

Documento proyecto 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

Desarrollar un programa computacional que evalúe y optimice la habitabilidad de espacios interiores mediante la simulación de condiciones lumínicas, utilizando parámetros técnicos (iluminancia, uniformidad, deslumbramiento) y normativas internacionales (RETIE, EN 12464-1), aplicando algoritmos como la ley de la inversa del cuadrado y propiedades de materiales (reflexión, transmisión), para generar recomendaciones automatizadas (ajustes de luminarias, redistribución de actividades) y validar los resultados en el edificio Techne de la Universidad Distrital, integrando una interfaz gráfica interactiva (Dash) que visualice niveles de habitabilidad y permita ajustes en tiempo real, con enfoque en eficiencia energética y bienestar visual.

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.

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.

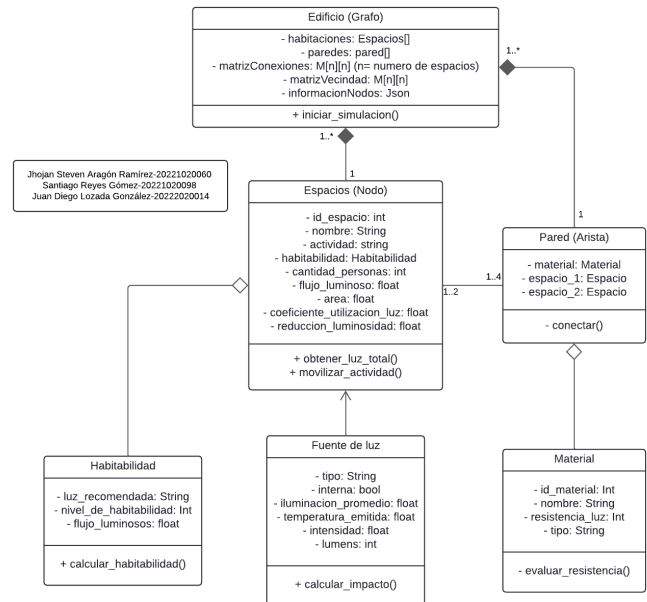
Asimismo, se propondrá una metodología para evaluar la **habitabilidad de los espacios**, teniendo en cuenta parámetros normativos como la iluminancia, uniformidad, índice de reproducción cromática y el deslumbramiento, con base en normas como la **RETIE** o la **IEE**. Se utilizarán tablas y

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

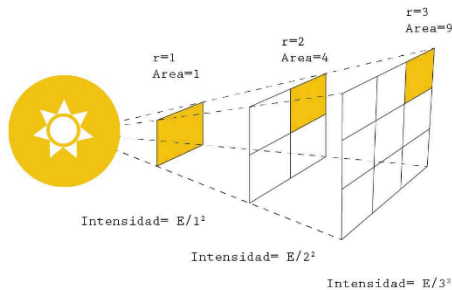
2) Propagación

La propagación de la luz la vamos a emplear mediante la ley de la inversa del cuadrado, para analizar cuánta 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 a que existen diferentes tipos, tales como, opaco, translúcido 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:

- La primera columna (Ref.) enumera las áreas de tareas visuales o actividades que requieren condiciones específicas de iluminación.
- 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.
- La tercera columna (**$E_m(Lx)$**) establece la iluminancia media necesaria en la superficie de cálculo del entorno.
- La cuarta columna (**U_o**) define la uniformidad mínima que debe mantenerse en la superficie de cálculo.
- La quinta columna (R_a) establece los valores mínimos para el índice de reproducción cromática.
- 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	$E_m(Lx)$	U_o	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	$E_m(Lx)$	U_o	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	$E_m(Lx)$	U_o	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)

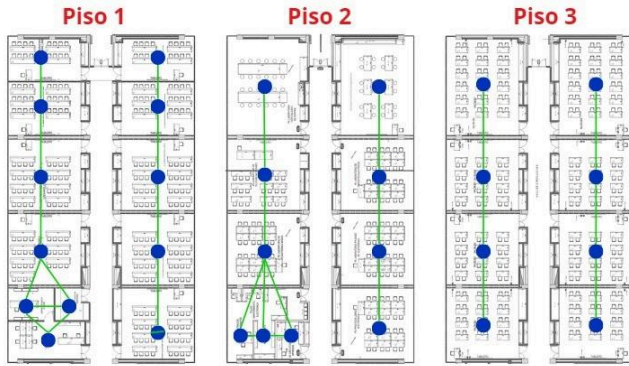
- 1 Laboratorio de Redes y Telemática
- 1 Laboratorio de Redes Inalámbricas
- 7 Salas de Informática (destinadas a diferentes laboratorios)
- 1 Oficina de Sistemas
- 1 Área de Soporte Técnico y Almacén
- 1 Cuarto de Monitoreo

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. ARQUITECTURA DEL PROYECTO

El proyecto se estructuró de la siguiente manera :
PROYECTO - Habitabilidad

- Documentos/
- Images/
- modelado/
- objetos/
- Propagacion/
- interfaz.py
- README.md

Carpeta modelado/

Esta carpeta contiene los archivos de las clases que representan los distintos elementos del sistema. Cada una de estas clases fue previamente planificada en la fase de modelado del sistema y ajustada conforme surgieron necesidades específicas durante el desarrollo. Las clases principales son:

- **CLASSACTIVIDAD.PY** → Representa las actividades dentro de un espacio y su impacto en la habitabilidad.
- **CLASSEDFICIO.PY** → Modela la estructura del edificio y agrupa los espacios, materiales y otros elementos.
- **CLASSESPACIOS.PY** → Define los espacios dentro del edificio, como habitaciones, pasillos o áreas comunes.
- **CLASSFUENTEPUZ.PY** → Gestiona las fuentes de luz y su impacto en la iluminación de los espacios.
- **CLASHABITABILIDAD.PY** → Contiene la lógica para calcular la habitabilidad de un espacio en función de distintos factores.
- **CLASSMATERIAL.PY** → Representa los materiales de las paredes para ayudar en el cálculo de la propagación.
- **CLASSPARED.PY** → Modela las paredes del edificio, incluyendo su composición y a que espacios es adyacente.

Cada una de estas clases encapsula atributos y métodos específicos que permiten simular el comportamiento de un edificio en términos de su habitabilidad.

Carpeta Propagación/

Inicialmente, esta carpeta estaba destinada a contener todos los métodos relacionados con el cálculo de habitabilidad y la propagación de luz en los espacios. Sin embargo, durante el desarrollo se determinó que muchos de estos métodos estaban mejor ubicados dentro de la clase Edificio y otros componentes.

Como resultado, esta carpeta quedó exclusivamente con el archivo *CreacionObjetos.py*, el cual se encarga de generar objetos de manera masiva utilizando plantillas predefinidas. A pesar de la automatización, ciertos parámetros—como la cantidad de luz requerida en cada espacio—debieron ser ajustados manualmente para adaptarse a cada tipo de espacio que estábamos creando.

Carpeta objetos/

En esta sección se emplea el formato JSON para almacenar los distintos objetos del sistema. Python ofrece una gran flexibilidad para guardar y exportar datos en este formato, lo cual facilita tanto la visualización como la modificación de la información. Aunque se generaron diversos archivos JSON para edificios, habitaciones, paredes, etc., se decidió consolidar toda la información en un único archivo, **edificio.json**, para simplificar la comunicación con la interfaz. Los demás archivos JSON se mantienen en la carpeta para facilitar la verificación de errores y la visualización de atributos específicos.

Archivo interfaz.py

Este archivo actúa como el núcleo del sistema, funcionando de manera similar a un main.py. Aquí se integran y coordinan todas las funcionalidades del proyecto, incluyendo:

- La carga de datos desde los archivos JSON.
- La ejecución de los cálculos de habitabilidad y propagación de luz.
- La gestión de la visualización y la interfaz gráfica.

Para lograr esto, se utilizan varias bibliotecas clave, entre ellas:

- **PLOTLY** → Para generar visualizaciones interactivas de los nodos del edificio y sus características.
- **NETWORKX** → Para modelar y analizar la conectividad entre espacios.
- **DASH** → Para desarrollar la interfaz gráfica y permitir la interacción con el usuario.

VI. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

Después de tener los datos del edificio ya preparados y guardados en un *'json'*, comenzamos a realizar los cálculos y modificaciones específicas para obtener la mejor habitabilidad del edificio.

1) Habitabilidad

Ya que conocemos cómo se calcula la habitabilidad en un espacio real, procedemos a calcular el flujo luminoso con las fórmulas ya planteadas en el que además añadimos la luz del sol (natural) si el edificio está de día y en caso contrario (noche) esta iluminación se multiplicara por cero

```
def calcular_flujo_luminoso(self, fuentes_luz: List[Tuple
[FuenteLuz, int]], is_night: bool):
    """Calcula el flujo luminoso total de fuentes propias del
    espacio"""
    self.flujo_luminoso = sum(
        cantidad * fuente.lumens
        for fuente, cantidad in fuentes_luz
        if not (fuente.id_fuente_luz == 4 and is_night) #
        Excluir luz solar de noche
    )
```

También calculamos la iluminancia promedio

```
def calcular_iluminancia_prom(self, area: float):
    """Calcula iluminancia inicial considerando solo fuentes
    propias"""
    factor_mantenimiento = 1 - self.reduccion_luminosidad
    self.iluminancia_prom = (
        self.flujo_luminoso *
        self.coeficiente_utilizacion_luz *
        factor_mantenimiento
    ) / area
```

Y a partir de estos valores que se almacenan en la clase *'Habitabilidad'*, se calcula el nivel de habitabilidad para cada espacio, para así definir la coloración del grafo (edificio)

```
iluminancia = self.iluminancia_prom

# Determinar nivel de habitabilidad basado en los valores
recomendados de la actividad
if luz_recomendada_min <= iluminancia <= luz_recomendada_max:
    self.nivel_habitabilidad = 100 # Dentro del rango ideal
elif iluminancia < luz_recomendada_min:
    # Verificar si está en rango aceptable inferior (hasta
    20% debajo)
    self.nivel_habitabilidad = 75 if iluminancia >= 0.8 *
    luz_recomendada_min else 50
else: # iluminancia > luz_recomendada_max
    # Verificar si está en rango aceptable superior (hasta
    20% arriba)
    self.nivel_habitabilidad = 125 if iluminancia <= 1.2 *
    luz_recomendada_max else 150
```

2) Propagación

Antes de asignar los niveles de habitabilidad realizamos el cálculo previo de la propagación de luz que existe entre los espacios. Con esto definimos el total de luz transmitida.

```
def calcular_propagacion_luz(self):
    """Calcula la propagación de luz entre espacios del edificio"""
    for origen_id, espacio_origen in self.habitaciones.items():
        # Iluminancia interna del espacio (fuentes propias)
        E_interna = espacio_origen.obtener_luz_total()

        # Propagación a espacios adyacentes
        for destino_id in self.get_vecinos(origen_id):
            pared = self.buscar_pared(origen_id, destino_id)
            if pared and pared.material.transmission > 0:
                distancia = self._calcular_distancia(origen_id, destino_id)
                atenuacion = pared.material.transmission / (distancia ** 2)
                E_transmitida = E_interna * atenuacion
                print(f"Luz transmitida a {self.habitaciones[destino_id].
                nombre} id: {self.habitaciones[destino_id].id_espacio} "
                    f"de {self.habitaciones[origen_id].nombre} id:
                    {origen_id} es de: {E_transmitida:.2f} lux")
                self.habitaciones[destino_id].habitabilidad.
                iluminancia_prom += E_transmitida
```

3) Agregar sugerencias

Ya conociendo cual es el nivel de habitabilidad de cada espacio, procedemos a asignar las sugerencias que cada uno necesite, dependiendo si tienen un nivel bajo se asignaran sugerencias que requieran de un mayor costo, pero sean más eficientes, o si tienen un nivel aceptable se asignaran sugerencias más económicas de implementar

```
def agregar_sugerencia(self):
    with open("objetos/sugerencias.json", 'r', encoding='utf-8') as f:
        sugerenciasJson = json.load(f)

    if self.habitabilidad.nivel_habitabilidad == 50:
        self.sugerencias = sugerenciasJson['implementables']
        ['muy_poca_luz'].copy()
    elif self.habitabilidad.nivel_habitabilidad == 75:
        self.sugerencias = sugerenciasJson['implementables']
        ['poca_luz'].copy()
    elif self.habitabilidad.nivel_habitabilidad == 125:
        self.sugerencias = sugerenciasJson['implementables']
        ['mucho_luz'].copy()
    elif self.habitabilidad.nivel_habitabilidad == 150:
        self.sugerencias = sugerenciasJson['implementables']
        ['demasiada_luz'].copy()
    else:
        self.sugerencias = []
```

4) Aplicar sugerencias

Posteriormente, procedemos a implementar dichas sugerencias que solicite cada espacio y se va agregando una a una a la lista de sugerencias aplicadas que contiene cada espacio en el archivo *'json'*.

Si necesita poca luz, pero no mucha, se añaden lámparas de bajo consumo

```
if 'Usar lamparas de pie de bajo consumo' in espacio.
sugerencias:
    print(f"Se han usado lamparas de pie de bajo consumo")
    espacio.habitabilidad.coeficiente_utilizacion_luz *= 1.22
    #aumentar utilizacion de luz en un 22%
    sugerencia = 'Usar lamparas de pie de bajo consumo'
```

Si necesita mucha luz, se instalan más luces LED

```
if 'Instalar mas luces LED' in espacio.sugerencias:  
    print(f"Se han instalado más luces LED")  
    espacio.fuentes_luz.append((FuenteLuz(  
        id_fuente_luz=1,  
        tipo_fuente="LED",  
        interna=True,  
        iluminacion_promedio=300.0,  
        temperatura_emitida=3500.0,  
        intensidad=0.8,  
        lumens=5000  
    )), 4)) # agregar 4 luces LED más  
    sugerencia = 'Instalar mas luces LED'
```

Por otro lado, si lo que se necesita es mitigar la luz, pero mínimamente, se añaden persianas semi transparentes

```
if 'Instalar persianas semitransparentes económicas' in espacio.sugerencias:  
    print(f"Se han instalado persianas semitransparentes económicas")  
    espacio.habitabilidad.coeficiente_utilizacion_luz *= 0.82  
    #disminuir utilizacion de luz en un 18%  
    sugerencia = 'Instalar persianas semitransparentes económicas'
```

Y si se requiere eliminar luz en exceso se instalan cortinas blackout.

```
if 'Instalar cortinas blackout' in espacio.sugerencias:  
    print(f"Se han instalado cortinas blackout") # reducir la luz en un 40%  
    espacio.habitabilidad.reduccion_luminosidad *= 1.4 # aumentar la reduccion de luminosidad en un 40%  
    espacio.habitabilidad.coeficiente_utilizacion_luz *= 0.6 # disminuir utilizacion de luz en un 40%  
    sugerencia = 'Instalar cortinas blackout'
```

5) Movilizar actividades

También existe la opción de movilizar la actividad a otro espacio donde cumpla con los rangos de mínima y máxima luz, en este caso cualquier espacio puede moverse excepto por las actividades de monitoreo y el cuarto oscuro de fotografía.

Para esta parte no adjuntamos imágenes del algoritmo para mover las actividades debido a que es un poco extenso, pero en resumen hacemos los siguientes pasos:

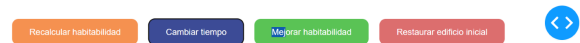
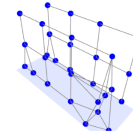
- Agregamos en una lista los espacios que necesitan mejorar su habitabilidad según los requisitos.
- Luego, encontramos todas las parejas de espacios que pueden intercambiar sus actividades si, aunque sea si uno de ellos cumple con los rangos mínimos y máximos
- Posteriormente encontramos la mejor pareja a intercambiar, ya que puede haber varios espacios que pueden cambiar con un mismo espacio. Estos los escogemos de manera que el que no esté dentro del rango requerido sea el más cercano a este.

- Y por último realizamos los cambios tanto en el edificio de día como en el de noche, para que haya consistencia.

VII. PRUEBAS Y RESULTADOS

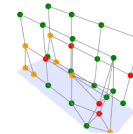
Después de ejecutar el comando que corre el programa a primera vista veremos esta página

Simulación 3D, Habitabilidad y propagación de Luz, basado en el Edificio Techné UD, 3 Pisos



Donde veremos los 4 botones que ejecutan el programa, al oprimir 'Recalcular habitabilidad' se verá el estado inicial del edificio con los niveles de habitabilidad actual. Cabe recordar que estos factores son generados desde el programa y si se desea, se pueden modificar. Al oprimirlo saldrá así.

Simulación 3D, Habitabilidad y propagación de Luz, basado en el Edificio Techné UD, 3 Pisos



Podemos observar que hay espacios que de día no son habitables, por lo tanto, debemos tener en cuenta las sugerencias para que sean habitables; para aplicar dichas sugerencias oprimimos 'Mejorar Habitabilidad' para implementar las sugerencias y se mejoran los espacios.

Node: 14

Nombre: Laboratorio de Circuitos Eléctricos

Actividad: Laboratorio

Horario: 08:00 - 18:00

Nivel Habitabilidad: 75

luz recomendada min: 450

luz recomendada max: 550

Iluminancia: 438.82 lux

Sugerencias:

- Movilizar actividad

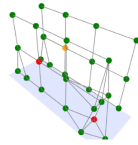
- Usar lamparas de pie de bajo consumo

Sugerencias implementadas:

- Instalar mas luces LED

Las sugerencias están contenidas en un archivo JSON, y mostrará una variedad de sugerencias las cuales el algoritmo se encarga de escoger la mejor de acuerdo con el presupuesto y facilidad de cada una

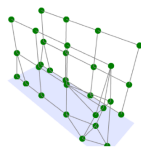
Simulación 3D, Habitabilidad y propagación de Luz, basado en el Edificio Techné UD, 3 Pisos



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

Al oprimir el botón, se mejorará la habitabilidad hasta que se puedan cumplir en su mayoría los espacios en verde (habitables), el cuál es el objetivo del programa. Se puede mejorar la habitabilidad hasta el máximo. Según los datos que aplicamos sería hasta aquí

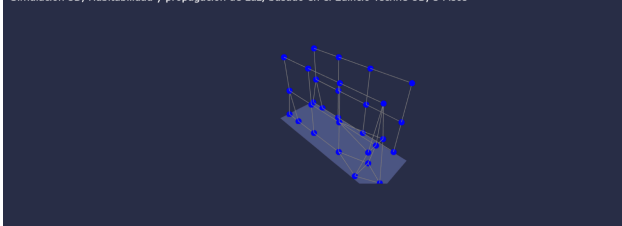
Simulación 3D, Habitabilidad y propagación de Luz, basado en el Edificio Techné UD, 3 Pisos



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

Donde vemos que se vuelve habitable todos los espacios al aplicar las sugerencias que aparecían anteriormente. Ahora bien, la habitabilidad puede cambiar de noche, debido a que no llegará la luz del sol. Por eso mismo, pusimos un botón que se llama 'Cambiar Tiempo' donde se hará uso del archivo *'edificio_noche.json'* y se cambiarán los parámetros de iluminancia, por ende, la habitabilidad se verá afectada

Simulación 3D, Habitabilidad y propagación de Luz, basado en el Edificio Techné UD, 3 Pisos



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

El fondo se pondrá oscuro para simular la noche. Cuando le demos a 'Recalcular Habitabilidad' nos mostrará la habitabilidad de los espacios del edificio en la noche, lo cual serán diferentes a los del día.



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

Podemos observar que más espacios están no habitables, por lo tanto, en cada espacio aparecerá sus respectivas sugerencias y al oprimir 'Mejorar Habitabilidad' una vez



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

Se mejorará, pero no todos serán espacios verdes, pero si hacemos que sea los más habitable posible se verá así.



Recalcular habitabilidad Cambiar tiempo Mejorar habitabilidad Restaurar edificio inicial

Donde según los datos que establecimos desde un principio unos espacios no podrán ser habitables por completo, por lo que se mostrarán las sugerencias ya implementadas y otras sugerencias que no han sido aplicadas pero que lo podrán ser en un futuro.

Por último, el botón 'Restaurar edificio inicial' nos permite mostrar el estado inicial del edificio, donde tiene varios espacios inhabitables. Ahora bien, estos espacios del inicio se pueden cambiar si implementamos más fuentes de luz, menos requerimiento de iluminancia, etc, en la creación de objetos.

En el siguiente video se evidencia cómo funciona el programa:
<https://www.youtube.com/watch?v=MMPYIjFXwGE>

VIII. REPOSITORIO

En el siguiente repositorio de GitHub almacenamos y gestionamos todo el código fuente del proyecto, en el que se puede evidenciar el proceso completo y las colaboraciones de cada participante. Adicionalmente creamos un archivo 'readme' donde explicamos como se puede ejecutar el proyecto en cualquier computador.

<https://github.com/Jhojan98/Proyecto-Habitabilidad>

IX. 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_NORMA_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-técnico-de-iluminación-y-alumbrado-público-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].