

Dispositivo compacto y procedimiento automatizado para calibración y/o verificación de equipos de medición de iluminancia por medio de fluctuación de intensidad con fuente de iluminación LED

CAMPO DE LA INVENCION

Pertenece al campo de las mediciones y ensayos específicamente a los medidores de fotometría usando variación de intensidad o distancia de la fuente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El luxómetro o medidor de iluminancia es un instrumento de medición muy utilizado en los laboratorios de ensayos de productos de iluminación, organismos que prestan servicios de certificación de instalaciones de iluminación y empresas que requieren verificar niveles de iluminación en los espacios de trabajo, así como en empresas dedicadas al diseño y montaje de sistemas de iluminación que comúnmente emplean estos equipos para verificar la intensidad lumínica de las distintas áreas de trabajo en estudios previos a un diseño de iluminación y de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

De acuerdo con lo anterior, la necesidad de calibrar y/o verificar estos instrumentos se vuelve muy importante para garantizar las mediciones y así tomar decisiones que implican entre otras cosas: la certificación de una instalación de iluminación, el cambio de un sistema de iluminación y hasta determina el rendimiento, confort visual y productividad de las personas en su quehacer diario.

En la actualidad los laboratorios de calibración acreditados para calibrar este tipo de instrumentos se basan en normas tales como: BS 667: 2005 "Illuminance meters. Requirements and test methods", CNM-MFO.PT.004 "Calibración de medidores de iluminación" y procedimientos internos, la mayoría basados en el método de calibración de NIST (National Institute of Standard and Technology) en su publicación 250-95 "NIST Measurement Service Photometric Calibration" (Tomado de <https://nvlpubs.nist.gov/>

nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.250-95.pdf). Este método consiste en calibrar los luxómetros a partir del principio físico de intensidad luminosa o Ley de Bouguer.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

E: Iluminancia en luxes (lx).

I: Intensidad luminosa en candelas (cd)

d: Distancia en metros (m),

utilizando una bombilla de referencia tipo incandescente halógena llamada iluminante A de ciertas propiedades espectrales como la temperatura de color correlacionada de 2856 K, que emite una intensidad luminosa constante y que a partir de la variación de la distancia se obtiene un valor de iluminancia (E) o luxes, determinando así la calibración del luxómetro o equipo de medición de iluminancia.

En la siguiente imagen se muestra el banco de calibración de acuerdo al método NIST:

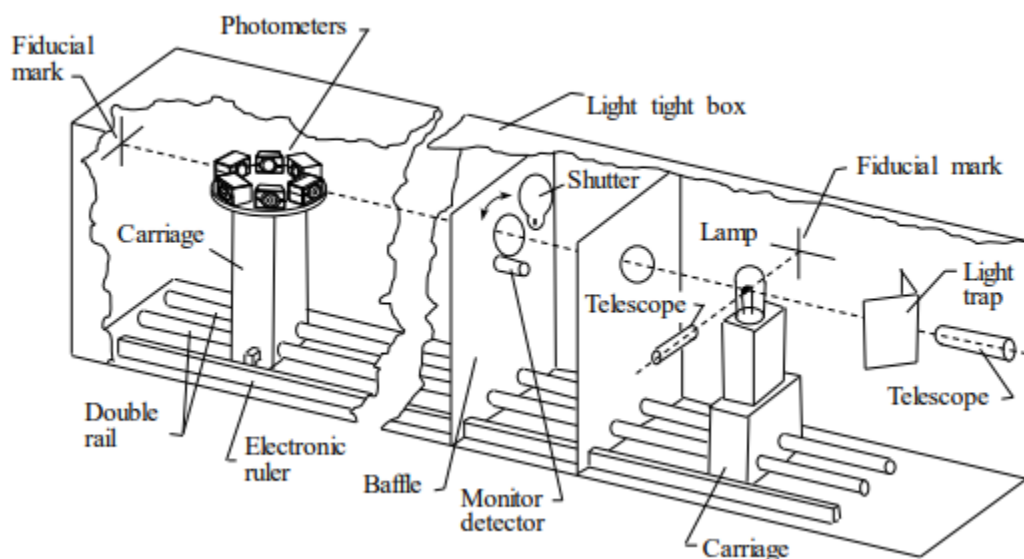


Figura. Extracto tomado de <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.250-95.pdf> exactamente figura 8.

Este método de calibración implica tener un cuarto de dimensiones considerables para cubrir varios puntos de medición en donde por ejemplo, si la bombilla incandescente halógena patrón emite una intensidad luminosa de 1200 cd y se desea calibrar el punto de 10 lx tendría que ubicarse el luxómetro bajo calibración a una distancia de 10,95 m o sino disponer de otra bombilla patrón con una intensidad luminosa menor, por ejemplo de 600 cd, para ubicar el luxómetro a menor distancia o 3,6 m; pero si se requiere calibrar más de 10.000 lx, la bombilla de referencia debería tener mayor intensidad luminosa y acercarse el luxómetro bajo calibración lo mejor posible a la bombilla de referencia sin violar el principio que especifica la ley de Bouguer en donde se cumple si solo si la fuente de iluminación es puntual es decir está ubicada una distancia no menor de 10 veces el tamaño de la fuente de iluminación. Ahora bien, las bombillas incandescentes en la actualidad son tecnologías de iluminación poco usadas dada su connotación de muy baja eficiencia que en algunos países ha sido prohibido su uso o comercialización determinando así la baja oferta de las mismas y muy pronto la escasez de la misma. En conclusión, bajo este método de medición es indispensable disponer de un cuarto con dimensiones considerables y/o diferentes bombillas patrón que garanticen intensidades luminosas particulares limitando así el rango de calibración de los equipos de medición, así mismo es claro que se debe cambiar la tecnología de iluminación dada la connotación que existe en el mundo por utilizar productos eficientes energéticamente.

Existen algunas publicaciones en literatura científica, entre ellas “Calibration of Lux Meter using Comparison Method”¹ que mencionan otros tipos de metodología que en su mayoría parten de la base del método NIST, sin embargo, aunque el método usado es similar “por comparación”, no fluctúa la intensidad luminosa sino la distancia focal (2 cm a 400 cm). Asimismo, los luxómetros tanto de prueba como de referencia no rotan en su propio eje sino que tienen un movimiento vertical de acuerdo al documento, tampoco indica el tipo de fuente de iluminación, sin embargo, como es bajo estándar se puede deducir que es bombilla incandescente.

En cuanto a los antecedentes relevantes en el estado de la técnica, se encuentran como

¹ Rabade, Saurabh & Adkar, Chaitanya & Dandavate, Miten & Shinde, Amita. (2015). Light Intensity Meter Calibration System using Comparison Method.

cercanos los que se relacionan a continuación:

Número	CN110394745
DIFERENCIAS	No se utiliza para el tipo de aplicación determinado (luxómetros) sino para medición de otros tipos de magnitud en este caso ángulo y planitud a partir de laser.

Número	US20130050690
DIFERENCIAS	Método usado es similar “por comparación”, pero no fluctúa la intensidad luminosa sino la distancia focal de manera vertical. Los luxómetros tanto de prueba como de referencia no rotan en su propio eje sino tienen un movimiento vertical de acuerdo al documento.

Número	US2012105402
Comentarios	Es un dispositivo de control led utilizado para variar la intensidad luminosa del LED y no es funcional para calibración de medidores de iluminación.

En la actualidad los laboratorios de calibración de luxómetros acreditados tienen un intervalo de calibración de hasta 6000 lx.

En conclusión, de acuerdo con el método de medición y producto inventado, a continuación se sintetizan las ventajas frente a la búsqueda de patentes y documentos relacionados anteriormente:

No se requiere de un cuarto o espacio de trabajo de grandes dimensiones, ya que por medio del compartimento hermético se logró compactar el componente mecánico del

sistema de calibración, reduciéndolo a menos de 120 cm, lo que facilita su transporte y adecuación a espacios de trabajo reducidos aumentando así la versatilidad en su uso.

La bombilla incandescente generalmente usada en estas prácticas, fue sustituida por una bombilla LED de alta eficiencia y alto rendimiento espectral. El equipo utiliza fuente de iluminación LED cuyo estado del arte se encuentra en continuo desarrollo dada la política mundial por utilizar este tipo de tecnologías y prohibir el uso de la bombilla incandescente. Acorde a estudios de los comités técnicos de la organización más grande reconocida en iluminación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) se está investigando en el desarrollo del espectro de referencia LED para reemplazar el iluminante A (Incandescente halógena), en donde se pretende encontrar la calidad de la coincidencia de fuentes reales con el espectro de referencia para efectos de calibraciones fotométricas (Ref. Espectro de referencia LED para calibración de fotómetros | CIE).

Con base en lo anterior, no se requiere reemplazar la fuente de iluminación por otra de mayor o menor intensidad luminosa, la presente invención utiliza solo una fuente de iluminación y esta es graduable en intensidad luminosa a partir de la variación de corriente eléctrica automatizada por software. En ese sentido, la solución propuesta se anticipa a los futuros estándares en la práctica de calibración que implementará el led patrón. En adición a lo anterior, el intervalo de medición posible es amplio, pudiendo oscilar entre 0 y hasta 150.000 lx.

El principio de medición usado es por comparación basado en luxómetro de referencia calibrado bajo estándar de calibración actual y variación de intensidad luminosa. Se propone para una futura invención y dado los estudios publicados por la CIE, esta invención pueda adaptarse fácilmente considerando que a futuro puede existir una fuente de iluminación LED de referencia.

Las mediciones son registradas de manera automática en software, adquiriendo datos de medición en tiempo real provistos por el luxómetro patrón, rutinas de calibración o verificación determinadas por el usuario del equipo y registro fotográfico de luxómetro bajo calibración para dejar evidencia o soporte fundamental en toda calibración.

Todo el proceso de medición se encuentra automatizado lo que conlleva a obtener resultados más precisos y optimizar el tiempo de trabajo y los recursos usados.

Esta invención puede utilizarse para realizar la verificación de cualquier tipo de luxómetro, que podría tener diferentes dimensiones, formas y disposiciones del sensor fotométrico; la solución que integra se establece a partir de un soporte de giro o sujeción (4) ajustado por medio de una pinza accionada por un tornillo y una corredera con el fin de garantizar la alineación que permite proveer mediciones más confiables en el tiempo.

Las rutinas del software permiten configurar y ejecutar la actividad de verificación y/o calibración de luxómetros de manera automatizada, al finalizar la actividad se puede obtener la información y registro de las mediciones por medio de un archivo que se guarda en formato PDF con una estructura de presentación similar a un certificado de calibración, un archivo de texto que puede ser útil a la hora de gestionar las mediciones en el tiempo con cualquier otro software (como hojas de cálculo) y el registro fotográfico de cada una de las mediciones tomadas del luxómetro bajo calibración en formato jpg. con la finalidad de evidenciar objetivamente y robustecer las mediciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El verificador y/o calibrador de luxómetros automatizado y procedimiento para calibración por medio fluctuación de intensidad con fuente de iluminación LED es un equipo con un procedimiento de mediciones de iluminancia diseñado para verificar y/o calibrar los luxómetros (medidores de iluminancia) con el fin de determinar el error que estos equipos presentan al medir esta magnitud, disminuyendo los costos de calibración redundantes a través de la verificación en el tiempo de los errores o inclusive en laboratorios de calibración este equipo podría servir para calibrar partiendo del principio de comparación que utiliza este equipo de medición; y un proceso que permite la verificación automatizada de la precisión en la medición de luxómetros, hasta en diez puntos y en un rango de 0 a 150.000 luxes. Se realiza a partir de la fluctuación de intensidad luminosa

provista por una fuente de iluminación led, en comparación con un luxómetro patrón de medición. También permite registrar las mediciones a partir de soportes en imágenes fotográficas y tiempos de una forma repetitiva según las necesidades del usuario.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Fig.1 Caja de calibración y/o verificación de medidores de iluminancia o luxómetros

Fig. 2 Elementos funcionales del calibrador: fuente led, luxómetro patrón, sistema de giro, cámara y fuente de voltaje.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente invención es un equipo o instrumento de medición con fines de verificación y/o calibración de luxómetros o equipos de medición de iluminancia, a partir de la comparación de la medición con luxómetro patrón o de referencia (2) variando la magnitud de iluminancia desde 0 lx hasta 150.000 lx provista por una fuente de iluminación puntual de tecnología LED (1) de alto índice de reproducción de color mayor a 85 %, temperatura de color de 2800 a 4000 K aproximadamente y ángulo de apertura de intensidad entre 15° y 35°, ubicada a menos de 80 cm de distancia desde la cabeza fotométrica del luxómetro patrón (2) hasta la salida de luz de la fuente de iluminación LED (1). La luz irradiada por la fuente de iluminación atraviesa dos obturadores de luz para evitar luz parásita (3). La intensidad de iluminación es controlada a partir de la variación de voltaje y corriente de la fuente de iluminación LED (1) de manera automática a partir de una fuente variable DC (9) que es controlada por medio de conexión a un computador y un

software que permite automatizar el proceso de calibración, y generar los soportes gráficos de las mediciones realizadas que en conjunto con la adquisición de datos automatizada del luxómetro patrón (2), también conectado al computador y así lograr establecer con alta precisión los puntos de verificación o calibración que el usuario requiera.

La máquina también dispone de un dispositivo de giro (7) de alta precisión que funciona a partir del software que cumple la función de girar, 180° a través de un soporte de giro o sujeción para los luxómetros (4), y alinear las cabezas fotométricas de los mismos, tanto del luxómetro patrón (2) provisto por la máquina, como la del luxómetro bajo verificación (5) o calibración provisto por el usuario. Por medio de este giro en ambas direcciones se compara la medición de manera precisa y a través de la adquisición de datos en software y a partir de múltiples mediciones del mismo punto, se obtienen resultados más precisos garantizando la repetibilidad de dichas mediciones, esto significa que el usuario puede determinar su precisión haciendo más mediciones por punto, esto según lo establece la Guía Internacional de Mediciones del VIM en donde a mayor número de mediciones mejora la precisión representada por la famosa curva o campana de Gauss que estadísticamente representa un comportamiento natural de las mediciones y una tendencia central.

La máquina también dispone de una microcámara (11) conectada al computador que cumple la función de realizar un registro fotográfico de manera automatizada a través del software de programación. Este registro fotográfico evidencia la medición del luxómetro bajo verificación o calibración para soportar de manera objetiva los resultados particulares que tiene una medición.

El mecanismo descrito y los componentes que lo integran (Figura 2) se instalan en un compartimiento cerrado (10) que evita el ingreso de luz parásita o luz del entorno que afecte las mediciones de verificación o calibración que se realicen y a su vez por el tinte negro mate (práctica común) evitan interreflexiones que impliquen errores en la medición.

La fuente DC variable (9) se diseñó partiendo de la potencia máxima de la fuente de iluminación LED (1) y la variación de intensidad luminosa requerida para calibrar o verificar luxómetros en el rango de medición de 0 hasta 150.000 lx. Esta fuente DC variable (9) dispone de dos puertos de conexión USB tipo C y B con el objetivo de registrar, controlar y limitar voltaje y la corriente a través del programa de ordenador (3). La alimentación de esta fuente es de 120 a 220 V. Dispone de una salida DC variable para conectar la fuente de iluminación LED (1) y una salida adicional para conectar la alimentación del dispositivo de giro (7).

El dispositivo de giro (7) es un dispositivo de alta precisión que garantiza la horizontalidad, giro y dirección de las cabezas fotométricas tanto del luxómetro patrón (2) como del luxómetro bajo calibración o verificación (5) hacia la fuente de iluminación LED (1). Este dispositivo es conectado a través de un puerto USB al ordenador para interactuar junto con los demás dispositivos controlado por medio del software (3).

Para llevar a cabo la verificación de los luxómetros se debe garantizar que la distancia entre la bombilla y los luxómetros sea exactamente la misma con el fin de asegurar que los luxómetros midan el mismo nivel de iluminancia, es por esto que en la parte posterior de la máquina se ha dispuesto de un calibrador de profundidad (6) como el mostrado en la figura 1 con el que se verificará la alineación y la distancia entre los luxómetros y la salida de luz.

Un sistema que se compone de, al menos, dos correderas que están compuestas por dos pasadores y un tornillo (8), y que se integra al conjunto inventivo para garantizar que la altura y la distancia entre la fuente de iluminación LED (1) y los luxómetros (2) y (5) sea la misma.

La integración con el software (3) se realiza conectando la Fuente DC variable (9), el dispositivo de giro (7), el luxómetro patrón (2) y la micro cámara (11) a un dispositivo de puertos USB genérico multicanal (12).

La interfaz de configuración del software permite ingresar datos como nombre de la empresa que realiza las mediciones, persona encargada, dirección y teléfono. Igualmente

permite seleccionar la carpeta donde guardar la información que resulte de las mediciones en PDF. En esta interfaz antes de comenzar la actividad de verificación y/o calibración se deben seleccionar los puertos de comunicación de cada uno de los dispositivos conectados y a su vez probar el funcionamiento de cada uno de ellos. Los pasos anteriormente mencionados se pueden guardar para próximas verificaciones y/o calibraciones, de tal forma de que si esta innovación se utiliza siempre con el mismo computador no sea necesario volver a cambiar estos pasos en la rutina de configuración. En esta interfaz también se encuentra la opción de ingresar los datos importantes del certificado de calibración actual del luxómetro patrón con la finalidad de robustecer las mediciones y al finalizar el reporte en PDF y texto arroje los datos teniendo en cuenta los errores del certificado y otras variables para estimar la incertidumbre de medición.

El proceso de medición automatizado por software y desarrollado para este proceso de medición genera una rutina de inicio en donde se deben diligenciar datos de placa del luxómetro a verificar o calibrar, datos de empresa y/o persona a quién va dirigido el informe de resultados registrado por esta invención y los puntos o magnitudes de iluminancia a verificar y/o calibrar. El software permite medir hasta 10 puntos y permite hacer repeticiones hasta de 50 veces por punto. Una vez diligenciado los parámetros anteriores sigue la interfaz de ejecución en donde se van ejecutando las mediciones respectivas tanto del luxómetro patrón (2) como del luxómetro bajo calibración y/o verificación (5) de manera automática tal como se establecieron en la rutina anterior. Una vez finalizado el proceso y sino presenta algún error el software arroja el resultado comparativo a partir de un archivo PDF y texto que evidencia todas las mediciones, registros y cálculos tomados. Durante las mediciones el software realiza unas preguntas que condicionan al usuario del equipo a determinar procesos y decisiones importantes dada la opción de verificación manual, y luego se siguen los siguientes pasos para realizar el proceso de verificación o calibración de luxómetros:

1. Se realizan las conexiones de alimentación y adquisición de datos por medio del cable de alimentación a 120 V o 220 V y el cable USB al PC donde se encuentre instalado el software desarrollado para este proceso de medición.
2. Una vez realizada las conexiones anteriores se procede a encender el equipo con el botón de encendido y correr el software dispuesto para este equipo. Se procede a configurar las opciones que establece inicialmente el software cuando se utiliza por primer vez, tales como: carpeta de almacenamiento de registros fotográficos y reporte de resultados, ingreso de información del usuario pertinente para el reporte de resultados, selección de los puertos de conexión definidos por el administrador de dispositivos del PC entre otros datos relevantes en un proceso de calibración y/o verificación como los datos de calibración del certificado de calibración del luxómetro de referencia o patrón.
3. Una vez realizado el paso anterior se procede a instalar manualmente el luxómetro bajo calibración y/o verificación en el soporte de luxómetros (4), de tal forma que la cabeza fotométrica quede alineada y a la misma distancia del luxómetro patrón con respecto a la bombilla LED (1), utilizando el medidor de distancia integrado dispuesto para ello.
4. Luego se procede a seguir las indicaciones del software para iniciar el proceso de verificación y/o calibración del luxómetro bajo calibración, probando cada uno de los componentes tales como: el giro de 180° del soporte de luxómetros (4), la medición registrada en el *display* vista en la pantalla del PC del luxómetro patrón (2), la visualización del *display* del luxómetro bajo calibración vista en pantalla del PC a través de la cámara web posicionada adecuadamente, la distancia reportada en el paso anterior, la cantidad de mediciones a realizar por punto de medición (máximo 50), la cantidad de puntos de medición (máximo 10) y los puntos particulares a calibrar y/o verificar (rango entre 0 y 150.000 lx).
5. Una vez registrada la parte anterior se procede a seguir con las indicaciones del software, dando inicio al proceso automatizado de calibración y/o verificación de

luxómetros, de tal forma que a partir de la variación de intensidad luminosa de la bombilla controlada por la fuente de voltaje integrada al equipo y automatizada para buscar cada punto de medición especificado en el paso anterior, encuentre el valor objetivo determinado en cada punto secuencialmente, con la opción de registrar manualmente las mediciones tomadas por el registro fotográfico del luxómetro bajo calibración que hace el software y graba en la carpeta determinada en el paso 2 y así poder determinar o volver a validar la medida en caso de requerirlo las veces que desee el usuario.

6. Una vez finaliza el proceso de medición de acuerdo con las indicaciones de cantidad de puntos y mediciones por punto establecidas en el paso 4, el software procede a generar el reporte en PDF tipo certificado calibración y los datos planos del mismo en archivo de texto, esos datos planos son útiles en caso de requerir el usuario más adelante la información para gestionar sus mediciones con otro software (e.g. hojas de cálculo).