

Documento de posición sobre Parpadeo y Efecto Estroboscópico (Fenómenos Temporales de la Luz)

INTRODUCCIÓN

Los efectos no deseados en la percepción visual de un observador dentro de un ambiente luminoso, se denominan “Fenómenos Temporales de la Luz” (TLA en sus siglas en inglés). Estos impactos son inducidos por un estímulo de la luz cuya luminancia fluctúa con el tiempo. Dos ejemplos bien conocidos de tales efectos no deseados son el parpadeo y el efecto estroboscópico.

Los TLA deben restringirse a niveles que eviten la visibilidad directa de dichos efectos por los seres humanos con el riesgo de posibles problemas de salud. Es preocupante la reducción del rendimiento, así como la creación de entornos de trabajo inseguros para las personas debido a la carencia actual de prescripciones para los TLA.

Según la Publicación CIE nº 205 de 2013 la visibilidad del parpadeo como impresión de inestabilidad de la percepción visual producida por un estímulo luminoso cuya luminancia varía en el transcurso del tiempo, depende de muchos parámetros como la frecuencia, profundidad y la forma de la modulación, así como la amplitud media de la salida, el ciclo de servicio, las diferencias cromáticas dentro de un ciclo periódico, la luminancia media del ambiente o fondo del espacio, etc.

Es importante la sensibilidad de las personas, ya que poblaciones pequeñas pero significativas, tales como los afectados de epilepsia, autismo, jaquecas o migrañas pueden tener serias reacciones al parpadeo dado que, sea de forma visible o invisible, la variación periódica de la luminancia suele dar lugar a una respuesta neurológica. Bien entendido, que ello no solamente afecta al bienestar de ciertas poblaciones, sino que también con carácter general reduce las prestaciones visuales y aumenta el cansancio ocular (Wilkins, Veitch y Lehman, 2010).

Por otra parte, la interacción del parpadeo y del movimiento hace más visible o perceptible el parpadeo para las personas, y puede llegar a ocasionar efectos estroboscópicos cuando el objeto parezca moverse de forma discreta o discontinua en lugar de en forma continua, sin olvidar que los efectos estroboscópicos pueden conducir a situaciones peligrosas, cambiando el movimiento percibido, bien de maquinaria giratoria, o que mueve en vaivén.

Por lo tanto, se requieren especificaciones de los TLA que puedan ser adoptados en los reglamentos y normas, dado que el parpadeo y los efectos estroboscópicos son indicadores trascendente de la calidad de una iluminación.

En este momento la determinación de los requisitos exigibles a los TLA se ve obstaculizada por:

- La falta de términos y definiciones adecuadas para los fenómenos TLA;
- El uso de métricas y límites asociados inapropiados.

En este documento de posición se explican los efectos de los TLA, su relevancia, causas fundamentales y la manera más adecuada para especificar los límites de aplicación para los TLA, es decir, las métricas y criterios de aceptación. Las consecuencias consideradas en este documento de posición, se limitan al parpadeo y efectos estroboscópicos percibidos por los seres humanos debido a la modulación en la salida de luz procedente de aparatos de iluminación o luminarias.

Alteraciones adversas sobre sistemas ópticos, tales como cámaras de alta velocidad, teléfonos inteligentes, escáneres de códigos de barras, etc., no se consideran en este documento.

DISTINTOS FENÓMENOS TLA

Existen diferentes términos para describir los fenómenos que pueden ser percibidos por los seres humanos debido al hecho de que la salida o emisión de la luz procedente de una luminaria oscila con el tiempo. El término general para esto es "fenómenos temporales de luz"(TLA), que incluye el parpadeo y el efecto estroboscópico. El término "parpadeo" se refiere a la variación inaceptable de la luz que se percibe directamente por medio de un observador (normal). "Efecto estroboscópico" es una impresión que puede llegar a ser visible para un observador medio cuando se ilumina un objeto en movimiento o rotación. Debe quedar claro en las especificaciones relativas a luminarias o en las normas de aplicación de la iluminación, qué fenómenos han de ser recogidos en las prescripciones de la norma.

CAUSAS Y FACTORES DE VISIBILIDAD

Los dispositivos de alimentación (drivers) pueden llegar a producir parpadeo, y el flujo luminoso de salida de las luminarias es capaz de variar a una frecuencia relativamente baja.

Igualmente, la regulación del flujo emitido puede acentuar la modulación de la luz y, por ende, la percepción de la sensación molesta del parpadeo.

Las posibles causas de modulación de la luz del equipo de iluminación que pueden dar lugar a parpadeo o efecto estroboscópico son:

- La tecnología de la fuente de luz y la tipología de su driver.
- La atenuación de la tecnología de reguladores de intensidad de aplicación externa o reguladores de nivel de luz interno.
- El nivel de atenuación.

- Las fluctuaciones de tensión de la red causada por los aparatos eléctricos conectados a la red eléctrica o intencionalmente aplicados a propósitos de señalización.

Las fluctuaciones de la luz resultantes pueden ser periódicas o no periódicas.

Los factores que determinan la visibilidad de los TLA son los siguientes:

- La frecuencia y la magnitud relativa de la ondulación de luminancia.
- La forma de la onda de la luz (cuadrada, sinusoidal, ciclo de trabajo).
- El nivel de luz del equipo de iluminación.
- El objeto observado/iluminado y su movimiento.
- La sensibilidad del observador, el ángulo de visión y cualquier cambio en la dirección de visión.
- El nivel de luz de fondo dentro del entorno.

LA NECESIDAD DE LIMITAR LOS TLA

Durante los últimos años los comités científicos IEEE PAR 1789 y EC CCRSeri han evaluado los efectos potenciales sobre la salud, el rendimiento y la seguridad resultantes del parpadeo y efectos estroboscópicos. Los posibles efectos adversos sobre la salud humana se cifran en convulsiones epilépticas fotosensibles, migraña y el agravamiento de comportamiento autista. El rendimiento y las implicaciones relacionadas con la seguridad, por ejemplo, son la percepción errónea del movimiento de un objeto y la distracción que puede ser inaceptable en ambientes de trabajo con maquinaria.

La IESNA (2000) ofrece dos medidas para el parpadeo (modulación visible y/o invisible de la luz): el porcentaje de parpadeo (profundidad de modulación MD) y el índice de parpadeo (flicker index FI).

El porcentaje de parpadeo es una medida relativa de la variación cíclica en el flujo luminoso de una fuente de luz (modulación en tanto por ciento), mientras que el índice de parpadeo corresponde a la relación entre el área situada por encima del flujo luminoso medio y el área total de la curva del flujo luminoso para un único ciclo.

El porcentaje de parpadeo no tiene en cuenta la forma, el ciclo de servicio y la frecuencia. Aun cuando el índice de parpadeo es un criterio utilizado en la industria, no puede predecir el efecto de la frecuencia, ni considerar en su totalidad el efecto de la forma de la curva de salida o emisión de la luz (cuadrada, simvoidal, etc.). Es decir, ninguna medida tiene en cuenta todos los parámetros del parpadeo.

Tanto es así, que la Publicación CIE nº 205 de 2013 establece, entre otras, la siguiente conclusión:

- *El parpadeo y los efectos estroboscópicos no se tienen en cuenta de manera apropiada por las medidas corrientes. La investigación está avanzando para desarrollar una nueva medida que ayudará a tratar adecuadamente la molestia y la distracción del parpadeo y de los efectos estroboscópicos.*

Como consecuencia de ello, en Europa, la Comisión Europea (CE) ha emitido el Mandato M/519/ES en el que la necesidad de normas nuevas o mejoradas de rendimiento para la limitación del parpadeo y efectos estroboscópicos, ha sido identificada como una de las áreas claves de interés.

En Europa, se está considerando la adopción de requisitos mínimos del TLA en el próximo Reglamento Único de Iluminación de la Directiva 2009/125/CE sobre Eco-diseño.

MÉTRICA

En la actualidad, “Profundidad de Modulación” (MD) - también llamado porcentaje de parpadeo - e “Índice de Flicker” (FI) o índice de parpadeo, se aplica a menudo para evaluar la gravedad del parpadeo y el efecto estroboscópico. Estas métricas se utilizan sin ningún tipo de distinción de los fenómenos TLA siendo considerados (parpadeo y efecto estroboscópico). Estas métricas también asumen un comportamiento periódico de la ondulación de la luz y no tienen en cuenta las propiedades críticas de la forma de onda de la ondulación de la luz, por ejemplo la frecuencia. Además, la agregación de los diferentes componentes de frecuencia de la ondulación de luz no se consideran. Por lo tanto, las métricas MD y FI ya no deben ser utilizadas para describir y limitar el “parpadeo” y el “efecto estroboscópico” para los seres humanos.

A partir de diversos estudios de percepción se sabe que la sensación de "parpadeo" y del "efecto estroboscópico" depende de la frecuencia. Flicker se hace visible si la frecuencia de las modulaciones de luz varía de unas pocas décimas de Hercios (Hz) hasta aproximadamente 80 Hz, mientras que los efectos estroboscópicos se pueden producir para frecuencias de modulación de la luz de hasta 2 kHz .

Para ambos efectos TLA el umbral de percepción depende también de la forma en que la ondulación de la luz varía en el transcurso del tiempo. Por ejemplo, el parpadeo y los efectos estroboscópicos inducidos por ondulaciones sinusoidal, diente de sierra y variaciones de luz rectangular se perciben de manera diferente. Además, si el rizado de la luz contiene varios componentes de frecuencia, el efecto suma de estos componentes de frecuencia debe tener presente.

En el “parpadeo” la sensibilidad máxima es de alrededor de 10 Hz, para una métrica de parpadeo IEC- stLM , que toma en consideración todos los problemas mencionados anteriormente (véase la Norma IEC TR 61547-1). Para la evaluación objetiva del efecto estroboscópico se ha desarrollado la Medida de la Visibilidad Estroboscópica (SVM) [5]. La métrica SVM incorpora el efecto de dependencia de frecuencia, forma de onda y sumatorios de los componentes de frecuencia.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LAS MEDIDAS TLA

Los criterios de aceptación para las métricas TLA dependen tanto de la *visibilidad*, como de la *situación crítica* de la aplicación. Verbigracia, en un taller la ausencia de efectos estroboscópicos es esencial con respecto a la utilización segura de la maquinaria, a un tiempo que para aplicaciones de iluminación de carreteras al aire libre, los efectos estroboscópicos rara vez constituyen un problema. En consecuencia, la especificación de las dos métricas y su aceptación $stLM \leq 1.0$ y $SVM \leq 1.0$ SVM puede ser adecuada (ver IEC TR 61547-1 y papel SVM).

EVOLUCIÓN DE LA NORMALIZACIÓN

El stLM y su procedimiento de medición se publican en la norma IEC TR 61547-1 [4]. TR 61547-1, que también especifica cómo deben ser probados los aparatos de iluminación contra las fluctuaciones de tensión de la red que puedan estar presentes en la aplicación. Dentro de IEC un grupo de trabajo ad-hoc conjunto JAHG17 del IEC TC23 y TC34 también está considerando las dos métricas stLM y SVM que se detallarán en la nota técnica CIE que se espera publicar a mediados de 2016.

Varias normas de aplicación internacional y regional de iluminación y estándares de la industria están en el proceso de proponer requisitos para limitar el parpadeo y/o efecto estroboscópico.

El Grupo de Trabajo TLA NEMA ha publicado un documento de posición TLA a mediados de 2015. En este documento, se expresa preocupación por el IEEE Std 1789-2015. En primer lugar porque se aplica la métrica MD, y en segundo lugar se han propuesto límites que son demasiado estrictos para muchas aplicaciones, lo que podría agregar costos innecesarios a la electrónica de productos LED. Incluso las lámparas incandescentes no entran dentro de lo que se consideran regiones de riesgo-bajo o efecto-nulo en las prácticas recomendadas.

POSICIÓN DE ANFALUM FRENTE A LOS TLA

ANFALUM reconoce la necesidad de limitar los TLA inducidos por la fluctuación de la luz para eludir la visibilidad directa por los seres humanos, así como los riesgos relacionados con los posibles problemas de salud, y también para evitar la reducción del rendimiento de las personas y para limitar los entornos de trabajo inseguros.

En cuanto a la especificación de los requisitos de los TLA en las próximas normas y reglamentos ANFALUM recomienda:

- *El uso de términos y definiciones distintas para los diferentes fenómenos TLA, el parpadeo y el efecto estroboscópico*

stLM para el parpadeo y SVM para el efecto estroboscópico.

- *Las métricas 'Profundidad de modulación' MD (en sus siglas en inglés) y "Flicker index" FI (en sus siglas en inglés) debe dejar de utilizarse para describir y limitar el parpadeo y el efecto estroboscópico para la percepción humana.*
- *El uso selectivo de las métricas, como "parpadeo" y "efecto estroboscópico" no son relevantes para todos los productos o en todas las aplicaciones.*
- *Excluir los requisitos de los TLA en el próximo Reglamento Único de la Iluminación. Como segunda mejor opción, limitar el requisito establecido en el Reglamento único para una iluminación solamente al parpadeo (stLM).*
- *Los criterios de aceptación para las métricas TLA pueden variar para diferentes aplicaciones.*
- *La adopción de publicaciones básicas IEC y CIE existentes en las métricas de TLA, definiciones y metrología*

UN REGLAMENTO ÚNICO PARA ILUMINACIÓN

El Reglamento Único de Iluminación, que consiste en sustituir el Reglamento CE 244/2009, 245/2009 y 1194/2012 de la Directiva sobre eco-diseño 2009/125 / CE, también podría adoptar requisitos de TLA.

El Reglamento Único de Iluminación trata sobre el eco-diseño y el ahorro de energía, y la posición de ANFALUM en este sentido, es que no hay necesidad de incluir ningún requerimiento de TLA en dicho Reglamento. Sin embargo, si la UE insiste en incluirlo, se propondrá limitar el TLA a $stLM \leq 1.0$.