando la distribución es normal de tipo gaussiano y la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida tiene la suficiente fiabilidad.

Suele utilizarse el factor de cobertura usual $k = 2$. Así la probabilidad de cobertura será de, aproximadamente, un 95%. Estas condiciones se cumplen en la mayoría de los casos encontrados en los trabajos de calibración y en nuestro caso también es aplicable.

Siguiendo a Maroto, A., Boqué, R., Riu, J. & Rius, F. X. (2001), la incertidumbre nos permite saber si un producto impreso cumple o no con unas determinadas especificaciones. Para ello, se debe comprobar si el resultado está dentro o no de una “tolerancia” o intervalo de valores definido en las especificaciones.

La figura adjunta muestra las cuatro situaciones posibles que pueden ocurrir cuando se quiere comprobar si el resultado (estimación + incertidumbre asociada) está dentro o no de la tolerancia.

Alcance de la acreditación

Todo laboratorio acreditado por ENAC dispone de un alcance de Acreditación. Se trata de un documento público que acompaña al “Certificado de Acreditación” en donde se exponen de manera clara y concisa el área de calibración, los dispositivos que el laboratorio puede calibrar, las magnitudes que se le permite medir, los rangos de calibración, la capacidad de medida y

calibración y el lugar donde el laboratorio puede hacer las calibraciones.

Cualquier solicitante de acreditación establece el alcance para el que desea ser acreditado en función de sus necesidades y objetivos. En nuestro caso, se trata de dar servicio a la industria gráfica por lo que nuestro alcance, en el área de calibración de equipos, se integró en el área de óptica.

Por todo ello, la solicitud de acreditación para un alcance concreto es una declaración por parte de la entidad de su competencia técnica para todas las actividades incluidas en ella. La evaluación de ENAC persigue, por tanto, determinar si la entidad es capaz de demostrar su competencia en la totalidad del alcance declarado.

Como anexo 2 a este artículo divulgativo se incorpora el alcance de nuestra calibración disponible y público en la web de ENAC.

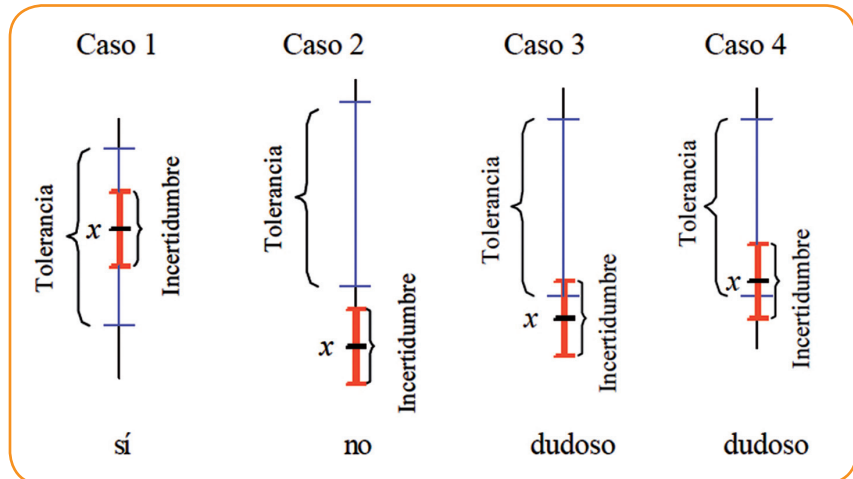
Vigencia de la calibración

El laboratorio de calibración, no puede ni debe, fijar periodos de calibración aunque si suele recomendar a sus clientes el periodo para recalibrar un instrumento. Según nuestro criterio la calibración debe repetirse en función de las siguientes premisas:

- Grado de utilización del equipo.
- Grado de precisión y repetibilidad que busca en su equipo.
- Condiciones ambientales a las que está sometido. Polvo, temperatura, compuestos orgánicos volátiles...
- Seguridad en la medición.

Es obvio que estos factores pueden implicar un riesgo potencial para algunos instrumentos y quedar fuera de las especificaciones por el deterioro de sus lámparas, de la electrónica, o del blanco de referencia del equipo.

Siguiendo las recomendaciones de muchos fabricantes, establecer un intervalo exacto para la inspección o calibración no es tan sencillo. En función del uso, organizaciones como XRite o Konica Minolta recomiendan un inter-



valo de calibración de un año para la mayoría de las aplicaciones.

Muchos espectrodensitómetros, disponen de una placa de color cerámica con la que el usuario puede realizar revisiones rutinarias para el control del instrumento. Sin embargo, la comprobación en uno o varios colores, como es el caso de algunos espectrodensitómetros de XRite, no es garantía de que el equipo mida correctamente en todas las regiones del espectro. De hecho, la propia placa con colores, aun siendo muy estable, puede sufrir algunos cambios en sus valores, por ello el laboratorio del ITGT recomienda la calibración anual.

Verificación de la precisión del instrumento

Como se ha dicho en el apartado anterior la verificación por parte del usuario resulta de vital importancia para conocer el estado del mismo. Entonces, ¿con qué frecuencia se debe realizar este procedimiento? Coincidimos con IFRA (2007) en que depende de la aplicación en particular; en situaciones normales recomendamos una verificación de la precisión al menos cada tres meses; en situaciones donde la reproducción del color es de vital importancia, cada turno debería asegurarse de que el equipo mide correctamente.

MAGNITUDES, EQUIPOS Y LUGAR PARA LA CALIBRACIÓN

El VIM define cantidad o magnitud como “la propiedad de un fenómeno, un cuerpo o una sustancia donde la propiedad tiene una magnitud que puede ser expresada como un número y una referencia”. Por ejemplo, para el área de óptica una magnitud podrían ser las coordenadas CIELAB (L*a*b*) que permiten definir de manera clara y concisa cualquier color.

Los equipos, serán los instrumentos o patrones que el laboratorio pueda calibrar dentro de su alcance. Para poder realizar estas calibraciones el laboratorio habrá demostrado a ENAC su capacidad técnica y la disponibilidad de patrones con trazabilidad nacional o internacional.

En nuestro caso, nos centramos en densitómetros, colorímetros y espectrofotómetros, por ser los equipos más empleados dentro de la industria gráfica.

Y los lugares donde el laboratorio puede llevar a cabo sus calibraciones pueden ser dos:

- En las instalaciones del propio laboratorio.
- En las instalaciones del cliente, también denominadas “in situ”

RANGO

Podríamos definir el rango de la calibración como el conjunto de valores comprendidos entre los límites (Inferior y Superior) que es capaz de medir el instrumento al que nos referimos, dentro de los límites de exactitud que se indican para el mismo. Aunque, en la mayoría de los casos, los rangos de calibración que aparecen en los alcances de los laboratorios suelen estar referidos a sus patrones y no a los instrumentos. Son por decirlo con otras palabras el “campo de medida” donde se realiza la calibración.

Por ejemplo, el factor de reflectancia se puede evaluar entre el 0 y 100% por tanto este será el rango de la calibración.

CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA Ó CMC (CAPACIDAD DE MEDIDA Y CALIBRACIÓN)

Según el documento CEA-ENAC-LC-02_Rev._1, la capacidad óptima de medida se define como “la incertidumbre de medida más pequeña que un laboratorio puede conseguir, dentro del alcance de su acreditación, cuando realiza calibraciones más o menos rutinarias de patrones de medida casi ideales, utilizados para definir, realizar, conservar o reproducir una unidad de esa magnitud o uno o más de sus valores”. La Capacidad de Medida y Calibración es la menor incertidumbre de medida que el laboratorio puede proporcionar a sus clientes, expresada como incertidumbre expandida para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

La evaluación de la capacidad óptima de medida de los laboratorios de calibración acreditados tiene que basarse un método descrito por ENAC, pero normalmente tendrá que ser respaldada o confirmada por evidencias experimentales.

TRAZABILIDAD

La definición que se emplea en el VIM para la definir la trazabilidad es la propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

La exactitud de las mediciones realizadas en un laboratorio depende de la exactitud de sus equipos de medición que para ser evaluada, debe ser comparada con otros instrumentos de medición o con un patrón más exacto.

Los patrones que un laboratorio emplea para calibrar los equipos de sus clientes deben ser comparados con un patrón de mayor exactitud, generalmente un patrón superior. El proceso de relacionar un resultado de medición al valor de un patrón, por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones, hasta un patrón nacional o internacional se conoce como trazabilidad.

Por otro lado, la trazabilidad asegura que los resultados de nuestra medidas de color se pueden comparar con las de otros laboratorios y en el propio certificado de calibración se debe indicar claramente la trazabilidad a patrones adecuados.

En la verificación de la precisión, se mide sobre una referencia de color único (Konica Minolta) o sobre varios (en el caso de XRite hasta tres colores como se puede ver en la imagen superior de la siguiente página junto con sus reflectancias) y los valores de color obtenidos deberán estar dentro de una cierta tolerancia de color. Si la baldosa está calibrada por un laboratorio acreditado, la certificación será absoluta. Si esto no es así, la certificación es relativa.

La referencia absoluta de color no es necesaria, pues resulta bastante cara para una organización gráfica y para conocer el comportamiento del instrumento basta con enviarlo a calibrar a un laboratorio acreditado, opción bastante más económica. Los valores obtenidos sobre las referencias absolutas con el instrumento son proporcionados por los laboratorios, suministrando al cliente el certificado de calibración con las imprecisiones de medición de color de ese equipo.

En la medida relativa, no se conoce la colorimetría nominal de las baldosas y el rendimiento de un instrumento se compara con un valor de objetivo obtenido con el propio instrumento en el momento de la compra o después de la última calibración absoluta. Estas baldosas de cerámica, que no han sido caracterizadas siguiendo procedimientos de trazabilidad a un patrón primario son relativamente baratas e incluso son suministradas por el propio fabricante del instrumento en el momento de la compra.

Los patrones que el cliente puede adquirir pueden ser de muchas tonalidades. Los azulejos neutros son útiles para probar la linealidad fotométrica, pero deben ser desechados como colores de referencia. Otras tejas tienen un problema de difusión lateral pronunciada, son muy oscuras o tienen un efecto fuerte de termocromismo —cambio de color del material por la temperatura—. Esto deja menos opciones, cianes, marrones y verdes son colores empleados habitualmente. Hewlett Packard recomienda el verde, otros autores han sugerido la baldosa cian debido a su rango de factor de

reflectancia, varios puntos de inflexión bien definidos y baja sensibilidad a los cambios de temperatura (Burns & Renff, 1997).

Estos patrones siempre deben utilizarse exactamente el mismo lugar, de esta forma la medida se hará en las condiciones más parecidas. Estas cerámicas de color suelen tener un tiempo de vida de ajuste recomendado inferior a los 5 años.



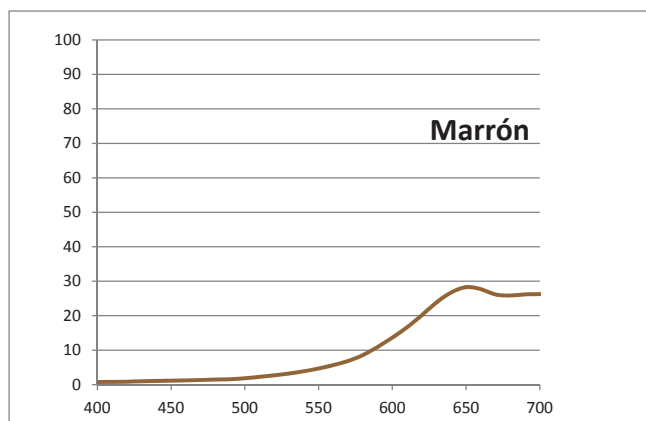
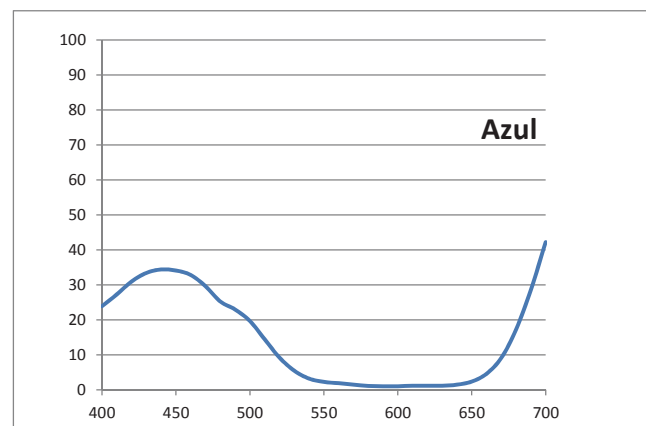
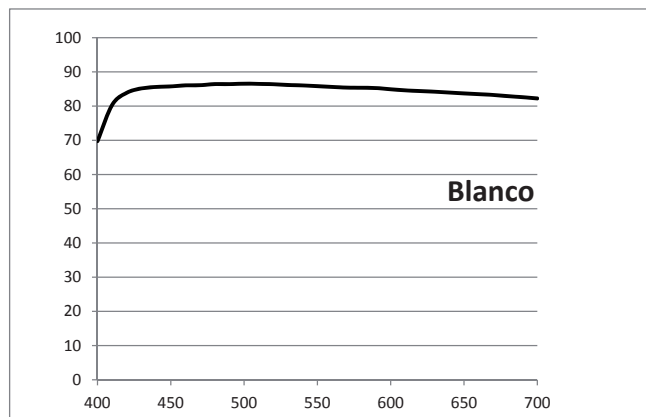
Acuerdos inter-instrumentales

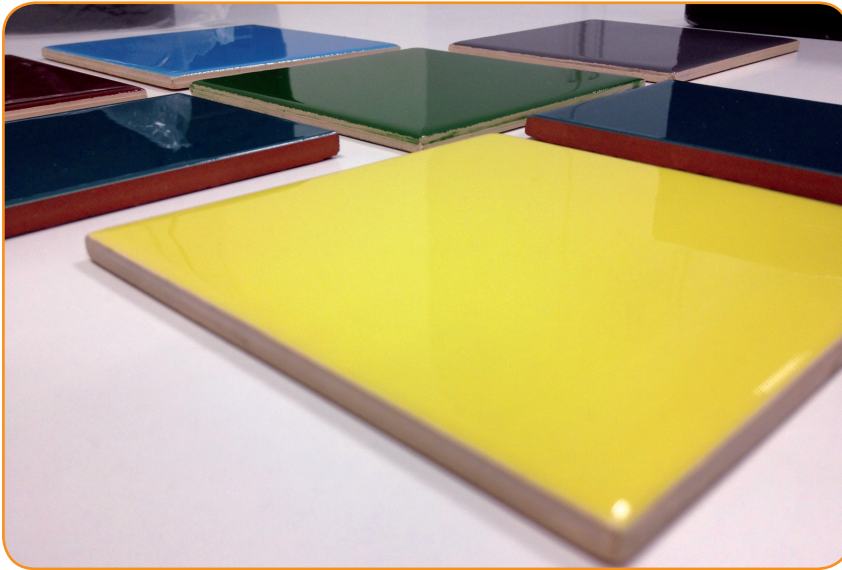
Una de las preguntas que habitualmente se formulan los usuarios de equipos en la industria gráfica es la siguiente: ¿las medidas de color realizadas sobre una muestra con diferentes instrumentos suelen ser las mismas? Desafortunadamente la respuesta suele ser negativa, debido a que en la medida influyen muchos parámetros.

Para que la respuesta de los equipos sea lo más parecida posible habrá que estandarizar la medida del color y para ello habrá que tener en cuenta aspectos como:

- La geometría del instrumento;
- El observador empleado;
- El iluminante;
- La apertura del instrumento o área de medida;
- La resolución del instrumento;
- El uso de filtros polarizantes;
- El uso de filtros UV;
- El tiempo de puesta en marcha del instrumento;
- El calentamiento de la lámpara;
- Las condiciones ambientales;
- La tarjeta o cerámica de linealización del dispositivo;
- El método de medida;
- Las aproximaciones hechas por los equipos;
- Las fórmulas empleadas para los cálculos por el equipo;

Cuando uno o más de estos parámetros se cambian, los valores resultantes de la medida del color también pueden variar. Si miden dos usuarios diferentes o se emplean emplazamientos distintos se modifican, el





color o la densidad cambiará y no se puede esperar que haya acuerdo inter instrumental. El mejor acuerdo entre instrumentos siempre se encuentra con el mismo modelo de instrumento, del mismo fabricante y haciendo coincidir el resto de las variables enumeradas.

Una vez alineados los instrumentos según las especificaciones anteriores habrá que calcular los acuerdos inter instrumentales y habrá que establecer resultados de medición, trazables y repetibles, dentro de un rango de tolerancias específicas para cada modelo de una serie de instrumentos.

Como se ha dicho antes, instrumentos del mismo tipo deberían medir los mismos valores. Técnicamente esto no es posible totalmente, por lo que los datos de un acuerdo inter instrumental se utilizan para mostrar las diferencias entre instrumentos individuales.

Según Konica Minolta, el valor central apto del acuerdo inter instrumental se determina con las mediciones de una cantidad específica de instrumentos de un primer lote de producción. Sin embargo, en colorimetría, no podemos hablar de un único punto de color central por lo que se deben utilizar más muestras. Es por ello por lo que los laboratorios cuando hacen intercomparaciones entre ellos suelen emplear un juego de 12 cerámicas de color BCRA serie II para establecer

dicho acuerdo inter instrumental (figura adjunta).

Las placas se suelen medir en laboratorio con un instrumento “maestro”. Los valores promedio de varias medidas sobre las cerámicas permiten establecer los puntos centrales para cada color y así establecer el valor central para el acuerdo inter instrumental. En la figura inferior se pueden ver las medidas llevadas a cabo por diferentes clases de instrumentos para una cerámica de color verde.

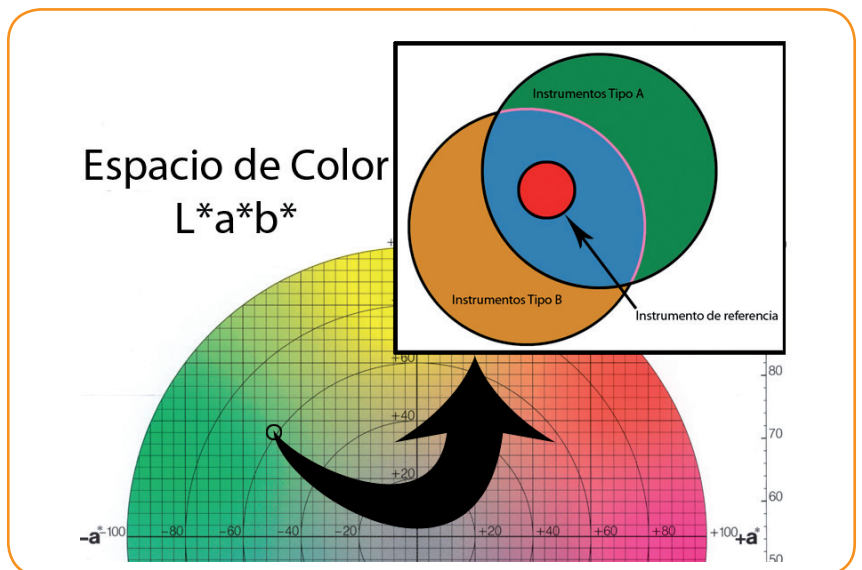
El tamaño de los círculos expresa las diferencias de color medidas con esos instrumentos. Cuanto más área tenga el círculo, mayor será la dispersión de los datos medidos por

esos equipos y por tanto, aumentará la incertidumbre de medida. Como es lógico, el instrumento de referencia es el que tiene un círculo de menor superficie por lo que allí, el acuerdo inter instrumental será mejor. Como es lógico, los equipos A y B presentan peores acuerdos.

Si los equipos han medido de la misma forma, las diferencias son únicamente debidas a la propia construcción del instrumento. Por el mismo motivo, los centros de los círculos tampoco coinciden en la misma posición. En resumen, al no coincidir los centros, no será posible comparar resultados absolutos de medición de diferentes tipos de instrumentos.

Debido a esto, algunos fabricantes de equipos y de software para la medición del color están desarrollando aplicaciones que permiten comparar los resultados obtenidos por diferentes instrumentos. Es el caso de:

- NetProfiler de Xrite: Aquí el cliente mide una muestra que es comparada a través de Internet con la que mide un instrumento maestro generando un perfil.
- MAESTRO de DataColor: Similar a X-Rite NetProfiler, MAESTRO corrige diferencias de medición entre colores debido al envejecimiento, el medio ambiente o al diseño del fabricante. Este software de espectrofotómetros correlaciona el instrumento de refe-



rencia principal del fabricante con las medidas realizadas por los “clientes” consiguiendo mínimas diferencias en la medida del color.

- Collaborative Testing Services Inc. (CTS) es una organización que realiza pruebas interlaboratorio. En estas pruebas, el desempeño de un laboratorio no se compara con una referencia absoluta. En su lugar, se emplean métodos estadísticos comparativos multivariados con la ayuda del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) que es el equivalente a ENAC en España.

El certificado de calibración

Los certificados de calibración que emite un laboratorio acreditado ENAC deben contener los siguientes elementos:

- Código de calibración único;
- Número de páginas del certificado y numeración de las mismas;
- Nombre del laboratorio que emite el certificado y sus datos.;
- Tipo de equipo a calibrar;
- Marca;
- Modelo;
- Número de serie;
- Peticionario;
- Fecha de recepción y calibración;
- Quién lo calibra y verifica;
- Las condiciones ambientales en las que se llevó a cabo la calibración;
- Trazabilidad de las mediciones;
- Los resultados de la calibración, y
- La incertidumbre.

La figura de la página siguiente recoge un ejemplo de certificado.

Los resultados y la incertidumbre obtenida en la calibración permitirán al usuario conocer si el equipo puede ser empleado para el uso previsto. Esto puede dar lugar a tres situaciones distintas:

1. No existen diferencias importantes entre los patrones y las medidas realizadas con el equipo. Esto impli-

SERVICIOS INTEGRALES Y PROGRAMAS “PARTNER”

El laboratorio del ITGT ofrece a sus clientes la posibilidad de beneficiarse de mejores precios cuando este envía varios dispositivos a calibrar, de tal manera, que la calibración y puesta a punto de los equipos del cliente se hace en el mismo momento con las ventajas, el ahorro de costes y tiempos que esto conlleva.

Además de estos beneficios, también existe la posibilidad de crear contratos de mantenimiento de equipos con el laboratorio para conservarlos calibrados y al día durante toda su vida útil. Este sistema permite al cliente desentenderse de los intervalos de mantenimiento y calibración ya que el laboratorio se preocupa por ello y le ofrece este servicio integral. Sumarse a uno de estos planes implica una disminución considerable de costes para la empresa ya que en ellos se incluye la recogida y envío de los equipos de las instalaciones del propio cliente o, si este lo desea, la calibración misma se puede llegar a hacer en sus propias instalaciones (calibración “in situ”) sin que el equipo tenga que salir de sus instalaciones.

Una tercera opción a la que se pueden sumar las empresas gráficas es acogerse a uno de los programas partner del ITGT en donde por ejemplo, la organización subcontrata la calidad de su organización, la puesta a punto de sus equipos de impresión, la linealización de sus dispositivos o incluso la certificación en alguna de las normas del ámbito de la industria gráfica y en muchos casos la calibración ENAC de sus instrumentos queda englobada en el conjunto de estas acciones.

Para más información sobre los diferentes tipos de servicios que ofrece el ITGT, por favor póngase en contacto con nosotros a través de cualquiera de los canales disponible, Web, teléfono o Email.

ca que se puede utilizar sin problema para el fin para el que el cliente lo tenía destinado.

2. Las diferencias son importantes en unos patrones y en otros no. Esto significa que el equipo podría ser utilizado con restricciones del rango o, para algunos equipos, aplicando correcciones. Estas correcciones serían posibles en la calibración de una balanza o un termómetro pero no aplicables para la medida del color.

3. Las diferencias son tan significativas que el equipo no debe ser empleado bajo ningún concepto. En este caso la única solución sería su reparación, la cual puede ser gestionada por el propio laboratorio, es el caso del laboratorio del ITGT.

Para este tercer caso, siempre será el cliente el que decida cuando el equipo debe ser retirado y enviado a reparación pues depende de las tolerancias de color que le sean permitidas a la organización que emplee el

espectrofotómetro. Un ejemplo, si la industria gráfica emplea tolerancias en sus normas en $5 \Delta E$, el resultado de la medición y la incertidumbre no debería superar dos ΔE .

Conclusiones

Llegados a este punto, y tras haber analizado detenidamente los datos aportados anteriormente, se puede concluir que:

- Los instrumentos de medida de color se deben mantener en las mejores condiciones posibles para evitar su deterioro.
- En la industria gráfica se pueden utilizar diferentes dispositivos para medir el color. Si queremos garantizar que todos devuelvan valores similares deberemos ajustarlos en función del instrumento y se aconseja emplear en los mismos los parámetros que recoge la tabla adjunta.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número 20110016
Number

Página 1 de 6 páginas
Page of pages

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GRÁFICO TAJAMAR
C/ Pío Felipe, 12
28038 Madrid
Telf: 91 477 25 00 Fax 91 478 27 59
www.itgt.es
ivillalba@tajamar.es



OBJETO: Espectrofotómetro-Densitómetro
Item

MARCA: X-Rite
Make

MODELO: 939
Model

NÚMERO DE SERIE: 08220
Serial Number

PETICIONARIO: INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GRÁFICO TAJAMAR
C/ Pío Felipe, 12
28038 Madrid
Telf: 91 477 25 00 Fax 91 478 27 59

FECHA DE CALIBRACIÓN: 01/06/2012
Date of calibration

FECHA DE RECEPCIÓN: 01/06/2012
Date of receipt

Signatario/s autorizado/s Authorized signatory/ies	CALIBRADO POR:	VERIFICADO POR:
Madrid, 01 de junio de 2012	Ignacio Villalba	Luis Francisco Rivera

El presente certificado se expide conforme a las condiciones de acreditación concedidas por ENAC que ha comprobado la capacidad de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.

ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards

ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

- Para garantizar que la medida de los instrumentos sea correcta, es responsabilidad de los propietarios calibrarlos anualmente y verificarlos regularmente mediante las referencias del equipo.
- La puesta a cero de los instrumentos no es lo mismo que la calibración del equipo. Poner a cero el instrumento no garantiza que vaya a medir correctamente pero, si no se hace al menos una vez al día, lo más probable es que no responda correctamente.

Para finalizar, la calibración de los equipos en términos de valor económico y de competitividad no suponen carga alguna para las organizaciones gráficas y su envío a un laboratorio acreditado ENAC supone una garantía y una confianza en el equipo de inestimable valor. No olvidemos las palabras de ENAC “A veces, la diferencia entre tranquilidad e intranquilidad puede parecer pequeña, pero en realidad es muy grande”

Bibliografía

BURNS, R. S. AND RENFF, L., (1997) “An Abridged Technique to Diagnose Spectrophotometric Errors”, Colour Research and Application, 22 1, 51-60.

EA-4/02 (1999): “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”. En <http://www.european-accreditation.org/n1/doc/ea-4-02.pdf>

ENAC (2012) “La actualidad de la acreditación ENAC 2012” Revista nº 60 del segundo trimestre. Disponible en <http://www.enac.es/la-revista-de-enac/files/assets/downloads/publication.pdf>

IFRA (2007): “Inter-Instrument Agreement in Colour and Density Measurement” Ifra Special Report

ISO/IEC 17025:2005. “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” Disponible en www.aenor.es

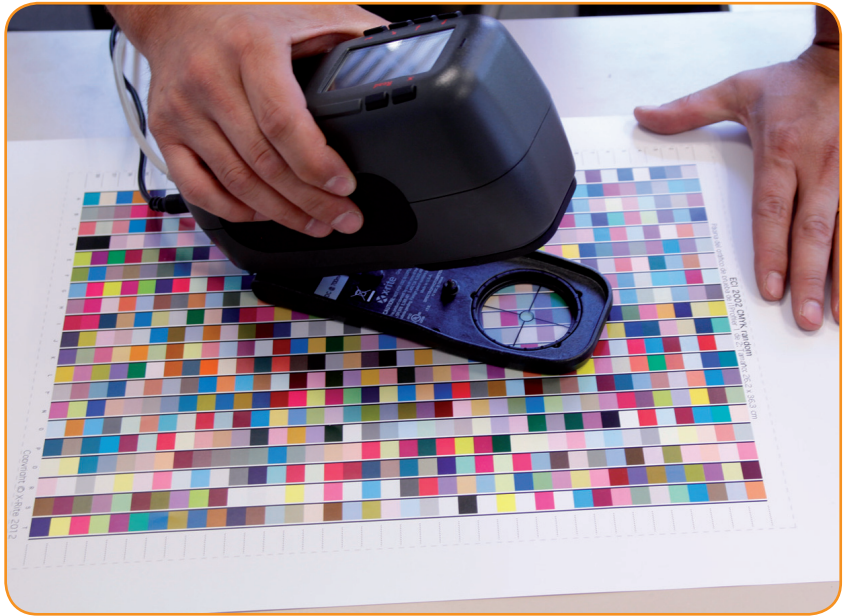
MAROTO, A., BOQUÉ, R., RIU, J. & RIUS, F. X. (2001): “Incertidumbre y precisión” Departamento de Química

	Medida del color	Medida de la densidad
Geometría del instrumento	0:45° ó 45:0°. Geometrías de esfera no son recomendables para medir el color en la producción gráfica	0:45° es la habitual
Iluminante	D50	A
Observador	2°	No aplica
Modo de medida	Absoluto	Relativo (cero sobre el papel)
Filtro UV:	Seleccionable por el usuario	Permanentemente instalado
Filtro de Color:	No aplica para espectrodensitómetros	Filtros de color CMY para el Status E y el visual para el negro.
Filtro de Polarización:	Si lo lleva se debe quitar	Dos – de polarización cruzada
Medida sobre fondo:	Blanco para la lectura del color en pruebas o negro para la medida en la impresión	Negro

Análítica y Química Orgánica Instituto de Estudios Avanzados Universitat Rovira i Virgili. Disponible en: <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/incert.pdf>

UNE-ISO 3534-1:2008 “Estadística. Vocabulario y símbolos. Parte 1: Términos estadísticos generales y términos empleados en el cálculo de probabilidades” Disponible en www.aenor.es

VIM (2008): “Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales y términos asociados” Disponible en www.cem.es.



En las páginas se recoge un anexo cons las especificaciones técnicas del alcance la Acreditación par el Laboratorio de ITGT.

ENAC
Entidad Nacional de Acreditación
Otorga la presente / Grants this

ACREDITACIÓN
204/LC543

a la entidad técnica / to the technical entity

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GRÁFICO
TAJAMAR, (ITGT) DEL
CENTRO CULTURAL Y DEPORTIVO
TAJAMAR, S.A.**

Según criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para la realización de CALIBRACIONES en el área ÓPTICA definidas en el ANEXO TÉCNICO adjunto.
According to the criteria in UNE-EN ISO/IEC 17025 for the performance of Calibrations in the area of Optics as defined in the attached Technical Annex.

Fecha de entrada en vigor / Coming into effect: 13/04/2012

 Antonio Muñoz Muñoz
Presidente
13 de abril de 2012

La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra. Este documento no tiene validez sin su correspondiente anexo técnico, cuyo número coincide con el de la acreditación. This accreditation and its technical annex could be reduced, temporarily suspended and withdrawn. The state of validity of it can be confirmed at www.enac.es.

The accreditation maintains its validity unless otherwise stated. The present accreditation is not valid without its corresponding technical annex, which number coincides with the accreditation. This accreditation and its technical annex could be reduced, temporarily suspended and withdrawn. The state of validity of it can be confirmed at www.enac.es.

ENAC es firmante del Acuerdo Europeo de Reconocimiento Mutuo firmado entre Organismos Nacionales de Acreditación (www.european-accreditation.org).
ENAC is signatory of the European Recognition Agreement signed among National Accreditation Bodies (www.european-accreditation.org)

Ref.: CLC/5212

ENAC
Entidad Nacional de Acreditación
Otorga la presente / Grants this

ACREDITACIÓN
979/LE1921

a la entidad técnica / to the technical entity

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GRÁFICO
TAJAMAR, (ITGT) DEL
CENTRO CULTURAL Y DEPORTIVO
TAJAMAR, S.A.**

Según criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para la realización de ENSAYOS de COLORIMETRÍA definidos en el ANEXO TÉCNICO adjunto.
According to the criteria in UNE-EN ISO/IEC 17025 for the performance of Test of Colorimetry as defined in the attached Technical Annex.

Fecha de entrada en vigor / Coming into effect: 13/04/2012

 Dr. Antonio Muñoz Muñoz
Presidente
13 de abril de 2012

La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra. Este documento no tiene validez sin su correspondiente anexo técnico, cuyo número coincide con el de la acreditación. La presente acreditación y su anexo técnico están sujetos a modificaciones, suspensiones temporales y retirada. Su vigencia puede confirmarse en www.enac.es.

The accreditation maintains its validity unless otherwise stated. The present accreditation is not valid without its corresponding technical annex, which number coincides with the accreditation. This accreditation and its technical annex could be reduced, temporarily suspended and withdrawn. The state of validity of it can be confirmed at www.enac.es.

ENAC es firmante del Acuerdo Europeo de Reconocimiento Mutuo firmado entre Organismos Nacionales de Acreditación (www.european-accreditation.org).
ENAC is signatory of the European Recognition Agreement signed among National Accreditation Bodies (www.european-accreditation.org)

Ref.: CLE/5213

ANEXO TÉCNICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GRÁFICO TAJAMAR, (ITGT)
 DEL
 CENTRO CULTURAL Y DEPORTIVO TAJAMAR S.A.
 Laboratorio de color**

Dirección: C/ Pío Felipe, 12; 28038 Madrid (MADRID)

Está acreditado por la **ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN**, conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 (CGA-ENAC-LEC), para la realización de las Calibraciones en el Area:

Óptica

Categoría 0: Calibraciones en laboratorio permanente

MAGNITUD Quantity	CAMPO DE MEDIDA Range	CMC(*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments
COLOR, COORDENADAS x, y, Y L*, a*, b* 8º:DI y 8º:DE (Difusa) (Color coordinates)	x: 0 a 0,9 y: 0 a 0,9 Y: 0 a 100 L*:0 - 100 a* -100 a +100 b*:-100 a +100	0,0012 0,0012 0,56 0,31 0,15 0,12	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros Colorímetros Triestímulo
COLOR, COORDENADAS x, y, Y L*, a*, b* (0:45ºa) (Color coordinates)	x: 0 a 0,9 y: 0 a 0,9 Y: 0 a 100 L*:0 - 100 a* -100 a +100 b*:-100 a +100	0,0012 0,0012 0,57 0,31 0,17 0,12	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros Colorímetros Triestímulo
REFLECTANCIA Difusa 8º:DI y 8º:DE Diffuse Reflectance	(380 - 410 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,24 0,32 0,63	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros
	(410 - 780 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,20 0,22 0,61	

El presente anexo técnico está sujeto a posibles modificaciones. La vigencia de la acreditación puede confirmarse en la página web de ENAC (<http://www.enac.es>)

MAGNITUD Quantity	CAMPO DE MEDIDA Range	CMC(*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments
REFLECTANCIA (0:45°a) Reflectance	(380 - 410 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,24 0,32 0,63	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros
	(410 - 780 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,20 0,23 0,63	
Densidad Óptica 0:45° Optical Density	0,01 < DO ≤ 0,35 0,35 < DO ≤ 0,82 0,82 < DO < 2	0,02 0,03 0,10	Densitómetros por reflexión Espectrodensitómetros

(*) CMC: Capacidad de Medida y Calibración es la menor incertidumbre de medida que el laboratorio puede proporcionar a sus clientes, expresada como incertidumbre expandida para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

(*)CMC: Calibration and Measurement Capability is the smallest uncertainty of measurement the laboratory can provide to its customers, expressed as the expanded uncertainty having a coverage probability of approximately 95%.

Categoría I (Calibraciones "in situ")

MAGNITUD Y SUBMAGNITUD	CAMPO DE MEDIDA	INCERTIDUMBRE (*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Y PROCEDIMIENTOS
COLOR, COORDENADAS x, y, Y, L*, a*, b* 8º:DI y 8º:DE (Difusa) (Color coordinates)	x: 0 a 0,9	0,0012	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros Colorímetros Triestímulo
	y: 0 a 0,9	0,0012	
	Y: 0 a 100	0,56	
	L*:0 - 100	0,31	
	a* -100 a +100	0,15	
b*:-100 a +100	0,12		
COLOR, COORDENADAS x, y, Y L*, a*, b* (0:45°a) (Color coordinates)	x: 0 a 0,9	0,0012	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros Colorímetros Triestímulo
	y: 0 a 0,9	0,0012	
	Y: 0 a 100	0,57	
	L*:0 - 100	0,31	
	a* -100 a +100	0,17	
b*:-100 a +100	0,12		

MAGNITUD Y SUBMAGNITUD	CAMPO DE MEDIDA	INCERTIDUMBRE (*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Y PROCEDIMIENTOS
REFLECTANCIA Difusa 8º:DI y 8º:DE Diffuse Reflectance	(380 - 410 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,24 0,32 0,63	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros
	(410 - 780 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,20 0,22 0,61	
REFLECTANCIA (0:45ºa) Reflectance	(380 - 410 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,24 0,32 0,63	Espectrodensitómetros Espectrocolorímetros
	(410 - 780 nm) 1 < R ≤ 15 15 < R ≤ 45 45 < R < 100	0,20 0,23 0,63	
Densidad Óptica 0:45º Optical Density	0,01 < DO ≤ 0,35 0,35 < DO ≤ 0,82 0,82 < DO < 2	0,02 0,03 0,10	Densitómetros por reflexión Espectrodensitómetros

(*) CMC: Capacidad de Medida y Calibración es la menor incertidumbre de medida que el laboratorio puede proporcionar a sus clientes, expresada como incertidumbre expandida para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

(*)CMC: Calibration and Measurement Capability is the smallest uncertainty of measurement the laboratory can provide to its customers, expressed as the expanded uncertainty having a coverage probability of approximately 95%.