

- ▲ **Palabras clave/** Iluminación, arquitectura interior, calidad de vida laboral, productividad laboral.
- ▲ **Keywords/** Lighting, interior architecture, quality of work life, labor productivity.
- ▲ **Recepción/** 6 octubre 2018
- ▲ **Aceptación/** 19 abril 2019

Factores de diseño de la iluminación que intervienen en el estímulo circadiano en oficinas¹

Lighting design factors contributing to circadian stimulation in offices¹

Cinthia Garrido

Arquitecta, Universidad de Talca, Chile.
Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética, Universidad del Bio-Bio, Chile.
garridovalenciac@gmail.com

María Beatriz Piderit-Moreno

Arquitecta, Universidad del Bio-Bio, Chile.
Doctora en Art de Bâtir et Urbanisme, Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.
Académica, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura y Directora del Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética, Universidad del Bio-Bio, Chile.
mpiderit@ubiobio.cl

RESUMEN/ La luz sincroniza funciones biológicas a través de los fotoreceptores. Los conos y los bastoncillos regulan el color y la visión de baja luz, respectivamente, generando efectos visuales de la luz que dan origen al diseño de iluminación actual. A su vez, las células ganglionares retinianas sincronizan el ritmo circadiano, efecto no visual de la luz a cargo de regular la temperatura corporal, el estado de ánimo y la supresión/secreción de melatonina, variables ligadas a la productividad, motivación y bienestar emocional. Actualmente, la luz natural y el diseño de iluminación son vitales para el bienestar en oficinas. Se presentan los resultados de una investigación cuyo objetivo fue evaluar los factores de diseño que intervienen en la estimulación del ciclo circadiano, evidenciando la importancia de este efecto no visual de la luz. Se realizó un diagnóstico en espacios de oficina para posteriormente proponer estrategias de estimulación circadiana considerando la totalidad del sistema visual. **ABSTRACT/** Light synchronizes biological functions through photoreceptors: cones and rods regulate color and twilight vision, respectively, generating visual light effects that originate the current lighting design. In turn, retinal ganglion cells synchronize the circadian cycle, a non-visual light effect in charge of regulating body temperature, mood, and the suppression/secretion of melatonin, all variables linked to productivity, motivation, and emotional wellbeing. Currently, natural light and illumination design are critical for wellbeing in the office. This work shares the findings of a research aimed at assessing the design factors that impact on the circadian cycle stimulus, highlighting the relevance of this non-visual effect of light. A diagnostic was made of office spaces to subsequently suggest circadian stimulus strategies that consider the visual system in full.

INTRODUCCIÓN. Existe un mecanismo interno que organiza los procesos biológicos a diario. Los núcleos supraquiasmáticos (SCN) en el hipotálamo albergan el reloj circadiano maestro que organiza y orquesta el tiempo de todas las funciones biológicas diarias, desde sistemas fisiológicos complicados hasta células individuales. Los SCN en humanos tienen, en promedio, un período intrínseco ligeramente superior de 24 horas (Moore-Ede, Sulzman y Fuller 1982), que se modula a través de la exposición de la luz a la retina y se rige por medio del patrón natural de luz-oscuridad de 24 horas, que reinicia el reloj biológico,

siendo la luz de día, la fuente de luz más óptima disponible y el principal *Zeitgeber*² del sistema circadiano, que es el reloj biológico localizado en nuestro cerebro (Klein, Moore y Reppert 1991). El ciclo circadiano, es un período de sueño/vigilia que controla aspectos conductuales y funcionales del ser humano, donde la actividad motora y la liberación de la hormona melatonina -junto con la temperatura corporal- presentan patrones rítmicos circadianos. Estos son ajustados diariamente por las personas y, al ser utilizados de manera eficiente, pueden mejorar el bienestar, la motivación y la

productividad. La luz tiene un importante efecto en los seres humanos, no solo por la función visual que cumple sino también por la estimulación que provoca al influir en los estados de ánimo y los niveles de actividad, razón por la cual el diseño de los efectos no visuales de la luz implica objetivos de diseño de iluminación distintos a los utilizados actualmente. En 2001, algunos científicos demostraron la existencia de un fotoreceptor en el ojo, sensible a las longitudes de onda de entre 460 y 490 nm. Si bien dicho dispositivo no sirve para la visión, estimula nuestro reloj interno. Desde entonces, la ciencia y

¹ Los autores agradecen al Grupo de Investigación Confort Ambiental y Pobreza Energética (+CO-PE) de la Universidad del Bio-Bio por su colaboración en este estudio.

¹ The authors thank the Research Group Environmental Comfort and Energy Poverty (+ CO-PE) of the University of Bio-Bio for their collaboration in this study.

² Zeitgeber, del alemán Zeit (tiempo) y geben (dador), significa dador de tiempo, también equivalente a sincronizador de los ritmos biológicos.

la industria se han dedicado a investigar e intentar comprender el efecto no visual de la luz sobre las personas (Trilux Iluminación S.L 2016). Existen métricas para evaluar el estímulo circadiano, como el Daysimeter utilizado por Rea, Bierman, Figueiro y Bullough (2008); Miller, Bierman, Figueiro, Schernhammer y Rea (2010); Figueiro, Bierman y Rea (2013); Figueiro y Rea (2010); y Bierman, Plitnick, y Rea (2009); pruebas en personas con distintos estímulos lumínicos realizadas por Figueiro, Bierman y Rea (2013); métodos de actigrafía y estadística llevados a cabo por Boubekri, Cheung, Kathryn, Reid, Wang y Zee (2014); un modelo de fototransducción circadiana humana de Rea *et al.* citado por Acosta, Molina y Campano (2015); y evaluaciones a través de software especializados por Konis (2017); entre otros. Sin embargo, no existe un análisis global de la luz donde se incluyan variables del sistema visual y no visual, enfocados en ambientes donde se cumplen labores profesionales –espacios en los que permanecemos gran parte del tiempo–, razón por la cual este estudio se enfoca en un entorno laboral de espacio de oficinas. El objetivo de la presente investigación es evaluar los factores de diseño que intervienen en la estimulación circadiana y diagnosticar un caso de estudio específico para, finalmente, crear estrategias que integren el estímulo circadiano al diseño de iluminación actual a partir de criterios biológicos, lumínicos y ambientales. De acuerdo a Trilux Iluminación S.L (2014), “El reloj interno de las personas ha sido marcado por la luz natural que regula el transcurso del día de todos los seres vivos. La luz diurna aumenta el nivel de actividad humana, en la oscuridad se reduce, y luego el cuerpo pasa a una fase de sueño relajado. Una iluminación biológicamente eficiente simula este proceso. De forma individual programada o preajustada, estos sistemas modernos de iluminación LED se ocupan de esta tarea. Con diferentes componentes espectrales dinámicos, así como intensidades de luz se imita el transcurso del día y se estimulan las reacciones corporales”.

Debido a que la respuesta fisiológica a la luz depende de sus características, la luz artificial toma un rol importante en nuestra cotidianidad, ya que pasamos una cantidad de tiempo en espacios interiores. Las soluciones de una luz circadiana eficiente pueden dar soporte al ritmo circadiano humano, mejorar la concentración, prevenir los trastornos del sueño y optimizar el bienestar general, distinguiéndose, principalmente, tres posibilidades de uso: “1. Una iluminación con efecto melanópico para conservar la salud: La luz apoya el ritmo de día y noche. Fomenta y conserva la salud y el rendimiento, cambiando de forma automática su color de luz y su intensidad con un ritmo de 24 horas, igual que la luz diurna. 2. Una iluminación de efecto melanópico para la activación: La luz tiene influencia sobre la atención y la concentración, y aumenta el rendimiento cognitivo. En caso de necesidad, este efecto puede conseguirse a través de un cambio individual hacia unos colores de luz más fríos. 3. Una iluminación de efecto melanópico que sirve para la recuperación: La luz aumenta el bienestar, cambiando –según las necesidades individuales– el color de luz hacia unos tonos de color más cálidos” (Trilux Iluminación S.L 2016) (figura 1). El objetivo general de este trabajo es evaluar los factores de diseño que estimulan el ciclo circadiano en espacios de oficina, a través de los sistemas de iluminación y el confort visual de los usuarios para evidenciar la

importancia del efecto no visual de la luz. Mientras tanto, los objetivos específicos son: Identificar los factores biológicos, ambientales y lumínicos que influyen en la luz circadiana, para comprender cómo las estrategias de diseño arquitectónico estimulan el ciclo circadiano en iluminación natural y artificial; analizar la luz circadiana en espacios de oficina, evaluando el efecto sobre el estímulo circadiano en los ocupantes; y formular un lineamiento de diseño donde se incluya el estímulo circadiano como una estrategia relevante al diseño de iluminación actual, logrando un proyecto eficiente que incorpore el sistema visual en su totalidad.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Se llevó a cabo la evaluación de espacios de oficina ubicados en el edificio de administración de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. Se trata de una construcción con orientación 30° al norte, compuesta de dos niveles, albergando 20 departamentos que forman un universo de 126 oficinistas. Además, es un espacio físico con una baja relación entre cantidad y calidad de luz, tanto natural como artificial. De manera predominante, se utilizó una metodología cuantitativa, desarrollada a partir de cuatro etapas: **1)** Diagnóstico de espacios de trabajo a través de un recorrido por las instalaciones, observando variables del ambiente, fuentes de luz y adicionales, junto con un registro fotográfico; **2)** evaluación del cronotipo circadiano (SC) a partir de la aplicación de una encuesta

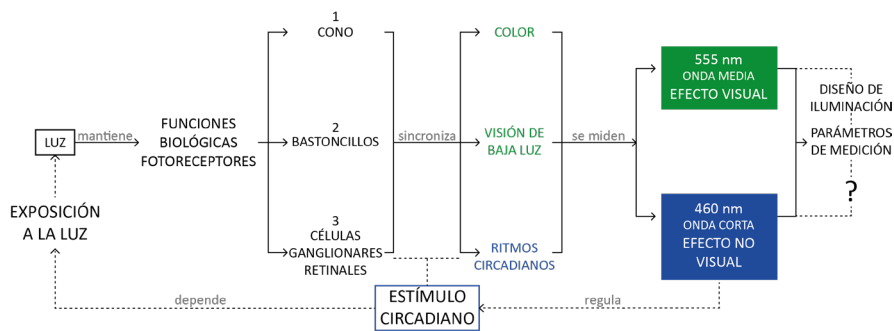


Figura 1. Relación entre la luz y el sistema visual, problemática que existe al no considerar el estímulo circadiano en el diseño de iluminación actual (fuente: Elaboración propia).

tipo a oficinistas, para conocer su SC y definir en qué momento del día son más productivos biológicamente, además de registrar las condiciones de iluminación en el puesto de trabajo que tienen los ocupantes;

3) estudio de tipología de oficinas, realizando mediciones de iluminancia; y **4)** evaluación de luz circadiana, a partir de simulaciones por medio del software DIALux 4.12 –software de cálculo, análisis y diseño lumínico–, y análisis de calculadora circadiana del Lighting Research Center –software experimental para cálculo de estímulo circadiano a partir de fuentes lumínicas, disponible en línea.

DIAGNÓSTICOS EN ESPACIOS DE TRABAJO. A través de un recorrido en terreno, se hizo un levantamiento de información respecto a las condiciones de iluminación que tienen las oficinas y su relación con el puesto de trabajo, analizando variables de diseño arquitectónico, fuentes de luz y adicionales.

En las variables de diseño arquitectónico, se consideró el coeficiente de reflexión de las superficies, clasificándolo en opaco o brillante (oscuro o claro) y considerando el color de las superficies (cielo, muro, suelo), para, finalmente, determinar la ubicación y altura del plano de trabajo. A su vez, en las variables de fuente de luz, se analizó el tipo de luminaria, el flujo luminoso que esta posee y su temperatura de color. Se observaron lámparas fluorescentes con reflectores y difusores variados, potencias luminosas que varían entre los 2500lm a los 3250lm y equipos de iluminación con colores de luz cálidos (3000K) y fríos (6200 a 6500K), respectivamente. Por último, en las variables adicionales, se consideró el horario de trabajo de los oficinistas y se observó un factor de mantenimiento bajo, asignando al edificio un valor de 0,67 –debido a que la institución no posee plan de sostenimiento y mantención respecto a las luminarias, sino que se reemplazan cuando estas fallan–, usando como referencia lo establecido por el software DIALux 4.12, cuyos índices siguen la Norma CIE 97-2005.

EVALUACIÓN DEL CRONOTIPO CIRCADIANO.

Para evaluar el cronotipo circadiano se aplicó una encuesta a un universo de 126 personas, personal administrativo de la Universidad del Bío- Bío, siendo el tamaño de la muestra correspondiente a 92 encuestados (73%). En primera instancia, se evaluó el horario de trabajo de los ocupantes, el rango de edad y los años que llevan ejerciendo labores en su puesto de trabajo en específico, para evidenciar si existe un factor de acostumbramiento de la persona.

El cuestionario se dividió en dos secciones. El objetivo principal de la primera sección fue medir en qué momento del día el reloj biológico de una persona produce un estado de alerta máximo (en la mañana, tarde o mediodía), dando a conocer el tiempo de alerta de cada persona y su directa relación con el momento en que la temperatura corporal es alta. Aquí se utilizó el cuestionario abreviado de Matutinidad y Vespertinidad (MEQ) de Horne y Ostberg de 1976 (en Roenneberg, Wirz-Justice y Mellow 2003), test compuesto de seis preguntas, y altamente citado en investigaciones y en diversos artículos³. En la segunda sección, el objetivo fue certificar una correcta y cómoda ejecución de las tareas laborales, resguardando la seguridad y bienestar de los ocupantes y buscando beneficiar la percepción visual de los usuarios. Para ello, se utilizó la parte IV del *Cuestionario de evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo* del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el Ministerio de Trabajo e Inmigración de Madrid (Sanz y García 2011).

ESTUDIO DE TIPOLOGÍA DE OFICINAS: Luz natural y/o artificial.

Se definieron cuatro tipos de oficina, según los aportes de luz natural y/o artificial. Esta diferenciación se realizó a partir de la observación del edificio de administración de la universidad, donde se contabilizaron los planos de trabajo, siendo importante verificar la cantidad de aportes de luz

que alcanza la superficie de trabajo y su posterior funcionalidad al momento de trabajar. A partir de allí, se obtuvieron cuatro tipologías: **1)** luz directa natural, con 30,9% equivalente a 39 puestos de trabajo; **2)** luz indirecta natural/artificial, con 36,5% equivalente a 46 puestos de trabajo; **3)** dos o más aportes de luz indirecta natural/artificial, con 12,7% equivalente a 16 puestos de trabajo; y **4)** sin aporte de luz natural, con 19,8% equivalente a 25 puestos de trabajo.

Dentro del edificio de administración de la universidad, se escogió un espacio de oficinas que poseyera, principalmente, luz artificial para su funcionamiento. Esta decisión tuvo como fundamento aislar la variable 'luz artificial' y realizar un estudio de sus efectos sin la influencia de otras variables –como la luz natural–. Así, se distinguieron tres tipologías de oficina: aporte indirecto de luz artificial, dos o más aportes indirectos de luz artificial y sin aporte de luz natural (figura 2). Con ello, se modificó el factor de mantenimiento de los recintos (0.67), debido a que la luminaria presentaba algunas fallas, como reflectores sucios, mala reproducción cromática y parpadeo.

Las mediciones de iluminancia en el plano de trabajo permitieron verificar la luz disponible real (lux), para, posteriormente, calibrar el modelo de simulación dinámica de estudio de la luz que se realizó a través del software DIALux 4.12. Para ello, se utilizó el luxómetro de Konica Minolta T-10A/T-10MA, instrumento que se ubicó en cada superficie de trabajo, midiendo las fuentes de iluminación existentes.

EVALUACIÓN DE LA LUZ CIRCADIANA.

La estimulación de luz circadiana fue evaluada a través de una herramienta creada por el Lighting Research Center, la 'calculadora circadiana', software disponible en su página web, que requiere la vinculación de tres variables para obtener como resultado un porcentaje de estimulación circadiana.

³ Ver, por ejemplo, Rea, Bierman, Figueiro y Bullough (2008); Figueiro y Rea (2012; 2010); Figueiro, Bierman, Plitnick y Rea (2009); Wright, Kenneth et al. 2013; Bierman, Andrew et al. 2013; Sivaji, Ashok et al. 2013; Boubekri, Cheung, Kathryn, Reid, Wang y Zee (2014) y Roenneberg, et al. (2016); entre otros.

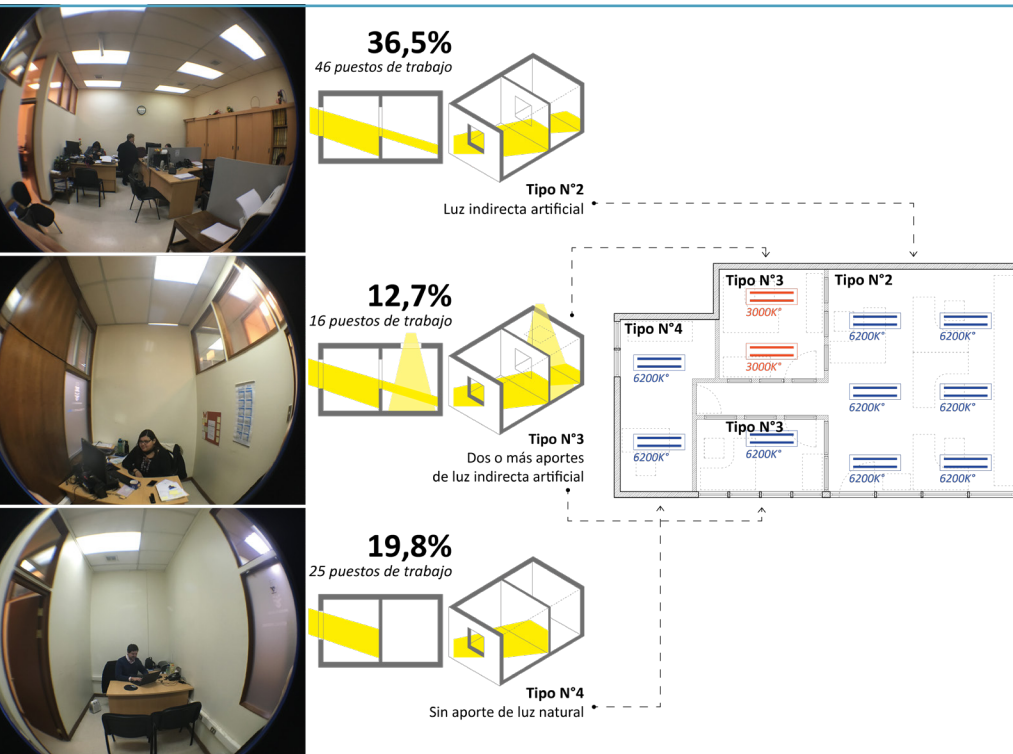


Figura 2. Tipologías de oficina en caso de estudio (fuente: Elaboración propia).

Las variables utilizadas en este caso fueron:

- **Fuente de luz:** Se seleccionaron las fuentes disponibles en el lugar, ingresando datos del fabricante, temperatura de color y tipo de luminaria. En caso de no contar con dicha información, se utilizaron algunas de las fuentes disponibles que cumplieran con los criterios del espacio a evaluar.
- **Rango etario de los usuarios (densidad óptica):** La retina humana no es un tejido neural uniforme y su funcionalidad varía de acuerdo a nuestra edad. Es importante destacar que los individuos difieren bastante en la densidad óptica de su pigmento macular, variando de 0.3 a 0.7, dependiendo de su edad. En este caso, se asumió una densidad óptica única de 0.5 para todos los individuos.
- **Iluminancia disponible en la superficie de trabajo:** Cantidad de flujo luminoso incidente en el área de superficie y su unidad de medida es el lux (lx).

RESULTADOS.

En primera instancia, se consideraron los valores resultantes de la encuesta y, luego, las simulaciones para la oficina tipo, realizadas a través de software especializado para luz artificial.

Cronotipo circadiano. La variable biológica da cuenta del cronotipo circadiano que cada persona posee, dado por la forma en que divide el día con respecto a las labores diarias, desde el momento en que nos levantamos, pasando por la rutina diaria que tenemos en el trabajo, para finalmente llegar a la etapa de descanso al momento de acostarnos. Dividida en tres, principalmente (matutino, intermedio y vespertino) (figura 3), donde las funciones cognitivas alcanzan su máximo desarrollo, respuesta relacionada a la secreción/supresión de la hormona melatonina y la temperatura corporal.

Impacto en el diseño arquitectónico.

La variable de diseño arquitectónico está ligada a las condiciones de iluminación existentes en el puesto de trabajo, en

relación a la mirada de cada oficinista, evaluando desde criterios físicos del entorno hasta sintomatologías que pueden estar presentes en cada persona.

Si bien el 65,2% de los oficinistas señaló estar en un espacio donde existen dos o más ventanas, no especificaban con qué tipo de luz contaban (natural o artificial), resultado que va en concordancia con la pregunta número 4, donde, en igualdad de porcentajes, las personas prefieren tener más luz (41,3%) en su espacio de trabajo o simplemente no cambiarla (figura 4).

Con respecto a la iluminación en el puesto de trabajo, el 50% de los oficinistas consideró que es adecuada, mientras que el otro 50% señaló creer que es algo molesta, molesta o muy molesta. Esta información se cruza con los resultados que dicta la pregunta número cuatro, donde el 41,3% de las personas no quiere ningún cambio en la iluminación de su puesto de trabajo. De lo anterior se desprende que los usuarios desconocen las características de una buena iluminación y, por ende, no saben en qué condiciones se encuentran. A su vez, la pregunta número 5 denota sintomatologías ligadas a una disincronía circadiana, presentando vista cansada, fatiga visual, picor en los ojos, entre otros.

PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.

Estrategias de estimulación circadiana

Se presentan cuatro factores de gran importancia para la estimulación circadiana y las variables que cada uno presenta, considerando estas recomendaciones como base para lograr incitar la luz circadiana a los lugares de trabajo:

- **Ambiente lumínico:** La cantidad de elementos del ambiente y el coeficiente de reflexión de las superficies influyen en la distribución lumínica de un espacio, así como los reflejos que estos producen dependiendo del acabado que tengan las superficies. Es conveniente equipar un lugar con el mobiliario necesario, evitando terminaciones muy brillantes y, en su lugar, prefiriendo terminaciones claras con acabados mates para cielo y muro, terminaciones oscuras con acabado mate para suelos y terminaciones con materialidades naturales (como la madera) para superficies de trabajo o mobiliario en acabado mate.

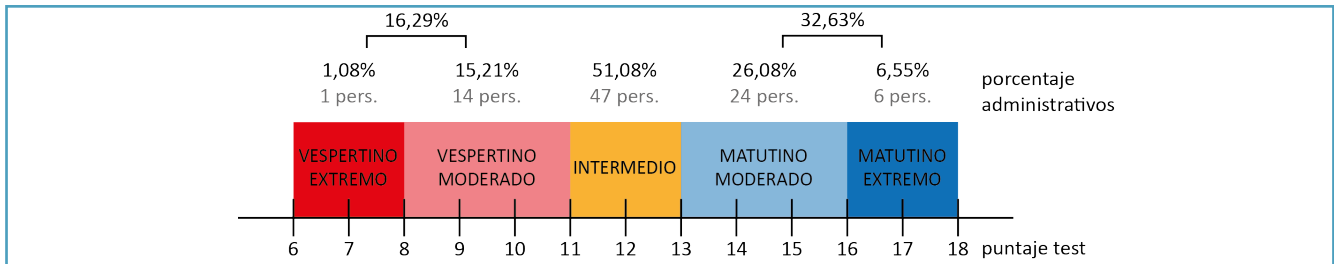


Figura 3. Resultados encuesta oficinistas, parte I "Matutinidad y Vespertinidad" (fuente: Elaboración propia).

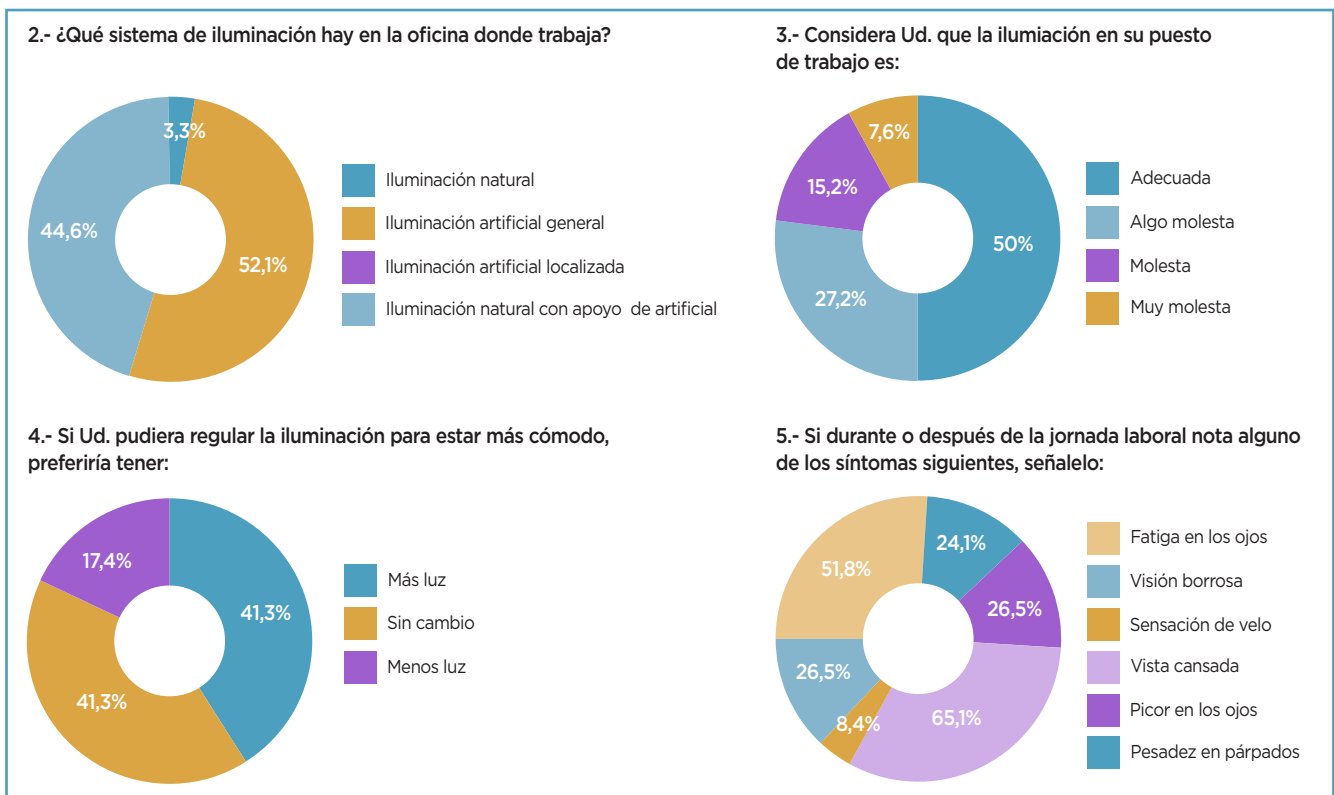


Figura 4. Resultados encuesta oficinistas, parte II "Condiciones de iluminación en el puesto de trabajo" (fuente: Elaboración propia).

• **Fuente de luz:** El equipo de iluminación debe ser eficiente en fotometría y características de luminotecnia. No solo debe cumplir con las variables diseñadas y normadas para los efectos visuales de la luz sino, además, responder al indicador del ciclo circadiano y la estimulación que se percibe a través de la luz. Se recomienda poner en equilibrio variables como: temperatura de color, reproducción cromática, flujo luminoso, ángulo de iluminación, eficiencia

luminosa, potencia y vida útil.

• **Factor de mantenimiento:** Referido al ambiente por los grados de contaminación del espacio físico (gases, polvo, humedad, temperatura) y periodicidad de mantenimiento (limpieza); a la luminaria, por los grados de protección (IP e IK), indicando grados de hermeticidad y resistencia a golpes; y al equipo computacional, de acuerdo a los sistemas de control para la sincronización computacional de sistemas de iluminación.

• **Horario de trabajo:** Factor importante para la automatización de temperaturas de color e intensidad de luminarias, pautando los períodos de cambio de escenas de colores fríos a cálidos, y sincronizando las etapas de producción y descanso dentro de la jornada laboral. Se debe utilizar un sistema de control que permita poder reflejar condiciones de la luz natural (variabilidad en colores de luz e intensidad) dentro de un espacio de trabajo y sus antenas.

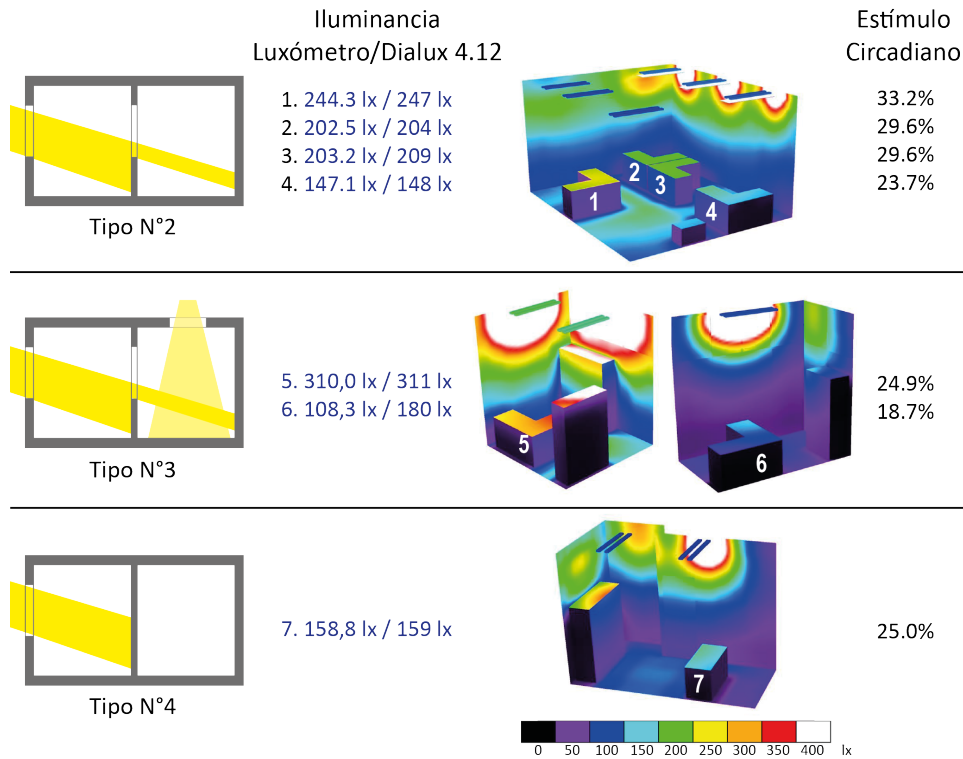
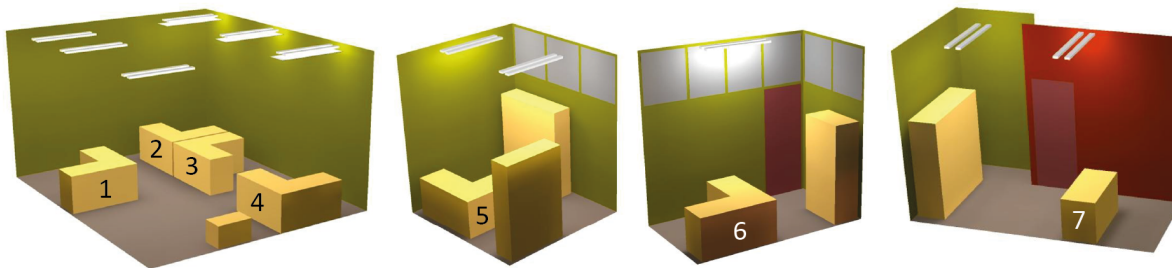


Figura 5. Iluminancia de cada plano de trabajo y su respectivo porcentaje de estímulo circadiano (CS) (fuente: Elaboración propia).



Tipología de oficina	Plano de trabajo	Iluminancia 6500°K	Estímulo circadiano	Iluminancia 2700°K	Estímulo circadiano
Tipo N°2	1	463 lx	44%	405 lx	33,5%
	2	495 lx	45,2%	433 lx	34,8%
	3	452 lx	43,5%	395 lx	33%
	4	458 lx	43,8%	401 lx	33,3%
Tipo N°3	5	510 lx	45,8%	446 lx	35,4%
	6	494 lx	45,2%	455 lx	35,8%
Tipo N°4	7	502 lx	45,5%	439 lx	35,1%

Figura 6. Iluminancia de cada plano de trabajo y su respectivo porcentaje de estímulo circadiano (CS) (fuente: Elaboración propia).

Estrategias de mejoramiento para el caso de estudio.

A continuación, se presentan los resultados iniciales del caso de estudio en porcentajes de estimulación circadiana, de acuerdo a las iluminancias de cada puesto de trabajo dictadas por el software DIALux 4.12, previa calibración por el luxómetro para, posteriormente, compararlas aplicando en el mismo espacio las estrategias de mejoramiento mencionadas (figura 5).

Como estrategia general, los equipos de iluminación se ubican equidistantes y centrados en cada recinto, dado que responden al uso y flexibilidad que se les ha dado durante el tiempo. Las propuestas se analizaron tanto para los resultados generales como individuales de cada puesto de trabajo. Otras variables, como factor de mantenimiento y horarios de trabajo, se mantendrán constantes en las tres propuestas, estableciendo un valor de 0.8 para el factor de mantenimiento y un sistema de control DALI para la iluminación, donde se establecerá una secuencia de estimulación circadiana, tomando como base el horario de trabajo.

En las tres propuestas se cambia el equipo de iluminación a LED HCL. En primera instancia, se opta por una luminaria empotrada y luego por iluminación suspendida, ya que se observa que la altura

de los recintos (3,10 m) determina el uso de un equipo de iluminación con altas prestaciones tanto en lúmenes como en watts, optando por luminarias con una mejor relación de flujo luminoso (lm/W). En todas las propuestas se logra llegar a iluminancias cercanas a lo normado (500 lx) y bajos índices de deslumbramiento (>19), pero solo en la propuesta tres la uniformidad logra un 60%, debido al cambio de reflectancia de las superficies, obteniendo porcentajes de estimulación circadiana cercanos al 50% con una temperatura de color fría y no menores al 30% con una temperatura de color cálida, entendiéndose que una estimulación circadiana eficiente posee un 30% mínimo, un 50% óptimo y un 70% saturación (figura 6). Si bien las luminarias escogidas en las propuestas son muy eficientes, no llegan a los óptimos recomendados, pues no existe una relación entre el diseño de iluminación y la ubicación de los puestos de trabajo, funcionando mejor en espacios libres que compartimentados.

CONCLUSIONES.

Los proyectos de iluminación necesitan ser diseñados tomando en consideración la totalidad de nuestro sistema visual, tanto para cumplir con tareas específicas como para iluminar espacios adecuadamente, ayudando al rendimiento, el estado de ánimo y la emocionalidad. Así, se podrá

generar una relación positiva entre luz, salud y espacio, dejando de lado la omisión físico-biológica que hace el diseño de iluminación actual. Si bien el interés de algunos puede llevar a presentar diseños de iluminación que cuenten con el ciclo circadiano, es de suma importancia que en la normativa se logre integrar este proceso biológico, a modo de poder diseñar proyectos más eficientes en el futuro, que incorporen a las variables actualmente utilizadas para el diseño de iluminación conceptos como porcentajes de estímulo circadiano recomendados, variabilidad de la iluminancia y temperaturas de luz, y que consideren los valores normativos no como conceptos estáticos sino como criterios que están en sincronía con aspectos físicos y biológicos que respondan tanto a los efectos visuales como no visuales de la luz. Con esto, además, se considera de gran importancia la incorporación de la discusión e investigación científica respecto a los efectos positivos y negativos de nuestro entorno construido, variables que, con las dinámicas de producción económica y social actuales, hacen que pasemos gran parte de nuestra jornada diaria en espacios de trabajo que no siempre tienen las mejores condiciones físicas, repercutiendo en cuestiones biológicas controlables por medio del proceso de diseño. ▲▲▲

REFERENCIAS

- Acosta, I., Molina, J. y Campano, M., 2015. "Analysis of Circadian Stimulus Provided by Daylighting in Educational Uses." *Proc. of 4th International Conference on Environment, Energy and Biotechnology (ICEEB 2015)*, 78-83.
- Bierman, Andrew *et al.*, 2013. "A train of blue light pulses delivered through closed eyelids suppresses melatonin and phase shifts the human circadian system". *Nature and Science of Sleep*, 5:133-141.
- Boubekri, M., Cheung, I., Kathryn, B., Reid, J., Wang, C. y Zee, P., 2014. "Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers." *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10, (6): 603-11.
- Figueiro, M., Bierman, A., Plitnick, B. y Rea, M., 2009. "Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night." *BMC Neuroscience*, 10: 105.
- Figueiro, M., Bierman, A. y Rea, M., 2013. "A Train of Blue Light Pulses Delivered through Closed Eyelids Suppresses Melatonin and Phase Shifts the Human Circadian System." *Nature and Science of Sleep*, 5: 133-141.
- Figueiro, M. y Rea, M., 2012. "Short-Wavelength Light Enhances Cortisol Awakening Response in Sleep-Restricted Adolescents." *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Endocrinology*.
- Figueiro, M. y Rea, M., 2010. "The Effects of Red and Blue Lights on Circadian Variations in Cortisol, Alpha Amylase, and Melatonin." *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Endocrinology*.
- Klein, D., Moore, R. y Reppert, S. (Eds.), 1991. *Suprachiasmatic Nucleus: The Mind's Clock*. Nueva York: Oxford University Press.
- Konis, K. "A novel circadian daylight metric for building design and evaluation." *Building and Environment*, 113, 22-38.
- Miller, D., Bierman, A., Figueiro, M., Scherhammer, E. y Rea, M., 2010. "Ecological measurements of light exposure, activity and circadian disruption." *Lighting Res. Technol.* 42, (3): 271-284.
- Moore-Ede, M., Sulzman, F. y Fuller, C., 1982. *The Clocks That Time Us: Physiology of the Circadian Timing System*. Cambridge: Harvard University Press.
- Rea, M., Bierman, A., Figueiro, M. y Bullough, J., 2008. "A New Approach to Understanding the Impact of Circadian Disruption on Human Health." *Journal of Circadian Rhythms*, 6: 7.
- Roenneberg, *et al.*, 2016. "The circadian clock and human health". *Current Biology*, 26: 432-433.
- Roenneberg, T., Wirz-Justice, A. y Merrow, M., 2003. "Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes". *J. Biol. Rhythms*, 18, (1): 80-90.
- Sanz, J. y Sebastián, O., 2011. *Cuestionario: Evaluación y Acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo y el Ministerio de Trabajo e Inmigración.
- Sivaji, A. *et al.*, 2013. "Lighting does matter: Preliminary assessment on office workers". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 97: 638-647.
- Trilux Iluminación S.L., 2016. *Trilux: LED Guide 2016*. Disponible en: https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/LED_Guide/2016/16_19-LED-Guide-2016-GB-int.pdf
- Trilux Iluminación S.L., 2014. *Trilux: LED Guide 2014*. Disponible en: https://www.trilux.com/fileadmin/Content/ES/PDF/Themen/LED-Guide-ES-14_25.pdf
- Wright, K. *et al.*, 2013. "Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle". *Current Biology*, 23: 1554-1558.