




Utilizing natural light to achieve lighting comfort within the home

Alvarez Valdivia, Andra Nair¹, Huertas Contreras, Dajhana Alejandra², and Ibarcena Ibarcena, Valkiria Raque³
^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, andraav2@gmail.com, dajhanah16@gmail.com,
valkiria.ibarcena@gmail.com

Abstract- Energy pollution is a problem that became even more evident during the pandemic, so studying natural lighting is essential in the efficient use of renewable energy. Due to this, the objective of this research focuses on determining the viability of taking advantage of natural light to achieve lighting comfort inside an existing home based on virtual simulation. The methodology used has a quantitative approach, with a descriptive explanatory scope developed under the non-experimental method. The data analysis was under the use of a lux meter and for the virtual simulation we worked with the Velux Daylight software to determine the improvement criteria in an architectural proposal, which allows comparison with the national and international parameters established. different standards regarding natural light lux in homes. The results showed that the strategic increase in window area increases natural lighting by 30%. Therefore, this study concludes that it is not only about increasing the size of the openings, but also the possibility of reducing energy costs from a study of the sun and a strategic increase in lighting that depends on the activities inside the building. housing and allows the controlled use of electrical energy with the use of natural light in the space.

Keywords- housing, lighting comfort, natural lighting

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Aprovechamiento de luz natural para lograr el confort lumínico dentro de la vivienda

Resumen— La contaminación energética es un problema que se hizo evidente aún más durante la pandemia, por lo que estudiar la iluminación natural es esencial en el uso eficiente de las energías renovables. Debido a ello, el objetivo de esta investigación se enfoca en determinar la viabilidad de aprovechar la luz natural para lograr el confort lumínico al interior de una vivienda existente a partir de simulación virtual. La metodología utilizada tiene un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo explicativo desarrollado bajo el método no experimental. El análisis de datos estuvo bajo el uso de un luxómetro y para la simulación virtual se trabajó con el software Velux Daylight con la finalidad de determinar los criterios de mejora en una propuesta arquitectónica, que permita realizar la comparativa con los parámetros nacionales e internacionales que establecen diferentes normas respecto a los luxes de luz natural en las viviendas. Los resultados evidenciaron que el incremento estratégico de área en las ventanas aumenta en un 30% la iluminación natural. Por lo que este estudio concluye que no solo se trata de aumentar el tamaño de los vanos, sino la posibilidad de reducir costos de energía a partir de un estudio de sol e incremento estratégico lumínico que vaya en función de las actividades en el interior de la vivienda y permita el uso controlado de energía eléctrica con el aprovechamiento de la luz natural en el espacio.

Palabras clave-- confort lumínico, iluminación natural, vivienda

I. INTRODUCCIÓN

Los espacios interiores con iluminación natural pueden reducir el uso de energía y beneficiar a los usuarios en sus actividades diarias, por esta razón es necesario analizar y controlar completamente la luz solar con el fin de conseguir el confort lumínico [1]. Los factores de iluminación como iluminancia, luminancia y deslumbramiento son indispensables para evaluar esta problemática [2], estudios evidencian que, para lograr el confort lumínico interno, se requiere un valor de iluminancia mayor a 300 lux y un factor de luz diurna de 3% al 5% [3]. Para ello, se han utilizado en investigaciones los indicadores de iluminación natural en base a características físicas, espaciales y constructivas con el uso de un luxómetro [4]. Como en la investigación de [5] y [6] en el que identifica las aberturas de la vivienda, la presencia o ausencia de obstrucciones de luz y la distribución interna de los espacios. Por otro lado, para realizar este tipo de estudios se han implementado técnicas como la de cuadrícula por puntos de medición, la cual contribuye a tener un promedio exacto de la cantidad de luxes en el espacio [7]. Para poder observar la comparativa y la mejora del confort lumínico en las viviendas [8] utilizó como método la simulación con el

programa Velux Daylight Visualizer, lo que le permitió obtener información lumínica del transcurso del día y el uso del método de experimentación a través de sensores lumínicos en el sitio [9]. Finalmente, otras investigaciones no solo lo han realizado por simulaciones sino también con datos obtenidos in situ considerando modelos formales, virtuales y nuevos prototipos que posteriormente comparan con los resultados actuales frente a los propuestos [10].

II. METODOLOGÍA

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo pues se centró en evaluar las condiciones lumínicas naturales a partir de la recolección de datos con base a la toma de mediciones y la evaluación del confort lumínico, según los resultados se elaboró el diagnóstico que permitió generar las pautas para la realización de la nueva propuesta.

El alcance de la investigación fue de tipo descriptivo/explicativo. La fase descriptiva incluyó la recopilación de datos mediante el estudio de planos, el registro fotográfico y la medición del luxómetro dentro de la vivienda, así como la recolección de variables descriptivas relacionadas con la captación y transmisión de luz natural en el interior. Por otro lado, la investigación también tuvo un enfoque explicativo, ya que implicó la comparación y estructuración necesaria para identificar las deficiencias actuales y proponer un nuevo diseño con el objetivo de mejorar la eficiencia lumínica.

La población de estudio se enmarca en una vivienda social, la muestra de estudio se centró en los bloques E y H debido a su ubicación crítica en función a la captación de la luz solar.

III. RESULTADOS

La investigación comenzó con la recopilación y análisis de planos, los cuales fueron esenciales para las visitas a campo utilizando guías de captación y transmisión. El objetivo era obtener datos específicos sobre las características interiores de las tipologías seleccionadas para el estudio, incluyendo orientación, limitaciones, estudio solar y medidas de vano. Posteriormente, se llevó a cabo un levantamiento 3D del conjunto y las tipologías mediante el software de modelado 3D Archicad, ubicando las viviendas en los pisos correspondientes. La Tabla 1 muestra las diferencias entre las tipologías 1 y 2 en términos de orientación, limitaciones de vegetación y edificación, así como las mínimas variaciones en los ángulos de estudio solar.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

TABLA 1
RESUMEN DE RESULTADOS "CAPTACIÓN Y TRASMISIÓN"

Captación					
Tipología	Bloque	Componente de paso	Orientación	Limitantes	Estudio solar
Nº 1	E	Lateral	Oeste/ Sur	Vegetación	49.07°
Nº 2	H	Lateral	Norte/ Sur	Forma Bloque	49.29°
Trasmisión					
Tipología	Bloque	Tipo de vano/cantidad	Orientación	Forma Geometrica	Tipo de Iluminación
Nº 1	E	Ventana/2	Oeste/ Sur	Horizontal	Directa
Nº 2	H	Ventana/2	Norte/ Sur	Horizontal	Directa

Del mismo modo, se realizó el estudio específico del vano por tipología presentando ciertas variaciones como se observa en la Tabla 2, en el cual el área de vano de la tipología 1 es mayor en relación con la tipología 2. También, los porcentajes de vano/ muro y vano/ superficie son mayores en la tipología 2 a diferencia de la tipología 1.

TABLA 2
RESUMEN DE RESULTADOS ÁREAS Y PROPORCIÓN DE VANOS

Tipología	Bloque	Área vano	Vano/	Vano/	Protección solar
			muro	superficie	
Nº 1	E	2.30/ 1.70 m ²	33 % / 13%	12 % / 9%	Ninguno
Nº 2	H	2.10 m ²	32%	16%	Ninguno

Para evaluar la incidencia de la luz solar, se analizaron tres componentes esenciales: luminancia, deslumbramiento e iluminancia. Se emplearon dos metodologías, una de ellas fue la cuadrícula, utilizada para medir la iluminancia según el protocolo de medición en ambientes laborales [7]. Esta metodología implica cubrir toda el área de análisis, dividiéndola en partes iguales con formas regulares, y la medición se realiza en el centro de cada punto divisorio a una altura de 0.80 metros sobre el suelo, calculando luego el valor de iluminancia promedio. Por otro lado, [11] propuso una serie de rangos para medir la luminancia dividiendo el espacio en zonas, clasificadas en actividades detalladas, medias y bajas, y subdivididas en escalas de 1 metro, 3 metros y 5 metros según el espacio. Las mediciones se realizaron a la altura del ojo humano, utilizando en ambas metodologías un luxómetro digital Extech LT300.

La recolección de resultados para determinar la luminancia se realizó considerando la actividad en el espacio, con mediciones a la altura de los ojos y abarcando primer plano, segundo plano más cercano y entorno más lejano en el campo visual del usuario para ambas tipologías. Esta metodología, propuesta por [11], divide el espacio en tres sectores según la actividad principal, media y baja. Se realizaron 5 tomas de mediciones para obtener datos adicionales y observar la

variación de los resultados del luxómetro. El deslumbramiento se determinó utilizando la aplicación Sun Surveyor Lite, que proporcionó el ángulo solar exacto al momento de la medición. Estos ángulos se compararon con los parámetros establecidos por [11], clasificándolos en categorías de muy molesto, algo molesto, poco molesto y no visible, según los ángulos desde la línea de horizonte hasta que la fuente de luz solar ya no es visible, en un rango de 0° a 60°.

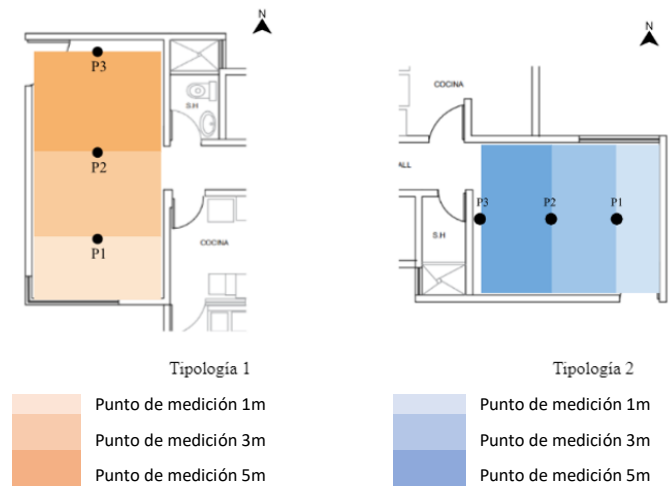


Fig. 1 Área de medición según actividad

Seguidamente, se realizó el promedio total de los resultados obtenidos para medición de la luminancia como se observa en la Figura 2, a partir de la toma de medidas en 1 metro, 3 metros y 5 metros de distancia, que se realizó con un intervalo de 10 minutos entre las 10 horas y 13 horas en ambas tipologías con el uso del Luxómetro digital Extech LT300. A diferencia de la tipología 2 con un cielo despejado, la tipología 1 se realizó bajo un cielo nublado y celaje.

Gracias al promedio de datos, se dan a lucir resultados más contrastantes entre la mañana y la tarde. A las 10 horas presentó un máximo de 370 luxes en la primera tipología y 626 luxes en la segunda tipología, lo que estaría dentro del rango adecuado de 300 - 1000 luxes a la distancia de 1m, los demás valores en las distancias de 3 metros y 5 metros se encuentran en un rango adecuado, siendo los de menor resultado los más alejados de la ventana. A continuación, se detalla en la Figura 2 la diferencia de los picos que arrojaron los luxes tanto en la mañana como en la tarde en ambas tipologías, teniendo una gran diferencia entre ambos, ello debido al ingreso de luz de tarde específicamente por el segundo vano orientado al oeste, el sol comienza a ocultarse y como tal genera un ingreso de luz mayor por la tarde.

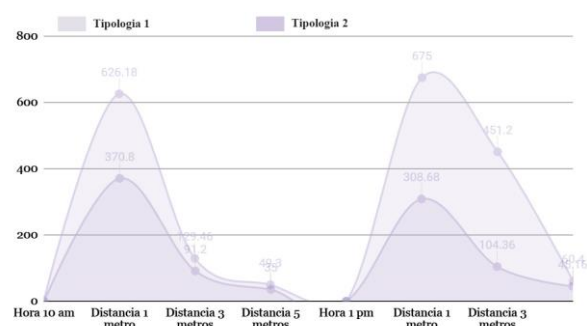


Fig. 2 Comparativa de luxes en horas 10 horas y 13 horas - Tipología 1 y Tipología 2

Por otro lado, para obtener datos basados en la iluminancia se utiliza la metodología de la cuadrícula aplicada por el protocolo de la medición de la iluminación en un ambiente laboral utilizada por [7], es así como se midió diferentes luxes a la altura de 0.80 cm del suelo en un espacio previamente dividido codificando sectores desde el punto P1 al punto P8 en el caso de la tipología 1 y del punto P1 al punto P6 en la tipología 2 ya que es más pequeña, como se observa en la Figura 3. En la que se planteó tener 5 mediciones con un intervalo de 10 min entre cada toma con el fin que no varíen demasiado los resultados dentro de la hora establecida.

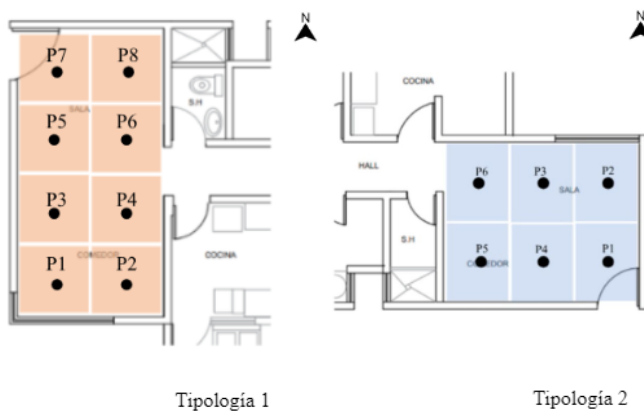


Fig.3 Área de medición cuadrícula

Para la metodología de "La cuadrícula", se emplearon 8 puntos de medida en la primera tipología y 6 puntos en la segunda, considerando la diferencia en el tamaño del espacio. Se realizaron 5 tomas para mejorar la precisión de los resultados. En esta metodología, la altura de medición fue de 0.85 m desde el piso, centrándose en evaluar el confort en el espacio en lugar de la persona.

Se presentan los resultados promedio de ambas tipologías a las 10 horas y 13 horas. Cada medición de iluminancia se realizó utilizando un luxómetro modelo Extech LT30. La diferencia clave entre las tipologías se relaciona con la orientación de los vanos y el tipo de cielo, como se mencionó anteriormente. La Figura 4 detalla la variación de los picos de luxes tanto en la mañana como en la tarde en la tipología 1. Se observa un salto en los luxes en el punto 3, tanto en la mañana como en la tarde, debido a que la tipología con fachada sur tiene una ventana de menor área, pero orientada al oeste. En el punto 3, cercano a este vano, la luz ingresa directamente, resultando en un mayor punto de incidencia de luz, especialmente en horas de la tarde.

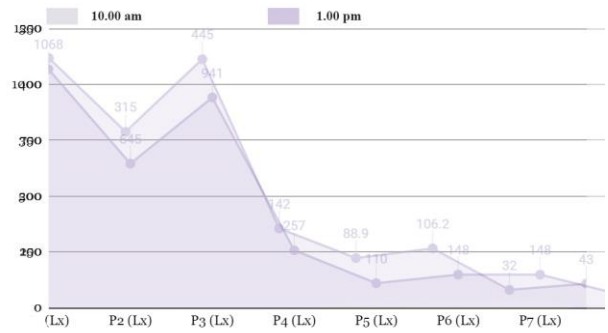


Fig. 4 Variación de luxes en tipología 1 puntos de medición (10 horas y 13 horas)

En el caso de la segunda tipología los datos de las 10 horas como de las 13 horas no varían demasiado entre sí. Así mismo, se detalla la presencia de interferencia por los diversos mobiliarios presentes en el área social. Según la norma, estos valores no son los adecuados ya que tenemos valores mínimos de 200 luxes y un óptimo de 300 luxes. Por lo que se pretende intervenir para mejorar las condiciones lumínicas y llegar a un valor medio entre el mínimo y óptimo (Figura 5).

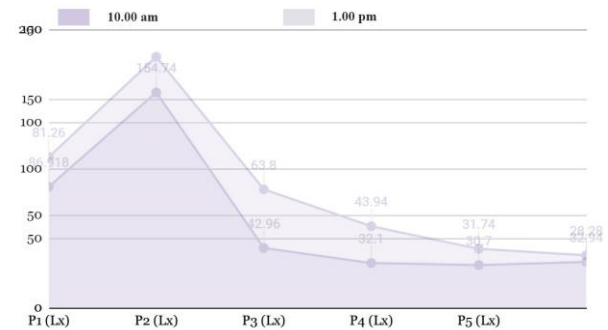


Fig. 5 Variación de luxes en tipología 2 puntos de medición (10 horas y 13 horas)

Para evaluar el confort lumínico, la luminancia e iluminancia se empezó identificando parámetros existentes como los que brinda la normativa peruana A 010 y EM.010, la normativa española UNE 12464 y una normativa internacional bajo los criterios [6] y [7]. De este modo, se establecieron parámetros para poder ser usados como comparativa al momento de haber identificado los luxes en la vivienda. Para ello se hizo uso de las siguientes Tablas 3 y 4 de requerimientos generales.

TABLA 3
RESULTADOS Y COMPARATIVA DE PARÁMETROS A LAS 10 HORAS

Guía de requerimientos mínimos	
Datos generales	
Uso:	10.00 am
Fecha:	07/11/23
Tipología 1 Bloque E Tipología 2 Bloque H	

Bloques		Comparación de resultados						
Tipología	Luxes actuales	Luxes mínimos según RNE	Luxes en base al espacio Norma internacional	UNE 12464 Internacional	Exigencia visual	Requiere mayor iluminación	Cumple con luxes mínimos	
Tipología 1: Sala - Comedor	445.8 Lux	(min)100 Lux	200-500 lux	(min) 100 Lux	No	No	Si	No
Tipología 2: Sala - Comedor	154.74 Lux	(min)100 Lux	200-500 lux	(min) 100 Lux	Si	Si	Si	No

TABLE 4
RESULTS AND COMPARATIVE OF PARAMETERS AT 13 HOURS

Guía de requerimientos mínimos		Datos generales						
Datos generales		Tipología 1 Bloque E Tipología 2 Bloque H						
Hora :	13:00 pm							
Fecha:	#####							
Bloques		Comparación de resultados						
Tipología	Luxes actuales	Luxes mínimos según RNE	Luxes en base al espacio Norma internacional	UNE 12464 Internacional	Exigencia visual	Requiere mayor iluminación	Cumple con luxes mínimos	
Tipología 1: Sala - Comedor	645.6 Lux	(min)100 Lux	200-500 lux	(min) 100 Lux	Si	No	Si	No
Tipología 2: Sala - Comedor	135.26 Lux	(min)100 Lux	200-500 lux	(min) 100 Lux	Si	Si	Si	No

Los resultados obtenidos para saber los luxes actuales, se dieron a partir de los valores máximos de luxes obtenidos en el espacio previamente medido. Al ser identificados, se compararon con los rangos establecidos que brindan las diversas normativas, teniendo resultados muy bajos los cuales estarían cumpliendo con el requerimiento mínimo, sin embargo, según la norma internacional no llegan al valor mínimo. El llegar a un valor mínimo no asegura que se esté cumpliendo con el correcto confort lumínico, ya que no se está llegando al valor más deseable. Así también, se realiza las comparativas específicas de acuerdo con cada factor en este

caso luminancia e iluminancia como se observa en las siguientes tablas 5 y 6.

TABLE 5
RESULTS AND COMPARATIVE OF PARAMETERS AT 10 HOURS -
TIPOLOGÍA 1 Y 2

		Actividad Interior					
Tipología 1	Factor luminancia	Primer plano/actividad detallada	Plano medio/actividad media	Plano general/actividad baja	Cumple confort		
		300-1000 Lux	100-300 Lux	30-100 Lux	Si	No	
Tipología 1	Promedio punto de medición 1 - 1m	370.8 lux			x		
	Promedio punto de medición 2 - 3m		91.2 lux			x	
	Promedio punto de medición 3 - 5m			35 lux	x		
	Deslumbramiento						
		No visible	Poco molesto	Algo molesto	Muy molesto	Cumple confort	
		> 60 °	60°	45°	30°	Si No	
					x	x	
Tipología 1	Factor de iluminancia	Parámetros				Cumple confort	
		Max Luxes	Mínimo lux	Óptimo lux	Máximo lux	Si	No
		370 lux	200	300	500	x	
		Actividad Interior					
Tipología 2	Factor luminancia	Primer plano/actividad detallada	Plano medio/actividad media	Plano general/actividad baja	Cumple confort		
		300-1000 Lux	100-300 Lux	30-100 Lux	Si	No	
Tipología 2	Promedio punto de medición 1 - 1m	626.18 lux			x		
	Promedio punto de medición 2 - 3m		129.46 lux		x		
	Promedio punto de medición 3 - 5m			49.3 lux	x		
	Deslumbramiento						
		No visible	Poco molesto	Algo molesto	Muy molesto	Cumple confort	

	> 60°	60°	45°	30°	Si	No
		x			x	
Factor de iluminancia	Parámetros				Cumple confort	
	Max Luxes	Mínimo lux	Óptimo lux	Máximo lux	Si	No
	154.74 lux	200	300	500		x

De acuerdo con la metodología [11], se observa en la comparativa de las 10 horas que la tipología 1 orientada al sur está cumpliendo de mejor manera con los parámetros, enfocándolo a orientar la atención a la segunda tipología, pues no llega ni al mínimo de luxes que indica los parámetros de la normativa internacional, el deslumbramiento en ambas tipologías no es molesto por lo que se puede inferir que cumple con cierto confort lumínico actualmente.

TABLA 6
RESULTADOS Y COMPARATIVA DE PARÁMETROS A LAS 13 HORAS –
TIPOLOGÍA 1 Y 2

Actividad Interior						
Tipología 1	Factor de iluminancia	Primer plano/actividad detallada	Plano medio/actividad media	Plano general/actividad baja	Cumple confort	
		300-1000 Lux	100-300 Lux	30-100 Lux	Si	No
	Promedio punto de medición 1 - 1m	675 lux			x	
	Promedio punto de medición 2 - 3m		451.2 lux			x
	Promedio punto de medición 3 - 5m			60.4 lux	x	
<i>Deslumbramiento</i>						
	No visible	Poco molesto	Algo molesto	Muy molesto	Cumple confort	
	> 60°	60°	45°	30°	Si	No
		x				x
Factor de iluminancia	Parámetros				Cumple confort	
	Max Luxes	Mínimo lux	Óptimo lux	Máximo lux	Si	No
	645 lux	200	300	500		x
Actividad Interior						

Tipología 2	Factor luminancia	Primer plano/actividad detallada	Plano medio/actividad media	Plano general/actividad baja	Cumple confort	
		300-1000 Lux	100-300 Lux	30-100 Lux	Si	No
	Promedio punto de medición 1 - 1m	626.18 lux			x	
	Promedio punto de medición 2 - 3m		129.46 lux			x
	Promedio punto de medición 3 - 5m			49.3 lux	x	
<i>Deslumbramiento</i>						
	No visible	Poco molesto	Algo molesto	Muy molesto	Cumple confort	
	> 60°	60°	45°	30°	Si	No
		x				x
Factor de iluminancia	Parámetros				Cumple confort	
	Max Luxes	Mínimo lux	Óptimo lux	Máximo lux	Si	No
	135.26 lux	200	300	500		x

Como se observa en la primera hora de toma de resultados, en la tipología 1 en el factor de iluminancia en lo general cumpliría con el confort requerido, sin embargo, en un plano medio de actividad media no llega a estarlo, ya que como se mencionó al encontrarse al lado sur, el ingreso de luz en la sala-comedor va reduciendo mientras más profundo es el punto de medida, sobre todo a las horas de la mañana. En el factor de Iluminancia cumpliría con la variable de confort, sin embargo, alcanza el máximo valor según los parámetros establecidos, por lo que esto podría mejorar para así evitar posibles deslumbramientos y llegar a ser óptimo.

De igual manera en la tipología 2 del factor Luminancia se obtiene que el resultado de plano medio de actividad media no cumpliría con la variable de confort, ya que supera el mínimo de luxes que debería tener. En el factor de Iluminancia en la tipología 1 según los parámetros establecidos y considerando el máximo de luxes obtenidos, no cumple con la variable de confort porque este superaría el rango mínimo, óptimo y máximo de valores. Adicional a ello, se considera la medición del deslumbramiento y la identificación de la altura solar, pues Monroy [11] indica que son puntos influyentes para considerar para observar si se cumple o no con el confort.

Considerando los datos anteriores se efectúa la simulación bajo el software Velux Daylight, el cual otorga una documentación gráfica próxima a la realidad que se observa in situ. Como primer paso se realizó el modelo 3d en el software

Archicad, el diseño actual y el diseño propuesto, ambos se insertaron en el programa Velux Daylight, posterior a ello, se modificaron datos como coordenadas UTM, horas, fechas, ubicación, el tipo de cielo y el tipo de formato ya sea en planta, corte o vista. El programa realizó un render en el cual mediante escalas de color como se observa en la Figura 6, otorga información de los luxes obtenidos en el espacio. Los colores que se observan van en un rango de mayor iluminancia a menor, siendo el rojo el de mayor concentración, pasando por el verde y terminando en el azul el cual es el índice más bajo de iluminancia.

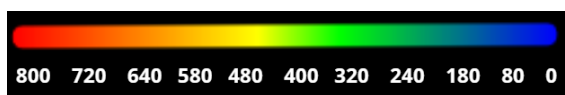


Figura 6: Rangos establecidos de luxes a utilizar en la simulación

La primera simulación se realizó en la tipología 1 bajo su estado actual en fecha 20 de Octubre del 2023, previamente a esto se tuvieron los resultados in situ los cuales se pudieron comparar con el programa digital para poder tener datos más específicos, así se pudo confirmar que los puntos de medición entre el primer y cuarto punto en alcance a todo el espacio son los de mayor luxes, sin embargo en las horas de la mañana se tiene el máximo de luxes requeridos (445 Lux) ocasionando deslumbramiento en esta zona que sería la parte roja como se observa en la Figura 7, y en horas de la tarde los luxes obtenidos llegan a superar los luxes requeridos (645 Lux) haciendo de esta área nada confortable como se observa en la Figura 8 con la representación de color rojo.

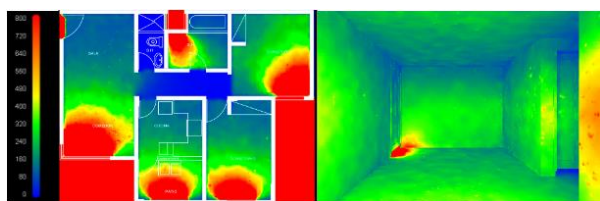


Figura 7: Simulación de la tipología 1 a las 10 horas - 20/10/23

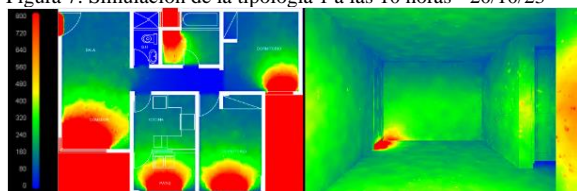


Figura 8: Simulación de la tipología 1 a las 13 horas - 20/10/23

A continuación, se observa la simulación efectuada en la tipología 2 bajo su estado actual en fecha 27 de octubre del 2023, la cual tiene un único vano orientado hacia el norte. En la simulación actual se compara con los datos previamente obtenidos in situ y coincide que la mayor cantidad de luxes es entre los puntos 1 - 4, ya que son los más próximos al ingreso

de luz natural, sin embargo, aún se puede apreciar que el porcentaje de ingreso solar es bajo ya que el resultado de 154.74 luxes se encuentra cerca al mínimo y no estaría llegando al máximo que es 500 lx como indica la norma europea. Sin embargo, según las normas peruanas se encuentra en el rango adecuado. Como se ve en la Figura 9, la luz ingresa en menor cantidad a las 10 horas a diferencia de la Figura 10, que muestra la concentración de luz a las 13 horas, abarcando mayor cantidad de iluminación, ello por el ángulo distinto en cómo ingresa la luz solar.

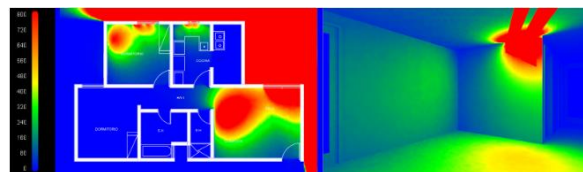


Figura 9: Simulación de la tipología 2 a las 10 horas - 27/10/23

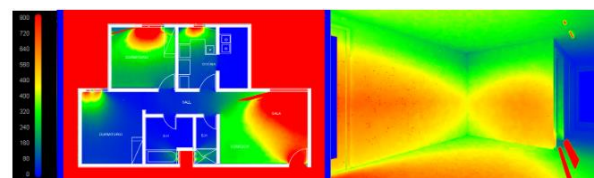


Figura 10: Simulación de la tipología 2 a las 13 horas - 27/10/23

Los resultados obtenidos tienen una gran aproximación a los actuales, ya que al comparar los luxes obtenidas in situ se asemejan a los obtenidos por el programa de simulación. Además, el uso del color y las variaciones permiten beneficiar directamente a una mejor comprensión. Sin embargo, los resultados no son tan precisos como el hacer uso del luxómetro en el mismo lugar.

Previo a la simulación para saber los actuales luxes con la nueva propuesta, se muestra en una planta y 3D como es que ambas tipologías tienen cambios favorables que ayudan a incrementar el índice de luz en el interior de la vivienda sin afectar otros aspectos como el aumento de deslumbramiento ocasionando que no se puedan realizar actividades.

En la tipología 1, la nueva propuesta genera una ampliación de vano como se observa en la figura 11 y 12 generando una terraza al exterior teniendo como protección una mampara y un alero para permitir el ingreso de luz en todo el espacio, pero también evitar que se proliferen el calor, la terraza permite la conexión de la vivienda con el parque central propio del lugar, lo que evita tener obstrucciones de luz y la naturaleza ser un generador de sombra habitualmente.

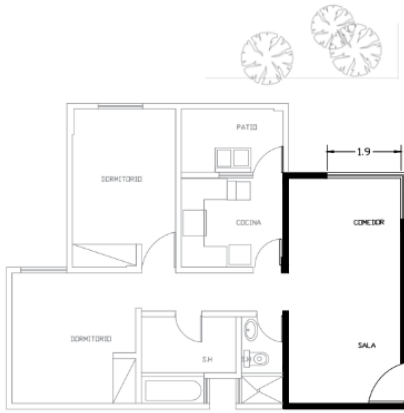


Figura 11: Tipología actualmente - 19/10/23

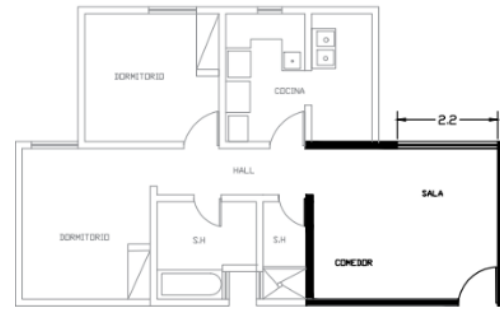


Figura 14: Tipología propuesta

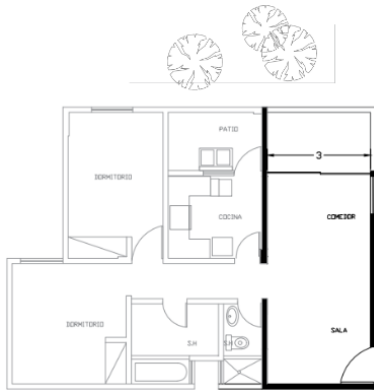


Figura 12: Tipología propuesta

En la siguiente tipología 2, se considera la propuesta de mejora el incremento en la proporción del vano respecto al espacio como se observa en figura 13 y 14; es decir, se buscó ampliar sus dimensiones en ancho y altura para lograr captar mayor iluminación natural, manteniendo la alineación a la derecha ya que al lado posterior se encuentra un muro ciego el cual haría sombra y no efectuará ningún cambio en la propuesta. Por otro lado, es posible adaptar un vano en la zona de servicio ya que esta se encuentra completamente cerrada.



Figura 13: Tipología actualmente - 20/10/23

Finalmente, se realizó la simulación en las tipologías con los cambios ya efectuados en ellas para observar el incremento de luz solar en el interior. Como se observó anteriormente, la tipología 1 cuenta con dos vanos al sur, uno superior al otro, sin embargo tanto la orientación como la proporción de sus vanos no llegan a alcanzar un estado confortable en el interior de la vivienda, por lo que en la propuesta de esta tipología en base a los datos que se pudo obtener in situ, como imágenes y la caracterización de lugar, se tiene como beneficio el parque frente a esta tipología, lo cual permite en la nueva propuesta hacer una ligera ampliación del espacio, generando una pequeña terraza al exterior lo cual podría replicarse en todo el bloque, ya que no existe obstrucción de visual y es un área netamente perteneciente a los habitantes, al generar esta ampliación se crea un acceso de luz más amplio y un espacio interior y exterior más confortable, homogeneizando así la luz en todo el espacio en ambas horas del día como se puede observar en las figuras 15 y 16.

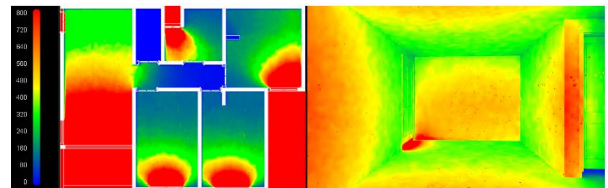


Figura 15: Simulación de la propuesta de la tipología 1 a las 10 horas - 20/10/23

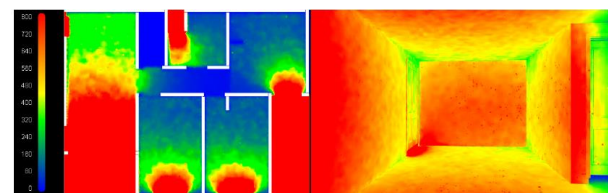


Figura 16: Simulación de la propuesta de la tipología 1 a las 13 horas - 20/10/23

Sin embargo, en la tipología 2 el vano actual que se identificó en la vivienda es de 1.80 m x 1.20 m teniendo una relación de vano/superficie del 16%, la propuesta de ampliar las dimensiones consta de tener un nuevo vano de medidas 2.20 m x 2.00 m teniendo una relación de vano/superficie del 33%, lo cual es más del 50% en mejora para el ingreso de iluminación. A continuación, se observa la simulación a las 10 horas y 13 horas en las figuras 17 y 18 con la nueva propuesta efectuada en el modelado 3D.

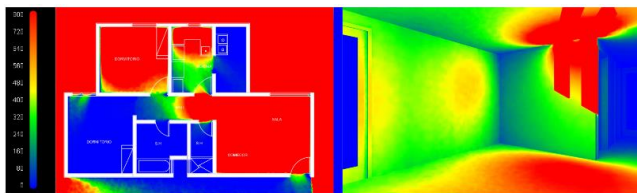


Figura 17: Simulación de la propuesta tipología 2 a horas 10 am - 27/10/23

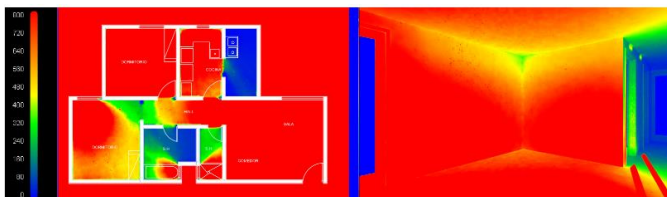


Figura 18: Simulación de la propuesta tipología 2 a las 13 horas - 27/10/23

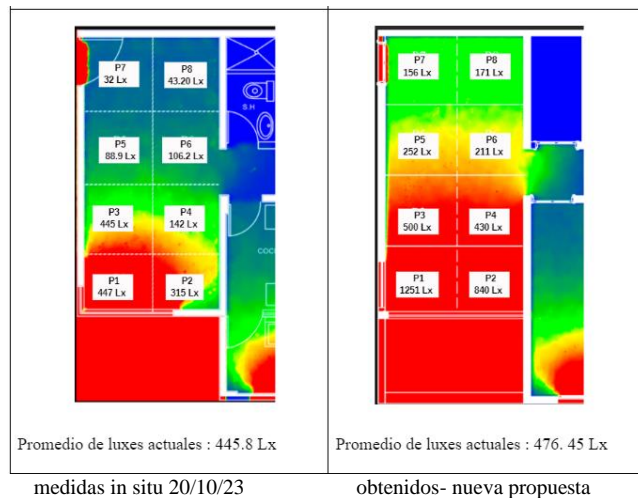
Al tener los resultados previos, se procedió a la comparación de la eficiencia que se pretendía llegar de acuerdo con las modificaciones efectuadas anteriormente. El resultado a buscar se realizó a partir de los luxes previamente halladas in situ con los luxes actuales que brinda el software de simulación. Los resultados hallados bajo el simulador se asemejan a los encontrados in situ es por ese motivo que se plantea comparar mediante el porcentaje de colores (de manera gráfica) y los datos arrojados de luxes en el simulador Velux Daylight. Los resultados a comparar se basaron en la iluminancia ya que responde al nivel del espacio, puesto que el factor de luminancia se basa más en la percepción y altura de la persona realizando una actividad y/o es posible que el mobiliario pueda haber interferido con los resultados previamente hallados.

El estudio de la iluminación en la tipología 1, con los datos previamente obtenidos en luxes, proceden a ser comparados con los resultados que el simulador Velux arroja bajo la nueva propuesta de mejora, de este modo el promedio total de luxes a las 10 horas dio como resultado 445.80 luxes siendo eficiente, sin embargo, como se observa en la Figura 19 la mayor cantidad de luxes se encuentran en los puntos más próximos a los vanos, dejando sin luz el espacio en la profundidad de la habitación, por lo que en base a la nueva propuesta como se observa en la figura 20, la luz alcanza un promedio de 476. 45 luxes, con este resultado se tiene una

mayor homogeneidad de luz en el espacio sin que éste afecte a las actividades. Comparando con los luxes obtenidos por el luxómetro hay una notable diferencia, teniendo como resultado que la nueva propuesta a las 10 horas obtiene un 6.29 % más de iluminación que la actual. Pues, los luxes actuales comparados con el máximo valor tiene un porcentaje de 89% y el del simulador uno de 95.29%.

Figura 19: Tipología 1 luxes

Figura 20: Tipología 1 luxes



Por otro lado, a las 13 horas los luxes actuales alcanzaban 645.6 luxes, superando la normativa internacional como se observa en la figura 21, en la propuesta alcanza 496.3 luxes, regulando lo que dispone la normativa y homogeneizando la luz en el interior. Comparando con los luxes obtenidos por el luxómetro hay una notable diferencia, teniendo como resultado que la nueva propuesta a las 13 horas obtiene un 27.73 % más de mejora y regulación de luz que la actual. Ya que, los luxes actuales comparados con el máximo de valor tiene un porcentaje que supera el índice adecuado de 127 % y el del simulador uno de 99.27%. Ello se aprecia en la figura 22.

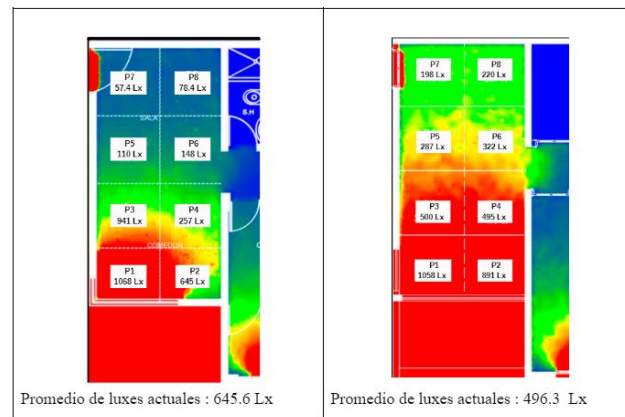


Figura 21: Tipología 1 luxes medidas in situ 20/10/23

Figura 22: Tipología 1 luxes obtenidos- nueva propuesta

Por otro lado, el estudio comparativo de la iluminancia en la tipología 2 es el siguiente, se procedió a ubicar los puntos actualmente encontrados en la medida de luxes, siendo comparados con los del simulador en la nueva propuesta efectuada. El promedio general de luxes en esta tipología a las 10 horas dio como resultado 154.74 Lx, cumpliendo con lo mínimo que exige la normativa peruana y la española. Sin embargo, los rangos recomendados de iluminación requerida por espacio y por actividad obtenidos de [12] y [13] indican que van entre los 200 - 500 Lx para que sea confortable, por lo que el objetivo era establecer la propuesta en ese rango.

En la figura 23 se aprecia los luxes que actualmente arrojó el luxómetro in situ, para proceder con la comparativa del simulador bajo la nueva propuesta efectuada como se observa en la figura 24. Los nuevos datos obtenidos en la comparativa arrojan un promedio de 410.5 Lx bajo la nueva propuesta y el uso del simulador. Comparando con los luxes obtenidos por el luxómetro hay una notable diferencia, teniendo como resultado que la nueva propuesta a las 10 horas obtiene un 52.1% más de iluminación que la actual. Pues, los luxes actuales comparados con el máximo de valor tiene un porcentaje de 30% y el del simulador uno de 82.1%.

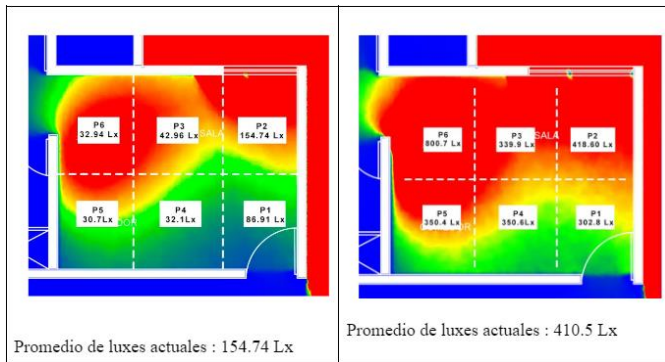


Figura 23: Tipología 2 luxes medidas in situ 27/10/23

Figura 24: Tipología 2 luxes obtenidos- nueva propuesta

Siguiendo con la tipología 2, en este caso a las 13 horas se observa que los resultados obtenidos mediante el luxómetro y el simulador bajo la nueva propuesta han mejorado enormemente. En resultados anteriores el promedio de luxes obtenidos fue de 135.26 Lux. En la figura 25 se muestran los resultados arrojados por el luxómetro en resultados anteriores y en la Figura 26 los arrojados bajo el simulador con la nueva propuesta, comparando con los luxes obtenidos por el luxómetro hay una notable diferencia, pues actualmente en la vivienda el porcentaje de iluminación es de 27.25%, y la nueva propuesta alcanza un porcentaje de 80.95%.

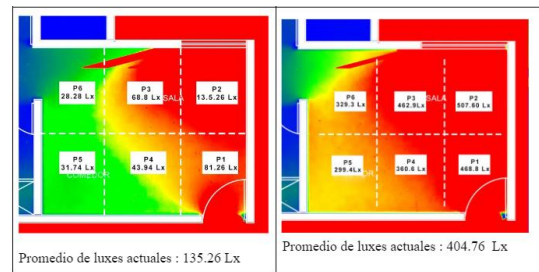


Figura 25: Tipología 2 luxes medidas in situ 27/10/23

Figura 26: Tipología 2 luxes obtenidos- nueva propuesta

IV. DISCUSIÓN

Para llevar a cabo la investigación sobre confort lumínico, se inició con un análisis preliminar utilizando un cuentapasos para evaluar los puntos clave. Según [2], los factores de iluminación son esenciales en esta evaluación, por lo que se utilizaron variables cuantitativas y cualitativas, siguiendo las tipologías mencionadas en [5] y [6]. La investigación se centra en obtener resultados precisos al considerar datos específicos como orientación, áreas, proporciones y elementos diseñados para evitar el exceso de luz natural. Se siguió también, las recomendaciones de un protocolo para medición de la iluminación en el ambiente laboral llevado a cabo bajo el Ministerio de trabajo [7], el cual al igual que esta investigación hace uso de la metodología de la cuadrícula para proceder hallar la iluminancia en el espacio, en ambos se hizo uso de la media para poder tener un valor aproximado de luxes en el espacio, la diferencia es que el Ministerio lo desarrolla en ambientes laborales y esta investigación se basa en evaluar el área social de la vivienda, los resultados son comparados con parámetros ya establecidos en caso del protocolo bajo la siguiente resolución SRT N° 84/2012 y en la de este estudio bajo la norma Norma A.010, Norma EM.010, UNE-EN 12464-1 y parámetros utilizados en investigaciones de [11] y [12].

El uso del simulador software Velux Daylight, permite comprender de manera más gráfica el ingreso y el incremento de la luz mediante el factor de luminancia. Es así como al igual que en otras investigaciones [8], se coincide claramente que la norma respecto a iluminación carece de estudio o información, haciendo ver una notable falta de interés respecto al confort de las personas.

El uso del método de la cuadrícula aplicado por el ministerio de trabajo [12] en su guía práctica sobre un ambiente laboral para medir la iluminancia, otorgó a la investigación una fuente importante de información pues es sencillo y fácil de comprender y llevar a cabo. Sin embargo, para poder aplicar la medición de la luminancia y el deslumbramiento, la investigación se centró en parámetros [12], y es así como de esta forma se establecieron los rangos bases para poder evaluar ambos factores al igual que la influencia de [12] y [13] pues relacionaban la luminancia con

la percepción del humano, de acuerdo con ello las mediciones se realizaron a la altura del ojo humano.

V. CONCLUSIONES

En la primera etapa, se notó que las tipologías presentan similitudes en sus características interiores, pero difieren en área y ubicación. La elección de dos modelos de estudio se basó en la accesibilidad para la toma de medidas y su conveniencia en el análisis debido a las variaciones en la orientación de vanos y dimensiones. Esta selección permitió realizar una comparación de resultados. Sin embargo, es importante destacar que el estudio se limita a un único espacio dentro de la vivienda.

En la segunda etapa, se evaluaron la iluminancia, deslumbramiento y luminancia en distintas alturas y acciones tomadas para su medición. Se utilizaron metodologías como la de rangos por actividad y la cuadrícula, con múltiples mediciones para garantizar precisión. Se empleó un luxómetro en dos fechas (20 y 27 de octubre) y en diferentes horas (de 10 horas a 11 horas y de 13 horas a 14 horas). La tipología 1, a pesar de su orientación sur, demostró tener mayor confort lumínico que la tipología 2 debido a la presencia de un vano orientado al oeste, permitiendo una captación indirecta de más luz. Los picos de iluminancia llegaron hasta 600 Lux, siendo en la tipología 1 a las 13 horas y en la tipología 2 a las 10 horas, lo que indica que el ingreso de luz es mayor en una durante el día y en otra durante la tarde.

En la tercera etapa, la comparativa de resultados proporciona una mayor comprensión de la correcta iluminación buscada. Los resultados actuales, en conjunto con los parámetros establecidos por normativas, ofrecen una idea clara de los niveles óptimos de confort lumínico en la vivienda. La tipología 1 destaca al cumplir mejor con los parámetros tanto en la mañana como en la noche, mostrando valores de luminancia, deslumbramiento e iluminancia que se asemejan a la normativa internacional, con un promedio total de 445.8 Lux, dentro del rango de 200-500 Lux propuesto por la normativa. Por otro lado, la tipología 2 no cumple completamente con estos estándares, ya que tiene un promedio actual de 154.7 Lux, aunque sí cumple con la norma peruana que establece un mínimo de 100 Lux. Sin embargo, se observa un mayor deslumbramiento en la tipología 2 a partir de las 13 horas debido al vano oeste.

En la cuarta etapa, el uso del simulador Velux Daylight Visualizer 3.1 permitió obtener resultados precisos basados en la investigación realizada in situ. Aunque el estudio no fue experimental, el simulador facilitó la recopilación de nuevos valores a partir de la propuesta en 3D, generando resultados favorables para el análisis lumínico.

En la quinta etapa de propuesta, al comparar los resultados actuales con los propuestos en el simulador, se reveló que se logró un significativo incremento en la iluminación interior de la vivienda. Aunque inicialmente se planteó alcanzar una mejora del 30% en la nueva propuesta frente a la situación actual, los diseños implementados en los vanos existentes superaron las expectativas al lograr un aumento del ingreso de luz de hasta un 50%. Estos resultados positivos indican que se ha superado el objetivo inicial del 30% de eficacia para mejorar el confort lumínico.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en primera instancia a la Universidad Tecnológica del Perú por brindar los instrumentos necesarios para la evaluación de los resultados, de igual forma se retribuye a la tutoría por su permanencia y el debido seguimiento en la investigación.

REFERENCIAS

- [1] J. Yamin, E. Colombo, R. Rodríguez y A. Pattini, Evaluación de confort visual en escenas con iluminación natural directa. Objeto de conferencia, 2016.
- [2] E. Dextre, Factores de iluminación y el confort lumínico de las viviendas de la ciudad Metairie-New Orleans. [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo] Facultad de Arquitectura, 2022.
- [3] A. Tuya, Estudio de iluminación natural en el Proyecto Experimental de Vivienda en Lima, Perú :“El caso de la propuesta de José Luis Iñiguez de Ozoño”. [Tesis (Maestría), E.T.S. de Edificación (UPM)] 2019.
- [4] H. Ramos, El confort en la vivienda de bajo costo: modelo metodológico para detectar higrotermicidad, iluminación y acústica. , Traza : No. 4 , Artículo 5, 2011.
- [5] R. González, L. Pérez, G. Bravo, E. González Y E. Tsoi, Evaluación lumínica natural de la vivienda bioclimática prototipo VBP-1. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 31(1), 58-70, 2008.
- [6] D. Moreno, Aprovechamiento de la iluminación natural para el confort visual y ahorro energético: aplicación a vivienda unifamiliar. 2012
- [7] Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social, Protocolo para medición de la iluminación en el ambiente laboral. (Superintendencia de Riesgos del Trabajo - SRT Resolución SRT N° 84/12 - Guía Práctica), 2012.
- [8] J. Muñoz, Características de un sistema de iluminación natural que generan confort lumínico para el diseño de una I.E nivel secundario ubicada en el sector Calispuquio-Cajamarca al año 2019 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte] 2019.
- [9] J. Davis, La luz en la obra de Álvaro Siza: Casas Avelino Duarte y Vieira de Castro. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid] Facultad de Arquitectura, 2021.
- [10] M. Piérola San Miguel, Sistemas adecuados de iluminación natural y ventilación para unidades educativas: el caso particular de Cochabamba (Bolivia) (Master's thesis, Universidad Internacional de Andalucía) 2012.
- [11] M. Monroy, Calidad ambiental en la edificación para Las Palmas de Gran Canaria. Islas Canarias. Manuales de diseño ICARO, 2006.
- [12] R. Serra y H. Coch, Arquitectura y energía natural (Vol. 17). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica, 2021.
- [13] A. Frigerio, V. Espinoza-de León y M. Molar, Evaluación de iluminación natural, con base a orientación en espacios interiores. Caso de estudio: vivienda en fraccionamiento de clase media en Saitillo, 2020.