

Documento información habitabilidad

Jhojan Steven Aragón Ramírez-20221020060
Santiago Reyes Gómez-20221020098
Juan Diego Lozada González-20222020014

DOCENTE. SANTIAGO SALAZAR FAJARDO

I. INTRODUCCIÓN

La habitabilidad de los espacios interiores es un aspecto clave en el diseño de edificios y viviendas, y uno de los factores más influyentes en esta evaluación es la iluminación. La calidad y cantidad de luz, tanto natural como artificial, afectan directamente el bienestar, la funcionalidad y el confort de quienes habitan dichos espacios. Este documento tiene como objetivo recopilar información relevante sobre las condiciones de iluminación necesarias para garantizar la habitabilidad de una habitación, basándose en parámetros técnicos y normativas internacionales. A partir de estos datos, se desarrollará un modelo que permita analizar y predecir la habitabilidad de diferentes espacios en función de sus condiciones de luz.

II. OBJETIVO

La habitabilidad de los espacios interiores es un aspecto clave en el diseño de edificios y viviendas, y uno de los factores más influyentes en esta evaluación es la iluminación. La calidad y cantidad de luz, tanto natural como artificial, afectan directamente el bienestar, la funcionalidad y el confort de quienes habitan dichos espacios. Este documento tiene como objetivo recopilar información relevante sobre las condiciones de iluminación necesarias para garantizar la habitabilidad de una habitación, basándose en parámetros técnicos y normativas internacionales. A partir de estos datos, se desarrollará un modelo que permita analizar y predecir la habitabilidad de diferentes espacios en función de sus condiciones de luz.

III. MARCO TEÓRICO

Iluminación Adecuada para Espacios de Trabajo

El diseño de la iluminación en espacios de trabajo debe priorizar el confort visual y la productividad. Para ello, es importante considerar un nivel de iluminación inicial superior al necesario, dado que con el tiempo las fuentes de luz se degradan y acumulan suciedad. Es esencial contar con un plan de mantenimiento para evitar que los niveles de iluminación caigan por debajo de lo recomendado.

Iluminación para Oficinas

Las oficinas requieren una disposición adecuada de luminarias en el techo, generalmente distribuidas en un patrón regular para asegurar una buena iluminación en escritorios y áreas de trabajo. Es fundamental garantizar una iluminación uniforme,

evitando deslumbramientos y optimizando el consumo energético. Además, el uso de iluminación específica en las áreas de trabajo puede ayudar a reducir el gasto energético sin comprometer la calidad de la luz en zonas comunes.

Iluminación en Centros Educativos y Auditorios

La iluminación en aulas, bibliotecas y auditorios debe diseñarse teniendo en cuenta la importancia de una buena visibilidad para estudiantes y profesores. Las pizarras o áreas de presentación requieren una iluminación adicional para facilitar la lectura. En auditorios, es fundamental controlar el deslumbramiento y poder ajustar la intensidad de la luz según el evento o actividad. Se recomienda además contar con sistemas de iluminación de emergencia y señalización adecuada.

Iluminación en Áreas Industriales

Los entornos industriales presentan una gran diversidad de tareas visuales, desde trabajos finos hasta tareas más generales. Las luminarias deben colocarse teniendo en cuenta la forma y altura del espacio, proporcionando luz directa o semidirecta según sea necesario. Para tareas más detalladas, es recomendable el uso de iluminación localizada. Además, el sistema de iluminación debe minimizar el deslumbramiento y garantizar condiciones de seguridad, todo mientras se optimiza el consumo de energía.

Iluminación en Espacios Comerciales

En los comercios, la iluminación juega un papel clave para atraer a los clientes y resaltar los productos. Es común usar altos niveles de luz y luminarias direccionales para destacar áreas específicas, como promociones o productos en exhibición. El equilibrio entre luz difusa y direccional es crucial para crear una atmósfera atractiva y resaltar la tridimensionalidad de los objetos sin generar sombras molestas.

1) Medición de los niveles de iluminación

Para calcular los niveles de iluminación en interiores, se utiliza la **iluminancia promedio**, expresada en luxes, que es la cantidad de luz que incide en un área de trabajo determinada. La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$E_{prom} = \frac{\Phi_{tot} \times CU \times FM}{A}$$

- **Φ_{tot}** : Flujo luminoso total emitido por las fuentes de luz.
- **A**: Área del plano de trabajo en metros cuadrados.
- **CU**: Coeficiente de utilización, que refleja la eficacia del sistema de iluminación.
- **FM**: Factor de mantenimiento, que considera la reducción de luminosidad con el tiempo.

El **coeficiente de utilización (CU)** indica qué fracción del flujo luminoso llega al plano de trabajo tras interactuar con las superficies y las luminarias. Este valor depende de la

distribución fotométrica de la luminaria y las propiedades reflectantes del entorno.

Además, se toman en cuenta las características de reflectancia de las superficies (techo, paredes, piso), y se utiliza el método de **cavidades zonales** para ajustar la distribución de luz en todo el espacio, dividiendo el entorno en cavidades para garantizar una distribución uniforme de la iluminación.

Finalmente, el sistema debe evitar el deslumbramiento excesivo, logrando un equilibrio entre la luz directa y la indirecta para maximizar la comodidad visual. Esto incluye la instalación de equipos de regulación de flujo luminoso y la disposición estratégica de luminarias para asegurar que las tareas visuales se realicen sin inconvenientes.

IV. METODOLOGÍA

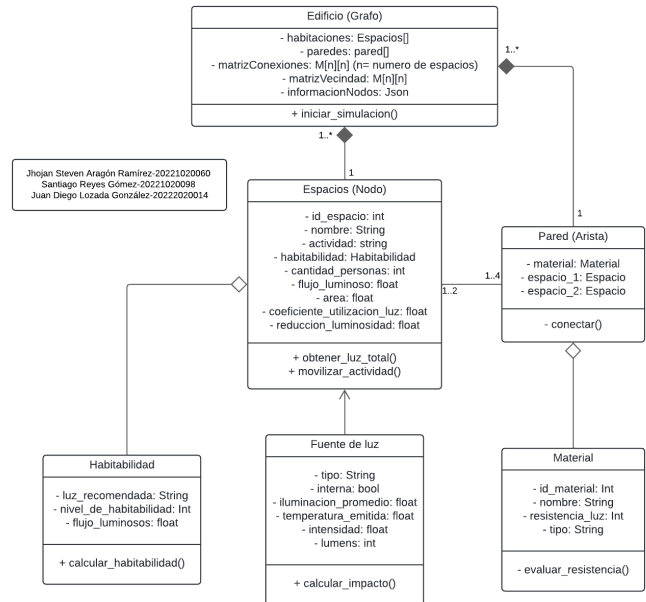
En esta sección se describen los enfoques y herramientas metodológicas utilizadas para la evaluación del fenómeno de propagación de luz en espacios habitables, con el fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos en cuanto a iluminación y habitabilidad. Se desarrollará un **modelo de clases** que refleje las estructuras de datos relevantes, incluyendo fuentes de luz, actividades, cantidad de personas y tiempo de exposición al fenómeno. Estas estructuras se implementarán para analizar la **propagación de la luz** utilizando la ley de la inversa del cuadrado, lo que permitirá evaluar la cantidad de luminosidad en función de la distancia desde la fuente de luz.

Asimismo, se propondrá una metodología para evaluar la **habitabilidad de los espacios**, teniendo en cuenta parámetros normativos como la iluminancia, uniformidad, índice de reproducción cromática y el deslumbramiento, con base en normas como la **RETIE** o la **IEE**. Se utilizarán tablas y cuadros con valores provenientes de estudios y normativas técnicas para interpretar la habitabilidad de cada espacio y del edificio en su conjunto.

1) Modelado del sistema

Diagrama de Clases:

Este diagrama de clases representa el sistema que modela la **habitabilidad de los espacios** en un edificio, evaluando principalmente cómo la **iluminación** afecta a cada espacio. La estructura está organizada en torno a nodos que representan los **espacios** y aristas que representan las **paredes** que conectan dichos espacios.



Link del diagrama para mejor visualización:

https://lucid.app/lucidchart/68afc0ca-a31d-4ea1-901f-ee9893a9d1fb/edit?view_items=UIZaYgwUzAuW&invitationId=inv_b0dcb059-07db-4966-80d3-2b3dc0f7529e

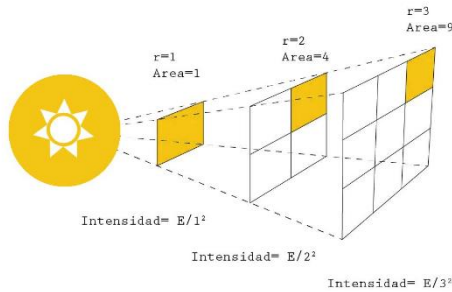
2) Propagación

La propagación de la luz la vamos a emplear mediante la ley de la inversa del cuadrado, para analizar cuanta luminosidad hay en un cuarto de una distancia X a partir del origen de la luz, para verificar si los lúmenes que se generan a lo largo de todo el cuarto cumplen con las restricciones permitidas para las diferentes actividades que vamos a analizar, las cuales vamos a presentarlas más adelante detalladamente. Hay que tener en cuenta que también otros factores externos dependen de la habitabilidad de los cuartos, como pueden ser los materiales y los colores. La fórmula de la ley de la inversa es la siguiente:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

La ley establece que la intensidad de la luz que recibe una superficie es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente de luz. Es decir, a mayor distancia de la bombilla, menos luz va a haber, La fórmula usa:

- E: Iluminancia en lux (Cantidad que llega a una superficie)
- I: es la intensidad luminosa de la fuente en lúmenes
- D: distancia en metros entre la fuente de luz y el punto donde se mide la intensidad



Aparte, al tener en cuenta los materiales que están alrededor de las luces, debemos revisar que propiedades presentan dichos materiales, debido que existen diferentes tipos, tales como, opaco, translucido y transparente. Dependiendo de su tipo se puede transmitir más a otros sectores, por eso anexamos una tabla donde presenta la opacidad, reflexión y transmisión de diversos materiales. Donde a mayor opacidad, la luz no la pasara, tal como puede pasar con la madera, cemento, metal. La reflexión es cuando rebota la luz, esto afecta proporcional con los colores que tengan los materiales y, por último, la transmisión un ejemplo puede ser los vidrios, los cuales dejan pasar la luz de forma directa o distorsionada

Material	Reflexión	Transmisión	Absorción
Yeso	0,80	0	0,20
Vidrio	0,10	0,85	0,05
Madera	0,55	0	0,45
Mármol	0,70	0	0,30
Ladrillo	0,30	0	0,70
Hormigón	0,30	0	0,70
Fibrocemento	0,40	0	0,60

Tabla 1. Características Materiales de Construcción

A continuación, vamos a presentar algunos valores de reflexión que tienen los colores frente a la luz.

Poder reflectante de algunos colores y materiales			
Color	Reflexión %	Material	Reflexión %
Blanco	70-75	Revoque Claro	35-55
Crema Blanco	70-80	Revoque Oscuro	20-30
Amarillo Claro	50-70	Hormigón Claro	30-50
Verde Claro	45-70	Hormigón Oscuro	15-25

Gris Claro	45-70	Ladrillo Claro	30-40
Celeste Claro	50-70	Ladrillo Oscuro	15-25
Rosa Claro	45-70	Mármol Blanco	60-70
Marrón Claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera Clara	30-50
Gris Oscuro	10-20	Madera Oscura	10-25
Amarillo Oscuro	40-50	Vidrio Plateado	80-90
Verde Oscuro	10-20	Aluminio Mate	55-60
Azul Oscuro	10-20	Aluminio Pulido	80-90
Rojo Oscuro	10-20	Acero Pulido	55-65

Tabla 2. Reflexión Según su color y su material

3) Habitabilidad

Los requisitos de iluminación para diversas actividades visuales se detallan en el reglamento técnico de iluminación, que adapta los parámetros de la norma EN 12464-1. El valor de iluminancia media o mantenida (\bar{E}_m) debe considerarse como el objetivo principal de diseño, y no puede ser inferior a los niveles establecidos. Además de la iluminancia, se especifican requisitos como la uniformidad (U_o), los valores mínimos del índice de reproducción cromática (R_a), y el límite máximo de deslumbramiento ($UGRL$), que deben cumplirse en cada entorno.

Las columnas de \bar{E}_m , U_o y R_a son clave para diseñar las áreas donde se desarrollan las tareas visuales, reconociendo que en un mismo espacio pueden coexistir múltiples áreas de tarea.

Conceptos a tener en cuenta:

- **\bar{E}_m (Iluminancia media mantenida):**
Representa la iluminancia promedio en la superficie de cálculo y es el objetivo de diseño. Se refiere al promedio de los valores de iluminación en un área y debe cumplirse para tareas visuales específicas.
- **U_o (Uniformidad de Iluminancia):**
Mide la uniformidad de la iluminación en la superficie de trabajo y se calcula como la relación entre la iluminancia mínima y la media en el área considerada. Su valor mínimo depende de la actividad.
- **R_a (Índice de Reproducción Cromática - CRI):**
Indica la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores de los objetos en comparación con una fuente de luz natural. Un valor más alto

significa mejor reproducción del color, siendo 100 el máximo.

- **UGRL (Índice de Deslumbramiento Unificado):**
Es una medida del deslumbramiento percibido en el campo visual del observador, especialmente en áreas de trabajo. Este índice es importante para reducir el deslumbramiento directo de las luminarias.

Para la interpretación adecuada de los datos de la tabla:

1. La primera columna (Ref.) enumera las áreas de tareas visuales o actividades que requieren condiciones específicas de iluminación.
2. La segunda columna (Tipo de tarea o área de actividad) describe las áreas de trabajo o actividades, indicando valores específicos para cada una de ellas. En caso de no figurar una actividad particular, se aplican los valores correspondientes a una situación similar.
3. La tercera columna (**Em(Lx)**) establece la iluminancia media necesaria en la superficie de cálculo del entorno.
4. La cuarta columna (**Uo**) define la uniformidad mínima que debe mantenerse en la superficie de cálculo.
5. La quinta columna (R_a) establece los valores mínimos para el índice de reproducción cromática.
6. La sexta columna (UGR_L) proporciona el límite máximo de deslumbramiento permitido.

Iluminación Adecuada para Oficinas

Columna					
1	2	3	4	5	6
Ref.	26. Oficinas	Em(Lx)	Uo	R_a	UGR_L
	Tipo de tarea				
26.1	Área de copiado	300	0.40	80	19
26.2	Escritura, lectura	500	0.60	80	19
26.3	Dibujo técnico	750	0.70	80	16
26.4	Estaciones de trabajo CAD	500	0.60	80	19
26.5.1	Salas de conferencias y reuniones	500	0.60	80	19
26.5.2	Mesa de conferencias	500	0.60	80	19
26.6	Recepción	300	0.60	80	22

Tabla 3. Requerimientos de Iluminación para Oficinas.

Espacios de Locales comerciales

Columna					
1	2	3	4	5	6

27.1	27. Locales comerciales	Em (Lx)	Uo	R_a	UGR_L
	Tipo de tarea				
27.1	Área general de ventas	300	0.40	80	19
27.2	Área de la caja registradora	500	0.60	80	19
27.3	Área/mesa de empacado	500	0.60	80	22
27.4	Área de almacenamiento	300	0.40	80	25
27.5	Vestuario/probador (vestidor)	300	0.4	90	-

Tabla 4. Requerimientos de Iluminación para Áreas Comerciales

Espacios Educativos

Columna					
1	2	3	4	5	6
Ref.	Tipo de tarea	Em (Lx)	Uo	R_a	UGR_L
36.1	Salones de lectura	500	0.60	80	19
36.2	Auditorio	500	0.60	80	19
36.11	Trabajos con computadoras	300	0,60	80	19
36.14	Prácticas y laboratorios	500	0,60	80	19
36.23	Biblioteca: estanterías	200	0,60	80	19
36.24	Biblioteca: áreas de lectura	500	0,60	80	19

Tabla 5. Requerimientos de Iluminación para Espacios educativos.

4) Matriz de Vecindad para Iluminación natural

La matriz de vecindad incluirá múltiples atributos que permitirán modelar con precisión las condiciones de iluminación en los distintos espacios. Además de los valores que indicarán si un espacio cuenta con luz natural en ciertos horarios, se añadirá un atributo booleano para determinar si el nodo cuenta con luz natural o no. Esto será crucial para diferenciar los espacios que requieran iluminación artificial durante el día.

La matriz también incorporará atributos relacionados con los lúmenes necesarios en cada espacio, ajustándose dinámicamente según la luz natural disponible. Adicionalmente, se utilizará un formato JSON para especificar si un nodo está en construcción o habitado, lo que permitirá

ajustar las necesidades lumínicas y de mantenimiento de manera más eficiente.

Este enfoque será implementado en futuras fases del desarrollo, asegurando que el sistema pueda gestionar automáticamente los cambios en las características de los espacios, como su estado de ocupación o necesidades de luz.

5) Habitabilidad por luz natural

La luz natural varía frecuentemente a lo largo del día. Sin embargo, la relación entre la iluminación interior y exterior no varía, por lo tanto, la iluminación natural no debe ser medida en luxes sino en el Factor de Luz Diurna (Daylight Factor - DF), el cual considera la relación entre la iluminación interior y exterior

$$DF = \frac{I_{lum. Int.}}{I_{lum. Ext.}} \cdot 100$$

Tanto los valores para el nivel de Iluminancia Exterior (I_{lum.Ext.}) como el de Iluminancia Interior (I_{lum.Int.}) estarán expresados en luxes. La resultante, el Factor de Luz Diurna en porcentaje (%). Tomando en cuenta este procedimiento de cálculo, es preciso definir los componentes de esta ecuación.

Los valores de iluminancia Interior e Iluminancia Exterior necesarios para determinar el Factor de Luz Diurna promedio en cada ambiente se determina que para cada espacio interior descrito, se tomará el nivel de iluminancia interior respectiva, junto al nivel de iluminación de cielo sustentado de 12,500 luxes (Iluminancia Exterior)

Factor de luz diurna mínimo recomendable por ambiente

Tipo de tarea	Luxes mínimas requeridas	Factor de luz diurna mínimo requerido
Salas de lectura	500	4
Salas de dibujo técnico	750	6
Locales de prácticas y laboratorios	500	4
Locales de prácticas de computación	300	2.4
Biblioteca: estanterías	200	1.6
Biblioteca: áreas de lectura	500	4
Salas de reuniones / auditorios	200	1.6
Escritura, mecanografía, lectura (oficinas)	500	4
Estación de trabajo	500	4

Tabla 6. Requisitos de Iluminación Diurna por Tipo de Tarea y Espacio.

Distribución de espacios por pisos

Piso 1 (Quinto piso Techne)

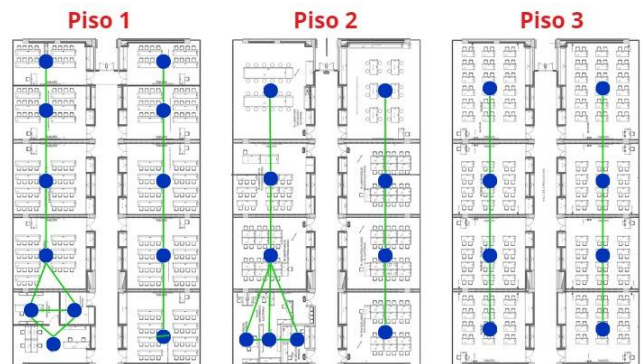
- 1 Laboratorio de Redes y Telemática
- 1 Laboratorio de Redes Inalámbricas
- 7 Salas de Informática (destinadas a diferentes laboratorios)
- 1 Oficina de Sistemas
- 1 Área de Soporte Técnico y Almacén
- 1 Cuarto de Monitoreo

Piso 2 (Sexto piso Techne)

- 1 Laboratorio de Electromagnetismo
- 1 Laboratorio de Circuitos Eléctricos
- 3 Laboratorios de Electrónica
- 1 Área de Almacenamiento y Taller de Mantenimiento Electrónico
- 1 Cuarto de Atención a Estudiantes
- 1 Laboratorio de Circuitos Impresos
- 1 Laboratorio de Telecomunicaciones
- 1 Laboratorio Especializado de Control

Piso 3 (Octavo piso Techne)

- 8 Salones de Clase



V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. G. del Diseño, "DISEÑOS Y CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR", Gov.co. [En línea]. Disponible en: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORM_A_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=431&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME. [Accedido: 01-oct-2024].
- [2] ERCO GmbH, "Ley de la inversa del cuadrado de la distancia", ERCO GmbH, www.erco.com, 27-may-2022. [En línea]. Disponible en: <https://lc.cx/5JPRB7>. [Accedido: 01-oct-2024].
- [3] "Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP", Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-iluminacion-y-alumbrado-publico-retilap/>. [Accedido: 01-oct-2024].
- [4] Comportamiento de los materiales ante la luz - fadu [En línea]. Disponible en: <https://lc.cx/r6-qYb> [Accedido: 01-oct-2024]
- [5] Proyectoceela.com. [En línea]. Disponible en: <https://proyectoceela.com/wp-content/uploads/2023/07/Calculo-de-Iluminacion-Natural-en-Edificaciones.pdf>. [Accedido: 02-oct-2024].

