

EVALUACIÓN DE LA LUZ NATURAL EN SALÓN DE ESTUDIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Cesar Solís ^{1,a}, Liz Jaureguizar ^{1,b}, Javier Ariza ^{1,c}, Erlin Mojica ^{1,d}, Jorge Isaac Perén ^{1,2,e}

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño- FADUP, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá

² Sustainable Building and City Research Group - SusBCity, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá.

^{1,a}Cesarsolro281997@gmail.com, ^{1,b}lizjaureguizar4@gmail.com, ^{1,c}javierariza507@gmail.com, ^{1,d}erlin17@hotmail.es, ^{1,2,e}jorge.peren@up.ac.pa

RESUMEN: Los edificios están expuestos a luz natural durante el día, sin embargo, no siempre es aprovechada de la mejor manera. Por otro lado, la radiación solar directa debe ser controlada eficientemente para evitar el ofuscamiento, el calentamiento de los ambientes internos y, el consecuente mayor consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado. En este trabajo se estudia los niveles iluminación natural en el salón 211 de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá (FADUP). Se realizan mediciones de iluminancia (lux) con cuatro luxómetros EXTECH SD 4000 en un día soleado y en uno lluvioso y, además se modeló el espacio interno para comparar y verificar la dinámica de la luz natural. En el día soleado, los niveles de lux en el exterior alcanzaron un promedio de 64,200lux, mientras que en el interior del salón 211 fue de 119lux. Durante el día lluvioso, el promedio fue sólo de 2,446lux en el exterior y de apenas 10lux en el interior.

PALABRAS CLAVES: Iluminancia, iluminación natural, ventanas, ventanas horizontales, salón de clases.

ABSTRACT: The buildings are exposed to daylight during the day, however, it is not always used in the best way. On the other hand, direct solar radiation must be efficiently controlled to avoid glare, heating of internal environments and, the consequent higher electricity consumption of the air conditioning system. In this work, the levels of daylight are measured in room 211 of the Faculty of Architecture and Design of the University of Panama (FADUP). Illuminance measurements are made with four EXTECH SD 4000 luxmeters on a sunny day and a rainy day and, also the internal space was modeled to compare and verify the dynamics of daylight. On a sunny day, lux levels outside averaged 64,200lux, while inside room 211 it was 119lux. During the rainy day, the average was only 2.446lux outside and barely 10lux inside.

KEYWORDS: Illuminance, daylighting, windows, horizontal windows, classroom

1. INTRODUCCIÓN

Los edificios están expuestos a la radiación solar y tienen el desafío de controlarla de manera tal que se minimice la entrada de calor y al mismo tiempo entre luz natural suficiente, sin producir excesivo resplandor [1]. La intensidad de la luz que entra en los ojos humanos puede o no, ser la adecuada o confortable para una determinada actividad. Existen irregularidades en el diseño de la iluminación (natural y/o artificial) en espacios internos de edificios que afectan la producción y la salud de los usuarios pues el confort lumínico es desconsiderado. El uso excesivo de luminarias, la mala posición y distribución de las ventanas, así como la deficiente orientación de la luz artificial con relación al área de trabajo son algunos ejemplos que pueden generar espacios internos

inconfortables para los usuarios. El nivel de luminosidad y la calidad de la luz influyen de manera directa en el rendimiento de las personas.

El presente estudio tiene por objetivo analizar cuantitativa y cualitativamente la iluminación de una sala de clases de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá (FADUP). Se espera verificar la influencia de la geometría de las ventanas y de los quiebrasoles en la luminosidad del espacio interior. Se evaluará el desempeño de la luz natural tomando en cuenta variables independientes como la intensidad de la iluminación natural externa y la manera como las ventanas influyen en la variable dependiente, que en este caso es la iluminación interior.

2. METODOLOGÍA

Para desarrollar este estudio se tomó el trabajo de Araúz et al., 2019 [2] como referencia. Posteriormente, se seleccionó un salón de la Universidad de Panamá (UP) que tuviera ventanas laterales, protección solar (quebrasoles) y en el que se pudiera realizar mediciones en diversos horarios.

Se seleccionó el aula 211 de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá (FADUP) por ser un espacio educativo de actividad visual y didáctica intensa. Luego se plantearon los ejes y puntos de trabajos importante para posteriormente realizar las mediciones. La figura 1 muestra el salón 211 de la FADUP, localizado en el nivel 200. Sus dos fachadas, orientadas al noreste y sureste, cuentan con ventanales horizontales corridos en la parte superior, por donde reciben buena iluminación natural especialmente en la mañana. Sus dimensiones son de 7.45m x 9.50m y cuenta con iluminación artificial.

2.1 Medición de iluminancia

La figura 2 muestra la localización y encuadre de las cámaras colocadas en su interior para comparar las fotos con la simulación de iluminación. En el salón 211 se realizaron mediciones de iluminancia con 3 Luxómetros EXTECH SD 4000 siguiendo un cuadrículado de referencia con ejes y puntos de medición, conforme realizado en estudios previos [3] (Ver figura 3). Posteriormente, se realizó una comparación del nivel de luz tanto interno como externo para observar su variación con relación a la intensidad de luz externa.

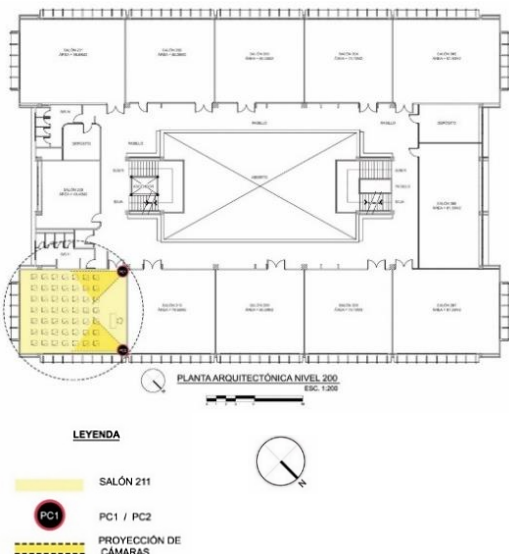


Figura 1. Localización y orientación del salón 211 de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá (FADUP).

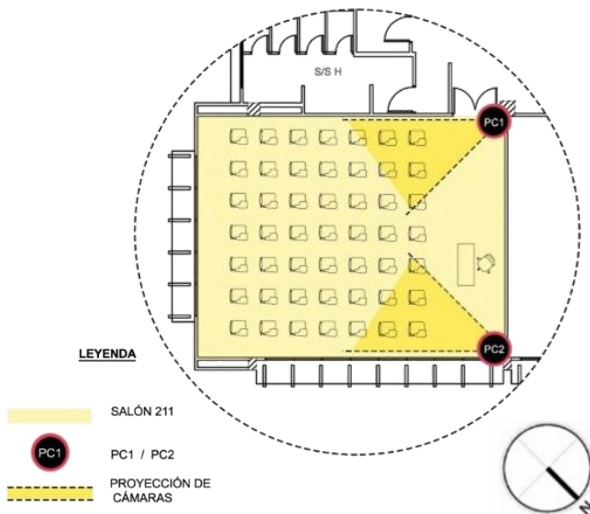


Figura 2. Proyección de cámaras y ángulos de visualización, salón 211.

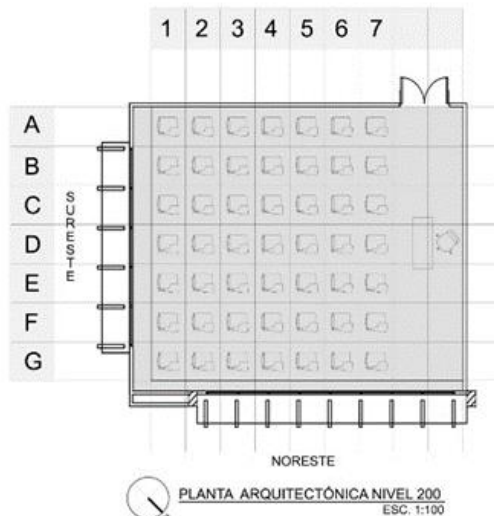


Figura 3. Cuadrícula del Salón 211

2.2 Modelado 3D y simulaciones de iluminación

Se realizó un modelado tridimensional georreferenciado del salón 211, empleando el programa Sketchup. Se obtuvieron imágenes simuladas de la iluminación natural dentro de dicho salón y que se compararon y estudiaron en diferentes horarios. La validación del modelo se realizó mediante una comparación con fotografías con proyecciones e intensidades de sombras en diversos horarios.

3. RESULTADOS

El análisis de iluminación del salón 211 se realizó en los ejes de medición o puntos de interés dentro del salón, que en este caso serían las sillas, conforme ilustrado en la Figura 3. Se obtuvieron los valores promedios de lux en cada punto o silla. Para esto se tomaron los niveles de lux interiores y simultáneamente los exteriores, con el objetivo de observar cómo las condiciones de luminosidad externas influenciaban la luminosidad interna.

3.1 Validación del modelo 3D

La figura 4 muestra la simulación computacional donde se observa que la fila E es la que recibe luz solar directa en función de la disposición de las ventanas. La figura 5 es la fotografía de la cámara PC1, la cual tiene el mismo encuadre de la simulación. Aunque la intensidad de la reflexión de luz natural es un poco diferente, la localización de la mayor luminosidad dentro del salón si es muy similar.



Figura 4. Simulación de iluminación en la misma posición de la cámara PC1 dentro del Salón 211 a las 8:00am.



Figura 5. Fotografía de la cámara PC1 en el salón 211 a las 8:00am.

3.2 Mediciones en día Soleado

La tabla 1 muestra que los niveles exteriores de luminosidad estaban entre 47,700 y 75,200 lux.

Tabla 1. Niveles de iluminación (lux) en el exterior.

Escenario #1			
Niveles de lux tomados del exterior			
Tiempo	Hora	Niveles De Lux	Medicion
T1	11:55	86,900	5 minutos Antes De la Medicion
T2	11:56	82,000	
T3	11:57	75,000	
T4	11:58	72,900	
T5	11:59	67,900	
T6	12:00	68,400	Tiempo De Medicion interna
T7	12:01	75,200	
T8	12:02	71,400	
T9	12:03	61,100	
T10	12:04	55,700	
T11	12:05	57,500	
T12	12:06	54,200	
T13	12:07	47,700	
T14	12:08	53,400	
T15	12:09	60,200	
T16	12:10	63,900	
T17	12:11	72,700	
T18	12:12	56,700	
T19	12:13	61,800	
T20	12:14	72,700	
T21	12:15	67,700	
T22	12:16	62,300	
T23	12:17	57,700	5 minutos Después De la Medicion
T24	12:18	24,700	
T25	12:19	67,700	
T26	12:20	71,400	
T27	12:21	64,800	

La figura 6 muestra los niveles de iluminación natural medidos en los puntos de interés o sillas de trabajo dentro del salón 211. Se observa que las mayores intensidades son de aprox. 225 lux y están en el centro del salón. Cabe destacar que durante la medición interna los niveles externos estaban entre 47,700 y 75,200 lux.

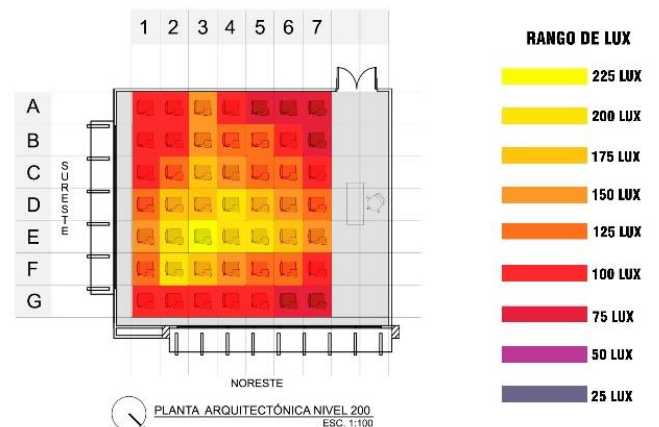


Figura 6. Cuadrícula de intensidad de lux según colores

La figura 7 muestra una comparación entre los niveles de luminosidad exteriores e interiores. El pico máximo en la luminosidad externa también se observó en el interior. El desfase de 30 segundos en entre ambos picos puede ser una imprecisión en la captación de los datos.

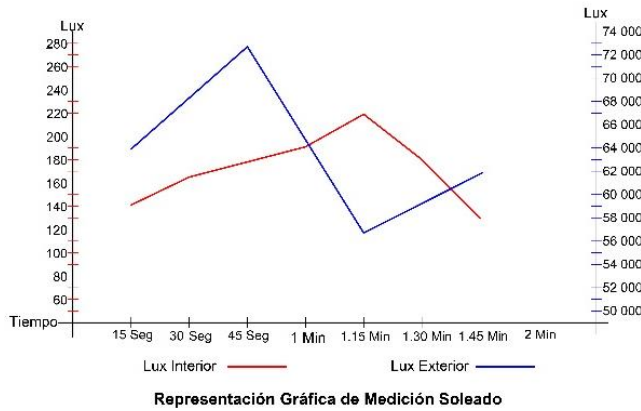


Figura 7. Gráfica de lux exterior e interior

Mientras el pico máximo de luminosidad exterior estaba en 72,700lux, en el interior del salón 211 estaba en 178lux, representando un aprovechamiento de 0.24%. Durante el día soleado los niveles de luminosidad interior oscilaron entre 219lux y 130lux. Cabe destacar que, en un estudio previo [4], se midieron niveles por arriba de los 400lux con ventanales mayores que los del salón 211.

Tabla 2. Niveles de iluminación (lux) en el interior del salón 211.

Escenario #1			
Niveles de lux tomados del exterior			
Tiempo	Hora	Niveles De Lux	Medicion
T1	1:30	4,470	5 minutos Antes De la Medicion
T2	1:31	3,630	
T3	1:32	2,970	
T4	1:33	2,537	
T5	1:34	2,283	
T6	1:35	2,172	Tiempo De Medicion Interna
T7	1:36	2,037	
T8	1:37	1,954	
T9	1:38	1,992	
T10	1:39	2,016	
T11	1:40	1,986	
T12	1:41	2,030	
T13	1:42	2,170	
T14	1:43	2,301	5 minutos Después De la Medicion
T15	1:44	2,410	
T16	1:45	2,366	
T17	1:46	2,418	
T18	1:47	2,288	

3.2 Mediciones en día lluvioso

La Figura 8 muestra que los niveles de luminosidad cayeron significativamente dentro del salón 211 durante el día lluvioso y oscilaron entre 4 y 20lux. La figura 9 muestra que los niveles de luminosidad exterior estaban entre 1,960 y 2,020 lux. El pico máximo de luminosidad exterior estaba en 2,172lux, mientras que en el interior del salón 211 estaba en apenas 20lux.

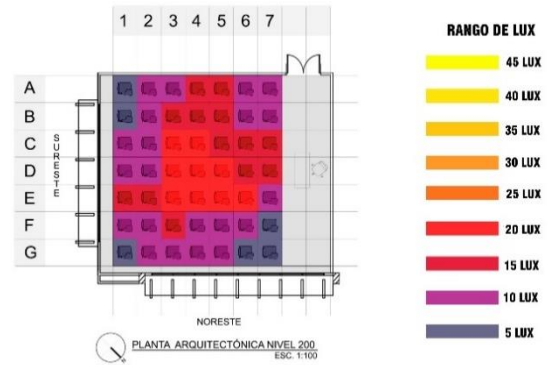


Figura 8. Cuadrícula de intensidad de lux dentro del salón 211.

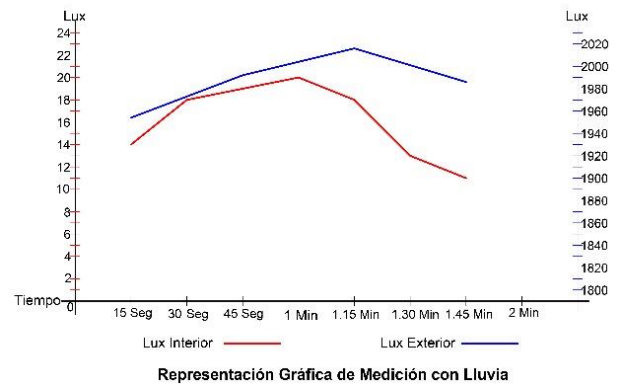


Figura 9. Gráfica de lux exterior e interior

En el exterior en un día soleado se puede lograr una cantidad de 86,900lux, mientras que en un día lluvioso la cifra puede estar en los 4,470lux. Tomando estos datos como referencia, podemos afirmar que en un día lluvioso los niveles de lux pueden disminuir en un 95% en el exterior, mientras que en el interior encontramos una variación de 219 Lux en un día soleado y 20 Lux con lluvia, representando una disminución de 91.0% en un día lluvioso.

4. DISCUSIONES

El nivel de iluminación recomendado para salas de estudio es de 300lux [5]. Sin embargo, en un día soleado difícilmente se sobrepasaron los 200lux en el interior del salón 211, generando un déficit de iluminación. Esto pudiera ser mejor estudiado en un futuro considerando la influencia de los quebrasoles verticales externos, el color de las paredes externas, etc.

Por otra parte, el estudio de iluminación se realizó en un espacio con ventanas horizontales (ver figura 12), las cuales son las más eficientes en la obtención de luz natural en interiores según Vaisi y Kharvari, 2019 [6]. Considerando esto, se sugiere realizar un estudio comparativo en un espacio similar, pero con ventanas

verticales para compararlo con nuestro estudio y poder corroborar dicha información.

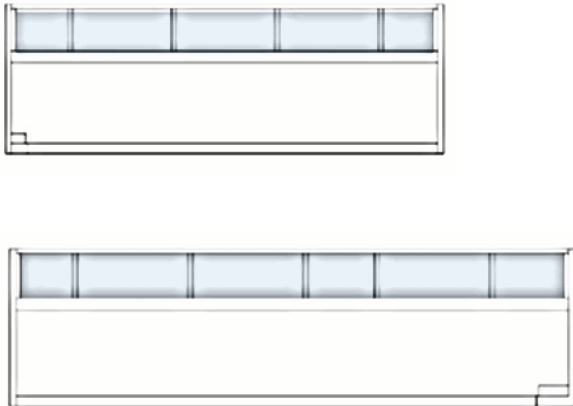


Figura 12. Elevación y Geometría de las ventanas del salón 211.

Las ventanas tienen un rol importante en el diseño de edificios pues éstas deben permitir la entrada de la iluminación difusa y a la vez controlar la entrada de la radiación solar directa. La ventana óptima para reducir cargas energéticas es la que cuanto más grande sea, más importante es su función de control del deslumbramiento y de la ganancia de radiación solar [7]. Su geometría, localización y forma debe estar en función de la orientación solar, además del viento predominante. Pero no siempre las ventanas pueden estar orientadas de modo a controlar la radiación directa. Es aquí donde elementos de control como los aleros o los quiebrasoles aparecen para proteger y reflejar la radiación solar. El salón 211, ubicado en el noreste y sureste, recibe toda la luz natural de la mañana y aunque sus ventanales superiores son horizontales corridos y tiene quiebrasoles verticales, el mismo presenta una mayor iluminación en el centro y en algunas perspectivas causa penumbra y deslumbramiento. El nuevo Reglamento de Edificación Sostenible (RES) [8] no sugiere el uso de quiebrasoles verticales en las fachadas oeste y este. Aspecto que requiere su revisión y por lo cual se recomienda que este estudio sea ampliado pues el salón 211 tiene quiebrasoles verticales adecuadamente colocados en su fachada sureste y noreste y aun así el ofuscamiento es un problema levantado por los usuarios.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este estudio son:

- Durante las mediciones en el día soleado, en el exterior había un promedio de 64,200lux, mientras que en el interior del salón 211 de la FADUP era de 119lux. Sin embargo, durante el día lluvioso, en el exterior el promedio era de 2,446lux y en el interior de apenas 10lux.
- La diferencia de iluminación externa con respecto a la interna nos muestra que con este tipo de

ventanas horizontales corridas sólo se aprovecha entre el 0.2 % y 0.9% del total de luz externa.

- En una sala con fachadas orientadas al noreste, y sudeste, y con ventanas corridas horizontales, la distribución de la iluminación natural interna es heterogénea, con altos contrastantes de luminosidad, con sectores con mayor intensidad de iluminación.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al decano de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá (FADUP), Magíster Ricardo Ortega por permitir realizar las mediciones de iluminación en el salón 211.

REFERENCIAS

- [1]. Lidia Badarnah, "Light management lessons from nature for building applications" *Procedia Engineering* 145 (2016) 595 – 602.
- [2]. Ana Gabriela Araúz, Cathleen Lee, Diego Segundo, Jorge Isaac Perén, "Caracterización Luminica Del Centro De Operaciones Del Banco General" 40. *SusBCity Vol.1, No.1:40-45 Enero –Diciembre 2019*. Artículo comparativo.
- [3]. Beitia, J., Gonzalez, A., Guardia, B., Guerra, A., & Peren, J. (2020). Evaluación de la iluminación natural y del rendimiento de quiebrasoles en el edificio de oficinas 205 - SENACYT. *SusBCity*, 2(1), 9-17.
- [4]. Andres Marquínes, Evelyn Tejeira, Eymi Aulestia, Madelin Lezcano, Samantha Franco, Kristel Goti, Yailine Warren, Fatih Karaka & Jorge Isaac Peren (2020). "Evaluación del nivel de iluminación natural en una oficina del edificio 3835 del International Business Park." *SusBCity*, 2(1), 1-8.
- [5]. The National Optical Astronomy (NOAO), operado por The Association of Universities for Research in Astronomy, Inc (AURA), "Niveles de iluminación recomendados"
- [6]. Salah Vaisi and Farzam Kharvari, "Evaluation of Daylight regulations in building using daylight factor analysis method by radiance" *Energy for Sustainable Development* 49 (2019) 100–108.
- [7]. Khaled Alhagla, Alaa Mansour, Rana Elbassuni, "Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving" *Alexandria Engineering Journal* (2019) 58, 283–290.
- [8]. Resolución N°. 035, de la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA), de 26 de junio de 2019: Reglamento de Edificación Sostenible (RES)".

Fecha de recepción: 26 de julio de 2020.

Fecha de aceptación: 18 de enero de 2021.