

4

► Review of indices for daylight evaluation in interior spaces

Revisión de índices para la evaluación de la

UDLAP

ILUMINACIÓN NATURAL

EN ESPACIOS INTERIORES

Por:  Doris Abigail Chi Pool



RESUMEN

Este artículo hace una revisión de diferentes métricas de iluminación natural implementadas para la evaluación lumínica de espacios interiores. Entre éstas, el tradicional factor de luz natural y las métricas dinámicas de luz natural (DF y DDM, por sus siglas en inglés, respectivamente) sobresalen por su utilidad y por haber sido incorporadas en diversas normativas internacionales. La finalidad de este artículo es describir cuáles son sus ventajas y desventajas, respecto a los métodos de cuantificación, consideración o no de las características del contexto, forma del edificio, orientación, materiales, latitud y climas locales. A diferencia del DF, las métricas DDM sí consideran la variabilidad climática local, la componente directa del sol y demás características antes mencionadas. Es, por tanto, recomendable su inclusión en las normativas actuales para conseguir un mejor aprovechamiento de la luz natural y contribuir a la sustentabilidad en los proyectos mediante el uso de los recursos renovables.

PALABRAS CLAVE

Factor de luz natural · Métricas dinámicas de iluminación natural
· Iluminación natural en espacios interiores

◆◆ ABSTRACT

This article reviews different metrics of daylighting that are implemented for the evaluation of natural light at indoors. The traditional Daylight Factor and the Dynamic Daylight Metrics (DF and DDM, respectively) stand out for their usefulness and for having been incorporated into various international regulations. Then, this article aims to describe what the advantages and disadvantages of these metrics are, with respect to quantification methods, consideration or not of the context characteristics, building shape, orientation, materials, latitude and local climates. With the exception of the DF, the DDM metrics do consider the local climate variability, the sun direct component and other characteristics previously mentioned. It is, therefore, advisable to include DDM metrics in the current regulations in order to improve daylighting and to contribute to the sustainability of buildings through the use of renewable resources.

◆◆ KEYWORDS

Daylight Factor · Dynamic Daylight Metrics · Daylighting in Interior Spaces

◆◆ INTRODUCCIÓN

La luz natural es ampliamente reconocida como una estrategia útil para el diseño de edificios sustentables. Esto se atribuye a que es un recurso renovable y disponible en gran cantidad de horas durante el día, sobre todo en aquellas latitudes que reciben radiación solar todo el año. Además, tiene un gran potencial, alcanzando altos niveles de iluminancia interior de hasta 1000 lux (Pattini, 2006) y una eficiencia luminosa mayor que la de muchas fuentes eléctricas porque provee más lúmenes por unidad de calor (Heschong, 2002). Por tanto, utilizarla como principal fuente de iluminación interior puede generar importantes beneficios de ahorro energético (Chi, Moreno y Navarro, 2018).

Conjuntamente con su aporte en el campo energético, la luz natural produce otros beneficios físicos y psicológicos en las personas (Boyce, Hunter y Howlett, 2003); contribuye a crear un ambiente visual estimulante y de mayor productividad en los ocupantes de las edificaciones, lo que puede repercutir en beneficios económicos (Veitch et al, 2008). A menudo está acompañada por vistas hacia el exterior

UTILIZAR LA LUZ NATURAL COMO PRINCIPAL FUENTE DE ILUMINACIÓN INTERIOR PUEDE GENERAR IMPORTANTES BENEFICIOS DE AHORRO ENERGÉTICO

que generan un ambiente interior más confortable y placentero. También permite mantener los ritmos circadianos de las personas y resaltar los colores en el espacio por su gran capacidad de reproducción del color (Kenneway y Van Drop, 1991).

No obstante, la luz natural ha sido poco aprovechada en los proyectos. Actualmente, existen pocas regulaciones que establezcan criterios de diseño de iluminación natural específicos por latitud. Esta falta de normativas puede atribuirse a la gran complejidad que representaba, hasta hace algunos años, predecir el comportamiento de la luz natural desde las etapas iniciales de los proyectos. Lo anterior por su constante dinamismo a través de las horas, días y estaciones del año, como resultado de la variación en intensidad y direccionalidad de sus dos fuentes principales: el sol y el cielo (Kittler, Kocifaj y Darula, 2012). La interacción de estas fuentes con la geometría y las propiedades físicas del contexto exterior y de las condiciones interiores de los edificios genera diferentes patrones de distribución espacial que son complicados de evaluar cualitativa y cuantitativamente.

Este artículo revisa las principales métricas que han sido utilizadas a lo largo de los años para la evaluación de la luz natural en los espacios interiores. La finalidad es describir cómo estas métricas han incluido el estudio de los diferentes componentes directos e indirectos de la luz natural, representados en la figura 1. Asimismo, analizar sus ventajas y desventajas respecto a los métodos de cuantificación y puntualizar la necesidad de contemplar las características del contexto, forma del edificio, orientación, materiales, latitud y climas específicos.

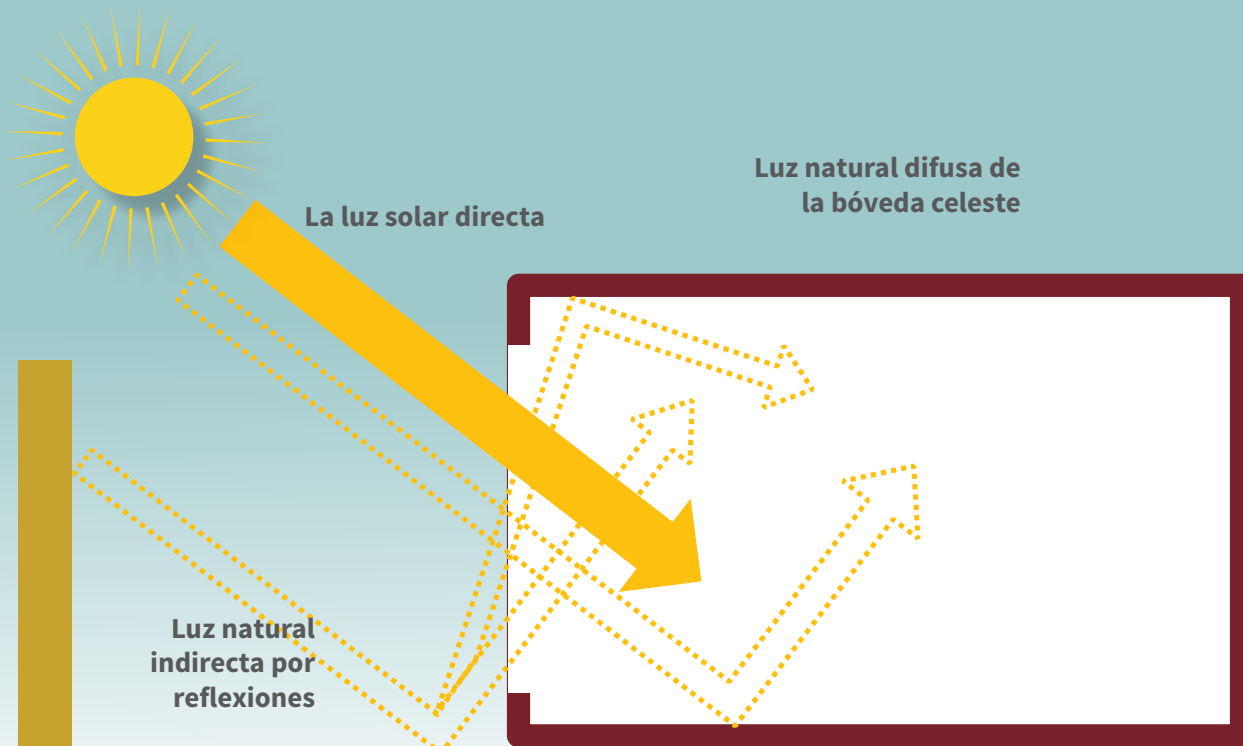


Figura 1. Componentes de la luz natural.

● MÉTRICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA LUZ NATURAL

El primer paso para definir los objetivos de los análisis de la iluminación natural consiste en establecer un criterio mediante el cual se evalúe si el rendimiento de la luz natural es bueno, adecuado y suficiente en el espacio. Idealmente, este criterio debe ser objetivo y cuantificable, de manera que pueda ser una guía utilizable en el proceso de diseño del edificio. El desarrollo de métricas de iluminación natural ha sido objeto de considerables esfuerzos y debates; su propósito es predecir exitosamente si el rendimiento de la iluminación natural es mejor o peor, según las decisiones tomadas en el proyecto.

● Factor de iluminación natural

El factor de luz natural (DF, por sus siglas en inglés) tuvo su origen a principios del siglo XX; se considera el método tradicional y ha sido ampliamente utilizado en normativas internacionales (BRE, 2015; BSI, 2008; SLL, 2012). El DF se define como la relación entre el nivel de iluminación en un punto interior (E_i) y el nivel de iluminación simultánea de un punto en un plano

horizontal exterior bajo un cielo nublado CIE y sin presencia de obstrucciones (E_e) (Moon y Spencer, 1942), de manera que:

$$1 \gg DF = \frac{E_i}{E_e} \times 100$$

El DF se expresa como un porcentaje, por lo que no considera valores absolutos de iluminancias. Respecto al cielo nublado CIE, éste se caracteriza por una distribución de luminancias rotacionalmente invariable que descarta la componente directa del sol y que, además, es independiente de la latitud geográfica de estudio. En consecuencia, el DF no considera la variabilidad de las condiciones de cielo que suceden a lo largo del año, los patrones irregulares de iluminancias de los diferentes tipos de cielo, el tiempo del día, la iluminancia directa del sol, ni la orientación del edificio investigado (Reinhart, Mardaljevic y Rogers, 2006). El DF, entonces, permanece invariable y uniforme para todas las orientaciones del edificio, independientemente de su ubicación geográfica. Por ejemplo, un valor DF predicho resultará igual para un edificio con fachada norte en la Ciudad de México que en un edificio con fachada



EL FACTOR DE LUZ NATURAL (DF, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) TUVO SU ORIGEN A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX.

sur en cualquier otra localidad. Debido a que el sol no es considerado, tampoco se pueden establecer estrategias dependientes del ángulo solar o de la intensidad solar.

A pesar de sus limitaciones, el DF sigue siendo el parámetro más comúnmente utilizado para caracterizar la luz natural en un edificio ya que puede predecir qué tan «brillante» u «oscuro» está el espacio interior. Su facilidad de cuantificación mediante métodos gráficos, mediciones en sitio o en modelos a escala contribuye a su uso generalizado.

● Métricas dinámicas de iluminación natural

El modelado de la luz natural basado en el clima (CBDM, por sus siglas en inglés) consiste en la predicción de cantidades absolutas (ejemplo: irradiancias e iluminancias) usando las condiciones de sol y cielo que se derivan de archivos climáticos estandarizados (Reinhart y Walkenhorst, 2001b). Éstos se obtienen de mediciones realizadas en sitios específicos durante periodos anuales completos y pueden ser descargados gratuitamente de varios sitios web oficiales. Uno de los repositorios más completo es el compilado para su uso en el software EnergyPlus, que contiene archivos climáticos de más de 1,200 localidades de todo el mundo (DOE, 2016).

La principal ventaja del CBDM es que considera las condiciones particulares tanto de la localidad (archivos climáticos específicos por localidad) como de la geometría del espacio y la orientación de las fenestraciones (contabilizando la distribución luminosa del cielo no-uniforme y las intensidades de la radiación solar que varían según la localización geográfica y las diferentes inclinaciones del Sol a través de las horas y de las estaciones). El uso del CBDM tiene la finalidad de representar las condiciones prevalecientes durante un periodo de tiempo, en lugar de considerar simplemente las condiciones específicas de un instante estático. Debido a la variabilidad de la luz natural, el periodo de evaluación es normalmente un año entero, aunque ciertas estaciones o meses también pueden ser analizados. La aplicación del CBDM requiere necesariamente el uso de un *software* de modelado tridimensional y un *software* de simulación de la luz natural.

En la práctica, el CBDM genera archivos que contienen 8,760 valores horarios para un año entero. Debido a la gran cantidad de información generada, se han formulado las métricas dinámicas de iluminación natural (DDM, por sus siglas en inglés). Éstas permiten establecer la cantidad anual de luz natural para un determinado espacio usando cálculos horarios o

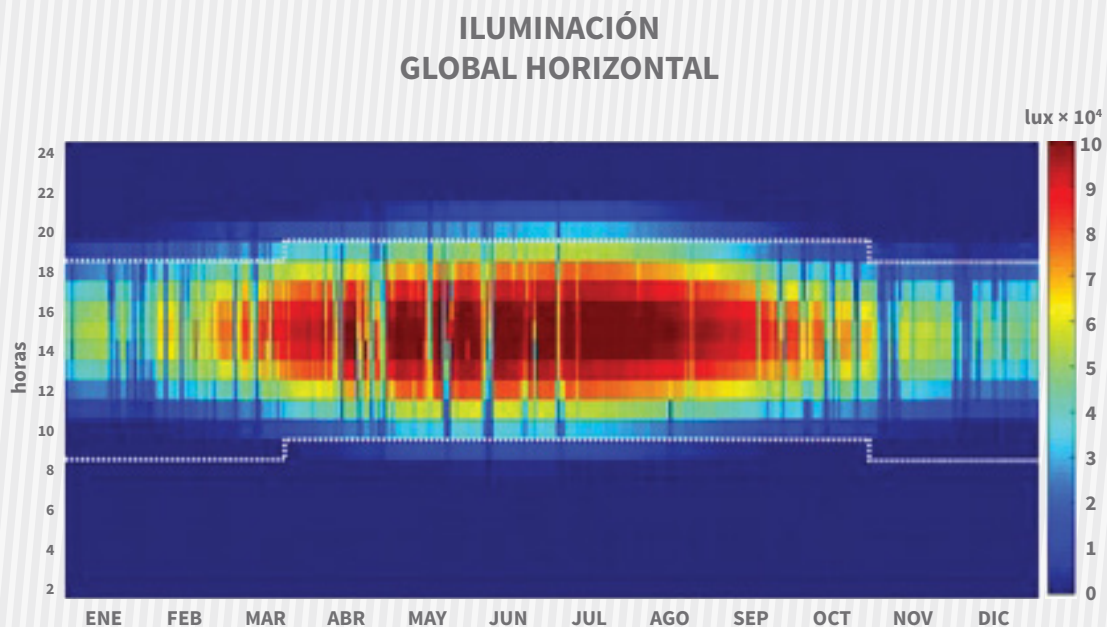


Figura 2. Ejemplo de ocupación de una oficina. Iluminancias de luz natural cuantificadas durante todo el año. La línea punteada representa el rango de ocupación anual para los análisis.

subhorarios de las iluminancias en cada punto de cálculo del plano de trabajo, a partir de la información de la distribución de luminancias del Modelo All-Weather (Reinhart y Walkenhorst, 2001b, 2001a) y de los archivos climáticos. El DDM es, por tanto, una medida obtenida mediante el análisis y el tratamiento estadístico de las series temporales de iluminancias en el plano de trabajo. De esta manera, los 8,760 valores horarios se pueden convertir en un único valor intuitivo. Dos pasos son determinantes en esta conversión:

- Decidir el rango del tiempo anual en que se basarán los análisis. Una elección común es concentrarse en el tiempo cuando el espacio investigado está ocupado debido a que la luz natural «necesita testigos» para tener un efecto (Reinhart *et al.*, 2006). La figura 2 muestra un ejemplo de ocupación de oficina entre las 8:00 y 18:00 horas (línea punteada), considerando el horario de verano.
- Decidir los niveles de iluminancias naturales que se consideran «adecuados» para las tareas y actividades del espacio investigado.

A continuación se describen las DDM que, durante la última década, han sido requeridas en estándares internacionales (EFA, 2014; IES, 2012; USGBC, 2013). Éstas son la autonomía de luz natural y la iluminancia de luz natural útil (DA y UDI, por sus siglas en inglés, respectivamente). De éstas se deriva la autonomía espacial de luz natural y más recientemente la disponibilidad de luz natural (SDA y DAV, por sus siglas en inglés, respectivamente).

● Autonomía de luz natural

Se define como el porcentaje de horas ocupadas al año, cuando un mínimo de iluminancia puede ser mantenido por luz natural exclusivamente (Reinhart y Walkenhorst, 2001a). El requerimiento mínimo de iluminación es aquel que debe mantenerse para que una determinada tarea pueda llevarse a cabo con seguridad y sin fatigar al ocupante. La principal ventaja del DA y, en general de todas las DDM, es que considera en sus cálculos la orientación de la fachada y todas las posibles condiciones del cielo a través del año. Particularmente, DA incluye pa-



LA PRINCIPAL VENTAJA DEL DA ES QUE CONSIDERA EN SUS CÁLCULOS LA ORIENTACIÓN DE LA FACHADA Y TODAS LAS POSIBLES CONDICIONES DEL CIELO A TRAVÉS DEL AÑO.

trones de ocupación de los usuarios, de manera que describe la disponibilidad de la luz natural desde el punto de vista de un espacio de trabajo. Mediante la introducción de algoritmos para la predicción del patrón de uso durante todo el año, es posible simular el comportamiento de encendido-apagado, sistemas de atenuación en determinados horarios, sistemas automatizados, etcétera.

Sobre sus desventajas, se puede mencionar el uso de un único límite de iluminación que resulta restrictivo por dos motivos principales (Nabil y Mardaljevic, 2005). Primero, DA no otorga ninguna significancia a aquellas iluminancias de luz natural que están por debajo del límite, sin embargo, en la práctica real, estas iluminancias inferiores puede ser valoradas positivamente por los usuarios e incluso pueden contribuir a reducir el consumo eléctrico en iluminación. Segundo, DA no considera la cantidad de tiempo en el que el objetivo de iluminación es excedido. Esto significa que altos niveles de luz natural también son considerados positivamente aun cuando pueden generar discomfort térmico y visual.

Otra limitación del DA es que su cálculo asume la presencia de dispositivos de control solar fijos, situación que sería real únicamente para determinados dispositivos como los estantes de luz. En el caso de dispositivos de control móviles, como los *louvres*, es necesario introducir modelos de predicción del patrón de uso durante todo el año, muchos de los cuales están aún en desarrollo y validación. Por tanto, DA es efectivo para caracterizar el «potencial» de la iluminación natural; no obstante, tal potencial puede ser independiente de la iluminación eléctrica

y de los sistemas de control, por lo que altos niveles de DA no pueden garantizar ahorros de energía eléctrica debidos exclusivamente al uso de la iluminación natural.

● Autonomía espacial de luz natural

Se define como el porcentaje del área de estudio que alcanza un mínimo de iluminación natural por una fracción de las horas de ocupación anual (IES, 2012). En esta métrica, un punto es considerado «iluminado naturalmente» cuando DA en ese punto alcanza o excede un objetivo de iluminación de 300 lux, durante al menos el 50% de las horas de ocupación entre las 8:00 y 18:00 horas, durante un típico año meteorológico (DA 300, 50%).

De acuerdo al IES-LM83 (IES, 2012), SDA debe alcanzar al menos el 55 y el 75% del plano de trabajo para que el espacio se considere iluminado de manera «aceptable» y «preferible», respectivamente. Cumpliendo estos porcentajes, LEED V.4.0 (USGBC, 2013) otorga dos y tres créditos de iluminación natural, respectivamente.

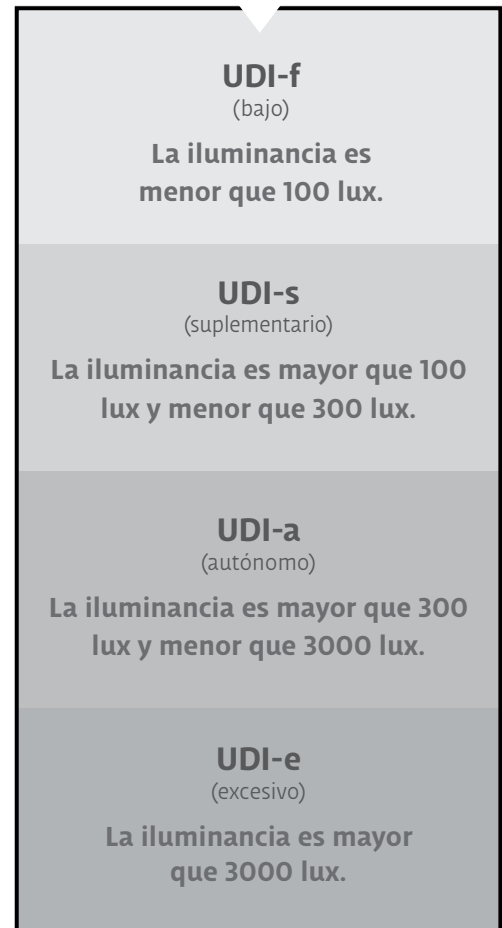
Una ventaja principal de SDA es que es un indicador dinámico que arroja como resultado un único valor que representa toda el área de estudio. Su principal limitación es que SDA no contabiliza el tiempo durante el cual se excede el objetivo de iluminación.

● Iluminancia de luz natural útil

Se define como el porcentaje de horas ocupadas cuando los niveles de iluminación natural sobre el plano de trabajo son considerados «útiles» para los ocupantes, esto es, que no son ni muy oscuros ni muy brillantes (Nabil y Mardaljevic, 2005). UDI establece un límite de iluminancia inferior (100 lux) y otro superior (3000 lux) para la luz natural «útil». Debido a estos dos límites, cada punto del espacio obtiene tres valores UDI. El rango superior representa el tiempo cuando existe una sobre iluminación de luz natural que puede traer problemas de discomfort térmico y visual. El rango inferior representa el tiempo cuando existe poca iluminación y el rango intermedio representa la iluminación natural útil. Estos rangos fueron sugeridos según reportes de preferencias de ocupantes en oficinas iluminadas con luz natural (Nabil y Mardaljevic, 2006).

El rango útil puede ser subdividido en UDI-suplementario (UDI-s) y en UDI-autónomo (UDI-a). UDI-s contabiliza las ocurrencias de iluminancias de 100-300 lux. Para estos niveles de iluminancias, iluminación artificial adicional podría ser necesitada para complementar la luz natural requerida para realizar actividades comunes como la lectura. UDI-a contabiliza la ocurrencia de iluminancias de 300-3000 lux, durante las cuales no se debe requerir iluminación artificial adicional.

En resumen, el esquema UDI se aplica determinando en cada punto de cálculo, la ocurrencia de niveles de iluminación natural donde:



Nabil y Mardaljevic (2006), Mardaljevic (2015).

Las principales ventajas de utilizar el esquema UDI son que establece dos límites de iluminancias para medir la cantidad de luz natural útil. Asimismo, UDI informa no sólo de los niveles útiles de iluminación natural sino también la frecuencia de ocurrencia de niveles excesivos de



ILUMINANCIA DE LUZ NATURAL ÚTIL, SE DEFINE COMO EL PORCENTAJE EN HORAS OCUPADAS CUANDO LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN NATURAL SOBRE EL PLANO DE TRABAJO SON CONSIDERADOS ÚTILES.

luz natural que pueden ocasionar problemas de deslumbramiento y ganancias solares excesivas.

Sus limitaciones son que aún no existe un total acuerdo sobre los límites de iluminancias útiles y que el UDI provee tres valores para cada punto del espacio. Sin embargo, UDI ha sido implementado exitosamente en requerimientos mandatorios para la evaluación de los diseños registrados en el Programa PSBP (Priority Schools Building Programme) (EFA, 2014). De acuerdo al EFA, los diseños de escuelas deben cumplir con un valor promedio del 80% para las ocurrencias de iluminancias en el rango de 100 a 3000 lux durante el periodo de 8:30 a 16:00 horas (Mardaljevic, 2015).



LA PRINCIPAL VENTAJA DE UTILIZAR UDI ES QUE ESTABLECE DOS LÍMITES DE ILUMINANCIAS PARA MEDIR LA CANTIDAD DE LUZ NATURAL ÚTIL.

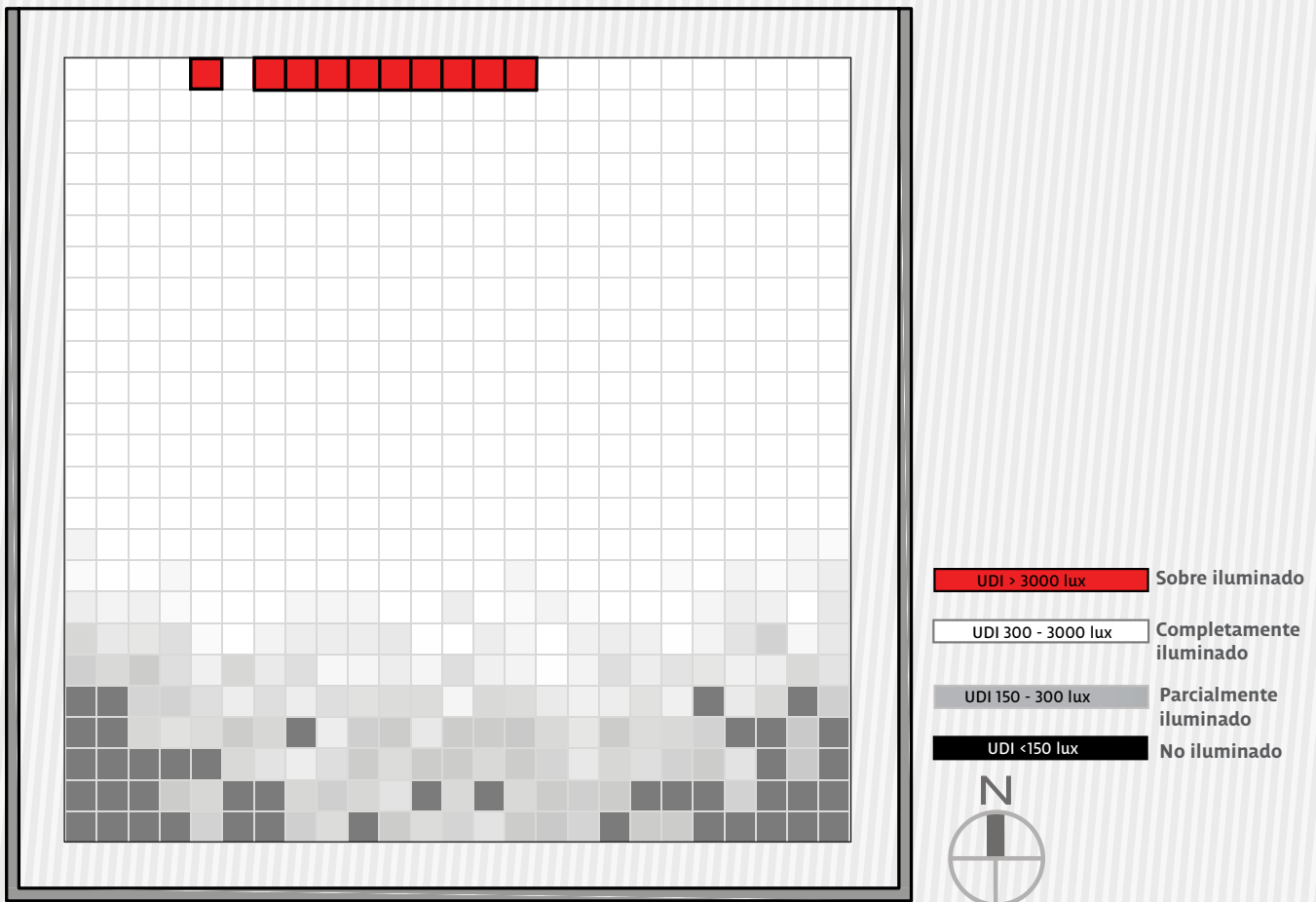


Figura 3. Esquema DAV propuesto con cuatro áreas traslapadas (Chi, Moreno y Navarro, 2019).

● Disponibilidad de luz natural

La disponibilidad de luz natural (DAV) se propuso para amalgamar la información DA y UDI en una sola métrica (Reinhart y Wienold, 2011). DAV subdivide el espacio estudiado de la siguiente manera:

- Iluminado: área que se considera iluminada naturalmente si recibe suficiente iluminación durante al menos la mitad del tiempo en una ocupación de 8:00 a 18:00 horas (DA 300, 50%).
- Parcialmente iluminado: área que consigue menos del 50% de las horas de ocupación con niveles suficientes de iluminación natural (DA 150, 50%).
- Sobre iluminado: área que consigue iluminancias que exceden el límite máximo de iluminancias naturales (3000 lux) durante al menos el 5% de las horas de ocupación. El criterio del 5% fue seleccionado como un método análogo de los análisis térmicos de acuerdo al estándar BS EN 15251 (BSI, 2007). Siguiendo esta analogía, el área sobreiluminada es un potencial para el sobrecalentamiento por radiación. Además, el área sobreiluminada también representa un riesgo de deslumbramiento (Mardaljevic et al, 2012).

Debido a que DA no tiene un límite superior, el área parcialmente iluminada necesariamente contiene el área iluminada. Además, el área sobreiluminada puede estar incluida dentro de cualquiera de las otras áreas DAV. Para contrarrestar estas limitaciones, diversos autores han presentado variaciones en el esquema DAV. La figura 3 muestra un traslape de cuatro áreas, considerando rangos con límites inferiores y superiores de manera análoga a la métrica UDI (en lugar de utilizar DA).

◆ CONCLUSIONES

Antiguamente, la métrica DF fue ampliamente utilizada por su simplicidad y facilidad de cálculo. Sin embargo, presenta serias limitaciones cuando se aplica indistintamente del tipo de cielo y clima local. El avance en los sistemas computacionales y en los modelos digitales desarrollados durante las últimas décadas, puede permitir un estudio más profundo y una cuantificación más precisa de la iluminación natural en los espacios. Actualmente, es posible realizar estudios lumínicos considerando la variabilidad climática local, la localización geográfica y la trayectoria solar a través de las horas y las estaciones. La aplicación de las métricas dinámicas es, por tanto, de gran relevancia para un mejor aprovechamiento de la iluminación natural y debiera considerarse desde las etapas conceptuales de diseño. En este contexto, las normativas basadas en el DF debieran actualizarse para incluir nuevos requerimientos mínimos de iluminación natural basados en las métricas UDI o DAV, dadas las ventajas identificadas. En México, por ejemplo, ya se cuenta con archivos climáticos de la mayoría de las ciudades, por lo que su utilización para el modelado de luz natural basado en el clima es una realidad vigente.



◆ Doris Abigail Chi Pool

Arquitecta egresada de la Universidad Autónoma de Yucatán. Especialista en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente y maestra en Luminotecnia, ambos grados por la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Doctora en Arquitectura por la Universidad de Sevilla. Miembro del Grupo TEP130 Arquitectura, Patrimonio y Sostenibilidad: Acústica, Iluminación, Óptica y Energía, del Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción de la Universidad de Sevilla.
doris.chi@udlap.mx

REFERENCIAS

- Boyce, P., Hunter, C. y Howlett, O. (2003). *The benefits of daylight through windows*. Lighting Research Center - Rensselaer Polytechnic Institute, New York. Troy, Nueva York: Lighting Research Center - Rensselaer Polytechnic Institute. Recuperado de http://www.ibo.at/documents/Licht_TB07_Andersent.pdf
- BRE (Building Research Establishment). (2015). BREEAM: the BRE environmental assessment method. Recuperado de www.breeam.org
- BSI (British Standard Institution). (2007). *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics* (No. BS EN 15251). Londres: BSI.
- BSI (British Standard Institution). (2008). *BS 8206-2: Lighting for buildings: Code of practice for daylighting*.
- Chi, D. A., Moreno, D. y Navarro, J. (2018). Correlating daylight availability metric with lighting, heating and cooling energy consumptions. *Building and Environment*, 132. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.048>
- Chi, D. A., Moreno, D. y Navarro, J. (2019). Statistical methods applied to optimize perforated façade design for daylight availability. *Journal of Architectural Engineering*, 25(1), 04018034. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000339](http://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000339)
- DOE (U.S. Department of Energy). (2016). Energyplus energy simulation software. DOE (U.S. Department of Energy). Recuperado de <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- EFA (Education Funding Agency). (2014). *EFA Daylight Design Guide*. (EFA, Ed.) (Version 2). Londres: EFA. Recuperado de <https://www.gov.uk/government>
- Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal*, 44(6), 65-67.
- IES (Illuminating Engineering Society) y The Daylight Metrics Committee. (2012). *IES LM-83-12. Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*. Nueva York: IES.
- Kenneway, D. J. y Van Drop, C. F. (1991). Free-running rhythms of melatonin, cortisol, electrolytes, and sleep in humans in Antarctica. *Journal of Physiology*, 260(6), 1137-1144.
- Kittler, R., Kocifaj, M. y Darula, S. (2012). Simulation of seasonal variations in the local daylight climate. In *Daylight Science and Daylighting Technology* (pp. 155-186). Londres: Editorial Springer Science+Business Media, LLC.
- Mardaljevic, J. (2015). Climate-based daylight modelling and its discontents. In *CIBSE Technical Symposium* (pp. 1-12). Londres: CIBSE.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N. y Christoffersen, J. (2012). Daylighting metrics: Is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? In *Proceedings of the Building Simulation and Optimization Conference BSO12* (pp. 189-196). Loughborough: IBPSA.
- Moon, P. y Spencer, D. (1942). Illumination from a Non-Uniform Sky. *Illuminating Engineering*, 37, 707-726.
- Nabil, A. y Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology*, 37(1), 41-59. <http://doi.org/10.1191/1365782805li1280a>
- Nabil, A. y Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38(7), 905-913. <http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>
- Pattini, A. (2006). Luz natural e iluminación de interiores. In *ELI (Efficient Lighting Initiative)* (Diego Pasj, pp. 2-24). Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional y Eli Argentina. Recuperado de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/eli.html>
- Reinhart, C., Mardaljevic, J. y Rogers, Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 3(1), 7-31. <http://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>
- Reinhart, C. y Walkenhorst, O. (2001a). Dynamic radiance-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683-697. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5).
- Reinhart, C. y Walkenhorst, O. (2001b). Validation of dynamic radiance-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683-697.
- Reinhart, C. y Wienold, J. (2011). The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylight spaces. *Building and Environment*, 46(2), 386-396. <http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.08.001>
- SLL (The Society of Light and Lighting). (2012). *The SLL Code for Lighting*. (T. C. Group, Ed.). Londres: CIBSE.
- USGBC (United States Green Building Council). (2013). LEED Reference guide for building design and construction. Versión 4. Recuperado de <http://www.usgbc.org/>
- Veitch, J., Newsham, G., Boyce, P. y Jones, C. (2008). Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: a linked mechanisms approach. *Lighting Research and Technology*, 40(2), 133-151. <http://doi.org/https://doi.org/10.1177/1477153507086279>