UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

FORMULAR UN MODELO DE RECUPERACIÓN SOSTENIBLE PARA EL EDIFICIO ÓPERA, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Edgar Andrés Cifuentes Hidalgo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes, Departamento de Arquitectura y Urbanismo

Bogotá, Colombia

2025

FORMULAR UN MODELO DE RECUPERACIÓN SOSTENIBLE PARA EL EDIFICIO ÓPERA, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Edgar Andrés Cifuentes Hidalgo

Trabajo de profundización presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Construcción

Director:

ARQ. MSC. Miguel Arturo Gamba Fuentes

Línea de Investigación:

Sostenibilidad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes, Departamento de Arquitectura y Urbanismo

Bogotá, Colombia

2025

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto). Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Nombre: Edgar Andrés Cifuentes Hidalgo

Fecha 3/07/2025

AGRADECIMIENTOS

Con el corazón lleno de gratitud, quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mis padres, por estar presentes en esta etapa tan significativa de mi vida, y a mi hermana, por haber sido mi mayor fuente de apoyo, fortaleza y guía a lo largo de este proceso. Gracias por acompañarme en los momentos de duda, por animarme con sus palabras sabias y por recordarme siempre el valor del esfuerzo, la constancia y la perseverancia. Este logro es también suyo, y lleva impreso todo el amor, la paciencia y la confianza que me han brindado desde siempre.

A mis amigos, gracias por estar cerca incluso en la distancia, por sus palabras de aliento, su compañía sincera y por recordarme, que sí valía la pena continuar.

Agradezco de manera muy especial al arquitecto Miguel Gamba, quien, con su experiencia, conocimiento y guía, orientó este proceso desde sus primeras ideas hasta su consolidación final. Su acompañamiento cercano, sus observaciones oportunas y su actitud enérgicamente positiva, fueron fundamentales para dar rumbo y profundidad a este trabajo. Haber contado con su apoyo fue un privilegio que marcó de forma positiva no solo el desarrollo académico, sino también mi crecimiento personal.

RESUMEN

FORMULAR UN MODELO DE RECUPERACIÓN SOSTENIBLE PARA EL EDIFICIO ÓPERA, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Considerando que, según EL Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2025), el sector de la construcción es responsable del 32 % del consumo energético global y más del 34% de las emisiones de CO_2, sin contar con que representa cerca del 50% del uso mundial de materias primas y el 15% del consumo de agua dulce. En ciudades como Bogotá, este panorama se agudiza por el rápido crecimiento. Frente a ello la sostenibilidad en la construcción. se posiciona como una respuesta urgente y estratégica.

Considerando además que, el edificio más sostenible es aquel que ya está construido (World Green Building, s.f.), se propone un modelo de recuperación sostenible para el edificio Opera, mediante la repotenciación como alternativa metodológica, técnica y ambientalmente viable para la reconversión del Edificio Opera en Bogotá. El edificio, construido en 1964, está actualmente enmarcado en el modelo tradicional de consumo lineal, caracterizado por el uso intensivo de energía, agua y materiales no sostenibles.

El modelo propuesto se basa en un enfoque sistémico, multidimensional y replicable, estructurado a partir de cuatro categorías de análisis: gestión del agua, gestión de la energía, gestión del aire y gestión de la habitabilidad. Por medio de una metodología mixta, el modelo se compone de cuatro fases: (I) Revisión documental; (II) Diagnóstico inicial; (III) Formulación de criterios de sostenibilidad; (IV) Etapas constructiva y operativa.

Luego de hacer una revisión documental, se busca diagnosticar las condiciones actuales del edificio, a partir de las categorías de análisis, para luego establecer criterios de sostenibilidad y, finalmente proponer intervenciones específicas para la etapa constructiva y operativa.

Las intervenciones propuestas no solo orientan la recuperación integral del Edificio Ópera, sino que también sientan las bases para un modelo replicable capaz de abordar los complejos desafíos socioambientales del

desarrollo urbano actual. El enfoque está alineado con las políticas nacionales y los marcos globales de sostenibilidad, posicionando al edificio como un caso de estudio para una transformación urbana responsable y orientada al futuro.

Palabras clave: Repotenciación, reconversión, construcción sostenible, edificios existentes.

ABSTRACT

DEVELOPING A SUSTAINABLE RECOVERY MODEL FOR THE OPERA BUILDING IN BOGOTÁ.

The construction sector is currently responsible for 32% of global energy consumption and over 34% of CO_2 emissions, according to the United Nations Environment Programme (2025). It also accounts for nearly 50% of the world's raw material usage and 15% of freshwater consumption. In rapidly expanding cities like Bogotá, these environmental pressures are exacerbated. Against this backdrop, sustainable construction has emerged as a critical and strategic response.

Building on the principle that the most sustainable building is the one that already exists, this study proposes a sustainable recovery model for the Ópera Building in Bogotá, applying repowering as a methodological, technical, and environmentally viable alternative to conventional building reconversion. Originally completed in 1964, the Ópera Building is a clear example of the traditional linear consumption model, characterized by intensive use of non-renewable energy, water, and materials.

The proposed model adopts a systemic, multidimensional, and replicable approach, structured around four key areas of analysis: water management, energy efficiency, indoor air quality, and habitability. Using a mixed-method research design, the model unfolds across four stages: (I) Documentary review; (II) Initial diagnosis; (III) Formulation of sustainability criteria; and (IV) Constructive and operational implementation.

Following a comprehensive review of existing literature and standards, the current conditions of the building are assessed based on the four sustainability axes. From this analysis, specific sustainability criteria are established, which in turn inform targeted interventions for both the construction phase and the building's future operation.

These proposed interventions not only guide the integral recovery of the Ópera Building but also lay the groundwork for a replicable model capable of addressing the complex socio-environmental challenges of urban development today. The approach is aligned with national policies and global sustainability

frameworks, positioning the building as a case study for responsible and future-oriented urban transformation.

Keywords: Repowering, reconversion, sustainable construction, existing buildings.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende justificar y brindar una planeación metodológica para el desarrollo del trabajo de grado de la Maestría en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia. El objetivo es desarrollar un modelo de repotenciación sostenible a la reconversión convencional para un edificio existente: el edificio Ópera. Esta propuesta parte del reconocimiento de una situación generalizada en Bogotá, donde edificaciones fueron construidas antes de 1990, en un contexto en el que la metodología constructiva respondía, en muchos casos, a criterios predominantemente económicos, bajo conceptos tradicionales de consumo y utilizando la tecnología disponible en ese momento (Bolaños, 2011)

Específicamente, el edificio Ópera, cuya construcción finalizó en 1964, representa un ejemplo claro de edificación atada fielmente al modelo tradicional de consumo de recursos. A lo largo del tiempo, ha sido objeto de diversas transformaciones orientadas a responder a nuevas necesidades funcionales. Sin embargo, en el contexto actual, marcado por el auge de la conciencia ambiental y los compromisos globales de sostenibilidad, se hace necesario repensar la manera en que se usan, gestionan y operan estas edificaciones. Comienza así a gestarse una reflexión sobre las alternativas sostenibles en tanto la gestión del edificio, entendiendo a ésta como: I. Gestión del agua; II. Gestión de la energía; III. Gestión del aire, y finalmente; IV. Gestión de la habitabilidad.

La mayoría de los materiales y sistemas utilizados en la operación de edificaciones tradicionales son grandes consumidores de recursos no renovables y responsables del incremento de los costos energéticos y ambientales. Por su proceso de fabricación, transporte y operación, muchos de estos materiales y tecnologías contribuyen a la contaminación del aire, el agua y el suelo. De hecho, se estima que el sector de la edificación es responsable del 32% del consumo energético global y más del 34% de las emisiones de gases de efecto invernadero (PNUMA y GlobalABC, 2025)

Este escrito propone la realización de un trabajo de grado que desemboque en un modelo de repotenciación sostenible ante una inminente reconversión, técnicamente viable y socialmente relevante, para implementar

en el edificio Ópera. Esta solución busca reducir el consumo de recursos en su operación y adaptarse a un nuevo tipo de uso que optimice los servicios que el edificio puede ofrecer. El modelo planteado contempla medidas concretas para la reducción y reutilización del agua, la disminución del consumo energético y uso de energías renovables y la habitabilidad para sus usuarios, así como la gestión adecuada de residuos.

Todo lo anterior será desarrollado a partir de una evaluación técnica de las condiciones actuales del edificio, seguida por la formulación de estrategias de intervención sostenibles y, finalmente, una evaluación comparativa del impacto ambiental de la solución propuesta frente a un modelo tradicional.

Índice

1 FUNDAMENTACIÓN 20

1.1 Objetivos 20

1.1.1 Objetivo General 20

1.1.1.1 Objetivos Específicos 20

1.2 Planteamiento del Problema. 20

1.3 Alcances y Limitaciones 22

2 MARCO TEÓRICO 24

2.1 Huella Ambiental en la Construcción 25

2.1.1 Huella Ambiental de la Construcción en Colombia 27

2.2 Sostenibilidad en la Construcción 28

2.2.1 Ciclo de Vida de las Edificaciones 30

2.2.2 Economía Circular en la Construcción 31

2.3 Gestión Sostenible de Recursos 31

2.3.1 Gestión del Agua 32

2.3.2 Gestión de la Energía 36

2.3.3 Gestión del Aire 39

2.3.4 Gestión de la Habitabilidad 41

2.4 Una Mirada Sistémica a la Sustentabilidad de Edificaciones Existentes 43

2.5 Conceptos Claves 44

2.5.1 Rehabilitación 45

2.5.2 Recuperación 45

2.5.3 Repotenciación 45
2.5.4 Reconversión 46
2.5.5 Restauración 46
2.6 Postura Sostenible del Modelo 46
2.7 Referentes 49
2.7.1 Edificio 978 49
2.7.2 Hotel Het Arresthuis- Países Bajos 51
2.7.3 Unidad Habitacional 2 de Abril- México 51
2.7.4 Plaza de Toros Campo Pequeno - Portugal 52
2.7.5 Gran Salón Olympia - Colombia 53
2.7.6 Teatro México- Colombia 54
2.7.7 Tate Modern – Reino Unido 55
2.7.8 Zeche Zollverein – Alemania 56
2.7.9 Empire State Building - Estados Unidos 57
2.7.10 Reichstag Building - Alemania 58
2.8 Marco Normativo 58
2.8.1 Normativa Internacional 59
2.8.2 Normativa Nacional 60
2.8.3 Certificaciones 64
2.8.4 Incentivos Tributarios 65
2.9 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 65
3 METODOLOGÍA 69

3.1 Revisión Documental del Edificio 71
3.2 Valoración diagnostica 72
3.2.1 Inspección Preliminar 74
3.2.1.1 Inspección Inicial 74
3.2.1.2 Inspección Visual 74
3.2.2 Diagnóstico 75
3.2.2.1 Fichas Diagnósticas 76
3.2.3 Hallazgos 78
3.2.3.1 Hallazgos Sostenibles 78
3.3 Formulación de Criterios de Sostenibilidad 78
3.4 Intervenciones Sostenibles 79
3.5 Matriz de repotenciación sostenible para edificios existentes 80
4 REVISIÓN DOCUMENTAL DEL EDIFICIO 82
4.1 Documentación Legal del Edificio 83
4.2 Documentación Propuesta de Reconversión 85
5 VALORACIÓN DIAGNOSTICA 93
5.1 Inspección preliminar 93
5.1.1 Inspección Inicial del Edificio Ópera 93
5.1.1.1 Ubicación del proyecto 94
5.1.1.2 Entorno Físico 95
5.1.1.3 Entorno Natural y Ambiental 96
5.1.1.4 Entorno Urbano Inmediato 98
5.1.2 Inspección Visual del Edificio Opera 99
5.1.2.1 Cubierta 99
5.1.2.2 Fachada 99

5.1.2.3 Cimentación y Estructura 100
5.2 Diagnóstico 101
5.2.1 Gestión Actual del Agua 102
5.2.3 Gestión Actual de la Energía 103
5.2.5 Gestión Actual del Aire 104
5.3 Hallazgos 105
6 FORMULACIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD 106
6.1 Criterios Sostenibles en Obra 107
6.2 Criterios Sostenibles en Operación 109
7 INTERVENCIONES SOSTENIBLES 114
7.1 Etapa Constructiva 114
7.1.1 Gestión del Agua en la Etapa Constructiva 114
7.1.2 Gestión de la Energía en la Etapa Constructiva 115
7.1.3 Gestión del Aire en la Etapa Constructiva 115
7.2 Etapa Operativa 116
7.2.1 Gestión del Agua en la Etapa Operativa 117
7.2.1.1 Baterías sanitarias con Tecnología Ahorradora 117
7.2.1.2 Orinales 118
7.2.1.3 Griferías lavamanos 119
7.2.1.4 Griferías de cocina 120
7.2.1.5 Sistema para la Reutilización de Aguas Lluvia 121
7.2.2 Gestión de la Energía en la etapa Operativa 126
7.2.2.1 Uso de iluminación LED con sensores de ocupación y control automatizado 126
7.2.2.2 Energías Renovables 128
7.2.3 Gestión del Aire en la etapa Operativa 131

7.2.3.1 Extractores Eólicos 131
7.2.4 Gestión de la Habitabilidad en la Etapa Operativa 132
7.2.4.1 Películas de control solar 132
7.2.4.2 Muros Verdes y Jardines 133
8 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE REPOTENCIACIÓN SOSTENIBLE PARA EDIFICIOS EXISTENTES 136
9 CONCLUSIONES 142
10 ECOMENDACIONES 145
11 Bibliografía 147

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ciclo de Vida de un Edificio. 30
Ilustración 2 Línea base de consumo de agua según resolución 194 del 2025 33
Ilustración 3 Porcentajes mínimos de ahorro en consumos de agua según resolución 194 del 2025 34
Ilustración 4 Línea base de consumo de energía según resolución 194 del 2025 36
Ilustración 5 Porcentajes mínimos de ahorro en consumos de energía según resolución 194 del 2025 37
Ilustración 6. Edificio 978. 49
Ilustración 7. Lobby del hotel Het Arresthuis 51
Ilustración 8. Plaza de toros Campo Pequeno en Lisboa, Portugal 52
Ilustración 9. Salón Olimpia en Bogotá. 53
Ilustración 10. Teatro México en Bogotá 54
Ilustración 11. Tate Modern en Reino Unido 55

Ilustración 12. Complejo industrial de la mina de carbón de Zollverein en Essen 56
Ilustración 13. Empire State Building en Nueva York 57
Ilustración 14 Reichstag en Berlín en Alemania 58
Ilustración 15. Caratula de escritura pública 14663 de 2013 de la notaría 29 de Bogotá D.C..... 83
Ilustración 16. Plano de Plana General de 1962 Edificio Ópera..... 84
Ilustración 17. Plano de corte longitudinal de 1962 Edificio Ópera. 84
Ilustración 18. Plano de Planta 2001 Edificio Ópera. 84
Ilustración 19. Plano de corte longitudinal 2001 Edificio Ópera..... 85
Ilustración 20. Planta arquitectónica general piso 1 Nuevo Diseño Ópera 2022. 86
Ilustración 21. Planta Arquitectónica General piso 2 Nuevo Diseño Ópera 2022. 86
Ilustración 22. Construcción Existente 94
|Ilustración 23. Sanitario Ultra Ahorrador 117
Ilustración 24. Orinal sin agua con cartucho 118
Ilustración 25. Grifería LIquid Sense 120
Ilustración 26. Grifería Ultra Ahorradora Lavaplatos Monocontrol Cascade Titanio Antimicrobiano 121
Ilustración 27. Recolección Y Potabilización De Aguas Lluvias 122
Ilustración 28. Ahorro Energético por Sustitución de Lámparas..... 126
Ilustración 29. Sensores de presencia y ocupación con multi – tecnología 127
Ilustración 30. Sensores de Fotocelda 127
Ilustración 31. Panel Solar..... 129
Ilustración 32. Extractores Eólicos..... 132
Ilustración 33. Aplicaciones Recomendadas para la Habitabilidad 133
Ilustración 34. Fachada Lateral Costado Calle 26. 134
Ilustración 35. Jardín Vertical 135

Índice de tablas

Tabla 1. Normativa Nacional 63

Tabla 2. Certificaciones 65

Tabla 3 Matriz de Análisis de Planos y Diseños Existentes 89

Tabla 4. Hallazgos Revisión Documental 92

Tabla 5 Entorno Físico del Edificio Opera. 96

Tabla 6. Gestión Actual del Agua 102

Tabla 7. Gestión Actual de la Energía 103

Tabla 8. Gestión Actual del Aire 104

Tabla 9. Hallazgos 105

Tabla 10. Líneas Base 110

Tabla 11. Efectividad De La Tecnología, Intervención o Acción 138

Tabla 12. Escalas de Evaluación para Magnitud e Importancia del Impacto Según Matriz Adaptada de Leopold 140

Tabla 13. Matriz de evaluación de repotenciación sostenible para edificios existentes 141

Índice de figuras.

Figura 1 Dimensiones de una edificación sostenible. 42

Figura 2. Mirada Sistémica de las Gestiones 43

Figura 3. Metodología de Diagnóstico. 74

Figura 4. Precipitación anual en Bogotá entre 2014 y 2023. 97

Figura 5. Índice Bogotano de Calidad del Aire 98

Figura 6. Cubierta Edificio Opera 99

Figura 7. Fachada Edificio Opera 100

Figura 8. Plano Estructural Cimentación Actual 100

Figura 9. Modelo 3D de estructura actual 101

Figura 10. Criterios Sostenibles en Obra 107

Figura 11. Criterios Sostenibles En la Proyección Operativa..... 111

Figura 12. Propuesta Instalación Paneles Solares..... 128

1 FUNDAMENTACIÓN

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de recuperación sostenible mediante la repotenciación aplicada a la reconversión del edificio Ópera, con un enfoque sistémico e implementable, estructurado a partir de las categorías de análisis gestión de: agua, energía, aire y de la habitabilidad

1.1.1.1 Objetivos Específicos

I. Evaluar las condiciones actuales del edificio Ópera en términos de gestión del agua, energía, aire y habitabilidad, así como las implicaciones del modelo convencional de reconversión, con el fin de establecer una línea base para la intervención sostenible.

II. Establecer los criterios de sostenibilidad a alcanzar en cada una de las categorías de análisis como ejes de intervención –gestión del agua, energía, aire y habitabilidad– con base en referentes técnicos, normativos y académicos, para orientar el diseño y la evaluación del modelo de repotenciación sostenible.

III. Aplicar alternativas técnicas y operativas que optimicen sosteniblemente la gestión de la energía, el agua, el aire y la habitabilidad, promoviendo una gestión integrada de los recursos y una mejora en el desempeño ambiental del edificio.

IV. Evaluar proyectivamente el impacto ambiental del modelo de repotenciación sostenible, comparándolo con el modelo de reconversión tradicional de edificación. Mediante la elaboración y aplicación de la matriz de repotenciación sostenible para edificios existentes.

1.2 Planteamiento del Problema.

Según el *Informe sobre la Situación Mundial de los Edificios y la Construcción 2024-2025*, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Alianza Mundial para los

Edificios y la Construcción (Global ABC), el sector de la construcción consume el 32% de la energía mundial y es responsable del 34% de las emisiones globales de CO_2 (2025). Además, alrededor del 15% del consumo de agua dulce proviene de edificios y construcciones (World Green Building Council, 2023). Por otro lado, la construcción es responsable de alrededor del 50% del consumo mundial de materias primas. Incluyendo arena, grava, arcilla, piedra caliza, madera, cemento y minerales metálicos (One Planet Network, 2020).

La sostenibilidad en el sector de la construcción ha emergido como una respuesta esencial a los desafíos ambientales contemporáneos. En este contexto, los procesos de recuperación, intervención y rehabilitación sostenible de edificaciones existentes se consolidan como estrategias clave para mitigar el impacto ambiental del sector (PNUMA y Global ABC, 2025). Este enfoque implica la implementación de soluciones que mejoran el desempeño ambiental de las edificaciones, como sistemas de eficiencia energética, gestión adecuada de residuos y uso de materiales sostenibles, entre otros. Al aplicar estas estrategias, es posible reducir la huella de carbono de los edificios existentes, disminuir el uso de recursos naturales, mejorar la calidad de vida de los usuarios y reducir la necesidad de nuevas infraestructuras.

En el contexto colombiano, principalmente en Bogotá, la urbanización acelerada ha generado desafíos ambientales significativos, incluyendo la contaminación del aire y la degradación de recursos naturales (Hernández, 2022). El Edificio Ópera, construido en 1964 en Bogotá, refleja esta realidad. Aunque ha pasado por múltiples adecuaciones funcionales, mantiene un diseño basado en paradigmas constructivos tradicionales centrados en la eficiencia económica y el consumo lineal de recursos. Actualmente, se propone su reconversión en un centro de bienestar para trabajadores de oficinas, pero desde una perspectiva funcional, dejando de lado una perspectiva ambiental. Esta situación representa una oportunidad para integrar criterios contemporáneos de sostenibilidad ambiental[1].

[1] Información recogida a partir de la observación directa del autor durante recorridos exploratorios realizados en enero-marzo de 2025 en el sector Centro Internacional de Bogotá.

La repotenciación sostenible al proceso de reconversión del Edificio Ópera implica una intervención que, sin realizar cambios estructurales significativos, optimiza su desempeño ambiental, en miras de ello se contemplan dos etapas en dicha repotenciación: I. Durante la etapa de construcción: donde se priorizará la gestión eficiente del agua, la energía, la del aire y el uso de materiales y tecnologías sostenibles. II. En la etapa operativa: la cual se enfocará en la gestión del agua, la eficiencia energética, la gestión del aire interior y la habitabilidad, con el objetivo de crear un entorno más saludable y eficiente para sus usuarios.

Este enfoque está alineado con las políticas nacionales de construcción sostenible, que buscan racionalizar el uso de recursos naturales, sustituir sistemas tradicionales por alternativas más eficientes y manejar adecuadamente los impactos ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).Además, contribuye a los objetivos de la Estrategia de Reactivación y Repotenciación Económica Sostenible y Resiliente del país, que promueve la infraestructura y ciudades sostenibles como pilares para el desarrollo futuro (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

A nivel internacional, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas destaca la importancia de construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación (Organización de las Naciones Unidas, s.f,). Por lo tanto, la repotenciación sostenible a la reconversión del Edificio Ópera no sólo aborda las deficiencias ambientales de una estructura, convirtiendo a la edificación en una sostenible, sino que también contribuye a la construcción de entornos urbanos más responsables y resilientes.

1.3 Alcances y Limitaciones

El alcance de esta investigación está centrado en la evaluación integral del Edificio Ópera, con un enfoque metodológico que abarca desde el diagnóstico de su estado actual –En los ejes de gestión del agua, energía, aire y habitabilidad–, pasando por la propuesta actual de reconversión convencional, hasta la propuesta de reconversión sostenibles con las intervenciones específicas, aplicadas a partir de los criterios de

sostenibilidad previamente establecidos. Se busca identificar problemas operativos y de gestión de recursos, lo que permite diseñar soluciones técnicas sostenibles, como la instalación de sistemas para la gestión de la energía, la optimización de la gestión del agua y la mejora en la gestión del aire. El análisis de las normativas locales e internacionales asegura que las soluciones se alineen con los estándares de sostenibilidad aplicables, ofreciendo una base sólida para las propuestas.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones que deben considerarse. La efectividad del diagnóstico y las soluciones propuestas dependen de la calidad y disponibilidad de los datos recolectados, tanto primarios como secundarios. Si los registros históricos del edificio o la información obtenida a través de inspecciones no son completos o actualizados, puede haber una limitación en la precisión del diagnóstico. Por otra parte, las intervenciones diseñadas están ajustadas a las condiciones específicas del Edificio Ópera, por lo que su aplicabilidad a otros edificios podría requerir modificaciones sustanciales. Las propuestas y sus alcances pueden verse limitadas por la aceptación de adopción del modelo, el presupuesto disponible y los recursos necesarios para la implementación de tecnologías sostenibles.

Finalmente, es importante señalar que, si bien existen y se mencionan diferentes certificaciones, como EDGE y LEED, la obtención de las mismas escapa a los objetivos del presente escrito, no obstante, dichas certificaciones se usarán como base técnico teórica para la construcción de criterios propios de sostenibilidad. Así mismo, se hace una exploración de los incentivos tributarios y subsidios que actualmente hay vigentes a nivel nacional y local, sin embargo, al igual que las certificaciones disponibles, excede los límites establecidos en el marco del presente escrito, por lo que no será abordado en profundidad. Sin embargo, se reconoce su relevancia y se sugiere como una línea de análisis para estudios posteriores.

2 MARCO TEÓRICO

El presente apartado presenta una síntesis general sobre distintas perspectivas que han sido exploradas desde la academia, espacios de investigación y lugares de trabajo u organizaciones expertas en el abordaje de la repotenciación sostenible de edificios. Cabe señalar que esta revisión bibliográfica no sigue un enfoque sistemático[2]; más bien, constituye un primer acercamiento para brindar una visión general del estado actual del conocimiento en este campo. El objetivo principal es extraer de fuentes secundarias elementos clave que permitan comprender los desafíos actuales en la transformación sostenible del entorno construido, aplicables al edificio Ópera.

Conforme a este enfoque, se plantearon los siguientes objetivos específicos para la búsqueda de información:

- Identificar las principales estrategias y enfoques utilizados en la intervención de edificios para mejorar su sostenibilidad.
- Obtener información sobre normativas, estándares y políticas que guían la transformación sostenible del entorno construido.
- Analizar los desafíos y oportunidades en la implementación de medidas sostenibles en la repotenciación y reconversión de edificaciones.

Con base en estos objetivos, se definió una lista de palabras clave para la búsqueda de artículos académicos que recopilaran información sobre distintas perspectivas en torno a la rehabilitación sostenible de edificios, incluyendo estrategias, normativas y casos de estudio relevantes a nivel nacional e internacional. A continuación, se presenta el listado de palabras clave:

- Rehabilitación sostenible de edificios

[2] Moreno, B. (2018). Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184

- Repotencialización sostenible construcción
- Construcción - medio ambiente
- Construcción y sostenibilidad
- Regeneración urbana sostenible
- Renovación de edificios
- Sustentable Boulding renovation

Posteriormente, se realizó la consulta en las siguientes bases de datos: Google Académico, Dialnet, Scielo y el repositorio de la Universidad Santo Tomás, Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia y Repositorio de la Universidad Católica de Colombia, adicionalmente se tomaron documentos mediante muestreo documental por bola de nieve. Estas fuentes fueron seleccionadas con base en una revisión previa y en su relevancia para la disponibilidad de información en torno a las palabras clave definidas. Además, se incluyó la revisión de documentos normativos y políticas públicas que abordan la rehabilitación sostenible en el sector de la edificación.

2.1 Huella Ambiental en la Construcción

Si bien, el sector de la construcción tiene impactos positivos en líneas de desarrollo, económicas y afectaciones variadas a nivel social, en términos medioambientales tiene costos elevados y variados (Avendaño, Et al. 2021) pues, Según el *Informe sobre la Situación Mundial de los Edificios y la Construcción 2024-2025*, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Alianza Mundial para los Edificios y la Construcción (Global ABC), el sector consume el 32% de la energía mundial y es responsable del 34% de las emisiones globales de CO_2 (2025).

En línea con lo anterior, alrededor del 15% del consumo de agua dulce proviene de edificios y construcciones (World Green Building Council. (2023). Por otro lado, la construcción es responsable de

alrededor del 50% del consumo mundial de materias primas Incluyendo arena, grava, arcilla, piedra caliza, madera, cemento y minerales metálicos. (One Planet Network. (2020). Asimismo, de acuerdo con el grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el sector de la edificación ha sido identificado como uno de los mayores responsables de impactos ambientales. A nivel global, los edificios (en su fase de operación) consumen aproximadamente 40% de la energía total (IPCC, 2022). Si se considera también la energía incorporada en materiales de construcción y las actividades de obra, el sector de edificios y construcción en conjunto aportan alrededor de un tercio de las emisiones mundiales de CO_2 (aprox. 36–38%). Por ejemplo, en 2019 las emisiones directas e indirectas de edificios alcanzaron el equivalente al 21% de las emisiones globales ese año (IPCC, 2022).

Producto de lo anterior, actualmente hay una exigencia a la implementación de mejores prácticas de responsabilidad socioambiental en la industria (Avendaño, et al., 2021), una de las estrategias claves para responder a estas exigencias es abordar la sostenibilidad de las edificaciones existentes, pues se reconoce que *el edificio más ecológico es aquel que ya está construido,* pues la mitad de los edificios proyectados para el 2050 ya existen, por lo que procesos de rehabilitación son claves para alcanzar, entre otros, objetivos de descarbonización (World Green Building, s.f.) dado que aprovechar y mejorar las estructuras existentes evita los impactos asociados a nuevas construcciones

De hecho, de acuerdo con la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) se estima que cerca del 85–95% de los edificios actuales seguirán en uso en 2050 (2025). Esto significa, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), que para cumplir las metas climáticas y de desarrollo sostenible es imprescindible intervenir el parque edificatorio existente mediante renovación, rehabilitación y mejoras sostenibles (2022), Pues ello ofrece un enorme potencial de mitigación de los costos

medioambientales, por lo que se considera una de las acciones más costo-efectivas para que la industria de la construcción se alinea con el acuerdo de París[3] (UNEP, 2022)

2.1.1 Huella Ambiental de la Construcción en Colombia

En el contexto colombiano el sector de la construcción representa una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las edificaciones generaron aproximadamente 18,9 millones de toneladas de CO_2 equivalente ($MtCO_2eq$) en 2020, con proyecciones que alcanzan 23,4 $MtCO_2eq$ para 2030 y 32,6 $MtCO_2eq$ en 2050, lo que implica una tasa de crecimiento anual cercana al 1,8 % (Universidad de los Andes y Hill Consulting, 2021, como se citó en CCCS, 2024).

En cuanto al desglose de emisiones, el 63 % proviene del carbono operacional, es decir, del consumo energético durante el uso del edificio (sistemas HVAC, iluminación, etc.), mientras que el 37 % restante corresponde al carbono embebido, que incluye las emisiones asociadas a los materiales de construcción, transporte y procesos constructivos (CCCS, 2024).

Particularmente, los materiales de construcción aportan alrededor del 35 % del total de emisiones del ciclo de vida de una edificación, siendo el cemento, el acero y el ladrillo los de mayor impacto (Camacol, 2024). Esta cifra se alinea con estimaciones globales, donde el sector de la construcción representa cerca del 32 % de las emisiones energéticas mundiales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2025).

Adicionalmente, la construcción consume aproximadamente entre el 30 % y el 40 % de la energía nacional, y genera más de 22 millones de toneladas de residuos anualmente en Colombia (CCCS, 2022). Esta situación ha motivado el desarrollo de políticas como la Hoja de Ruta de Edificaciones Neto Cero Carbono,

[3] Los Acuerdos de París son un tratado internacional adoptado en 2015 durante la 21.ª Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Para más información consulte: Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

lanzada en 2022 por el Gobierno Nacional, con el fin de lograr la descarbonización progresiva del sector edificador hacia 2050.

Si bien la agenda de construcción sostenible inició enfocada en proyectos nuevos y certificaciones ambientales para obra nueva (p. ej., LEED, EDGE, CASA Colombia, etc.), cada vez más se discuten políticas e iniciativas para el mejoramiento sostenible de edificaciones antiguas (MinAmbiente, s.f) . El Gobierno Nacional formuló la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles mediante el CONPES 3919 de 2018, cuyo objetivo general es “Impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones”, Esta política reconoce explícitamente la necesidad de mitigar los efectos negativos de la industria de la construcción sobre el medioambiente, en línea con ello, se han emitido normas técnicas y regulaciones: por ejemplo, la Resolución 549 de 2015 (MinVivienda) estableció requisitos mínimos de ahorro de agua y energía en nuevas edificaciones como primer paso normativo hacia construcciones más eficientes.

Si bien dicha resolución se enfoca en obra nueva, sentó precedentes técnicos que también pueden aplicarse en proyectos de reconversión, repotenciación y en general intervenciones sostenibles a edificios existentes. Asimismo, la ciudad de Bogotá ha incorporado lineamientos de sostenibilidad en su normativa urbana; recientemente, el Distrito expidió el Decreto 582 de 2023, donde se reglamentan disposiciones de ecourbanismo y construcción sostenible del plan de ordenamiento. Sin embargo, históricamente han existido brechas en la aplicación masiva de estos conceptos en edificaciones antiguas, debido en parte a costos iniciales, falta de incentivos suficientes y poca difusión de técnicas de rehabilitación sostenible (Márquez, 2022).

2.2 Sostenibilidad en la Construcción

Para hablar de la sostenibilidad en la construcción, inicialmente hay que mencionar al desarrollo sostenible, el cual fue introducido en 1987 por medio del Informe Brundtland, definiéndolo como "El desarrollo

sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas." (Citado en: Naciones Unidas, s.f.)

Ahora bien, en este contexto, la Construcción Sostenible, se ha entendido desde múltiples lugares, teniendo así una variedad de definiciones. Según el consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), la construcción sostenible implica planear, diseñar, construir y operar proyectos de forma eficiente económicamente, minimizando impactos negativos en el ambiente y maximizando los impactos positivos para usuarios a lo largo del ciclo de vida del proyecto (CCCS, s.f.); Por su parte, Mellado, (citado en Hernández, 2022) la define como aquella que considera aspectos económicos, sociales y ambientales, satisfaciendo necesidades actuales sin *hipotecar* la capacidad de generaciones futuras.

Así mismo, Zuleta sostiene que, la sostenibilidad en la construcción ha evolucionado desde el concepto socioeconómico *desarrollo,* influenciado por iniciativas e instrumentos internacionales de protección ambiental, que buscan la preservación del medio ambiente, lo que implica un cambio profundo de actitud, orientado al bien común, mediado por la justicia, la equidad y el respeto por la naturaleza (2019, citado en Avendaño, et. al. 2021). En línea con lo anterior, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible señala,

> "La construcción sostenible es la práctica de planear, diseñar, construir, operar y habitar proyectos de construcción para que sean económicamente eficientes, minimicen su impacto negativo en el ambiente y maximicen su impacto positivo en los usuarios y en las comunidades a lo largo de su ciclo de vida" (CCSS, s.f.).

Por medio de la construcción sostenible, como sector, la construcción actualmente es central en la conversación de desarrollo y acción climática en el mundo. Las prácticas de sostenibilidad en la construcción conllevan un consumo responsable de los recursos naturales y los ecosistemas; Así mismo se generan aportes significativos a la equidad, salud y bienestar de la población (CCCS, s.f.). por lo que, en general, parece haber un acuerdo en afirmar que, la construcción sostenible es una herramienta para

enfrentar el impacto negativo de la industria de la construcción y un punto clave para el diseño y desarrollo de ciudades sustentables (Avendaño *et al., 2021).* donde se atiende a la necesidad resolver los problemas que afectan la calidad de vida de los actuales habitantes del planeta, sin que ello comprometa la posibilidad de que las futuras generaciones puedan disponer de recursos para enfrentar los suyos (Acosta, 2009, como se citó en Avendaño *et al., 2021)*

2.2.1 Ciclo de Vida de las Edificaciones

El ciclo de vida de un edificio abarca desde su concepción hasta su fin de vida, incluyendo planificación, diseño, construcción (incluyendo producción y transporte de materiales), operación, mantenimiento y disposición final (uso, reparaciones, remodelaciones menores) (Leaf Latam, s.f.). Analizar un edificio bajo esta óptica permite evaluar impactos acumulados en cada etapa y sus interdependencias, evitando optimizaciones parciales que trasladen impactos de una fase a otra.

Ilustración 1. Ciclo de Vida de un Edificio.

Nota. Tomada de *Análisis de ciclo de vida de un edificio: Clave para una construcción sostenible*, por Leaf Latam, s.f.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), estandarizado por las normas ISO 14040 y 14044, cuantifica entradas (recursos, energía) y salidas (emisiones, residuos) en cada etapa, traduciendo estos datos en indicadores de impacto ambiental como la huella de carbono. En edificaciones convencionales, la etapa de uso suele ser la de mayor impacto ambiental acumulado debido al consumo sostenido de energía y agua.

Aun así, no hay que perder del radar que la construcción de un edificio, en sus diferentes etapas (Figura 1), genera varios contaminantes, que van desde el ruido hasta la generación de desechos sólidos y líquidos, contaminación del agua, disminución de la calidad del aire, sumado a los procesos de obtención y generación de materia prima (Avendaño *et al.* 2021).

2.2.2 Economía Circular en la Construcción

La economía circular en la construcción busca que el fin de vida de un edificio se convierta en el inicio de otro ciclo, reutilizando componentes y reciclando materiales para reducir residuos. Esto implica diseñar para la desmontabilidad, separar materiales al demoler para reciclar y fomentar mercados para estos materiales reciclados. En Colombia, la Resolución 472 de 2017 obliga a planes de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), con metas de aprovechamiento mínimo del 20% de estos residuos.

Alargar la vida útil de los edificios mediante mantenimiento y rehabilitación es la mejor estrategia circular, evitando generar un edificio entero como residuo. Por ello, el edificio más sostenible es el que no hay que construir de nuevo, reforzando la importancia de estrategias de reconversión y repotenciación.

2.3 Gestión Sostenible de Recursos

Hablar de la gestión sostenible de recursos en edificaciones, implica entender como interactúan con el entorno, con los recursos naturales a lo largo del ciclo de vida y su eficiencia en el uso de estos recursos. No se trata de estructuras aisladas o independientes, son un sistema que se relaciona con los recursos disponibles y las personas que lo habitan. Para que un edificio sea funcional y saludable para sus ocupantes, hay cuatro categorías que se deben considerar, agua, energía, aire y habitabilidad. Estos son los cuatro

principales pilares que se deben tener en cuenta para determinar la sostenibilidad de un edificio. Certificaciones como LEED y EDGE, utilizan estos mismos pilares de evaluación, dada su alta capacidad de medición, comparación y mejora continua (USGBC, 2021; IFC, 2022).

Desde una mirada técnica, la gestión de agua, energía, aire y habitabilidad permiten cuantificar impactos del edificio: el consumo y reúso de agua; la eficiencia energética y el uso de fuentes renovables; la calidad del aire como factor de salud; y las condiciones de habitabilidad que inciden directamente en el confort, la accesibilidad y el bienestar de sus ocupantes. (Guerra e Itard, 2010; Cabeza et al., 2014).

Gestionar el recurso hídrico incluye tanto su consumo como la recolección y reutilización, aspectos que fortalecen la resiliencia hídrica y ayudan a reducir el impacto en la huella hídrica (ONU, 2023). En términos de energía, los edificios sostenibles buscan reducir al mínimo el consumo energético mediante estrategias pasivas y el uso de fuentes renovables, ayudando en la mitigación del cambio climático y a alcanzar las metas de descarbonización del sector (IEA, 2022). La calidad del aire afecta directamente en la salud y productividad de quienes trabajan o viven en el edificio, esto depende de la ventilación natural o mecánica y el confort higrotérmico (Mendell et al., 2002). Finalmente, la habitabilidad se refiere a generar espacios que promuevan el bienestar físico y mental de los usuarios, incluyendo iluminación natural, temperatura y accesibilidad universal, en concordancia con estándares internacionales (USGBC, 2021).

Estas gestiones no deben verse de forma independiente, sino como parte de un enfoque sistémico que reconozca la interacción entre los recursos naturales, el edificio y la vida humana dentro del espacio. En este contexto, el análisis del ciclo de vida (LCA) resulta una herramienta clave para cuantificar los impactos ambientales y orientar las acciones más sostenibles desde el inicio de cada proyecto (Cabeza et al., 2014).

2.3.1 Gestión del Agua

La gestión del agua resulta ser un pilar fundamental en la sostenibilidad de las edificaciones, pues ésta incide directamente en la eficiencia hídrica, la salud ambiental y social, y el desempeño económico del

edificio. La Resolución 194 de 2025 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio define líneas base de consumo de agua potable expresadas en litros por metro cuadrado al año (L/m²-año), diferenciadas por tipo de edificación. Estas líneas base representan el consumo estimado de referencia para edificaciones nuevas, y constituyen el parámetro técnico sobre el cual se evaluarán las estrategias de uso eficiente del recurso hídrico.

Tipo de edificación	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido Húmedo
	Litros/persona/día (Centros Comerciales: Lts/m²/día, Hoteles: Lts/habitación/día)			
Vivienda No VIS Unifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Vivienda No VIS Multifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Vivienda VIS Unifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Vivienda VIS Multifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Vivienda VIP Unifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Vivienda VIP Multifamiliar	155.8	155.8	155.8	155.8
Centro Comercial hasta 5000m²	4.24	4.53	5.76	5.89
Centro Comercial > 5000m²	4.24	4.53	5.76	5.89
Oficinas hasta 1000m²	33.9	33.9	39.13	40.03
Oficinas > 1000m²	33.9	33.9	39.13	40.03
Hotel hasta 3 estrellas	216.88	246.86	313.87	321.13
Hotel 4 y 5 estrellas	216.88	246.86	313.87	321.13
Centro Educativo Básica	33.9	33.9	37.65	38.52
Centro Educativo Profesional	33.9	33.9	37.65	38.52
Hospital de 1er y 2do nivel	329.56	375.12	476.95	487.98
Hospital de 3er y 4to nivel	329.56	375.12	476.95	487.98

Ilustración 2 Línea base de consumo de agua según resolución 194 del 2025

Como gestión, implica reducir el consumo de agua potable, prevenir la contaminación hídrica, y el aprovechamiento de agua lluvia y grises tratadas, en los diferentes momentos del ciclo de vida. (Wavin, 2024) nuevamente según categoría edilicias, la Resolución 194 de 2025 establece lineamientos técnicos para promover la eficiencia hídrica en edificaciones nuevas y ampliaciones, fijando porcentajes mínimos de ahorro en el consumo de agua potable frente a una línea base. En particular, exige implementar sistemas de bajo consumo en aparatos sanitarios, aprovechar aguas lluvias o grises y adoptar tecnologías que

permitan un ahorro mínimo del 20 % en usos residenciales y del 30 % en edificaciones no residenciales, de acuerdo con lo señalado en la Guía Técnica adoptada por el Ministerio de Vivienda.

Metas de agua respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido Seco	Cálido Húmedo
	Porcentaje (%) mínimo de ahorro			
Vivienda No VIS Unifamiliar	25	25	20	20
Vivienda No VIS Multifamiliar	25	25	20	20
Vivienda VIS Unifamiliar	15	15	15	15
Vivienda VIS Multifamiliar	15	15	15	15
Vivienda VIP Unifamiliar	15	15	15	15
Vivienda VIP Multifamiliar	15	15	15	15
Centro Comercial hasta 5000m²	25	25	25	20
Centro Comercial > 5000m²	25	25	25	20
Oficinas hasta 1000m²	25	25	20	20
Oficinas > 1000m²	30	30	25	20
Hotel hasta 3 estrellas	25	25	20	20
Hotel 4 y 5 estrellas	30	30	25	20
Centro Educativo Básica	30	30	25	25
Centro Educativo Profesional	30	30	25	25
Hospital de 1er y 2do nivel	20	20	15	15
Hospital de 3er y 4to nivel	20	20	15	15

Ilustración 3 Porcentajes mínimos de ahorro en consumos de agua según resolución 194 del 2025

En la gestión del agua, aplicada a la etapa constructiva, las actividades inherentes a esta, pueden generar impactos significativos, por ejemplo, el consumo elevado del agua en procesos como el curado del concreto, generación de sedimentos, vertimientos contaminantes, alteraciones de los drenajes, entre otros, debido a que no se implementen adecuadas medidas de control (SETENA, 2014). Por ello, se considera sostenible las obras que incorporan tecnologías y planes de manejo como sistemas de recirculación de aguas, instalaciones temporales para captar agua lluvia y planes de control de vertimientos y erosión (Pinilla, 2010).

Por otro lado, en la etapa operativa la gestión del agua se aborda a través de la eficiencia hídrica, mediante dispositivos con tecnologías de bajo consumo, como griferías, duchas y sanitarios. También se integran estrategias de reúso y tratamiento de aguas grises (CCCS, 2021). Así mismo, en lo que respecta puntualmente a edificaciones ya existentes, además de lo previamente señalado, se puede hablar del uso de

retrofits, definido como la incorporación de tecnologías actuales a edificios existentes, mediante la modernización de sistemas ya construidos y funcionales —por ejemplo, las tuberías— sin que esta modernización implique demolición o cambio completo del sistema, pues se busca la no modificación de la estructura base ni de su uso principal (Silva *et al., 2012)*. Por ejemplo, se puede contemplar la instalación de aireadores en tuberías convencionales, lo que permitiría reducir el caudal sin afectar la presión, ni requerir una sustitución completa. Estas intervenciones son estratégicas en edificaciones antiguas o de alto consumo, pues permiten una gestión eficiente del recurso hídrico y constituyen una alternativa más económica y sostenible frente a la renovación total de la red sanitaria.

La gestión del agua, también contempla las aguas pluviales, de hecho, es una parte esencial. El almacenamiento en tanques y correcto tratamiento y uso de aguas lluvia, además de contribuir al ahorro, fortalece la resiliencia hídrica frente a eventos como la escasez o racionamiento.

La incorporación de elementos como jardines de lluvia, techos verdes, o sistemas de infiltración, permite replicar, o por lo menos acercarse, al régimen natural de escorrentía, lo que disminuye las cargas en el alcantarillado. Ciudades como Medellín han promovido y ejecutado este tipo de soluciones (CCCS, 2021).

Finalmente, el control de la calidad del agua es clave para garantizar la salud de los usuarios, se debe garantizar el suministro de agua limpia y segura, incorporando filtraciones y tratamiento cuando sea necesario, y diferenciando adecuadamente las diferentes redes, incluyendo la de aguas negras (EPA,2023).

Para concluir, la gestión integral y sostenible del agua en edificios existentes, no solo reduce el impacto ambiental, también genera beneficios económicos, operativos, de habitabilidad y de salud pública. Al implementar estrategias, en todas las etapas, se contribuye a que el edificio se transforme en una infraestructura resiliente, eficiente y responsable.

2.3.2 Gestión de la Energía

Ahora bien, en cuanto a la gestión de la energía, la construcción como sector consume el 32% de energía mundial (PNUMA, GlobalABC, 2025). En Colombia, la industria de la construcción y el sector de las edificaciones consumen el 40% de la energía (Márquez, 2022) La Resolución 194 de 2025 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. establece líneas base de consumo energético expresadas en kWh/m²-año, diferenciadas según la tipología edilicia y la zona climática del país. Estas referencias permiten estimar el consumo promedio esperado para edificaciones nuevas, sirviendo como punto de partida técnico para futuras metas de eficiencia energética.

Tipo de edificación	Frío	Templado	Cálido Seco	Cálido Húmedo
	kWh/m²-año			
Vivienda No VIS Unifamiliar	78.1	76.8	76.2	72.5
Vivienda No VIS Multifamiliar	84.4	83.8	81.5	81.2
Vivienda VIS Unifamiliar	81.3	87.2	84.2	81.0
Vivienda VIS Multifamiliar	93.7	77.7	86.7	111.2
Vivienda VIP Unifamiliar	90.4	93.2	91.9	94.9
Vivienda VIP Multifamiliar	89.5	88.8	89.7	89.5
Centro Comercial hasta 5000m²	201.8	171.7	219.2	237.0
Centro Comercial > 5000m²	132.0	242.1	249.8	265.8
Oficinas hasta 1000m²	161.8	187.4	200.3	212.3
Oficinas > 1000m²	152.3	177.7	183.3	203.3
Hotel hasta 3 estrellas	263.9	213.0	237.5	269.0
Hotel 4 y 5 estrellas	111.8	166.9	195.8	232.3
Centro Educativo Básica	44.5	73.8	79.5	91.6
Centro Educativo Profesional	58.5	124.4	136.8	158.3
Hospital de 1er y 2do nivel	160.6	219.7	244.3	263.8
Hospital de 3er y 4to nivel	301.1	247.1	279.7	369.1

Ilustración 4 Línea base de consumo de energía según resolución 194 del 2025

La Resolución 194 de 2025 exige alcanzar porcentajes mínimos de ahorro en el consumo de energía eléctrica con respecto a las líneas base establecidas para cada tipo de edificación y zona climática. Este ahorro debe lograrse mediante la incorporación de estrategias pasivas y activas de eficiencia energética, tales como iluminación de bajo consumo, sistemas de climatización eficientes y aprovechamiento de la luz natural. Los porcentajes requeridos varían según la clasificación edilicia, promoviendo así un diseño más sostenible y adaptado a las condiciones climáticas del entorno.

Metas de energía respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido Seco	Cálido Húmedo
	Porcentaje (%) mínimo de ahorro			
Vivienda No VIS Unifamiliar	15	20	20	20
Vivienda No VIS Multifamiliar	15	20	20	20
Vivienda VIS Unifamiliar	15	15	15	15
Vivienda VIS Multifamiliar	10	10	10	10
Vivienda VIP Unifamiliar	10	15	15	15
Vivienda VIP Multifamiliar	5	10	10	10
Centro Comercial hasta 5000m²	15	20	20	20
Centro Comercial > 5000m²	10	15	15	10
Oficinas hasta 1000m²	15	20	20	15
Oficinas > 1000m²	15	15	15	15
Hotel hasta 3 estrellas	15	20	20	20
Hotel 4 y 5 estrellas	10	15	15	15
Centro Educativo Básica	10	10	15	15
Hospital de 1er y 2do nivel	20	20	20	20
Hospital de 3er y 4to nivel	15	15	15	15

Ilustración 5 Porcentajes mínimos de ahorro en consumos de energía según resolución 194 del 2025

Para ello, durante la construcción o rehabilitación de un edificio, el consumo de energía proviene de maquinaria de obra (retroexcavadoras, grúas, compresores, etc.), procesos constructivos (soldadura, corte) y fabricación y traslado de materiales. Aunque este consumo es temporal, no es despreciable: la energía incorporada en materiales (como el cemento, acero, ladrillos) representa una fracción importante del impacto ambiental total del edificio.

La gestión de la energía en obra, exige la elección de materiales locales y procesos limpios, así como la optimización de recursos mediante la logística racionalizada, por ejemplo, en el uso de equipos eléctricos eficientes o iluminación LED temporal, la reducción de recorridos innecesarios etc. Sin embargo, en la

etapa operativa es donde la gestión de la energía adquiere un mayor peso, pues representa el grueso de consumo a lo largo de la vida útil de las edificaciones, La energía se destina a climatización, iluminación, funcionamiento de equipos eléctricos, tecnologías y sistemas auxiliares (PNUMA, GlobalABC, 2025) .

Las intervenciones sostenibles para la etapa operativa, comprenden tanto estrategias pasivas como activas. Las pasivas incluyen mejoras en aislamiento térmico en muros o cubiertas, mejoramiento de la hermeticidad en ventanas, pintar superficies con colores claros para reflejar el calor u oscuros para absorber, según la necesidad, así mismo el aprovechamiento de luz natural con ventanas amplias, tragaluces y claraboyas para disminuir la necesidad de luces artificiales. en sí, todas las dirigidas a reducir la demanda energética. Las activas por su parte, abarcan la sustitución de equipos ineficientes por tecnologías LED, motores con recuperación de energía. Estas medidas permiten reducir el consumo energético de edificios existentes entre un 20 y 30% (MinAmbiente, s.f.).

Otra dimensión clave, es la incorporación de sistemas de automatización, como Building Management Sistema (BMS), que permite monitorear y optimizar el uso energético con base en la ocupación, el uso de estas tecnologías de control ha logrado reducir el consumo energético hasta un 25%, sin alterar las necesidades del edificio (Digitime y Ekemezie, 2024).

Finalmente, la incorporación de energías renovables, mediante paneles solares fotovoltaicos, cubiertas solares térmicas o sistemas de recuperación de calor, también extractores eólicos, aerogeneradores eólicos, permiten reducir aún más la dependencia energética. Las leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021 promueven la autogeneración y establece beneficios tributarios para edificaciones que integren fuentes de energía renovables (CCCS, 2022).

La gestión energética en edificaciones existentes es una estrategia clave para alcanzar la sostenibilidad urbana. Involucra la toma de decisiones desde la obra hasta la operación. La optimización energética de un

edificio contribuye a garantizar salud y bienestar, eficiencia económica y se alinea con los desafíos climáticos actuales.

2.3.3 Gestión del Aire

La gestión del aire por su parte, implica el mantener una calidad del aire adecuada, tanto al interior del edificio, como en su entorno inmediato desde acciones propias del edificio, minimizando contaminantes y asegurando un ambiente saludable.

Durante la construcción, se procura el control de emisiones y polvo, pues la obra y las actividades propias de esta etapa, pueden afectar la calidad del aire local, principalmente mediante la generación de material particulado (polvo) y emisiones de las maquinarias. El movimiento, transporte y corte de materiales, y el tránsito de maquinaria. Afectando a residentes vecinos y trabajadores.

Por ello, resulta vital que durante la construcción se implementen controles para evitar esos efectos negativos, por ejemplo, con barreras contra el polvo, riego periódico de vías— sin descuidar la gestión del agua— cubrir los materiales sueltos, etc. (SETENA, 2014). De igual manera, que la maquinaria se encuentre en buen estado. Acciones como estas son fundamentales para que los proyectos no contribuyan a deteriorar la calidad del aire urbano.

Ahora, en la etapa operativa, el foco principal es la calidad del aire interior (CAI) que respiran los usuarios, sin descuidar las emisiones del edificio. La calidad del aire interior se asocia directamente con la salud, bienestar y confort de los usuarios. Problemáticas relacionadas con CAI pueden derivar, entre otras, en el *Síndrome de Edificio Enfermo (SEE)*, el cual se caracteriza por la presencia de síntomas como fatiga, dolor de cabeza, alergias, mareos, que están directamente relacionados con el tiempo que las personas pasan dentro del edificio.

Por lo tanto, gestionar el aire interior es clave: los edificios sostenibles cuentan con sistemas de ventilación o climatización bien diseñados y mantenidos, que aseguran una renovación suficiente del aire, mejorando su calidad y controlan la humedad. Es recomendable seguir estándares como ASHRAE 62.1[4] para tasas de ventilación mínima por ocupante.

Un aspecto fundamental es el mantenimiento periódico de los sistemas de climatización, filtros sucios, conductos, bandejas condensadas con agua estancada, que puede convertirse en focos de bacterias, hongos y virus. Estas acciones contribuyen en la prevención de SEE.

En edificaciones existentes, es necesario evaluar los sistemas de ventilación y superficies, limpieza, reparación de compuertas e incluso el rediseño de zonas mal ventiladas. Otro factor esencial es el control de fuentes internas de contaminación, lo que incluye la elección de materiales y acabados de bajo contenido de contaminantes, por ejemplo, en pinturas y adhesivos.

El manejo adecuado de la humedad para evitar el moho, pues un ambiente húmedo y mal ventilado puede generar la proliferación de moho en techos o muros, lo que libera esporas que afectan la salud de los usuarios. En general la mala gestión del aire puede generar numerosas enfermedades no transmisibles, daña la salud respiratoria y cardiovascular y causa irritaciones y reacciones alérgicas, como el asma, (OMS, 2018).

Cabe mencionar que la calidad del aire exterior urbano influye en el interior. En ciudades con alta contaminación atmosférica, un edificio sostenible puede incorporar filtros de aire de alta eficiencia para partículas finas, protegiendo a los ocupantes. Por último, gestionar el aire implica también reducir las emisiones del propio edificio hacia la atmósfera.

[4] Es uno de los referentes internacionales más reconocidos en cuanto a requisitos mínimos de calidad del aire interior en edificios no residenciales. Desarrollado por: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers (ASHRAE)

Un edificio existente sostenible buscará minimizar el uso de equipos o procesos que emitan gases nocivos. Por ejemplo, reemplazar antiguas calderas a diésel por sistemas eléctricos o de gas natural más limpios reducirá emisiones locales de material particulado. Igualmente, la adecuada gestión de residuos (evitando incineración informal) y el mantenimiento de plantas eléctricas de respaldo garantizan que el edificio no esté contribuyendo a la contaminación del aire exterior más de lo necesario.

En síntesis, la categoría aire abarca: en obra, evitar polvo y emisiones; en uso, proveer aire limpio y fresco a los usuarios, evitando tanto contaminantes internos (químicos, biológicos) como protegiendo de la polución externa. Los beneficios son tangibles: mejor salud de los ocupantes. Un edificio existente que aborda este eje, renovando sus sistemas de ventilación, usando materiales más saludables y aplicando protocolos de aire limpio, dará un salto importante en su desempeño sostenible y en la calidad de vida de sus habitantes.

2.3.4 Gestión de la Habitabilidad

El eje de habitabilidad se refiere a las condiciones que hacen que un edificio sea *seguro, cómodo, saludable y funcionalmente adecuado* para las personas que lo ocupan. por lo que, está directamente afectada por la gestión del agua, energía y aire; Pues abarca aspectos como la calidad del espacio interior (Confort térmico, lumínico, acústico, calidad del aire), salubridad, la accesibilidad, la seguridad y en general la satisfacción de las necesidades de sus ocupantes.

Lo que hace que la adecuada gestión de la habitabilidad implica una sinergia de las otras gestiones —gestión del agua, energía y aire— y propios. En términos de sostenibilidad, siguiendo la CONPES 3919 de 2018, la dimensión de habitabilidad se puede asociar al pilar social y económico, lo que implica que además de que el edificio sea verde en lo ambiental, sea habitable, viable y equitativa para las personas.

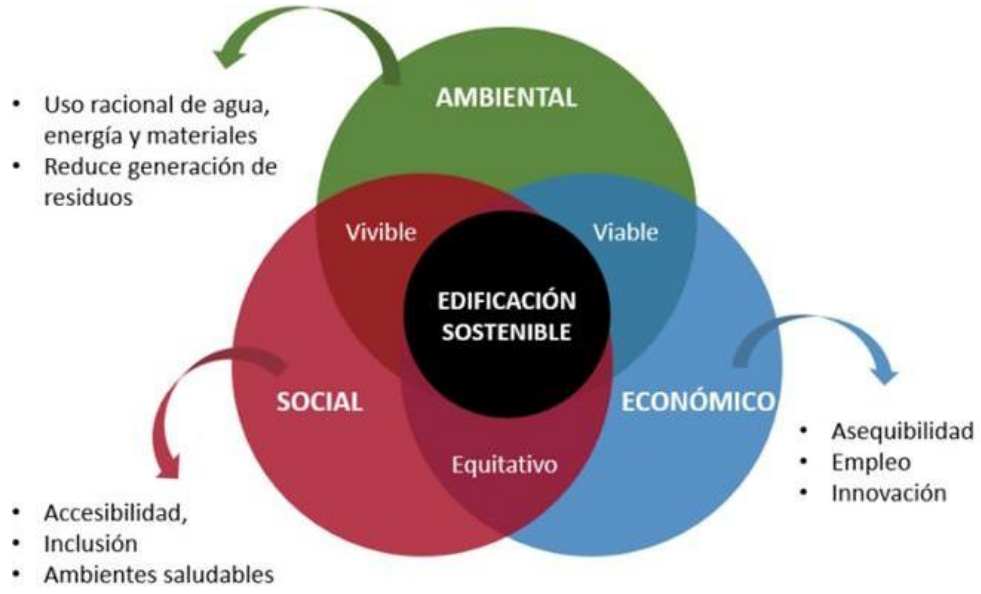


Figura 1 Dimensiones de una edificación sostenible.

Nota. Tomado de *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles (Documento CONPES 3919)*, por Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), 2018.

Por ello, en la gestión de la habitabilidad se habla de una sinergia, pues un edificio puede ser eficiente en el consumo de energía, pero ofrecer espacio insalubres e incómodos por falta de ventilación, como se mencionó con el SEE, esto genera afectaciones en la salud de los usuarios, por lo que no se considera al edificio como sostenible. Igualmente, de acuerdo a la resolución 549 de 2015, hay unos mínimos de ventilación e iluminación saludable, los cuales pueden ser dimensionados en edificios comerciales.

Ahora, en la etapa de construcción, gestionar la habitabilidad implica la toma de decisiones que incorporen criterios de diseño y tecnologías centradas en las tres dimensiones (Figura 2). Esto inicia por que se garantice condiciones mínimas de salubridad y confort establecidas, como ya se ha discutido desde otras gestiones.

Otro componente a tener en cuenta en la obra es la seguridad y accesibilidad. La gestión de la habitabilidad implica que el edificio sea seguro (cumpla con normas de seguridad estructural, contra incendios, eléctricas, etc.) y accesible para todas las personas, por ejemplo, las personas con movilidad reducida. Esto implica

que, al intervenir edificaciones construidas, sea importante considerar aspectos como salidas de evacuación, acceso como rampas y ascensores, si no existen, en pro de la inclusión. En Bogotá, por ejemplo, a partir del Decreto 1538 de 2005 y la ley 1618 de 2013 es obligatorio que las remodelaciones importantes incorporen ajustes de accesibilidad universal.

La sostenibilidad en edificios existentes representa un campo prioritario para el desarrollo urbano sostenible, se evidencia un creciente interés investigativo, técnico y legislativo, enfocados en reducir la huella ambiental del sector de la construcción por medio de la rehabilitación y recuperación de edificaciones existentes, prolongando su vida útil, como sugiere la economía circular, por medio de intervenciones y toma de decisiones, enmarcadas en las categorías de análisis gestión del agua, aire, energía y habitabilidad, entendiendo, que para que se logre la sostenibilidad del edificio debe haber una sinergia entre ellas, aportando a las tres dimensiones de un edificio sostenible, ambiental, social y económico. Logrando entonces que las edificaciones sean viables y equitativas.

2.4 Una Mirada Sistémica a la Sustentabilidad de Edificaciones Existentes

Figura 2. Mirada Sistémica de las Gestiones

Nota: Elaboración propia

Resulta esencial adoptar una perspectiva sistémica, donde el edificio no se conciba como una suma de componentes aislados, sino como una unidad viva, funcional y en interacción con otras unidades. En esta unidad convergen interacciones constantes entre subsistemas técnicos, ambientales, humanos y también entre gestiones, de agua, energía, aire y habitabilidad.

Según la teoría de los sistemas adaptativos complejos, los edificios deben entenderse como sistemas dinámicos donde múltiples agentes interactúan y se adaptan continuamente. Esto implica una interdependencia donde una acción puntual —como instalar paneles solares— no solo repercute en el consumo energético, sino que puede modificar la carga térmica interna, el confort de los usuarios y hasta la necesidad de ventilación mecánica.

En esta lógica, un edificio sostenible opera como un sistema complejo adaptativo, donde los componentes interactúan de manera no lineal, generando retroalimentaciones que exigen diseños flexibles, integrados y en constante evaluación. La aplicación de esta mirada implica también un cambio en los sistemas de evaluación. En lugar de categorías estáticas, se requieren marcos multicapa donde una sola tecnología o decisión pueda incidir simultáneamente en distintas dimensiones, revisar efectos cruzados e interacciones con otros sistemas.

2.5 Conceptos Claves

La construcción sostenible es un proceso holístico, donde se busca restaurar la armonía entre el entorno natural y construido, el cual se estructura en tres dimensiones: ambiental, social y económica, lo que representa que sea equitativo y viable (CONPES, 2018; Du Plessis, 2002). Promoviendo además la dignidad humana, y contribuyendo a lograr los acuerdos de París.

Atendiendo además a la premisa de que el edificio más sostenible es aquel que ya está construido, hay diferentes rutas por medio de las cuales se interviene en un edificio existente para encaminarlo a la sostenibilidad:

2.5.1 Rehabilitación

Es un proceso integral orientado a mejorar condiciones funcionales y de habitabilidad de un edificio existente, sin que se modifique su estructura principal. Abarcando el conjunto de intervenciones que permite adaptarse a las exigencias contemporáneas de seguridad, confort, sostenibilidad y eficiencia, con el objetivo de prolongar el ciclo de vida del edificio (Broto 2005, citado en Fonseca et al., 2020).

Sí bien la rehabilitación de edificios existentes trae beneficios técnicos y ecológicos, también contribuye al aprovechamiento de los espacios, materiales y estructuras existentes, genera empleo y dinamiza la economía (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015). En este sentido, una herramienta central para avanzar hacia ciudades más sostenibles, sin recurrir a la expansión urbana o a la demolición de las edificaciones (CONPES, 2018).

2.5.2 Recuperación

Hace referencia al proceso general de rescatar y volver a poner en uso un edificio que ha sufrido deterioro, abandono, o ha quedado obsoleto en sus funciones. Implica un conjunto de acciones en pro de, Es decir, la recuperación abarca cualquier acción necesaria, sea estructural, funcional o estética, para que el edificio pueda volver a tener condiciones adecuadas de funcionamiento.

2.5.3 Repotenciación

Es un proceso de intervención técnica aplicada, la cual comprende tres procesos diferentes, reparación, refuerzo y rehabilitación (Mazo, 2019), Con los objetivos de alargar la vida útil, mejorar la seguridad y puntualmente incrementar la capacidad y desempeño de una edificación.

> “restablece las prestaciones resistentes y de durabilidad de la estructura, solucionando la patología, recuperando la respuesta resistente y aportando protección frente a los agentes agresivos externos” (Herrera y González, 2018)

2.5.4 Reconversión

Consiste en adaptar un edificio a un nuevo uso, distinto del original. Se trata de una estrategia sostenible, donde se utiliza el capital construido existente, reduciendo la presión por la expansión urbana y disminuyendo el consumo de nuevos recursos (Silva, 2023). Es una forma de rehabilitación funcional que permite aprovechar la infraestructura y ubicación de edificios obsoletos, dándoles *nueva vida* con usos contemporáneos. (Martínez et al., 2021).

2.5.5 Restauración

Busca preservar la autenticidad histórica de edificaciones patrimoniales mediante intervenciones mínimas que restituyen su estado original, esencial para la conservación y extensión de la vida útil de construcciones valiosas culturalmente

En resumen, repotenciar, reconvertir, reforzar, recuperar y restaurar son acciones, que pueden ser complementarias, las cuales, si se aplican de forma adecuada, permiten la rehabilitación de edificaciones antiguas en activos sostenibles, convirtiendo a las edificaciones en componentes claves de una ciudad sostenible.

2.6 Postura Sostenible del Modelo

A partir la información desarrollada, se sustenta que la sostenibilidad en edificaciones existentes exige una mirada sistémica e interdependiente. Como se ha mencionado a lo largo del documento, no basta con adoptar acciones aisladas o soluciones técnicas parciales. Es imprescindible comprender el edificio como una unidad compleja, donde convergen aspectos ambientales, técnicos, humanos, económicos y sociales. Esta visión integral justifica el enfoque adoptado en el modelo de repotenciación sostenible del Edificio Ópera, sustentado en cuatro gestiones clave: agua, energía, aire y habitabilidad.

Estas categorías no fueron elegidas de forma arbitraria. De acuerdo con la literatura revisada, representan variables determinantes para evaluar y transformar el desempeño sostenible de una edificación, al permitir cuantificar impactos, identificar oportunidades de mejora, y articular la sostenibilidad ambiental con la calidad de vida de los usuarios, la viabilidad técnica y la eficiencia económica. Certificaciones como LEED y EDGE han consolidado estas categorías como pilares por su potencial de integración, trazabilidad y compatibilidad con indicadores ambientales, sociales y económicos.

Si bien, existen otras formas de abordar y repotenciar la sostenibilidad en las edificaciones -como las que incorporan movilidad, uso de materiales, residuos o biodiversidad, lo estructural, entre otros- Las cuatro categorías de análisis representan variables que, dentro del alcance del modelo, permiten tomar decisiones sostenibles con información verificable, intervención directa y retroalimentación operativa. No implica que las otras categorías sean ajenas al contexto del edificio, sino que se salen del alcance definido para este modelo específico.

El modelo cobra especial sentido frente al paradigma tradicional de construir desde cero. Frente a los altos costos ambientales, sociales y económicos del sector de la construcción, como se menciona en los apartados anteriores, múltiples fuentes coinciden en afirmar que actualmente el edificio más sostenible es aquel que ya está construido. Sin embargo, esta afirmación no debe entenderse de forma literal ni automática. El simple hecho de estar construido no convierte a una edificación en sostenible. Por el contrario, muchas construcciones existentes operan bajo esquemas de consumo intensivo, tecnologías obsoletas y condiciones deficientes en confort, eficiencia o salubridad. Lo que sí representa una ventaja ambiental determinante es la posibilidad de intervenir, recuperar y repotenciar una estructura ya existente, evitando así los impactos derivados de la demolición, la generación de escombros, la extracción de nuevas materias primas y la producción de materiales con alta carga energética.

Desde una perspectiva crítica y técnica, rehabilitar un edificio como el edificio Ópera permite aprovechar el capital construido, extender su ciclo de vida útil y actualizar su funcionamiento bajo criterios de sostenibilidad integral. Esta opción, comparada con la demolición o la expansión urbana, genera menores emisiones de carbono, reduce la presión sobre los recursos urbanos y se alinea con principios de economía circular. Bajo esta lógica, el Edificio Ópera no parte de cero, sino de una base tangible y transformable, en la que la sostenibilidad se construye no desde la obsolescencia, sino desde la capacidad de resignificar y aprovechar lo que ya existe.

Ahora bien, esta sostenibilidad no se agota en lo técnico. El modelo propuesto entiende la sostenibilidad como un equilibrio entre lo ambiental, lo económico y lo social. Lo social, en este marco, no puede ser tratado como un apéndice retórico. Implica que los espacios construidos contribuyan activamente a la salud, la seguridad, el bienestar y la inclusión de quienes los habitan o utilizan. La categoría de habitabilidad se convierte en la manifestación más concreta de esa dimensión social, ya que mediante ella se garantiza el confort térmico, la iluminación natural, la accesibilidad universal, la ventilación adecuada y la dignidad de la experiencia espacial.

El destino del Edificio Ópera como centro de bienestar empresarial refuerza esta vocación social. No se concibe únicamente como un edificio eficiente ambientalmente, sino como un entorno pensado para promover el desarrollo humano. Esta dimensión permite que lo social se exprese en acciones concretas: Ambientes laborales saludables, zonas verdes integradoras, sistemas de ventilación que protegen la salud respiratoria, y tecnologías que priorizan el bienestar por encima del consumo. Así, la repotenciación del edificio no solo busca mejorar una estructura física, sino dignificarla como lugar significativo para la vida urbana.

2.7 Referentes

2.7.1 Edificio 978

Ilustración 6. Edificio 978.

Nota Tomado de Sestral Constructora (2024)

El edificio 978, ubicado en el barrio El Nogal de Bogotá, constituye un referente nacional en materia de sostenibilidad aplicada a edificaciones corporativas. Desarrollado por la firma Sestral Constructora y entregado en 2023, este inmueble cuenta con 11 pisos, tres niveles de sótano y aproximadamente 14 000 metros cuadrados destinados a oficinas y comercio. Su principal innovación radica en haber sido la primera edificación en Colombia construida con concreto Vertua 100 % carbono neutro, lo que permitió mitigar por completo las emisiones generadas durante su fase estructural (Sestral Constructora, 2024).

A nivel de eficiencia energética, el proyecto implementó sistemas de iluminación LED con sensores de movimiento y mecanismos de control solar mediante el uso de screens y cortinas blackout. Estas medidas

permiten optimizar la luz natural, disminuir el uso de aires acondicionados y reducir el consumo energético en un 25 %, en consonancia con los lineamientos de la certificación LEED (AmCham Colombia, 2024). En cuanto a la gestión hídrica, el edificio incorpora un sistema integral que recolecta y trata aguas grises, aguas lluvias y condensación proveniente de equipos de climatización. Esta agua es reutilizada en sanitarios y en labores de riego, lo que representa una disminución del 50 % en el uso de agua potable en comparación con edificaciones convencionales (CCCS, 2024).

El Edificio 978 también destaca por la integración de elementos de biodiversidad y confort ambiental, como el Jardín Biodiverso Guacatá, compuesto por doce especies vegetales nativas. Este espacio no solo aporta a la captura de CO_2, sino que contribuye a regular el microclima interno del edificio y a mejorar la calidad del aire. Además, se incorporó un sistema de ventilación bioclimática en los sótanos que permite reducir el consumo energético asociado al recambio de aire (CCCS, 2024).

El proyecto recibió el reconocimiento como Mejor Proyecto de Oficinas en los GRI Awards Andean 2024 y sus oficinas principales, ocupadas por Deloitte, obtuvieron la certificación LEED Interior Design and Construction (ID+C) v4 en nivel Platino, siendo la única de su tipo en Colombia y la tercera con mayor puntaje en Latinoamérica (AmCham Colombia, 2024). Estas certificaciones reflejan no solo un cumplimiento normativo, sino un compromiso integral con la sostenibilidad, el bienestar de los usuarios y la innovación técnica.

2.7.2 Hotel Het Arresthuis- Países Bajos

Ilustración 7. Lobby del hotel Het Arresthuis

Nota. Imagen tomada de Het Arresthuis (s.f.), *Het Arresthuis Hotel.*

El Hotel Het Arresthuis, en Países Bajos, es una antigua cárcel del siglo XIX que fue reconvertida en un hotel de lujo, logrando que un espacio carcelario se transformara en una atractiva oferta turística. La cárcel construida en 1863, funcionó hasta 2007 (ABC SUMMUN, 2019) después de su cierre, el grupo Hotelero Van der Valk adquirió el edificio y emprendió la reconversión, inaugurando el hotel en 2011.

2.7.3 Unidad Habitacional 2 de Abril- México

La unidad habitacional *2 de Abril*, es un ejemplo reciente de rehabilitación, ubicada en la colonia Guerrero, en Ciudad de México. Es un conjunto residencial construido en 1901, el cual, tras décadas de deterioro, con daños estructurales y condiciones precarias, fue rehabilitado integralmente en 2023 como viviendas dignas (Gobierno de la Ciudad de México, 2024). En esta rehabilitación, se incorporaron calentadores solares, sistemas de captación de lluvia con cisternas pluviales, dispositivos ahorradores, luminarias led, entre otras tecnologías.

2.7.4 Plaza de Toros Campo Pequeno - Portugal

Ilustración 8. Plaza de toros Campo Pequeno en Lisboa, Portugal

Nota. Imagen tomada de EFE, (2024) *Las corridas de toros agonizan en Portugal*.

La antigua plaza de toros de Campo Pequeno en Lisboa, atravesó la reconversión de un espacio dirigido a la tauromaquia a un complejo multifuncional moderno. Construido entre 1890 y 1892, con el fin de revitalizar la zona, desde el ayuntamiento se impulsó su rehabilitación, ya que el edificio presentaba un uso muy limitado, en 2006, reabre convertido en un centro cultural y comercial de usos múltiples. Se mantuvo la fachada histórica y se respetó la estructura general, en el subsuelo se excavaron varios niveles nuevos, para lo que hoy día es un centro comercial subterráneo, se instaló un techo retráctil que cubre la zona que sería la arena central durante el invierno o días de lluvia, se reforzaron los cimientos y se actualizaron los sistemas eléctricos, sanitarios y de seguridad; También, se incorporaron escaleras mecánicas y ascensores que conectan los niveles subterráneos con la calle (Enriques da Silva y Elías, 2021). Este proyecto fue liderado por el arquitecto portugués João Paulo Conceição,

2.7.5 Gran Salón Olympia - Colombia

Ilustración 9. Salón Olimpia en Bogotá

Nota. Imagen tomada Gómez y Bello, (2015) *Salas de cine en Bogotá (1897-1940): la arquitectura como símbolo de modernización del espacio urbano*

El teatro Olympia o Gran Salón Olympia, fue la primera sala de cine que tuvo Bogotá, inaugurada en 1912 con un aforo de 5.000 espectadores. Gómez y bello 2015). Si bien este caso no culminó en una rehabilitación o recuperación exitosa, pues fue demolido a mediados del siglo XX, es un recuerdo por su valor histórico y la pérdida del patrimonio, pues allí, además de cine mudo, se acogía otros espectáculos como el boxeo. El edificio fue desmantelado tras 33 años de funcionamiento, no hubo proyectos de restauración o reutilización, lo que implicó la desaparición de un inmueble pionero, representando una pérdida significativa en la historia cultural de Bogotá.

2.7.6 Teatro México- Colombia

Ilustración 10. Teatro México en Bogotá

Nota. Imagen tomada Universidad Central. (s.f.). *Teatro México*

Inaugurado a finales de 1950, el Teatro México de Bogotá fue un cine construido por la productora mexicana Pelmex y por más de 40 años fue una de las salas más concurridas de Bogotá (Universidad Central, s.f.). En 1994, la universidad central adquirió el inmueble y lo adaptó para usos académicos y culturales, respetando la estructura y la sala cinematográfica, adecuándose con nuevas instalaciones y tecnologías. (Universidad Central, s.f.).

2.7.7 Tate Modern – Reino Unido

Ilustración 11. Tate Modern en Reino Unido

Nota. Imagen tomada de Secret London, 2025

El Tate Modern en Londres es un ejemplo icónico de reconversión, pasando de ser un edificio industrial —Bankside Power Station— a un museo de arte. Construida en los años 1940, sale de servicio desde 1981 hasta 2000, construida en los años 1940 y fuera de servicio desde 1981 hasta 2000 (Jones, s.f.). Se incorporó una caja de luz horizontal en la azotea, una estructura de vidrio translúcido para iluminar naturalmente el interior. Además, se retiró parte de la estructura original para crear amplias galerías. La sala de turbinas, que abarca toda la altura y longitud del edificio, se convirtió en un atrio público.

2.7.8 Zeche Zollverein – Alemania

Ilustración 12. Complejo industrial de la mina de carbón de Zollverein en Essen

Nota. Imagen tomada de UNESCO. (s.f.). *Complejo industrial de la mina de carbón de Zollverein en Essen*. Centro del Patrimonio Mundial.

Zeche Zollverein fue un extenso complejo minero en Essen, Alemania, el cual fue transformado en un centro cultural y creativo. Este proyecto es un referente en la preservación industrial, ya que conserva elementos originales—como estructuras de ladrillo y bóvedas—integrándose en un diseño contemporáneo que incorpora tecnologías sostenibles y sistemas de eficiencia energética, generando un impacto social y cultural significativo. El complejo, también cuenta con varios edificios del siglo XX de indiscutible valor arquitectónico (UNESCO. s.f.)

2.7.9 Empire State Building - Estados Unidos

Ilustración 13. Empire State Building en Nueva York

Nota. Imagen tomada de Empire State Realty Trust. (s.f.). *Sustainability*

El Empire State Building, icono de Nueva York inaugurado en 1931, fue sometido a una modernización energética entre 2009 y 2011, como parte del proyecto *Empire State Building,* con una inversión de 550 millones de dólares. Lo que transformó al edificio en un modelo internacional de rehabilitación sostenible, sin comprometer el valor patrimonial ni apariencia del rascacielos (Empire State Realty Trust, s.f.)

Entre las tantas medidas que se tomaron se encuentra, el reacondicionamiento de 6.514 ventanas originales, equipando a estas con paneles aislantes de alto rendimiento, reutilizando además el 96% de los materiales en obra. Además, solo se utilizaron materiales con bajo contenido de COV. Finalmente, desde 2010 mantiene la certificación ENERGY STAR de manera continua, y ha logrado una reducción aproximada del 40% en sus emisiones de carbono (Empire State Realty Trust, s.f.).

2.7.10 Reichstag Building - Alemania

Ilustración 14 Reichstag en Berlín en Alemania

Nota. Imagen tomada de U.S. News Travel. (s.f.). *Parliament Building (Reichstag).*

El Reichstag, sede del Parlamento alemán en Berlín, pasó por un proceso de renovación entre 1994 y 1999 por el arquitecto Norman Foster. El Parlamento, se ha convertido en un ejemplo de repotenciación arquitectónica, sin descuidar lo histórico y ambiental. Tras quedar parcialmente destruido durante la Segunda Guerra Mundial, el edificio recibió restauraciones básicas, para posteriormente ser completamente rehabilitado técnica y simbólicamente con elementos históricos. Se introdujeron elementos contemporáneos como una cúpula de vidrio y acero accesible para el público. Técnicamente, el Reichstag cuenta con el sistema energético más avanzado del mundo legislativo, lo que resulta en un funcionamiento basado en un 85 % de energías limpias. (Cruz, 2022)

2.8 Marco Normativo

En Colombia, el concepto de ciclo de vida en la construcción ha sido introducido en documentos de política como el CONPES 3919 de Edificaciones Sostenibles, que explicita la meta de incluir criterios de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones. Asimismo, el Sello Ambiental Colombiano para edificaciones (NTC 6112) incluye requerimientos que cubren desde la selección de materiales hasta consideraciones de fin de vida, incentivando la reutilización y reciclaje.

En Colombia, la Resolución 472 de 2017 obliga a planes de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), con metas de aprovechamiento mínimo del 20% de estos residuos.

2.8.1 Normativa Internacional

ISO 50001:2018: Norma internacional para sistemas de gestión de la energía, utilizada para optimizar el consumo energético en edificaciones, incluyendo aquellas de valor histórico.

ISO 14001:2015: Específica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, promoviendo prácticas sostenibles en la construcción y rehabilitación de edificaciones.

ISO 9001:2015: Norma de sistemas de gestión de la calidad que puede aplicarse en proyectos de restauración y rehabilitación, asegurando procesos consistentes y de alta calidad.

ISO 14040:2006: Norma sobre evaluación del ciclo de vida (LCA), que ayuda a determinar los impactos ambientales de las intervenciones en edificaciones históricas y su transformación en estructuras sostenibles.

UNE-EN 16883:2018: Norma europea que ofrece una guía para mejorar la eficiencia energética en edificios históricos sin comprometer sus valores patrimoniales, proporcionando un marco para evaluar y seleccionar medidas de mejora adecuadas.

2.8.2 Normativa Nacional

Normativa Nacional	
Nombre	Contenido
NSR-10	Es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. En él se presentan requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte.
NTC 2050	Normas para instalaciones eléctricas en edificaciones
NTC 4595	Requisitos mínimos de aislamiento térmico
Resolución 549 de 2015	parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.
Resolución 472 de 2017	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones

CONPES 3919 de 2018	he política busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, a través de instrumentos para la transición, seguimiento y control, e incentivos financieros que permitan implementar iniciativas de construcción sostenible
LEY 697 DE 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
LEY 2099 DE 2021	Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones
Decretos 2143 de 2015, 2469 de 2018, 829 de 2020	reglamentan los incentivos tributarios para proyectos que incorporen fuentes no convencionales de energía (FNCER)
LEY 1931 DE 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático

Decreto 2205 de 2017 y Resolución 1988 de 2017	Reglamentan la exención del IVA para proyectos de construcción que obtengan certificaciones en sostenibilidad ambiental, como LEED, EDGE o CASA Colombia.
LEY 388 DE 1997	ordenamiento territorial en Colombia,
Decreto 1538 de 2005 y Ley 1618 de 2013	lineamientos para garantizar la accesibilidad universal en Colombia
RESOLUCIÓN 1096 DE 2000	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS
Normativa Distrital	
Decreto 555 de 2021 (POT)	Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.
DECRETO 582 DE 2023	Por el cual se reglamentan las disposiciones de Ecourbanismo y Construcción Sostenible del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones

DECRETO 613 DE 2015	Por el cual se adopta un esquema de incentivos para construcciones nuevas que adopten medidas de ecourbanismo y construcción sostenible aplicables a viviendas de interés social (VIS) e interés prioritario (VIP) y se dictan otras disposiciones
DECRETO 613 DE 2015	Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones
Resolución 3654 de 2014	“Por la cual se establece el programa de reconocimiento - BOGOTÁ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE-”,

Tabla 1. Normativa Nacional

2.8.3 Certificaciones

CERTIFICACIONES	
LEED v4	Es una certificación para edificaciones nuevas y existentes. Evalúa: eficiencia en el uso del agua, gestión energética, calidad del aire interior, confort habitacional, iluminación natural, ruido y temperatura. Hay diferentes niveles para certificarse. Da puntos adicionales por: análisis de ciclo de vida, uso de materiales sostenibles, ubicación, innovación y diseño integrado.
LEED O+M (Operación y Mantenimiento)	Certificación exclusiva para edificios existentes. Evalúa: desempeño operacional, mantenimiento, consumo de agua y energía, calidad ambiental interior. Da puntos por: políticas de reciclaje, transporte sostenible, limpieza ecológica, eficiencia energética y gestión hídrica
EDGE	Certificación integral Evalúa: reducción del 20% mínimo en comparación con un edificio convencional en consumo de energía, agua y materiales. Da puntos por: aparatos sanitarios eficientes, envolvente térmica, iluminación y materiales de bajo impacto

EDGE Existing Buildings	Variante para edificios ya construidos. Evalúa: eficiencia operativa posterior a la construcción. Da puntos por: mejoras en consumo de energía y agua, y actualización de materiales.
Sello Ambiental Colombiano (SAC) - NTC 6112	Evaluación de criterios ambientales en edificaciones no residenciales.

Tabla 2. Certificaciones

2.8.4 Incentivos Tributarios

Los proyectos orientados a la sustentabilidad en Colombia, cuentan con algunos beneficios tributarios establecidos por la normativa nacional y distrital. Por medio de las leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2011, se otorgan beneficios fiscales a las personas naturales y jurídicas que implementen proyectos sostenibles:

Deducción del impuesto de renta hasta el 50% del valor de la inversión en tecnologías de energía renovable. Exclusión de IVA en la adquisición de equipos directamente relacionados con la eficiencia energética, por ejemplo, iluminación LED. Exención de aranceles para la importación de equipos o tecnologías, que no sean producidos en el país, destinados a la gestión de residuos, tratamiento de aguas residuales y disminución de emisiones atmosféricas. Exención de impuesto sobre la renta para edificios que cuenten con certificación ambiental reconocida.

2.9 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Es pertinente reconocer que el presente análisis se circunscribe a un estudio proyectivo, enfocado en la rehabilitación sostenible de una edificación antigua en Bogotá. Dada la naturaleza particular y delimitada de este caso, su contribución directa al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es, por ende, de alcance limitado. Si bien las intervenciones propuestas pueden alinearse con diversas metas de

los ODS, el impacto generado se manifiesta principalmente a nivel local y en una escala reducida. No obstante, este estudio puede servir como modelo replicable, ofreciendo valiosas lecciones y estrategias que, al ser adoptadas en proyectos similares, podrían amplificar su contribución hacia los ODS en contextos más amplios.

La rehabilitación sostenible de edificaciones antiguas desempeña un papel crucial en la consecución de múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento

La rehabilitación sostenible incorpora sistemas eficientes de gestión del agua, como la recolección y reutilización de aguas pluviales, la instalación de dispositivos de bajo consumo y la implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales. Estas prácticas contribuyen a la conservación de los recursos hídricos y aseguran la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Además, la reducción en el consumo de agua disminuye la presión sobre las fuentes hídricas locales, promoviendo un uso más equitativo y sostenible.

ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante

La mejora de la eficiencia energética en edificaciones rehabilitadas se logra mediante la implementación de sistemas de aislamiento térmico, la instalación de equipos de climatización de alta eficiencia y la integración de fuentes de energía renovable, como paneles solares. Estas acciones reducen el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, garantizando el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Asimismo, la disminución de la demanda energética contribuye a la estabilidad de las redes eléctricas y reduce la dependencia de combustibles fósiles.

ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

Los proyectos de rehabilitación sostenible generan oportunidades de empleo en sectores como la construcción, la ingeniería y la arquitectura, fomentando el trabajo decente y el crecimiento económico. Además, la demanda de materiales y tecnologías sostenibles impulsa la creación de nuevas industrias y mercados, promoviendo patrones de producción y consumo más responsables. Estas actividades económicas, al centrarse en prácticas sostenibles, contribuyen a un crecimiento económico inclusivo y sostenible, proporcionando empleo pleno y productivo para todos.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

La rehabilitación de edificaciones antiguas impulsa la innovación en técnicas constructivas y el desarrollo de infraestructuras resilientes. La aplicación de tecnologías avanzadas y métodos de construcción sostenibles mejora la durabilidad y funcionalidad de los edificios, promoviendo una industrialización inclusiva y sostenible. Además, la revitalización de infraestructuras existentes contribuye a la reducción de la huella ambiental y al uso eficiente de los recursos.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

La rehabilitación sostenible de edificaciones antiguas contribuye a la creación de ciudades y comunidades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Al preservar el patrimonio cultural y mejorar la eficiencia de los edificios, se promueve una mayor cohesión social y se mejora la calidad de vida urbana. Estas acciones están alineadas con la meta de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos y sostenibles.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables

La reutilización y adaptación de edificaciones existentes promueve un uso más eficiente de los recursos naturales, reduciendo la necesidad de nuevas construcciones y minimizando el impacto ambiental. La implementación de prácticas sostenibles en la rehabilitación de edificios fomenta patrones de producción y

consumo responsables, contribuyendo a la reducción de residuos y a la conservación de los recursos naturales.

ODS 13: Acción por el Clima

La mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones en edificios rehabilitados contribuyen a mitigar el cambio climático y sus efectos. Estas acciones están alineadas con la meta de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos.

3 METODOLOGÍA

Siguiendo a Bunge (2000), la comprensión metodológica de un modelo implica concebirlo como una representación conceptual y simplificada de un sistema o fenómeno, diseñada para facilitar su análisis, intervención o comprensión. Dicho modelo tiene como propósito guiar procesos de transformación en contextos reales mediante una estructura lógica respaldada por evidencia teórica y empírica (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Con base en esto, el presente trabajo representa un modelo de repotenciación sostenible para la reconversión convencional del edificio Ópera. Este modelo se propone como una herramienta estructurada, implementable y replicable. Enfocada en optimizar la reconversión de edificaciones existentes desde una perspectiva sostenible, sistémica y multidimensional. Para ello, se adopta un enfoque metodológico mixto que articula técnicas cuantitativas y cualitativas, permitiendo abordar los objetivos de forma integral.

El estudio se enmarca dentro de la investigación aplicada, que combina niveles descriptivos y proyectivos con el fin de generar soluciones prácticas a problemas reales a través de un proceso sistemático de diagnóstico y diseño (Creswell, 2014). Esta aproximación se conecta directamente con la práctica del diseño, al generar propuestas que responden a necesidades concretas del entorno construido (Groat y Wang, 2013).

La fase descriptiva adopta la definición de Hernández, Fernández y Baptista (2020), quienes señalan que los estudios descriptivos especifican las propiedades importantes de un fenómeno sometido a análisis. Este enfoque responde a las preguntas de qué, cómo y dónde ocurre un fenómeno, sin establecer causalidades. En el caso del edificio Ópera, esta fase implicó un diagnóstico de sus condiciones de sostenibilidad en términos de la gestión del agua, energía, aire y habitabilidad, a través de revisión documental, inspecciones técnicas diagnósticas y registro fotográfico.

La fase proyectiva, basada en Hurtado de Barrera (2012), contempla la elaboración de modelos, planes o programas como respuesta a problemáticas prácticas, sustentados en diagnósticos sistémicos previos. En términos del modelo sostenible, esto se traduce en la formulación de intervenciones viables como sistemas de captación y reutilización de aguas, instalaciones eficientes o mejoras pasivas de los recursos, todas justificadas con los hallazgos descriptivos (Groat y Wang, 2013).

De esta manera, el estudio transita desde la caracterización del fenómeno (nivel descriptivo) hacia el diseño de estrategias concretas de repotenciación sostenible (nivel proyectivo), asegurando coherencia metodológica y pertinencia práctica para la intervención del edificio.

Adicionalmente, el enfoque metodológico mixto, entendido como la integración de métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo proceso investigativo, responde a la necesidad de abordar de manera integral la sostenibilidad del edificio. Según Creswell y Clark (2017), estos diseños permiten una comprensión más completa del problema de investigación. Así, se conjugan variables técnicas, como proyección de la eficiencia energética, consumo potencial de agua o calidad ambiental interior, con valoraciones interpretativas sobre el estado físico y la viabilidad de intervención.

La dimensión cuantitativa se apoyó en benchmarking, dado que el edificio se encuentra actualmente inoperativo y no fue posible realizar mediciones directas, ya que los datos obtenidos en estas condiciones no reflejarían el comportamiento real del inmueble en operación. En su lugar, se recurrió a literatura especializada sobre consumos promedio por tipología edilicia, los cuales proporcionan indicadores técnicos diferenciados según el uso funcional de los edificios. Asimismo, se consideraron los estándares EDGE (International Finance Corporation, 2021) y LEED (U.S. Green Building Council, 2022) como marcos comparativos. Estos insumos permitieron establecer líneas base, umbrales y metas de desempeño referenciales, con el fin de identificar brechas de sostenibilidad y proyectar escenarios de mejora fundamentados en criterios técnicos y normativos propios del campo disciplinar.

Simultáneamente, la dimensión cualitativa incluyó trabajo de campo detallado: revisiones técnicas de las instalaciones del edificio, elaboración de fichas diagnósticas y documentación fotográfica. Entre enero y mayo de 2025, se realizaron sesiones de validación y triangulación con expertos, incluyendo al director encargado del Jardín Botánico de Bogotá, el gerente de estrategia y sostenibilidad de Corficolombiana y la gerente de propósito de Deloitte en Bogotá. Además, una visita guiada al edificio 978, certificado con LEED, permitió observar estrategias constructivas, de iluminación, eficiencia hídrica y selección de acabados y mobiliario sostenible, aportando un referente comparativo real.

La triangulación metodológica, concebida como el uso de múltiples métodos o fuentes para estudiar un mismo fenómeno y aumentar la credibilidad de los resultados unió los hallazgos de la literatura especializada, observación directa y validación experta. Esto asegura que tanto el diagnóstico técnico como las recomendaciones de diseño cuenten con una base sólida, múltiple y contextualizada (Creswell y Poth, 2017).

En suma, este enfoque mixto proporciona una perspectiva integral para la repotenciación sostenible del edificio Ópera, combinando la precisión técnica con la profundidad interpretativa necesaria para intervenir en el patrimonio construido. Así, se garantiza rigor científico y pertinencia práctica en cada etapa del proceso investigativo, el cual se estructura en cuatro fases secuenciales alineadas con la lógica de la investigación descriptiva-proyectiva y los objetivos específicos del estudio: 1. revisión documental del edificio, 2. diagnóstico, 3. formulación de criterios de sostenibilidad y 4. intervenciones sostenibles.

3.1 Revisión Documental del Edificio

En consonancia con las prácticas de investigación cualitativa y tomando elementos de análisis de caso (Yin, 2018; Flick, 2015), la revisión documental para el Edificio Ópera se estructuró como un proceso sistemático de identificación, selección, evaluación y síntesis de fuentes primarias y secundarias. En primer término, se estableció un criterio de inclusión que priorizó documentos disponibles capaces de aportar información

legal, histórica, gráfica y técnica: escritura pública y certificado de tradición y libertad; planos radicados en curaduría (1962 y 2001); e informes y diseños elaborados en 2021 para el proyecto de reforzamiento y readecuación.

La recolección incluyó la consulta en oficinas de registro y curaduría urbana, la digitalización de copias parciales de planos arquitectónicos, estructurales e instalaciones, y la obtención de memorias descriptivas y estudios técnicos. Finalmente se aplicó una ficha de análisis, inspirada en los lineamientos de Flick (2015), que permite registrar: origen y fecha, alcance de la información, grado de fiabilidad y relevancia para la sostenibilidad. Por ejemplo, la escritura pública y el certificado de tradición sirvieron para reconstruir la trayectoria legal del inmueble y verificar posibles limitaciones urbanísticas (Rueda y Suárez, 2021), mientras que los planos de 1962 y 2001 ofrecieron una visión de la evolución morfológica y funcional del edificio (Méndez, 2016).

El análisis de los documentos fue guiado por un enfoque de triangulación que considera no sólo la consistencia interna de cada fuente, sino también su correspondencia con hallazgos empíricos en sitio y datos de referencia sectorial (González et al., 2019). Tal procedimiento responde a la recomendación de Bowen (2009) de contrastar eventos históricos con condiciones presentes, y a la necesidad señalada por Chusid (2015) de fundamentar estudios de rehabilitación patrimonial en un cuerpo documental sólido. Como resultado, se generó una base de datos técnica que integra registros legales, planos, memorias y valores de consumo promedio.

3.2 Valoración diagnostica

El diagnóstico de un edificio existente constituye una etapa fundamental para la planificación de cualquier intervención. En esta fase se realiza un análisis integral – funcional y ambiental–, que permite identificar con claridad las condiciones del inmueble y señalar oportunidades de mejora (Liu et al. 2024).

En el marco de la búsqueda por mejorar la sostenibilidad del edificio Ópera, resulta esencial realizar un diagnóstico orientado a la sostenibilidad, que contemple los criterios relacionados con el agua, la energía y la calidad del aire, integrados, a su vez, en un análisis patológico. Este proceso de evaluación permite no solo identificar las patologías existentes, sino también las deficiencias en términos de sostenibilidad. Estos hallazgos deben constituir la línea base para la planificación de un modelo de intervención que incorpore estrategias sostenibles.

Para el diagnóstico del estado actual del edificio, se tomó como referencia la Metodología para el diagnóstico y restauración de edificaciones propuesta por Chávez (2005), adaptándola a una perspectiva orientada a la sostenibilidad. Dicha adaptación incorpora los criterios de gestión del agua, energía, aire y habitabilidad, enmarcados dentro de un análisis patológico integral.

A partir de esta metodología, se identifican tres fases como se muestra en la Figura 3. Metodología de Diagnóstico. Inspección preliminar, diagnóstico y propuestas. Cada fase contempla una serie de actividades y recomendaciones específicas, que en este caso serán aplicadas al edificio Ópera considerando su pertinencia dentro del enfoque sostenible adoptado. Esta aproximación permite no solo evaluar el estado físico del inmueble, sino también establecer lineamientos para su reconversión y repotenciación, con base en principios de sostenibilidad y habitabilidad.

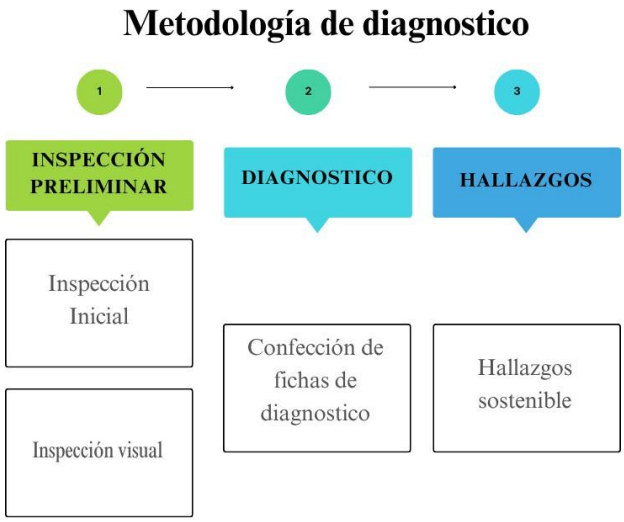


Figura 3. Metodología de Diagnóstico.

Nota: Elaboración propia

3.2.1 Inspección Preliminar

3.2.1.1 Inspección Inicial

Esta fase corresponde al reconocimiento inicial del edificio, enfocándose en la identificación de sus características fundamentales, su ubicación específica y el contexto urbano en el que se inserta. El levantamiento de esta información básica permite establecer el punto de partida para una evaluación técnica más profunda, y delimita las condiciones generales de acceso, exposición, entorno y conectividad del inmueble.

3.2.1.2 Inspección Visual

El objetivo de esta actividad es realizar una inspección visual detallada del estado actual del edificio, considerando su uso presente e identificando patologías constructivas visibles, así como deficiencias vinculadas a los criterios de sostenibilidad previamente definidos. Como parte de este proceso, se ejecuta

un registro fotográfico sistemático, que documenta de manera gráfica los hallazgos observados en el recorrido técnico.

La inspección se divide por componentes:

- **Fachada y cubierta**: Se revisan grietas, fisuras, filtraciones de agua y signos de desgaste asociados a la exposición prolongada a agentes climáticos.
- **Cimientos y estructura**: Se evalúa la integridad estructural general, identificando posibles asentamientos del terreno, debilitamiento en los materiales portantes o deterioro en elementos clave de soporte.
- **Instalaciones**: Se inspeccionan los sistemas relacionados con el abastecimiento y uso eficiente del agua, el consumo y distribución de energía, las condiciones de ventilación y la calidad del aire, así como los aspectos asociados al confort térmico y lumínico. Esta revisión permite detectar fallas, obsolescencias u oportunidades de mejora en la operación técnica del edificio.

3.2.2 Diagnóstico

Esta etapa tiene como finalidad consolidar y analizar la información recolectada durante las fases anteriores, mediante una descripción del estado actual del edificio. El diagnóstico integra los hallazgos técnicos y observacionales con los criterios de sostenibilidad aplicables a las categorías de análisis —agua, energía, calidad del aire y habitabilidad—, permitiendo establecer las principales fortalezas, debilidades y riesgos del inmueble en relación con su desempeño ambiental y funcional.

A partir de este diagnóstico, se formula un análisis preliminar de la viabilidad y pertinencia de la propuesta de reconversión convencional, vinculando directamente a la propuesta de potenciación con los criterios sostenibles previamente definidos.

3.2.2.1 Fichas Diagnósticas

En esta etapa se caracteriza el estado real del edificio a través de visitas in situ, elaboración de fichas diagnósticas y registro fotográfico. Para elaborar el diagnóstico del edificio Ópera en este trabajo, se utiliza como herramienta de registro las fichas de diagnóstico de patologías desarrolladas por la profesora Angélica Chica Segovia, en el marco del curso de Patología de la Construcción durante el segundo semestre del 2021, como parte del programa de la Maestría en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia.

Estas fichas fueron creadas para facilitar la identificación, descripción y documentación de las patologías constructivas en edificaciones. Incluyen detalles técnicos específicos que permiten registrar la ubicación del daño, su descripción técnica, el tipo de patología, y registro fotográfico. Esta herramienta ayuda a caracterizar con precisión el estado estructural del edificio.

En el contexto de este estudio, las fichas fueron adaptadas en forma para incorporar un enfoque en sostenibilidad, generando fichas especializadas para la gestión del agua, energía, aire y habitabilidad, relacionándolos con el sistema constructivo afectado, el impacto o intervenciones requeridas. Esta adaptación permitió establecer una identificación de daños patológicos y relacionarlos con los primeros criterios sostenibles aplicables al edificio.

La elección de estas fichas frente a otros instrumentos disponibles se fundamenta en cuatro aspectos clave:

- Su solidez técnica y claridad estructural para el levantamiento de información en sitio.
- Su validación académica dentro del contexto curricular de la Maestría en Construcción, al haber sido previamente implementadas en contextos educativos con respaldo docente
- Su flexibilidad para ser adaptadas a un enfoque sostenible, como el que propone este estudio; lo que va en línea con los principios de evaluación del desempeño ambiental de edificaciones, establecidos por certificaciones como LEED y EDGE, que resaltan la importancia de documentar condiciones reales como línea base para intervenciones sostenibles (USGBC, 2021).

- El uso de herramientas, como son las fichas de diagnóstico, que permiten el registro fotográfico, la descripción directa de observaciones y la categorización en sitio representa una aproximación al conocimiento práctico. Este enfoque reconoce que el conocimiento técnico no se produce exclusivamente desde modelos teóricos, sino también desde la observación empírica, donde la ficha se vuelve una herramienta de conocimiento práctico. (Schön, 1983).

Cada ficha se estructura en 5 secciones principales:

Estudio: Esta sección recopila la información preliminar de cada sistema y elemento analizado en las visitas al edificio, se registran las observaciones iniciales de los hallazgos y se clasifica la lesión y nivel de daño ya sea leve, moderado, grave o severo.

En esta sección se clasifican las lesiones observadas según su naturaleza, permitiendo entender mejor los daños, su origen y el impacto en el edificio. Identificando lesiones, físicas, mecánicas, organismos y antropogénicas, generando una base para el diagnóstico, siguiendo las definiciones dadas por Monjo (1997)

Físicas: Corresponden a todas aquellas lesiones en las que su problemática está basada en hechos físicos, y normalmente la causa de su origen es un hecho físico, siendo humedad, filtraciones, suciedad, erosión y alteración del material.

Mecánicas: Corresponden a todas aquellas lesiones en las que su problemática está originada en hechos mecánicos, así como sus causas, incluye entonces, las lesiones generadas por movimientos que produzcan aperturas o separación entre materiales o elementos, o que tengan desgaste, siendo deformaciones, grietas, fisuras y desprendimientos.

Organismos: Corresponden a aquellas lesiones provocadas por asentamientos de organismo vivos que afectan en los materiales constructivos o que distorsionan la estética, estos organismos pueden ser tanto animales como vegetales, siendo insectos xilófagos, hongos, moho y plantas.

Antropogénicas: Corresponde a aquellas lesiones que tienen origen en la acción directa o indirecta del ser humano, ya sea durante el proceso constructivo, el uso o el mantenimiento del edificio, siendo alteración volumétrica por ampliaciones, adiciones o remociones de elementos, Alteración espacial por modificación en la distribución interna que afecta sectores del edificio, carencia de mantenimiento, diseño inadecuado, o ejecución inadecuada por errores cometidos durante el proceso constructivo.

3.2.3 Hallazgos

3.2.3.1 Hallazgos Sostenibles

A partir de la evaluación diagnóstica realizada, se realiza una sistematización integral de los hallazgos, con el fin de comprender de manera articulada las condiciones actuales del edificio en relación con los cuatro subsistemas analizados: agua, energía, aire y habitabilidad. y se exploran conclusiones derivadas del cruce entre los hallazgos técnicos del diagnóstico y las observaciones críticas realizadas sobre la propuesta de reconversión convencional. El desarrollo detallado de estos hallazgos a la luz de criterios sostenibles se abordará en un capítulo posterior, en el que se estructuran las estrategias de intervención concretas en función de los lineamientos definidos en esta fase.

Este análisis preliminar desemboca en la construcción de una matriz adaptada al enfoque sostenible, la cual permite visualizar de forma clara los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que inciden tanto en el diagnóstico como en la viabilidad y proyección de la reconversión del edificio. Dicha matriz se organiza en torno a los cuatro ejes fundamentales trabajados —agua, energía, aire y habitabilidad— y constituye una herramienta estratégica para fundamentar decisiones técnicas y priorizar acciones de intervención de manera informada y coherente con los principios de sostenibilidad

3.3 Formulación de Criterios de Sostenibilidad

En esta fase proyectiva se aplicó un enfoque de benchmarking para edificaciones, entendido como la comparación sistemática de los resultados del diagnóstico con valores de referencia establecidos en

edificaciones similares, basados en datos reales de consumo y análisis tipológicos. Este método, reconocido por su precisión en la identificación de edificios con consumos elevados y su utilidad para orientar mejoras, ha sido validado en contextos reales (Huang, Zhu y Lin, 2023). Se tomaron como base el estándar EDGE Existing Buildings (IFC, 2021) y los créditos pertinentes de LEED v4.1 (USGBC, 2022) para edificios en operación, y se ajustaron a la realidad del Edificio Ópera con el fin de generar metas específicas de desempeño.

Primero, para la etapa de construcción, se definieron criterios propios en cuatro ejes: gestión del agua, gestión del aire, gestión de la energía y gestión de materiales y tecnologías sostenibles. En cada uno se establecieron tanto metas cuantitativas como directrices cualitativas (selección de equipos de bajo impacto, procedencia de materiales certificados, incorporación de tecnologías renovables durante la obra). Este orden prioriza garantizar desde el diseño y la ejecución una huella ambiental reducida antes de la puesta en operación.

A continuación, para la etapa operativa, se establecieron criterios para la gestión del agua, energía, aire y habitabilidad. Los umbrales se fijaron tras contrastar las líneas base del diagnóstico con los valores de referencia de EDGE Existing Buildings y los créditos LEED, dando lugar a un catálogo de objetivos. Este conjunto de criterios, construido mediante benchmarking, delimita qué se quiere lograr en cada dimensión y pone el acento en la fase proyectiva.

3.4 Intervenciones Sostenibles

En esta última fase, se aplicó un proceso de selección tecnológica basado en tres pilares: revisión sistemática de fichas técnicas, consultas a expertos y benchmarking con casos de éxito documentados. Según Ghadimi, Ghofrani y Tang (2017), la elección de soluciones sostenibles en edificación puede apoyarse en un enfoque de evaluación multicriterio que combine las especificaciones técnicas (eficiencia, ciclo de vida, coste) con el juicio especializado, con información de campo y experiencia práctica.

Primero se recopiló la información técnica de cada opción a partir de fichas de proveedores y manuales de producto. A cada tecnología se le asignaron atributos medibles (rendimiento hidráulico o lumínico, coeficientes U, tasa de reutilización de materiales, etc.) que luego se contrastaron con los umbrales de referencia de EDGE Existing Buildings (IFC, 2021) y los créditos LEED más relevantes (USGBC, 2022).

Simultáneamente, se efectuaron encuentros de validación experta con profesionales de certificación ambiental y gestión de proyectos ESG, cuyo aporte permitió afinar los criterios de selección, ponderar beneficios versus restricciones de obra y confirmar la aplicabilidad de cada alternativa en el contexto local. Finalmente, el benchmarking con casos de rehabilitación sostenible (Oliveira, Lanzinha y Kern, 2024; Delgado, 2022) sirvió para verificar que las tecnologías elegidas no solo cumplían los objetivos cuantitativos. sino que también habían demostrado eficiencia operativa en proyectos comparables.

3.5 Matriz de repotenciación sostenible para edificios existentes

Finalmente, a partir de la información recabada en las cuatro fases – revisión documental, diagnostico, formulación de criterios sostenibles e intervenciones sostenibles- se construye y aplica la Matriz de Sostenibilidad del Edificio Ópera, inspirada de forma directa en la Matriz de Leopold (Leopold, 1971). En esta adaptación, las filas se organizan en dos bloques: la fase de construcción, que agrupa acciones provisionales en obra como la gestión controlada de aguas pluviales, la separación de residuos, la iluminación temporal LED y el control de polvo, y la fase operativa, que incluye tecnologías permanentes como la reutilización de aguas grises, los paneles solares fotovoltaicos, la ventilación pasiva y automática y los jardines verticales. Las columnas corresponden a los cinco sistemas de análisis —gestión del agua, gestión de la energía, calidad del aire interior, habitabilidad y gestión de materiales— y en cada celda se asignan dos indicadores cuantitativos: magnitud del impacto (M, de –10 a +10) e importancia del impacto (I, de 1 a 10). Estos valores se proyectan en horizontes de corto, mediano y largo plazo para capturar la evolución temporal de sus beneficios o riesgos, y se complementan con un registro de afectaciones cruzadas que evidencia sinergias y compensaciones entre sistemas (por ejemplo, cómo un jardín vertical mejora

simultáneamente la calidad del aire, el confort térmico y el aislamiento). La calibración de la matriz se realizó mediante la revisión exhaustiva de fichas técnicas y benchmarking con estándares internacionales (EDGE Existing Buildings, LEED v4.1), la asignación inicial de M e I por el equipo de investigación basada en análisis multicriterio, talleres de ajuste con expertos en certificación ambiental, ingeniería y operación, y una validación final de sinergias que asegura la coherencia sistémica del modelo. De esta manera, la matriz se erige tanto como una herramienta analítica para comparar el modelo convencional de reconversión con la propuesta sostenible, como un instrumento proyectivo que jerarquiza, secuencia e informa la toma de decisiones en las fases de construcción y operación, garantizando una implementación integrada, eficiente y ambientalmente robusta.

4 REVISIÓN DOCUMENTAL DEL EDIFICIO

El edificio Ópera fue construido en el año 1964, lo que implicó limitaciones en cuanto a la disponibilidad de documentación original del edificio. No se cuenta con los planos estructurales o arquitectónicos originales, ni diseños hidráulicos o eléctricos, ni con memorias técnicas del proceso constructivo, situación común en edificaciones construidas antes de la digitalización de documentos técnicos en Colombia. Sin embargo, se identificaron fuentes documentales y copias de planos que permiten reconstruir parcialmente la trayectoria física y legal del edificio y sirven como insumo para el análisis actual (Yin, 2018; Flick, 2015).

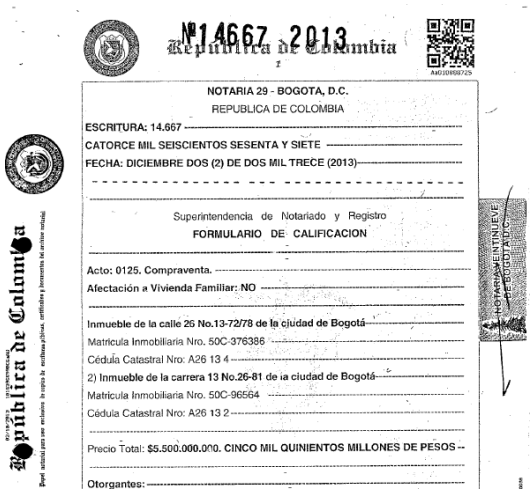
En primer lugar, se cuenta con la escritura pública y el certificado de tradición y libertad, los cuales confirman la legitimidad del inmueble, su localización, área construida registrada y la titularidad jurídica a lo largo del tiempo. Estos documentos permiten establecer el marco legal vigente y verificar la inexistencia de afectaciones urbanísticas o limitaciones patrimoniales que impidan su intervención (Rueda-García y Suárez, 2021).

Adicionalmente, se dispone de los planos radicados ante curaduría en el año 1962 y 2001, los cuales constituyen la primera referencia gráfica consolidada del edificio posterior a su construcción y que está directamente asociada con el origen y su primera modificación documentada del edificio. Aunque no corresponden a las condiciones actuales del edificio, estos planos reflejan las condiciones espaciales y de distribución interna para esos momentos, permitiendo analizar la evolución morfológica e identificar cambios relevantes en su configuración funcional (Méndez, 2016).

La revisión documental se ve fortalecida con los estudios técnicos realizados en el marco del proyecto de reforzamiento y reconversión del edificio en el año 2021. Este conjunto de documentos resulta clave para el enfoque de sostenibilidad del presente estudio, ya que es el punto de partida para llevar el edificio a un nivel superior con criterios sostenibles para el proyecto que incluye.

4.1 Documentación Legal del Edificio

- **Escritura pública y certificado de tradición y libertad**, que confirman la legitimidad del inmueble, su localización, área construida registrada y la titularidad jurídica a lo largo del tiempo. Estos documentos permiten establecer el marco legal vigente y verificar la inexistencia de afectaciones urbanísticas o limitaciones patrimoniales que impidan su intervención (Rueda y Suárez, 2021).



Nº14667 2013

República de Colombia

NOTARIA 29 - BOGOTA, D.C.

REPUBLICA DE COLOMBIA

ESCRITURA: 14.667

CATORCE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y SIETE

FECHA: DICIEMBRE DOS (2) DE DOS MIL TRECE (2013)

Superintendencia de Notariado y Registro

FORMULARIO DE CALIFICACION

Acto: 0125. Compraventa.

Afectación a Vivienda Familiar: NO

Inmueble de la calle 26 No.13-72/78 de la ciudad de Bogotá

Matricula Inmobiliaria Nro. 50C-376386

Cédula Catastral Nro: A26 13 4

2) Inmueble de la carrera 13 No.26-81 de la ciudad de Bogotá

Matricula Inmobiliaria Nro. 50C-96564

Cédula Catastral Nro: A26 13 2

Precio Total: $5.500.000.000. CINCO MIL QUINIENTOS MILLONES DE PESOS

Otorgantes:

Ilustración 15. Caratula de escritura pública 14663 de 2013 de la notaría 29 de Bogotá D.C.

Nota: Tomado de la notaria 29 de Bogotá D.C.

- **Planos radicados ante curaduría en 1962 y 2001**, que constituyen la primera referencia gráfica consolidada del edificio posterior a su construcción. Aunque no corresponden al diseño original, reflejan las condiciones espaciales y de distribución interna de ese momento, permitiendo analizar la evolución morfológica del inmueble e identificar transformaciones relevantes en su configuración funcional (Méndez, 2016).

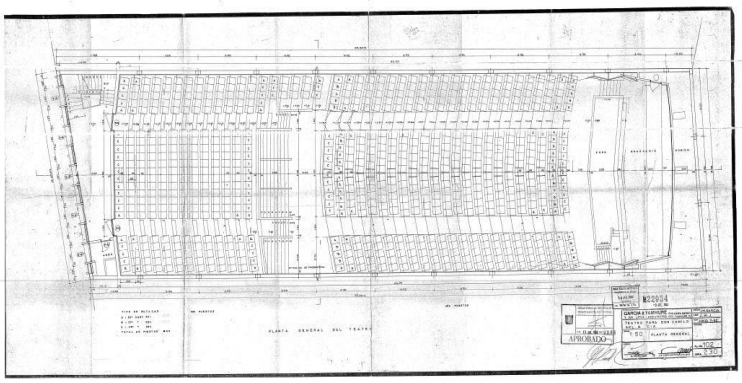


Ilustración 16. Plano de Plana General de 1962 Edificio Ópera.

Nota: Tomado del Archivo Histórico Distrital

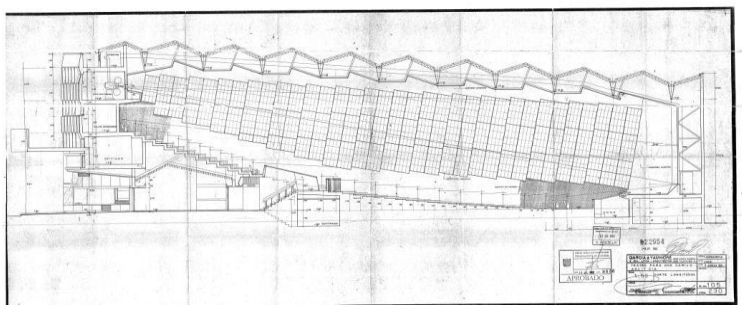


Ilustración 17. Plano de corte longitudinal de 1962 Edificio Ópera.

Nota: Tomado del Archivo Histórico Distrital

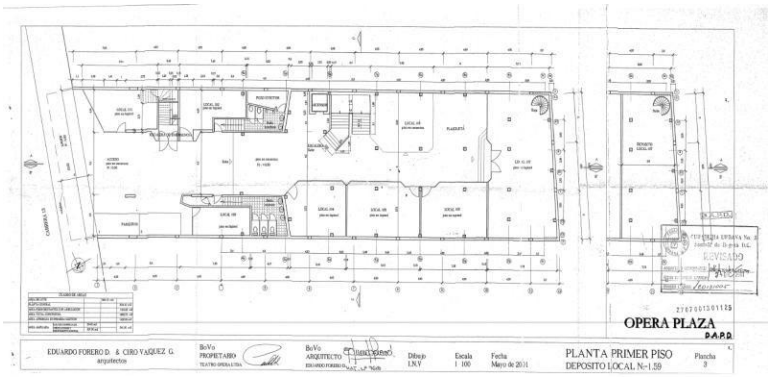


Ilustración 18. Plano de Planta 2001 Edificio Ópera.

Nota: Tomado del Archivo Histórico Distrital

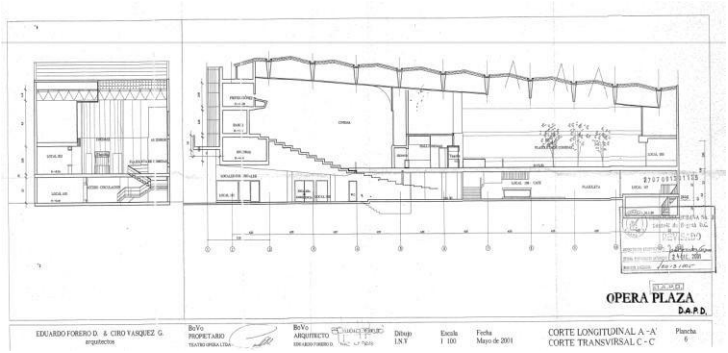


Ilustración 19. Plano de corte longitudinal 2001 Edificio Ópera.

Nota: Tomado del Archivo Histórico Distrital

4.2 Documentación Propuesta de Reconversión

- **Estudios técnicos de 2021**, realizados en el marco del proyecto de reforzamiento y readecuación del edificio, los cuales son fundamentales para el enfoque de sostenibilidad del presente estudio. Estos incluyen:
    - Diseño arquitectónico actualizado.
    - Estudio de vulnerabilidad sísmica, que concluye que el edificio puede ser intervenido sin comprometer su estabilidad estructural.
    - Estudio de suelos, que aporta información geotécnica esencial para decisiones futuras.
    - Diseños básicos de redes hidráulicas, sanitarias, eléctricas e iluminación, que, aunque no constituyen un aporte directo a la sostenibilidad ya que no cuentan con una simulación de uso u ocupación, permiten identificar oportunidades de mejora en eficiencia energética y gestión de recursos (González et al., 2019).

Ilustración 20. Planta arquitectónica general piso 1 Nuevo Diseño Ópera 2022.

Nota: Tomado de la propuesta de reconversión (Corfi, 2022)

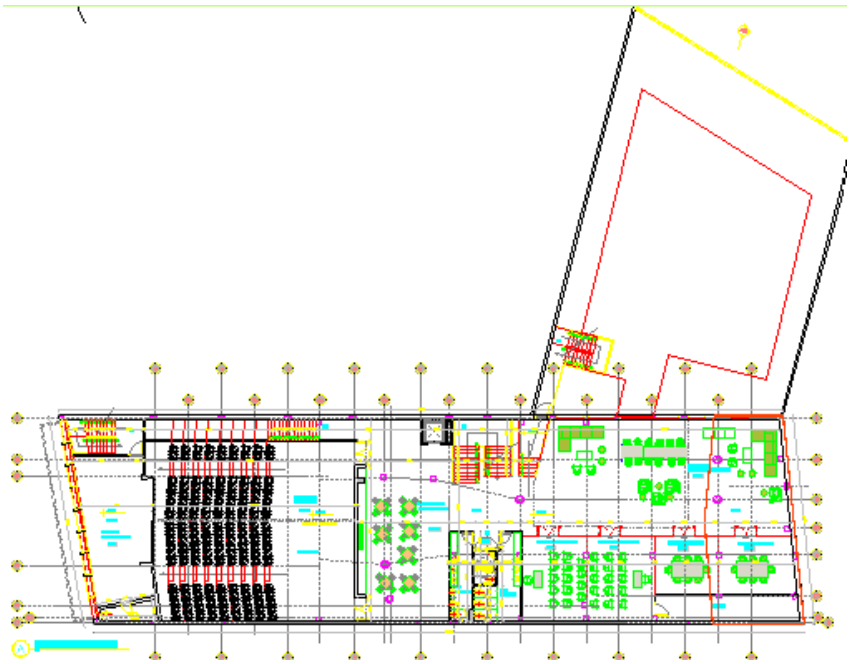


Ilustración 21. Planta Arquitectónica General piso 2 Nuevo Diseño Ópera 2022.

Nota: Tomado de la propuesta de reconversión (Corficolombiana, 2022)

Los diseños básicos hidráulicos, sanitarios, eléctricos y de iluminación, que, si bien no representan un aporte directo a los objetivos de sostenibilidad, permiten identificar puntos de partida desde los cuales proponer soluciones más eficientes y establecer áreas de mejora en términos de consumo energético y gestión de recursos (González et al., 2019).

A continuación, se presenta la matriz de análisis de los diseños existentes del edificio Ópera desde una perspectiva sostenible. Donde si bien, cumplen con la normativa vigente, presentan limitaciones en eficiencia energética, gestión hídrica y confort. Por tanto, se proponen mejoras proyectuales para avanzar hacia un diseño más responsable y alineado con criterios de sostenibilidad que se presentan en el modelo propuesto.

PLANOS Y DISEÑOS DEL EDIFICIO	HALLAZGO DE DISEÑOS	DETALLES	OPORTUNIDADES DE MEJORA SOSTENIBLES
Planos de cubierta y fotografías	Cubierta de 838 m2	Cubierta con generación de temperaturas altas y sin aprovechamiento.	Oportunidad de captación de aguas lluvias para toda el área de cubierta Instalación de paneles solares
Planos de cubierta y fotografías	Cubierta de útil para paneles solares 360 m2,	Se estima el área considerando la inclinación de la cubierta y la orientación del edificio de oriente a occidente, se contempla que en horario de la tarde puede presentar sombras por el edificio vecino.	Instalación de paneles solares en cubierta que permiten generar energías limpias
Planos arquitectónicos	Fachadas con falta de mantenimiento, pero con ventanales amplios, altura promedio del edificio de 14 m	Se conserva la cubierta y espacio de marquesina, se evidencian espacios de salidas de aire tipo chimeneas	Aprovechamiento de las salidas de aire para la instalación de ventilación mecánica.
Planos arquitectónicos	Cocineta y comedor	Se tiene un espacio de cocina y comedor, con dotación de grifería y lavaplatos para su funcionamiento.	Se tiene un espacio de cocina y comedor, con dotación de grifería y lavaplatos para su funcionamiento. Integración al sistema de ventilación y extracción

Planos arquitectónicos	Baños comunes, baños de persona con discapacidad.	Se contemplan baños por piso, teniendo 3 sanitarios para mujeres, 1 sanitario para hombres, 3 orinales y un baño de discapacitado, no se especifican sistemas de bajo consumo de agua.	Incorporar aparatos sanitarios eficientes para ahorro de agua. Reevaluar el diseño para cumplir con el mínimo de sanitarios requeridos para atender a las personas.
Planos arquitectónicos	Poceta de aseo	No se cuenta con pocetas de aseo en los diseños	Se debe reevaluar el diseño para integrar un espacio de poceta y zona de aseo para los niveles del edificio, e implementar tecnologías de bajo consumo de agua.
Planos arquitectónicos	Auditorios	Se plantea la recuperación y habilitación de los auditorios	Implementación de sistema de ventilación mecánica. Implementación de iluminación LED con domótica.
Planos arquitectónicos	Nuevos espacios funcionales	Se observan diseños de espacios adecuados bajo parámetros de habitabilidad, acceso y evacuación. No se especifican materiales o mobiliario.	Implementar espacios verdes para los nuevos espacios. Hacer uso de mobiliario con certificaciones de bajo impacto ambiental
Planos de la red hidráulica.	Suministro de agua	No se considera reducción de consumo de agua potable o aprovechamiento de otras fuentes hídricas.	Incorporar sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias, para uso en sanitarios o riego.
Planos de la red hidráulica.	Griferías funcionales pero ineficientes	No se especifican griferías de bajo consumo ni grifería temporizada	Cambiar a griferías de bajo consumo hídrico.
Planos de la red hidráulica.	Griferías funcionales pero ineficientes	No se especifican griferías de bajo consumo ni grifería temporizada	Cambiar a griferías de bajo consumo hídrico.
Planos de la red hidráulica.	Sanitarios y orinales	No se especifican sanitarios de bajo consumo ni grifería temporizada	Cambiar a sanitarios con consumos menores a 4.8 Lpf o dual flush; temporizadores o sensores
Planos de diseño eléctrico	Red eléctrica	Se contempla la actualización del sistema de red eléctrica, tableros adecuados, que se ajustan a la normativa.	Diseñar tableros híbridos o preparados para futura conexión de paneles solares o baterías
Planos de diseño eléctrico	Iluminación	Uso de luminarias convencionales LED y sin controles de eficiencia	Implementar luminarias LED con sensores de presencia y fotocélulas
Planos de diseño eléctrico	Iluminación exterior	No se proyecta iluminación solar autónoma ni control por reloj o sensores o integración a energías renovables	Uso de postes solares, temporizadores nocturnos y LED en exteriores

Planos de diseño de ventilación mecánica	No se cuenta con diseño de ventilación detallado.	El edificio tiene zonas comunes con espacios abiertos y alturas considerables los cuales permiten una ventilación natural efectiva, en ninguna zona tiene equipos mecánicos o aires acondicionados	Implementar sistemas de ventilación y extracción con energía renovable en el diseño.

Tabla 3 Matriz de Análisis de Planos y Diseños Existentes
Nota. Elaboración propia

De acuerdo con la literatura especializada, la revisión documental permite establecer relaciones entre eventos pasados y condiciones presentes del objeto de estudio, favoreciendo procesos de evaluación en contextos donde los datos primarios son escasos o inexistentes (Bowen, 2009). Además, esta metodología constituye una fase fundamental en estudios de diagnóstico patrimonial, rehabilitación o sostenibilidad de edificaciones existentes (Chusid, 2015).

Esta revisión documental permite caracterizar de manera preliminar el edificio Ópera en términos legales, técnicos y físicos, estableciendo un punto de partida para el diagnóstico inicial. Además, ofrece elementos clave para plantear estrategias sostenibles realistas y ajustadas a las condiciones actuales del inmueble, respetando su historia y contexto urbano, pero orientadas hacia una transformación adaptativa en términos ambientales y funcionales.

No obstante, es importante señalar que, durante el desarrollo de revisión documental, se encontró que la información existente sobre el edificio en estudio es considerablemente escasa, tanto en información técnicos, planos, bitácoras, como en documentación sobre su comportamiento ambiental. Aunque se tuvo acceso a los recibos de consumo de energía y agua, estos no resultaron representativos para los objetivos del análisis, ya que el edificio se encuentra deshabitado en aproximadamente un 90% por lo que los datos no reflejan el comportamiento real de un escenario operativo. Esta limitación lleva a replantear métodos alternativos de evaluación, como visitas técnicas al sitio, observación directa, y aplicación de modelos referentes y comparación con estándares como LEED y EDGE, para establecer una línea base de criterios

e indicadores sostenibles y formular propuestas adecuadas a las condiciones físicas y potenciales del edificio.

Se evidencia que la edificación ya ha experimentado procesos de reconversión en su trayectoria. En el pasado, el inmueble fue utilizado como teatro, y posteriormente se transformó en un centro comercial mediante intervenciones convencionales que adaptaron sus espacios a nuevos usos comerciales. Sin embargo, la experiencia acumulada ha dejado en claro que estos procesos, mediante intervenciones convencionales tradicionales no abordan de manera integral los desafíos ambientales y de eficiencia energética que demanda el contexto actual.

A partir de la revisión documental sistemática, se construyó la matriz resumen con el objetivo de organizar y mostrar la información más relevante, la cual se muestra a continuación:

Tipo de documento	Año	Fuente	Contenido principal	Utilidad	Pertinencia para el enfoque de sostenibilidad	Observaciones
Planos curaduría urbana	1962	Obras publicas distritales Departamento de control	Planta ejes cimientos y desagües. Planta de acceso. Planta General. Piso de oficinas y fachadas. Piso de proyección. Corte longitudinal.	Base para reconstrucción histórica del edificio ante ausencia de planos y diseños originales.	Ayuda a identificar posibles oportunidades de mejora espacial y eficiencia del diseño.	No contiene memorias estructurales ni especificaciones de diseños técnicos.
Planos curaduría urbana	2001	Curaduría Urbana No 3	Planimetría fachada, planta de cubierta y localización. Planta de cimientos y desagües. Planta primer piso. Planta Mezzanine (segundo piso). Corte longitudinal y transversal. Corte longitudinal.	Base para reconstrucción funcional del edificio ante ausencia de planos y diseños originales.	Ayuda a identificar posibles oportunidades de mejora espacial y eficiencia del diseño.	No contiene memorias estructurales ni especificaciones de diseños técnicas.
Escritura pública 14667	2013	Notaría 29 de Bogotá D.C.	Información jurídica de constitución, titularidad y localización del inmueble.	Define límites legales, restricciones y legitimidad para intervención.	Permite conocer la titularidad del edificio, la ubicación cierta, uso de suelo, y restricciones normativas por ubicarse en zona de influencia patrimonial.	No incluye información técnica o de diseños.
Certificado de tradición y libertad	Actualizado 2024	Oficina de Registro de Instrumentos Públicos	Historial de propiedad, afectaciones legales, hipotecas o servidumbres.	Verificación de dominio, claridad para procesos de licenciamiento, estado del folio activo.	Asegura viabilidad jurídica para aplicar proyectos de renovación o certificación sostenible.	Documento vigente con estado del folio ACTIVO.

Estudio arquitectónico actualizado	2022	Firma consultora	Propuesta de reorganización espacial y diseño para reforzamiento del edificio.	Permite evaluar criterios de habitabilidad y posibilidades de intervención sostenible.	Base para introducir principios de diseño pasivo, ventilación cruzada o confort térmico.	Documento completo, con planos en CAD y PDF.
Estudio de vulnerabilidad sísmica	2022	Firma consultora	Informe técnico que determina el comportamiento estructural del edificio frente a sismos.	Confirma que el edificio es viable para reforma y reconversión.	Garantiza que el edificio puede adaptarse sin comprometer seguridad estructural.	Fundamental para evaluar viabilidad de la reconversión y repotenciación.
Estudio de suelos	2022	Firma consultora	Caracterización del subsuelo, capacidad portante, tipo de cimentación.	Aporta criterios para diseño estructural eficiente y decisiones constructivas.	Aporta a decisiones constructivas eficientes, evitando sobreconsumo de materiales.	Recomendado conservar como insumo base para cualquier intervención.
Diseño eléctrico e iluminación	2022	Firma consultora	Redes eléctricas, tableros, consumo estimado, diseño de iluminación artificial.	Permite detectar oportunidades de mejora en eficiencia energética.	Permite analizar potencial de eficiencia energética e incorporación de iluminación natural.	Carece de simulaciones lumínicas o cálculo de demanda energética y especificaciones de detalles técnicos.
Diseño hidráulico y sanitario	2022	Firma consultora	Redes internas de agua potable y residual, planos isométricos.	Aporta datos para futura gestión del recurso hídrico y estrategias de reutilización.	Base para proyectar estrategias de ahorro de agua, uso eficiente o captación pluvial.	No incluye propuesta de ahorro o reutilización de aguas.
Recibos de servicios públicos	2025	Empresas proveedoras de servicios públicos	Registros actuales de consumo de agua y electricidad	Insumo para establecer bases de consumos de agua y electricidad.	Consumo actual, que muestra que el edificio cuenta con conexiones a los servicios de agua y energía.	No tienen relevancia, ya que el edificio se encuentra deshabitado, no proporciona valores comparables a un edificio habitado.

Tabla 4. Hallazgos Revisión Documental

Nota: Elaboración propia.

5 VALORACIÓN DIAGNOSTICA

5.1 Inspección preliminar

5.1.1 Inspección Inicial del Edificio Ópera

La historia del edificio Ópera en Bogotá está profundamente vinculada al desarrollo cultural y arquitectónico de la ciudad en el siglo XX. Su construcción en 1964 responde a la creciente demanda de espacios para las representaciones teatrales y operísticas de la época. El teatro se ubicó en la Carrera 13 con Calle 26, un lugar estratégico en el centro de Bogotá

El edificio Ópera habría experimentado un paulatino declive en su relevancia cultural, posiblemente influenciado por el surgimiento de teatros más modernos y por el cambio progresivo en los hábitos de consumo y entretenimiento de la ciudadanía. Diversas versiones coinciden en señalar que el teatro cerró sus puertas en la década de 1990, en un contexto marcado por dificultades financieras y limitaciones en su infraestructura. En la segunda mitad de esa década, y en línea con el auge en la construcción de centros comerciales en Bogotá, habría surgido la propuesta de transformar el edificio, adaptándolo a nuevas dinámicas urbanas y comerciales. Así, en 2001, el espacio que alguna vez funcionó como teatro fue reconfigurado como el Centro Comercial Ópera.[5]

En diciembre del 2013 el edificio fue adquirido por sus actuales propietarios, quienes han hecho uso del espacio en las condiciones que se encuentran, entendiendo que la edificación requiere de una intervención y reforzamiento estructural y tienen el interés hacer una reconversión para el aprovechamiento de sus espacios y el uso de todos sus trabajadores.

[5] Información recogida a partir de la observación directa del autor durante recorridos exploratorios realizados en enero-marzo de 2025 en el sector Centro Internacional de Bogotá.

5.1.1.1 Ubicación del proyecto

El edificio en estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá en el barrio San Diego, localizado en la zona de influencia del Centro Internacional Tequendama bien de interés cultural del ámbito nacional.

Ilustración 22. Construcción Existente

Nota: tomado de Google Maps, 2025

La edificación existente es una de tres niveles desarrollada en pórticos y placas de entrepiso en concreto reforzado en dos direcciones con una dimensión de columnas de 30x100 cm, 25 x 50 cm y una placa aligerada con viguetas descolgadas en un sentido y cuenta con un área construida de 1698 m2 más un lote de parqueadero de 485 m2

5.1.1.2 Entorno Físico

El presente diagnóstico se desarrolla sobre el Edificio Ópera, ubicado en la Carrera 13 #26–81, barrio San Diego, Bogotá, Colombia, una construcción de uso cultural y de servicios que cuenta con una antigüedad de 61 años.

La edificación existente se compone de tres niveles, construidos mediante un sistema estructural de pórticos y placas de entrepiso en concreto reforzado en dos direcciones. Las dimensiones de los elementos verticales principales corresponden a columnas de 30 × 100 cm y 25 × 50 cm, mientras que la losa está conformada por una placa aligerada con viguetas descolgadas en un solo sentido, lo que sugiere una solución estructural común en edificaciones de la época.

El edificio cuenta con un área construida total de 1.698 m², a lo que se suma un lote destinado a parqueadero con una superficie de 485 m², conformando así una unidad funcional representativa dentro del tejido urbano de Bogotá, tanto por su ubicación estratégica como por su valor cultural y arquitectónico.

Entorno Físico del Edificio Opera	
Ubicación	Carrera 13#26-81 Bogotá, Colombia
Uso principal	Cultural y servicios
Antigüedad	61 Años

Estructura	Tres niveles: Sistema principal: Pórticos y placas de entrepiso en concreto reforzado en dos direcciones. Elementos verticales (columnas): Columnas de 30 × 100 cm Columnas de 25 × 50 cm. Elementos horizontales (losas): Placa aligerada con viguetas descolgadas en un solo sentido.
Áreas	Área construida de 1698 m2 Lote de parqueadero de 485 m2

Tabla 5 Entorno Físico del Edificio Opera.

Nota: Elaboración propia

5.1.1.3 Entorno Natural y Ambiental

caracterizada por un clima frío. Según la Alcaldía Mayor de Bogotá (2021), con base en datos del IDEAM, la temperatura promedio durante el día oscila entre los 18 y 20 °C, lo que permite condiciones térmicas moderadas a lo largo del año. No obstante, se presentan variaciones significativas en los patrones de precipitación, que inciden directamente en la gestión del agua y el confort interior del inmueble.

La temporada de lluvias en Bogotá se extiende durante ocho meses, abarcando marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (Weather Spark, citado en Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021). En contraste, los meses más secos corresponden a enero, febrero, julio y agosto, (IDEAM, citado en

Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021.). Esta distribución estacional de lluvias y sequías resulta especialmente relevante para el diseño de estrategias de captación, almacenamiento y uso eficiente del recurso hídrico, así como para prever acciones que mejoren el comportamiento higrotérmico del edificio.

Según datos del Observatorio Ambiental de Bogotá, la precipitación anual promedio registrada entre los años 2014 y 2023 es de 920,54 mm/m², lo cual confirma la presencia de un régimen hídrico constante y elevado que influye directamente en las condiciones de confort térmico, humedad interior y necesidades de gestión del agua en edificaciones localizadas en la ciudad.

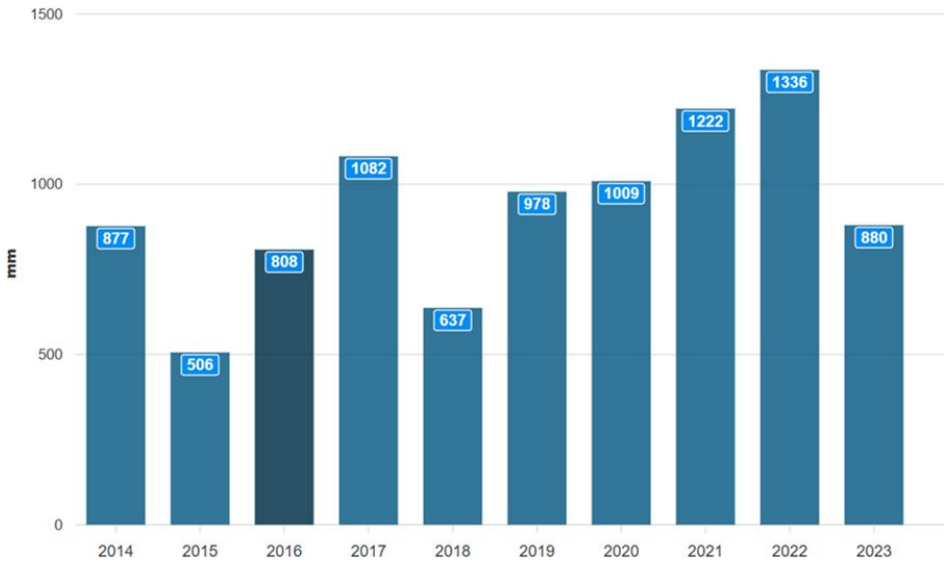


Figura 4. Precipitación anual en Bogotá entre 2014 y 2023.

Nota: tomado de *Observatorio Ambiental de Bogotá (2023)*[6]

Ahora bien, de acuerdo con los datos del Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA), elaborado por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, entre los meses de noviembre de 2024 y mayo de 2025, el

[6] Los datos utilizados corresponden al período comprendido desde 2014 hasta 2023, ya que, al momento de la consulta, no se encontraban disponibles registros más actualizados en el Observatorio Ambiental de Bogotá.

sector donde se localiza el edificio presenta, en términos generales, un nivel de riesgo por exposición a la calidad del aire clasificado como bajo o moderado, y en algunos casos, regular.

Atributos del IBOCA				5 Intervalos de concentración para cada contaminantes y tiempo de exposición del IBOCA (µg/m³)					
				Media móvil ponderada (NowCast)		Media móvil			
1 Color	2 Nivel de riesgo por exposición a la calidad del aire	3 Nivel de actuación o respuesta	4 Intervalos de valores adimensionales	PM 2.5 (12h)	PM 10 (12h)	O3 (8h)	NO2 (1h)	SO2 (1h)	CO (8h)
Verde	Bajo	Prevención	0 – 50	0-12	0-27.2	0-72	0-28.5	0-9.6	0-2549
Amarillo	Moderado		51 - 100	12.1-35.4	27.3-63.8	73-107	28.6-84.1	9.7-38.5	2550-5022
Naranja	Regular	Alerta Fase 1	101 - 150	35.5-55.4	63.9-95.5	108-137	84.2-132.2	38.6-63.5	5023-7165
Rojo	Alto	Alerta Fase 2	151 - 200	55.5-151.2	95.6-246.7	138-281	132.3-361.9	63.6-182.7	7166-17384
Morado	Peligroso	Emergencia	201 -300	151.3-250.4	246.8-405.2	282-432	362.0-602.6	182.8-307.7	17385-28099
			301 -500	250.5-500.4	405.3-800.4	433-809	602.7-1202.6	307.8-619.2	28100-54802

Figura 5. Índice Bogotano de Calidad del Aire

Nota: tomado de la Secretaría Distrital de Ambiente. (s. f.). *¿Qué es el IBOCA?*

5.1.1.4 Entorno Urbano Inmediato

El edificio Ópera se encuentra ubicado en el *Centro Internacional* de Bogotá, una zona estratégica caracterizada por su interconexión de usos empresariales, comerciales, institucionales y culturales. Este sector concentra una parte significativa de la actividad económica y administrativa de la ciudad, y se constituye como un nodo de alta conectividad y circulación.

En sus alrededores se localizan edificaciones de gran relevancia para el patrimonio y la dinámica urbana de Bogotá, tales como el Museo Nacional de Colombia, el Museo de Arte Moderno de Bogotá (MAMBO), el Planetario Distrital, el complejo Centro Internacional Tequendama, y el edificio Atrio. Esta cercanía a equipamientos culturales y empresariales refuerza la importancia estratégica del edificio Ópera dentro del tejido urbano, así como su potencial para integrarse en dinámicas de revitalización y resignificación desde una perspectiva sostenible.

5.1.2 Inspección Visual del Edificio Opera

5.1.2.1 Cubierta

El edificio cuenta con una cubierta a varias aguas, está cubierta incorpora un sistema de drenaje compuesto por 10 canales y 20 bajantes, diseñados para conducir el agua pluvial hacia el sistema de evacuación.

El área total de la cubierta en planta es de 838 m², de los cuales 154 m² corresponden a una marquesina.

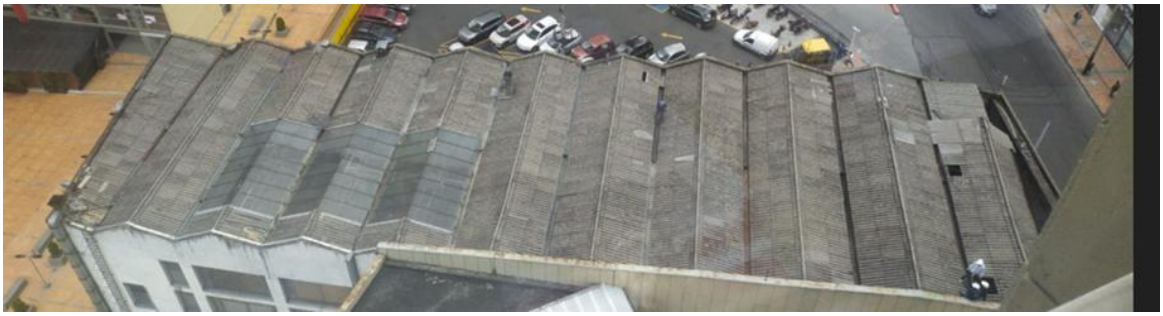


Figura 6. Cubierta Edificio Opera

Nota: Elaboración propia

5.1.2.2 Fachada

El edificio tiene fachada hacia la Carrera 13, la cual se encuentra en buen estado, y fachada hacia la Calle 26, la cual presenta deterioro, suciedad y posibles humedades, están compuestas por ventanales que permiten el ingreso de aire y luz naturalmente.

Figura 7. Fachada Edificio Opera

Nota: Elaboración propia

5.1.2.3 Cimentación y Estructura

De acuerdo con la revisión del documento de vulnerabilidad estructural y estudio de suelos se observa que en se concluye que el edificio se encuentra en buenas condiciones y que permite la recuperación de la estructura.

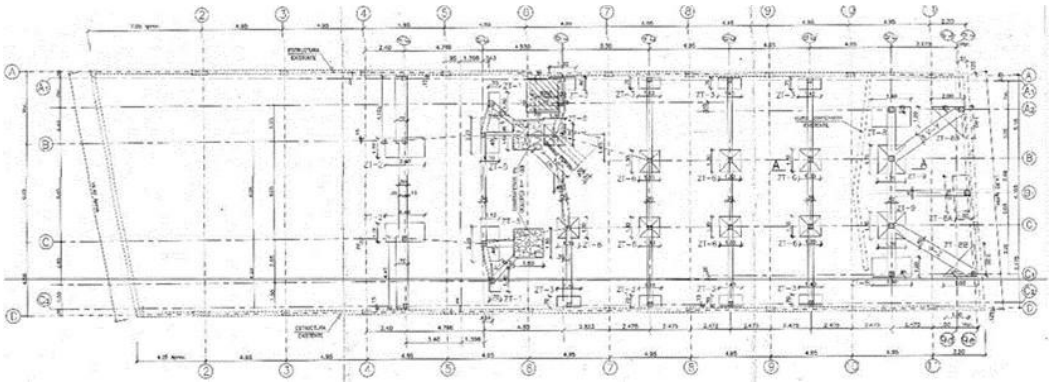


Figura 8. Plano Estructural Cimentación Actual

Nota*: Tomado de Estudio de Suelos – Fernando Mejía y CIA*

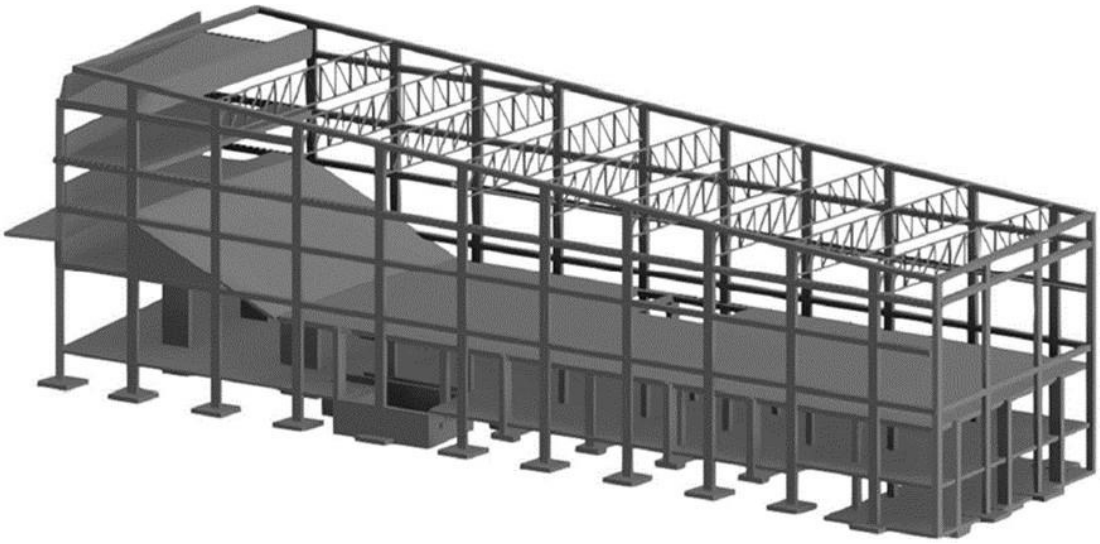


Figura 9. Modelo 3D de estructura actual.

Fuente: Estudio De Vulnerabilidad Sísmica - SETEYCO Gerencia y Consultoría S.A.S.

5.2 Diagnóstico

A continuación, se presentan las fichas diagnósticas por categoría de análisis, agua, energía, aire.

5.2.1 Gestión Actual del Agua

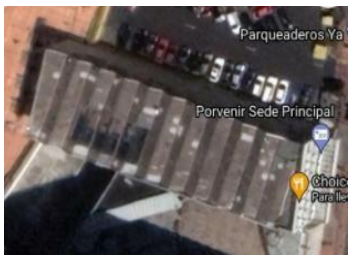
FICHA DE CALIFICACION GESTIÓN DEL AGUA

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCIÓN

TEMPERATURA: 18º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO:** FACHADA | **USO:** EQUIPAMIENTO (CULTURAL) | **FECHA:** 20-10-2021 | **No. FICHA:** 01

LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

PLANTA ESPACIO



FOTOGRAFIA GENERAL ESPACIO

ESTUDIO

	SISTEMA	ELEMENTO	OBSERVACIONES	MATERIALES	NIVEL DE DAÑO	LESIÓN - DAÑO	OTRAS LESIONES	TIPO DE LESION: FÍSICA	MECÁNICA	ORGANISMOS	ANTROPOGÉNICA
1	Agua potable	Tanque y bomba de agua potable	Se evidencia un tanque de agua subdimensionado para el edificio y las condiciones de uso requeridas, y una ubicación de difícil acceso, con señales de suciedad. La bomba se encuentra en buen estado.	Concreto	Moderado	Suciedad		A3			E4
2	Agua potable	Tubería	En muchas zonas se evidencia tubería en PVC en buenas condiciones	PVC	N/A			A2	B4		E4
3	Agua potable	Aparatos sanitarios	Se tienen aparatos sanitarios funcionales, que no aportan al ahorro de agua	Porcelana	Moderado	Aparatos sanitarios de alto consumo de agua					
4	Agua potable	Griferías	La grifería se encuentra funcional, no integra tecnologías ahorradoras de agua	Metálicas y plásticas	Moderado	Grifería con alto consumo de agua, genera desperdicio en su uso					
5	Aguas residuales	Tanque de almacenamiento y bomba eyectora	El sistema se encuentra funcional, cuenta con un tanque de almacenamiento y bomba eyectora que expulsa las aguas residuales al drenaje de la ciudad, se evidencia que el sistema es antiguo y tiene riesgo de presentar fallas o estar subdimensionado	Concreto	Moderado	Se sienten fuertes olores en el cuarto del tanque de almacenamiento, puede deberse a falta de mantenimiento o fallas en el sistema que no se han detectado.					
6	Aguas residuales	Tubería		No se reconoce	N/A						
7	Aguas pluviales	Cubierta	Se evidencia un sistema de conducción de aguas pluviales hacia el sistema de drenaje de la ciudad, el sistema presenta fallas y taponamientos	Teja de fibrocemento	Grave	Inundación	Humedad descendente y daños en la estructura, y muros	A5	B3		E3
8	Aguas pluviales	Canales		Metálica	Grave	Inundación	Humedad descendente y daños en la estructura, y muros	A1	B1		E3
9	Aguas pluviales	Bajantes		Hierro galvanizado	Grave	Inundación	Humedad descendente y daños en la estructura, y muros	A1			E3
10	Red contra incendio	N/A	No existe sistema de red contra incendios en el edificio								
11	Aguas grises	N/A	No existe sistema de recuperación de aguas grises								

DIAGNOSTICO SOSTENIBLE

	SISTEMA	CAUSA PROBABLE	CAUSA PROBABLE INDIRECTA	DIAGNOSTICO SOSTENIBLE	CRITERIO SOSTENIBLE
1	Agua potable	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	El sistema de agua potable no cuenta con tecnología ahorradora o de bajo consumo de agua, sus griferías y aparatos sanitarios son convencionales y de alto consumo. El edificio cuenta con un sistema de agua potable funcional, con falencias para el uso actual de la estructura y en el diseño original, que en la actualidad puede verse subdimensionado ya que es de aproximadamente 1 m3 , no cuenta con sistemas o tecnología ahorradora de agua.	Uso eficiente y reducción del consumo hídrico Adopción de sistemas de automatización y eficiencia hídrica
2	Aguas residuales	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	El sistema de aguas residuales se encuentra funcional, una infraestructura básica con signos de antigüedad que comprometen su eficiencia, este se encuentra unido al sistema de aguas grises. Este es un sistema que debe modernizarse con el fin de eliminar riesgos en las fallas del sistema y dar atención a los nuevos usos del edificio, así como separar el sistema de aguas grises.	Creación de entornos saludables y seguros
3	Aguas pluviales	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	El sistema de agua lluvia opera de forma convencional, conduciendo el agua directamente al sistema de alcantarillado, este se encuentra afectado por contaminación o residuos transportados en el aire que generan taponamientos. El edificio no tiene aprovechamiento de aguas lluvias, lo que esta generando filtraciones de agua y daño a otros elementos de la edificación. El edificio está dotado de canales y bajantes que conducen las aguas lluvias captadas desde la cubierta hacia el sistema de alcantarillado público, representando alternativa sostenible en la gestión de agua ya que al contar con una cubierta que tiene la posibilidad de recoger grandes volúmenes de agua, esta es una oportunidad para hacer uso eficiente el recurso mediante tecnologías de captación, tratamiento básico y reutilización.	Recolección y aprovechamiento de aguas lluvias
4	Red contra incendio	Diseño inadecuado, no se consideraba necesario para la seguridad del edificio	Cambio de uso del edificio	El edificio no cuenta con una red contra incendios. Actualmente, no dispone de un tanque de almacenamiento de agua ni de bombas destinadas al funcionamiento de este sistema. Esta es una falencia normativa y de habitabilidad del edificio, se sugiere la instalación de un sistema nuevo con tecnologías de bajo consumo y uso de agua reutilizada.	Creación de entornos saludables y seguros
5	Aguas grises	Diseño inadecuado, ya que en su construcción no se consideraba la ejecución de acciones sostenibles	Cambio de uso del edificio	Actualmente el edificio no cuenta con un sistema independiente de aguas grises, lo cual implica que las aguas de lavamanos, duchas, cocina son conducidas al sistema de aguas residuales.	Tratamiento y reutilización de aguas grises

NIVEL DE DAÑO

LEVE	MODERADO	GRAVE	SEVERO

TIPOS DE LESIÓN

A. FÍSICAS	**D. ORGANISMOS**
A1. Humedad ascendente o descendente.	D1. Insectos xilófagos.
A2. Filtraciones	D2. Mohos y hongos.
A3. Suciedad	D3. Plantas
A4. Erosión	**E. ANTROPOGENICAS**
A5. Alteración de material	E1. Alteración volumétrica.
B. MECANICAS	E2. Alteración espacial.
B1. Deformaciones	E3. Carencia de mantenimiento.
B2. Grietas	E4. Diseño inadecuado.
B3. Fisuras	E5. Ejecución inadecuada.
B4. Desprendimientos	

PROPUESTAS

ACCIONES SOSTENIBLES PROPUESTAS	EFECTO SOSTENIBLE
Se sugiere crear tanques de agua potable acorde al uso del edificio en ubicación diferente con mejor acceso para mantenimiento y modernizar la tubería.	Se garantiza suministro de agua potable al edificio en optimas condiciones
Se sugiere cambiar la grifería y aparatos sanitarios con tecnología ahorradora	Disminuir el consumo de agua potable
Se sugiere instalar un sistema de red contra incendios para todo el edificio.	Aumentar la seguridad y habitabilidad del edificio, cumpliendo normas actuales
Se sugiere la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises y aguas lluvias, instalación de sistema de tratamiento primario	Disminuir el uso de agua potable
Se sugiere modernizar el sistema de aguas residuales	Generar entornos mas saludables y seguros.

OBSERVACIONES Y PREDIAGNÓSTICO:

MODELO DE FICHA DISEÑADA POR: Curso de Patología de la Maestría en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia

ACCIONES INMEDIATAS A SEGUIR: Mantenimiento de cubierta, mantenimiento de bajantes, se recomienda realizar mantenimiento periódico de las bajantes y cubierta para evitar taponamientos

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCIÓN

TEMPERATURA: 14º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO:** Gestión del agua | **USO:** Institucional | **FECHA:** 20- 02 - 2025 | **No. FICHA:** 01

Observaciones: Se toma registro fotográfico de los sistemas que están involucrados con la gestión del agua del edificio Opera

LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

PLANTA ESPACIO

Bomba y tanque de agua potable

Sanitarios

Lavamanos y orinales

Grifería y desagües en cocineta

Cubierta, canales y bajantes

Cubierta, canales y bajantes

Humedades generadas por filtraciones de agua de cubierta

Cuarto de tanque de aguas residuales y bomba eyectora

ELABORADO POR: Andrés Cifuentes Hidalgo

Tabla 6. Gestión Actual del Agua

Nota: Elaboración Propia

5.2.2 Gestión actual de la energía

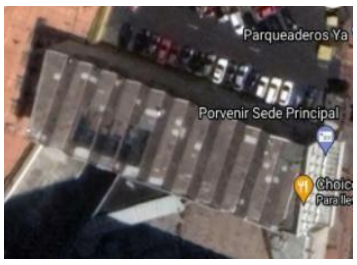
FICHA DE CALIFICACIÓN GESTIÓN DE LA ENERGÍA

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCIÓN

TEMPERATURA: 18º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO: Gestión energética** | **USO:** Institucional | **FECHA:** 21- 02 - 2025 | **No. FICHA:** 02

LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

PLANTA ESPACIO



FOTOGRAFIA GENERAL ESPACIO

ESTUDIO

	SISTEMA	ELEMENTO	OBSERVACIONES	MATERIALES	NIVEL DE DAÑO O ESTADO	LESIÓN	OTRAS LESIONES	TIPO DE LESION: FÍSICA	MECÁNICA	RGANISMO	ANTROPOGÉNICA
1	Red eléctrica general	Conexión eléctrica	El edificio cuenta con conexión a la red de energía eléctrica del operador de servicio, presenta signos de desgaste y falta de mantenimiento	tablero eléctrico	Grave	Diseño inadecuado Ejecución inadecuada	Se evidencian cables pelados o mal conectados, tableros dañados o en mal estado	A5			E3 E4
2	Red eléctrica general	Cableado	En muchas zonas se evidencia cableado antiguo o que no cuenta con el diámetro requerido para la conducción de energía eléctrica	Cableado eléctrico	Grave	Diseño inadecuado		A5			E3 E4
3	Iluminación	Luminarias	Presencia de luminarias incandescentes, fluorescentes y en algunos casos ausencia de iluminación. El edificio cuenta con buenas fuentes de iluminación natural las cuales pueden ser aprovechadas en la implementación del modelo sostenible.	Luminarias incandescentes	Leve	Bombillas en mal estado o fundidas, y de alto consumo energético					E4
4	Planta eléctrica	Planta eléctrica	El edificio no cuenta con planta eléctrica	N/A	N/A						E4
5	Cuarto y tableros eléctricos	Cuarto eléctrico	El edificio tiene disponible un cuarto de tableros eléctricos, el cual no se	Metálicas y plásticas	N/A			A3 A5			E3 E4
6	Cuarto y tableros eléctricos	Tableros eléctricos	El edificio cuenta con tableros eléctricos en mal estado con conexiones inadecuadas, señales de desgaste por tiempo y falta de mantenimiento.		Severo						E4
7	Subestación	Subestación	El edificio no cuenta con subestación	N/A	N/A						E4

DIAGNOSTICO SOSTENIBLE

	SISTEMA	CAUSA PROBABLE	CAUSA PROBABLE INDIRECTA	DIAGNOSTICO SOSTENIBLE	CRITERIO SOSTENIBLE
1	Red eléctrica general	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	El sistema de eléctrico del edificio se encuentra operativo pero con grandes falencias y signos de desgaste o mal uso, lo que genera fallas en su eficiencia y riesgos de seguridad, adicional la red eléctrica no cuenta con un sistema de eficiencia energética, realizar modernización de cableado y tableros eléctricos bajo normativa RETIE y NTC 2050 y la implementación de un sistema mixto de energías renovables, como solares fotovoltaicos y baterías o sistemas de respaldo.	Creación de entornos saludables y seguros Eficiencia energética y uso racional de energía Integración de energías renovables
2	Iluminación	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	La iluminación existente en el edificio corresponde a luminarias con baja tecnología en ahorro de energía, se sugiere instalar luminarias LED de bajo consumo , sensores de movimiento y ocupación , sensores de luz natural, temporizadores programables.	Creación de entornos saludables y seguros Eficiencia energética y uso racional de energía Adopción de sistemas de automatización y eficiencia energética
3	Cuarto y tableros eléctricos	Diseño inadecuado u obsoleto	Cambio de uso del edificio	Se recomienda realizar un estudio eléctrico que siga los lineamientos de la norma Retie y NTC 2050, con el fin de generar un espacio adecuado para el cuarto técnico que acompañado del plan de modernización, mejora de protecciones y sistemas de eficiencia energética, producen un sistema moderno y con enfoque sostenible.	Creación de entornos saludables y seguros Eficiencia energética y uso racional de energía Adopción de sistemas de automatización y eficiencia energética
4	Planta eléctrica	Diseño inadecuado, no se consideraba necesario para el funcionamiento del edificio	Cambio de uso del edificio	El edificio no cuenta con una planta eléctrica, sin embargo debe considerarse la instalación de una que permita dar respaldo eléctrico ante cualquier falla que se presente, buscando que esta planta minimice su impacto ambiental con su funcionamiento al usar fuentes de combustión como Biogás o Gas natural	Creación de entornos saludables y seguros Eficiencia energética y uso racional de energía

NIVEL DE DAÑO

LEVE	MODERADO	GRAVE	SEVERO
TIPOS DE LESIÓN			

A. FÍSICAS	**D. ORGANISMOS**
A1. Humedad ascendente o descendente.	D1. Insectos xilófagos.
A2. Filtraciones	D2. Mohos y hongos.
A3. Suciedad	D3. Plantas
A4. Erosión	**E. ANTROPOGENICAS**
A5. Alteración de material	E1. Alteración volumétrica.
B. MECANICAS	E2. Alteración espacial.
B1. Deformaciones	E3. Carencia de mantenimiento.
B2. Grietas	E4. Diseño inadecuado.
B3. Fisuras	E5. Ejecución inadecuada.
B4. Desprendimientos	
C. QUIMICAS	
C1. Eflorescencias	
C2. Oxidaciones	

PROPUESTAS

ACCIONES SOSTENIBLES PROPUESTAS	EFECTO SOSTENIBLE
Modernización de sistema eléctrico	Brinda mayor seguridad al edificio, previene accidentes
Uso de iluminación natural	Disminución de consumo eléctrico
Implementación de luminarias LED de bajo consumo	Disminución de consumo eléctrico
Uso de energías renovables, paneles solares en cubierta	Disminución de consumo eléctrico proveniente de operadores de servicio
Implementación de controles inteligentes como sensores de iluminación, temporizadores	Disminución de consumo eléctrico
Implementación de sistema automatizado de iluminación en los auditorios que permita controlar y optimizar el consumo eléctrico	Disminución de consumo eléctrico

OBSERVACIONES Y PREDIAGNÓSTICO:

MODELO DE FICHA DISEÑADA POR: Curso de Patología de la Maestría en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia

ACCIONES INMEDIATAS A SEGUIR: Mantenimiento al sistema eléctrico del edificio, especialmente al cuarto y tableros eléctricos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCION

TEMPERATURA: 14º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO: Gestión energética** | **USO:** Institucional | **FECHA:** 21- 02 - 2025 | **No. FICHA:** 02

Observaciones: Se toma registro fotográfico de los sistemas que están involucrados con la gestión del agua del edificio Opera

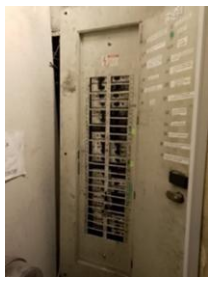
LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

PLANTA ESPACIO

Cubierta

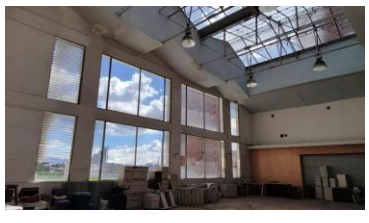
Cuarto eléctrico

Tablero eléctrico



breakers

Ventanas y marquesina



Iluminación encandecerte e iluminación natural

Auditorios

ELABORADO POR: Andrés Cifuentes Hidalgo

Tabla 7. Gestión Actual de la Energía

Nota: Elaboración Propia

5.2.3 Gestión Actual del Aire

FICHA DE CALIFICACION GESTIÓN DEL AIRE

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCIÓN

TEMPERATURA: 18º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO: Gestión energética** | **USO:** Institucional | **FECHA:** 21- 02 - 2025 | **No. FICHA:** 02

LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

		SISTEMA	ELEMENTO	OBSERVACIONES	MATERIALES	NIVEL DE DAÑO O ESTADO	LESIÓN	OTRAS LESIONES	ESTUDIO: TIPO DE LESION FÍSICA	MECÁNICA	ORGANISMO	ANTROPOGÉNICA
1	Confort higrotérmico	Zonas comunes	El confort higrotérmico del edificio presenta condiciones mixtas que varían según el espacio, la altura, en general se identifican zonas con temperaturas aceptables y con buena ventilación, esto gracias a los espacios abiertos, la ventilación natural y las alturas de cada espacio		N/A						
2	Confort higrotérmico	Auditorios	Los auditorios en general son los espacios mas cerrados del edificio, se evidencia que no están en uso, cuentan con una altura de en promedio de 8 m y un área de 118 m2, cuentan con capacidad aproximada para 80 personas.		Leve	Carencia de mantenimiento					E4
2	Confort higrotérmico	Baños	Los baños en general son espacios semicerrados del edificio, se evidencia que tienen poco uso, no cuentan con sistema de extracción o renovación de aire.		Leve	Carencia de mantenimiento					E4
3	Ventilación natural	General del edificio	El edificio en general tiene espacios abiertos, que permiten la circulación del aire, presenta condiciones que permiten la ventilación natural por fachadas, gracias a las ventanas abatibles, puertas y pasillos con salida directa al exterior, sin embargo se identifican espacios mas cerrados como los auditorios.		N/A						
4	Ventilación natural	Auditorios	Los auditorios en general son los espacios mas cerrados del edificio, se evidencia que no están en uso, cuentan con una altura de en promedio de 8 m y un área de 118 m2, indicando la presencia de un volumen de aire importante cuentan con capacidad aproximada para 80 personas. No se evidencia con ningún tipo de sistema de ventilación, se siente olor a por humedad y polvo.		Leve	Carencia de mantenimiento					E4
5	Presencia de humedad o moho	General del edificio	En el recorrido realizado al edificio se pueden observar muros afectados por humedad, moho y hongos, estos en general por falta de mantenimiento y daños en cubierta y humedades por capilaridad. En cielo raso se puede evidenciar desprendimientos de materiales, debido a la humedad y presencia de agua.	Mampostería	Grave	Carencia de mantenimiento		A1	B4		E4
6	Renovación de aire	General del edificio	Se evidencia que la renovación de aire del edificio depende de la ventilación natural, que en general es buena, sin embargo en zonas como auditorios y baños que son espacios mas cerrados no cuentan con un sistema mecánico de renovación de aire.		Leve	Diseño inadecuado.					E4.

PLANTA ESPACIO

DIAGNOSTICO SOSTENIBLE

	SISTEMA	CAUSA PROBABLE	CAUSA PROBABLE INDIRECTA	DIAGNOSTICO SOSTENIBLE	CRITERIO SOSTENIBLE
1	Confort higrotérmico	Carencia de mantenimiento	Cambio de uso del edificio	En general el edificio presenta condiciones adecuadas de confort higrotérmico, sin embargo se debe prestar atención a los espacios cerrados como baños y auditorios ya que pueden tener oportunidades de mejora. Dado que el edificio presenta un bajo nivel de ocupación actualmente, las condiciones registradas pueden variar una vez se ponga en funcionamiento.	Calidad del aire interior Reducción de CO2 y otros contaminantes Creación de entornos saludables y seguros
2	Ventilación natural	Diseño inadecuado.	Cambio de uso del edificio	En general el edificio presenta condiciones adecuadas de ventilación natural, esto gracias a los espacios abiertos del edificio permiten la ventilación natural por fachadas, ventanas, puertas y pasillos con salida directa al exterior.	Calidad del aire interior Creación de entornos saludables y seguros
3	Presencia de humedad o moho	Carencia de mantenimiento	Cambio de uso del edificio	Se evidencia zonas del edificio con afectaciones de humedad o moho derivados de la falta de mantenimiento y baja ocupación del edificio, se recomienda realizar reparaciones y mantenimientos para eliminar las filtraciones de agua y zonas húmedas del edificio.	Calidad del aire interior Creación de entornos saludables y seguros
4	Renovación de aire	Diseño inadecuado.	Cambio de uso del edificio	Se evidencia que el edificio tiene buena ventilación natural lo que promueve una renovación de aire optima en los espacios abiertos y zonas comunes, sin embargo se recomienda tomar acciones para espacios cerrados como baños y auditorios, proponiendo usar sistemas de ventilación mecánicas.	Calidad del aire interior Creación de entornos saludables y seguros

NIVEL DE DAÑO

LEVE	MODERADO	GRAVE	SEVERO
TIPOS DE LESIÓN			

A. FÍSICAS	**D. ORGANISMOS**
A1. Humedad ascendente o descendente.	D1. Insectos xilófagos.
A2. Filtraciones	D2. Mohos y hongos.
A3. Suciedad	D3. Plantas
A4. Erosión	**E. ANTROPOGÉNICAS**
A5. Alteración de material	E1. Alteración volumétrica.
B. MECÁNICAS	E2. Alteración espacial.
B1. Deformaciones	E3. Carencia de mantenimiento.
B2. Grietas	E4. Diseño inadecuado.
B3. Fisuras	E5. Ejecución inadecuada.
B4. Desprendimientos	

FOTOGRAFIA GENERAL ESPACIO

PROPUESTAS

ACCIONES SOSTENIBLES PROPUESTAS	EFECTO SOSTENIBLE
Se sugiere la instalación de un sistema de ventilación mecánica de bajo consumo para los auditorios y extractores para los baños, ya que son espacios cerrados y requieren de renovación de aire.	La renovación de aire genera mejoras en la calidad interna del edificio, reduciendo contaminantes, lo que impacta en la salud de los ocupantes.
Reparación de zonas afectadas por humedad, en cubiertas y muros y mantenimiento para eliminar el moho, hongos o plantas	Mejora en la calidad del aire, disminución de esporas de hongos y contaminantes del aire, impactando en la salud de los ocupantes.
Instalación de películas de control solar en las ventanas para el control de temperatura	Reduce el calor por radiación solar que entra por ventanas, generando una mejora en el confort dentro del edificio
Evitar la instalación de sistemas de aire acondicionado, ya que estos pueden tener impacto sostenibles negativos	Reducción en el impacto de huella carbono

OBSERVACIONES Y PREDIAGNÓSTICO:

MODELO DE FICHA DISEÑADA POR: Curso de Patología de la Maestría en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia

ACCIONES INMEDIATAS A SEGUIR: Mantenimiento de cubierta, mantenimiento de bajantes, se recomienda realizar mantenimiento periódico de las bajantes y cubierta para evitar taponamientos, reparación de muros y techos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FACULTAD DE ARTES- MAESTRIA EN CONSTRUCCION

TEMPERATURA: 14º C | **PLUVIOSIDAD: 920 mm** | **ESPACIO: Gestión energética** | **USO:** Institucional | **FECHA:** 25- 02 - 2025 | **No. FICHA:** 02

Observaciones: Se toma registro fotográfico de los sistemas que están involucrados con la gestión del agua del edificio Opera

LOCALIZACION ESPACIO EN PLANTA GENERAL

Marquesina de cubierta

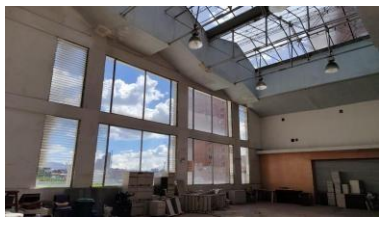
Humedades generadas por filtraciones de agua de cubierta, presencia de moho

Moho y hongos

PLANTA ESPACIO

Cubierta

Ventanas



Auditorios

Auditorios

Parqueadero

ELABORADO POR: Andrés Cifuentes Hidalgo

Tabla 8. Gestión Actual del Aire

Nota: Elaboración Propia

5.3 Hallazgos

CATEGORIA DE ANÁLISIS	HALLAZGO	IMPLICACION	SISTEMA	DOCUMENTOS DEL EDIFICIO	OBSERVACIONES
PRELIMINARES	Edificio con 62 años de construido	Obsolescencia en su funcionalidad	Entorno del edificio	Certificado de tradición y libertad	Anotación de declaración de construcción en el año 1964
	Edificio ubicado en Bogotá, San Diego	Afectación por condiciones del sector		N/A	
	Temperatura de la ciudad entre 18 - 20 °C	Temperatura dentro del rango de confort		N/A	
	Pluviosidad promedio de la ciudad de 920mm	Oportunidad de captación y utilización de aguas lluvias		N/A	
	Riesgo por exposición a la calidad del aire Bajo del sector	Niveles aceptables o saludables de la calidad del aire		N/A	
ESTUDIOS DE DOCUMENTACIÓN DEL EDIFICIO.	Cubierta de 838 m2	Oportunidad de captación de aguas lluvias	Estructura	Planos de cubierta y fotografías	Se toman dimensiones de acuerdo con los planos existentes.
	Fachadas con falta de mantenimiento, pero con ventanales amplios, altura promedio del edificio de 14 m	Ingreso de luz y ventilación natural		Planos del edificio, fotografías	Se toman dimensiones de acuerdo con los planos existentes.
	Cimentación en buenas condiciones compuesto por zapatas aisladas de sección cuadrada.	Potencial para recuperar la edificación		Estudio de suelos	De acuerdo con el estudio de suelos y el análisis de vulnerabilidad sísmica la estructura trasmite cargas a la cimentación superficialmente la cual esta compuesta de zapatas aisladas de sección cuadrada.
	Sistema estructural en buenas condiciones con recomendaciones de reforzamiento estructural para el cumplimiento de la Norma NSR-10	Potencial para recuperar la edificación		Estudio de vulnerabilidad sísmica	El estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio señala que la construcción se considera Buena de acuerdo con la tabla A10.4-1 de la NSR-10 y que con el reforzamiento estructural a los elementos recomendados en el análisis, la estructura cumple con los requisitos de la Norma NSR-10
AGUA	Tanque y bomba de suministro subdimensionado, en ubicación de difícil mantenimiento y limpieza.	Dificultad en el mantenimiento generando suciedad y afectaciones en la calidad del agua.	Agua potable	Factura de suministro de agua.	Se revisaron las facturas de consumo de agua del edificio, sin embargo al considerar que el edificio no se encuentra habitado al 100%, el consumo reflejado en estos, no es representativo para este trabajo.
	Aparatos sanitarios ineficientes	Alto consumo de agua.		Planos de la red hidráulica.	No existe documentación de este sistema.
	Griferías funcionales pero ineficientes	Alto consumo de agua.			
	Sistema funcional pero obsoleto	Riesgo de fallas del sistema generando problemas de salud.	Aguas residuales	Planos de red residual	EL plano de cimentación resalta desagües, sin embargo no se tiene información completa.
	Inexistencia de sistema independiente y reutilización de aguas grises	Mayor consumo de agua potable.	Aguas grises	N/A	
	Inexistencia de un sistema de recuperación de aguas lluvias.	Mayor consumo de agua potable.	Aguas pluviales	N/A	
	Inexistencia de un sistema de red contra incendios	Riesgo de seguridad del edificio.	Red contraincendios	N/A	
ENERGÍA	El edificio cuenta con conexión eléctrica por operador, se evidencia conexiones en mal estado y con falta de mantenimiento	Riesgo de seguridad del edificio.	Red eléctrica general	Factura de suministro eléctrico	Se revisaron las facturas de consumo de eléctrico del edificio, sin embargo al considerar que el edificio no se encuentra habitado al 100%, el consumo reflejado en estos, no es representativo para este trabajo.
	Luminarias incandescentes, fluorescentes	Alto consumo energético	Iluminación	Planos de iluminación	No existe documentación de este sistema.
	Ventanales y marquesina en el edificio	Potencial para uso de iluminación natural			
	Cuarto eléctrico en mal estado, no cumple con normativa RETIE y NTC 2050	Riesgo de seguridad del edificio	Cuarto y tableros eléctricos	Planos de red eléctrica	No existe documentación de este sistema.
	Tableros eléctricos en mal estado, con daños visibles, conexiones inadecuadas y falta de mantenimiento	Riesgo de seguridad del edificio		Planos de red eléctrica	No existe documentación de este sistema.
	El edificio no cuenta con planta eléctrica	Fallas en la operación del edificio por	Planta eléctrica	N/A	
AIRE	El edificio tiene zonas comunes con espacios abiertos y alturas considerables los cuales permiten una ventilación natural efectiva, en ninguna zona tiene equipos mecánicos o aires	Se previene el síndrome del edificio enfermo y no tiene consumos energéticos por sistemas de ventilación.	Confort higrotérmico	N/A	
	Los auditorios son espacios cerrados que actualmente no están en uso, estos tienen un amplio espacio para albergar hasta 80 personas cada uno, se evidencia falta de mantenimiento.	Riesgos en la salud de los habitantes		N/A	
	Se evidencia que los baños tienen poco uso, no cuentan con sistema de extracción o renovación de aire.	Riesgos en la salud de los habitantes		N/A	
	Espacios abiertos que permiten la ventilación por fachadas gracias a las ventanas y puertas	Se previene el síndrome del edificio enfermo	Ventilación natural	N/A	
	Los auditorios son espacios cerrados por sus condiciones y no cuenta con sistema de ventilación y extracción	Riesgos de síndrome del edificio enfermo		N/A	
	Se evidencia presencia de humedades y moho por filtraciones de agua, en muros y cielo rasos	contaminación del aire interior y riesgos en la salud de los habitantes.	Presencia de humedad o moho	N/A	
	El edificio no cuenta con sistema de ventilación mecánico, la renovación de aire depende de la ventilación natural	Riesgos en la calidad del aire interior	Renovación de aire	N/A	
HABITABILIDAD	El edificio se encuentra siendo usado en aproximadamente un 20% y en horarios establecidos, este porcentaje nos permite indicar que es un edificio deshabitado y subhabitado.	Edificios con ineficiencias en uso de los recursos y espacios promoviendo el abandono del edificio.	Edificio	N/A	

Tabla 9. Hallazgos

Nota: Elaboración Propia

6 FORMULACIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Actualmente, se plantea un nuevo proceso de reconversión con el objetivo de que el edificio funcione como un centro de bienestar empresarial. Esta nueva intervención se propone no solo adaptar funcionalmente el inmueble a un uso contemporáneo, sino también incorporar un enfoque de repotenciación sostenible. En esta línea, se prevé la integración de tecnologías de eficiencia energética, como la instalación de paneles solares, calentadores de agua solar, y gestión del agua, lo que permitiría optimizar el consumo de recursos y reducir la huella ambiental. Esta propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las recomendaciones de estudios como los de Pérez, Ortiz y Pout (2008) y las directrices de UNEP y Global Alliance for Buildings and Construction (2019).

La repotenciación sostenible se presenta como una alternativa innovadora, inspirada en experiencias internacionales que han logrado combinar la preservación del patrimonio con la modernización tecnológica y la reducción de impactos ambientales (CTBUH, 2016). Así, la nueva reconversión no solo revitalizará la función del edificio, sino que también generará un entorno integral y saludable, propicio para el bienestar de sus usuarios y para el desarrollo urbano sostenible.

Con el objetivo de asegurar una sostenibilidad integral en el edificio, se desarrollarán criterios propios de sostenibilidad inspirados en los manuales y estándares de certificación EDGE y LEED, aunque no se persigue obtener una certificación formal, estos lineamientos servirán de base para establecer indicadores específicos en áreas clave como habitabilidad, calidad del aire, gestión del agua y eficiencia energética, entre otras. De esta forma, se adaptarán y contextualizarán dichos estándares internacionales a la realidad del inmueble, permitiendo que se logre una sostenibilidad genuina y medible en todas sus dimensiones.

6.1 Criterios Sostenibles en Obra

A partir del análisis de la literatura para la sostenibilidad en procesos constructivos, se proponen una serie de criterios sostenibles orientados a la etapa constructiva. Estos criterios responden tanto a los principios de sostenibilidad como a las exigencias de Gestión de materiales y tecnologías sostenibles, Gestión del agua, Gestión de la energía, Gestión del aire. La selección de estos criterios se basó en lineamientos de certificaciones internacionales como LEED y EDGE.

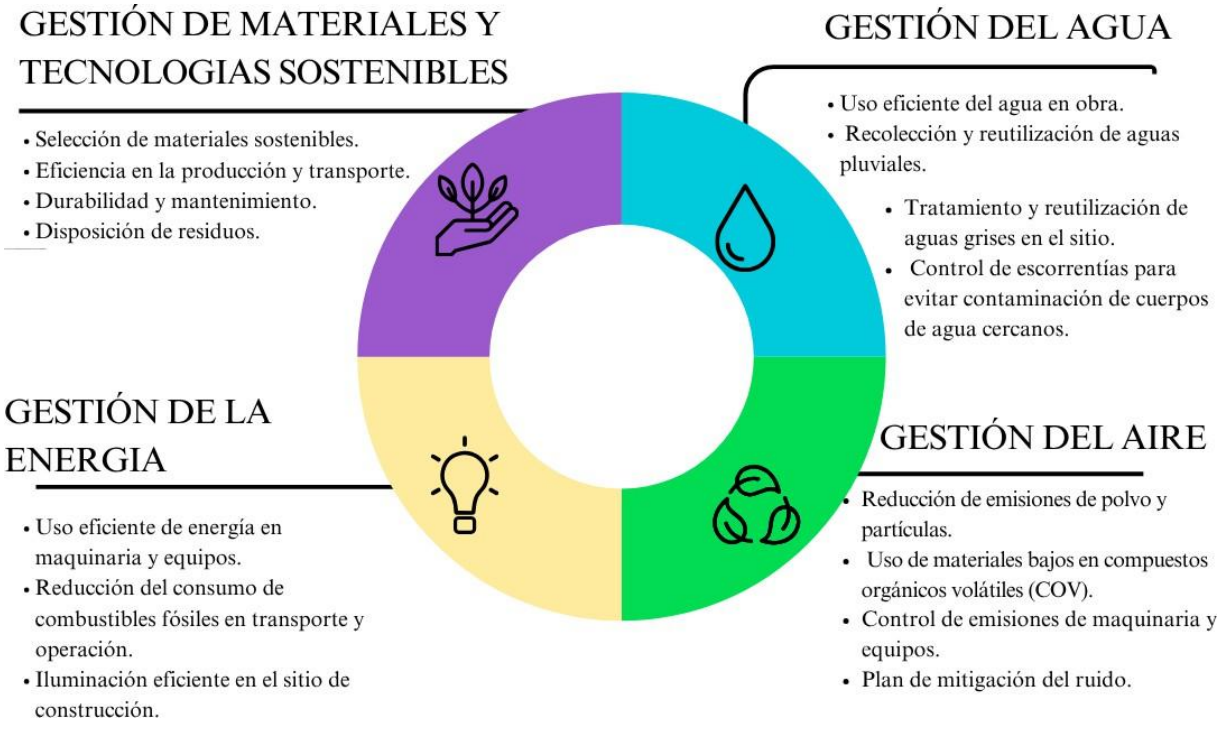


Figura 10. Criterios Sostenibles en Obra

Nota. Elaboración Propia

Los criterios de sostenibilidad deben ser abordada no solo desde el producto final, sino desde la propia planeación y ejecución del proyecto, considerando el impacto ambiental directo de las actividades en obra.

La adecuada aplicación a los ejes gestión del agua, del aire, energética y de materiales y tecnologías sostenibles, que en conjunto permiten reducir significativamente la huella ecológica del proceso constructivo. Aunque no hay un control directo por parte de estas certificaciones en obra, si son prácticas incentivadas en sus distintas versiones de LEED y EDGE.

En lo que respecta a la gestión del agua en obra, LEED BD+C exige como prerrequisito un plan de prevención de la contaminación durante la construcción, lo cual incluye medidas como el control de escorrentías, barreras para evitar la contaminación de cuerpos de agua cercanos y la disposición adecuada de residuos líquidos. Aunque no es obligatorio en LEED, se promueve el uso eficiente del agua durante la obra, por ejemplo, mediante sistemas cerrados de lavado de maquinaria o reutilización de agua de lluvia.

En relación con la gestión del aire, se requiere minimizar la emisión de contaminantes en el entorno cercano y en el interior del edificio en obra. LEED BD+C otorga créditos por la implementación de un *Plan de Gestión de la Calidad del Aire Interior durante la Construcción*, el cual exige la protección de materiales porosos, el uso de sistemas de ventilación adecuados, la restricción del uso de productos con altos niveles de COV (compuestos orgánicos volátiles) y la limpieza continua del sitio para evitar la acumulación de partículas en suspensión. También se recomienda la implementación de un plan de mitigación del ruido, especialmente en entornos urbanos, para proteger tanto a los trabajadores como a otras personas.

Por su parte, en la gestión energética en obra, se hace énfasis en el uso eficiente de la maquinaria y equipos, así como en la reducción del consumo de combustibles fósiles tanto en el transporte de materiales como en la operación del sitio. LEED BD+C no exige una reducción explícita del consumo energético durante obra, pero sí promueve la selección de estrategias que reduzcan la huella total del ciclo de vida. También promueve la instalación de sistemas temporales de iluminación eficiente, como luminarias LED.

Por último, la gestión de materiales y tecnologías sostenibles constituye una categoría transversal que incide en todas las anteriores. LEED BD+C dispone de múltiples créditos para incentivar la selección de materiales

con bajo impacto ambiental, ya sea por su contenido reciclado, su origen regional, su durabilidad o su certificación (como FSC en madera). En obra, esto implica establecer protocolos para la adquisición responsable, garantizar la trazabilidad de los productos y definir un plan de disposición de residuos que maximice la recuperación y reciclaje. En proyectos certificados, se suele exigir una desviación mínima del 50% al 75% de los residuos de construcción y demolición fuera de los vertederos.

6.2 Criterios Sostenibles en Operación

A partir del conocimiento del edificio Opera estudiando en este trabajo, de la se construyó una matriz de línea base orientada a estimar los consumos proyectados especialmente de agua potable y energía en el edificio, considerando una ocupación promedio de 400 personas diarias, para la edificación de oficinas, con un tiempo de uso de 9 horas en clima frio.

La matriz se elaboró mediante la revisión de consumos promedios para agua y electricidad dadas por La Secretaria Distrital de Planeación de Bogotá y datos de referencia proporcionados por las herramientas EDGE App, LEED Reference Guides y ASHRAE, tomando como base el comportamiento típico de edificios administrativos en clima frío como el de Bogotá.

Se calcularon los valores de consumo por persona por día y por metro cuadrado por año (Línea base tradicional), metas de ahorro requeridas para cumplir con los requisitos mínimos de sostenibilidad (20% de reducción en agua y energía) y la línea base para el modelo sostenible.

Categoría	Categoría	Línea Base Tradicional	Meta LEED / EDGE	Línea base para el modelo sostenible
Gestión del agua	Agua potable	32,58 L/persona/día (Secretaria Distrital de Planeación, 2020)	Reducción min del 20%	26,06 L/persona/día
Gestión de la energía	Energía eléctrica	80 kWh/m2/año (Secretaria Distrital de Planeación, 2020)	Reducción del 20–31%	64 kWh/m2/año
Gestión del aire	Calidad del aire interior	Ventilación natural	Ventilación mecánica con filtros	4 recambios de aire por hora para auditorios (ASHRAE, 2019)

Tabla 10. Líneas Base
Nota: Elaboración propia

A partir del análisis de la literatura y la línea base para el funcional del edificio Ópera, se proponen una serie de criterios sostenibles orientados a mejorar su operación diaria. Estos criterios responden tanto a los principios de sostenibilidad como a las exigencias de Gestión de la habitabilidad, Gestión del agua, Gestión de la energía, Gestión del aire. La selección de estos criterios se basó en lineamientos de certificaciones internacionales como LEED y EDGE.

Figura 11. Criterios Sostenibles En la Proyección Operativa
Nota. Elaboración Propia

Los criterios de sostenibilidad en la operacionalizad del misma y adoptando un enfoque integral que contemple las múltiples interacciones técnicas, ambientales y humanas del edificio. Atendiendo a las categorías de análisis, trasversales en este documento, se presentan aspectos evaluables para garantizar la ejecución en obra responsable, eficiente y saludable. Esta visión sistémica es compartida por EDGE 4, y su variante para edificaciones ya construidas, desarrollada por la International Finance Corporation, como por LEED y sus variantes, v4.1, O+M y BD+C LEED (v4.1 O+M y BD+C), en todas se entiende a el edificio como un sistema dinámico, sensible al entorno y a los subsistemas en él.

La gestión del agua, constituye un pilar en los criterios alcanzables para este modelo. EN EDGE v4, los edificios ya existentes deben demostrar una reducción de por lo menos el 20% de consumo de agua frente a el modelo base de referencia. Así mismo, LEED v4+ M valora no solo la eficiencia en uso interior, sino la incorporación de sistemas de medición y control, como medidores inteligentes por zana.

Otro aspecto destacado para este modelo, basado LEED y EDGE es la integración de sistemas de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas lluvias. EDGE, aunque menos específico en este punto, permite contabilizar reducciones indirectas siempre que el recurso alternativo sustituya el uso de agua potable.

Por su parte, la gestión del aire aborda la calidad del ambiente interior como un factor central para el bienestar de los ocupantes y el rendimiento del edificio. LEED v4.1 O+M considera la ventilación adecuada, la filtración del aire y la reducción de contaminantes como elementos fundamentales. Esto incluye la renovación del aire mediante estrategias mecánicas o naturales, y el uso de materiales con bajas emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs). EDGE, por su parte, contempla indirectamente la calidad del aire al exigir ventilación natural cruzada en al menos una parte significativa de los espacios habitables.

Además de la ventilación, las certificaciones reconocen el papel de la vegetación en la mejora de la calidad del aire urbano promoviendo el uso de estrategias de paisajismo que reduzcan el efecto de isla de calor y mejoren el microclima, incluyendo techos verdes, jardines verticales y barreras vegetales contra polvo o gases contaminantes. Aunque EDGE no incluye criterios explícitos sobre vegetación, sí reconoce beneficios derivados de estrategias.

La gestión energética es probablemente la categoría más robusta, EDGE v4 para edificaciones existentes, tiene como requisito demostrar una reducción mínima del 20% en el consumo de energía frente al edificio base. LEED v4.1 O+M, por su parte, premia tanto la eficiencia energética medida en kWh/m² como la implementación de planes de medición continua, gestión adaptativa y retrofits energéticos.

Ambos sistemas coinciden en valorar la incorporación de fuentes renovables de energía, como paneles solares fotovoltaicos o térmicos, energía eólica de baja escala o incluso geotermia.

Finalmente, la incorporación de sistemas de automatización y monitoreo energético, como los Building Management Systems (BMS), representa una dimensión estratégica en la operación eficiente de los edificios. LEED v4.1 O+M otorga créditos por la instalación de sistemas de medición avanzada, control térmico zonificado y sensores de ocupación. EDGE considera como medida recomendada, aunque no obligatoria.

Por último, la gestión de la habitabilidad es el eje que articula los beneficios ambientales con el bienestar humano. LEED BD+C incluye criterios detallados sobre confort térmico, visual y acústico que pueden adaptarse a edificios existentes mediante mejoras, sin embargo, como se ha visto antes, se reconoce que las interacciones de las categorías de análisis contribuyen significativamente a la gestión de habitabilidad.

7 INTERVENCIONES SOSTENIBLES

7.1 Etapa Constructiva

En coherencia con los criterios de sostenibilidad establecidos en el capítulo anterior, para las categorías de análisis, propias de la etapa constructiva -Gestión del agua, energía, aire y gestión de materiales y tecnologías sostenibles- esta sección presenta un conjunto de intervenciones o acciones aplicables durante la etapa constructiva, orientadas a garantizar un desempeño ambiental responsable desde el inicio del nuevo ciclo de vida del edificio Opera. Estas medidas priorizan la ejecución sostenible atendiendo la reducción de impactos negativos asociados a las prácticas de obra, y la creación de condiciones que favorezcan entornos seguros, habitables y sostenibles.

Las acciones han sido seleccionadas en función de su viabilidad técnica y condiciones climáticas, así como su potencial de contribuir significativamente al cumplimiento de los criterios de sostenibilidad establecidas.

7.1.1 Gestión del Agua en la Etapa Constructiva

Durante la ejecución de obra se implementarán acciones orientadas a la eficiencia hídrica, reduciendo el uso de agua potable, reutilizando recursos y promoviendo buenas prácticas:

I. Recolección de aguas lluvias mediante sistemas provisionales para usos no potables como limpieza de herramientas o curado de concreto.
II. Estaciones de lavado con uso de aguas lluvias especialmente para limpieza de herramientas.
III. Uso de baños secos o sanitarios de bajo consumo que se adecuen para la obra y que tengan condiciones de higiene.
IV. Curado de concreto con diferentes tecnologías que permitan la retención de agua y uso de aguas lluvias.
V. Capacitaciones al personal sobre el uso racional del agua

VI. Control de escorrentías para evitar contaminación, incluyendo barreras de protección, zanjas perimetrales y manejo adecuado de vertimientos temporales.

7.1.2 Gestión de la Energía en la Etapa Constructiva

En la ejecución de obra se prioriza el uso racional y eficiente de la energía mediante medidas temporales y eficiencia de la energía:

I. Iluminación LED en instalaciones temporales
II. Energía solar para usar en el campamento o para cargar de celulares.
III. Mantenimiento preventivo de maquinaria, reduciendo la probabilidad de daños o consumos mayores por ineficiencia, especialmente combustibles fósiles.
IV. Apagado de maquinaria que no esté en uso, o que este en stand-by
V. Capacitaciones al personal sobre el uso racional de la energía.
VI. Adquisición y uso de materiales y maquinaria local

7.1.3 Gestión del Aire en la Etapa Constructiva

Durante la ejecución de obra, la gestión del aire es esencial para garantizar la salud de los trabajadores, la relación armónica con el entorno, los vecinos y la reducción de impactos ambientales

I. Control de polvo y partículas en suspensión, mediante riego puntual con agua reciclada, mallas y barreras físicas.
II. Limpieza periódica de vías internas de circulación y zonas comunes para evitar acumulación de sedimentos.
III. Reducción del uso de productos con compuestos orgánicos volátiles (COV) como pinturas, adhesivos y sellantes.
IV. Diseño de cronogramas para la maquinaria que genera ruido, para trabajar en horarios permitidos y que minimicen su impacto en horarios sensibles.

7.2 Etapa Operativa

En articulación con los criterios de sostenibilidad definidos previamente, y en continuidad con las estrategias adoptadas durante la etapa constructiva, esta sección desarrolla un conjunto de intervenciones, acciones, o mejoras y efectividad de la tecnología aplicables a la fase operativa del edificio Ópera. Las categorías de análisis–gestión del agua, energía, aire y habitabilidad– se abordan desde un enfoque de mejora continua, con el propósito de garantizar un desempeño ambiental eficiente y sostenido a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Para sustentar la selección de cada intervención, se aplicó una evaluación técnica, que las categoriza en un nivel de recomendación, alta, media y baja, basada en cuatro dimensiones clave: efectividad, impacto económico, tiempo de implementación y retorno de inversión (ROI). En primer lugar, se calificó la efectividad estimada de cada acción según su potencial de ahorro de agua, energía o de mejora en la calidad del aire interior. Las medidas se clasificaron como de alta, media o baja efectividad, adaptando los umbrales establecidos por el Ministerio de Vivienda (2023). En el caso del recurso hídrico, se consideraron de alta efectividad aquellas acciones con un ahorro superior al 8 %, mientras que para el recurso energético el umbral fue de 5.5 %. En cuanto a calidad del aire, se utilizó el criterio técnico de los recambios de aire por hora (≥4 para auditorios). Por su parte, la categoría de habitabilidad se valoró cualitativamente, indicando si cada medida contribuye o no a la mejora del confort ambiental.

En segundo lugar, se evaluó el impacto económico de cada intervención, clasificándolo como bajo (incremento menor al 1 % del costo total del proyecto), medio (1–1.5 %) o alto (superior al 1.5 %). Se consideró también el tiempo de implementación, agrupando las acciones en corto plazo (1–2 años), mediano (3–4 años) y largo plazo (hasta 5 años). Finalmente, se estimó el retorno de inversión (ROI), estableciendo tres rangos: rápido (menos de 3 años), medio (entre 3 y 5 años) y lento (más de 5 años). Este enfoque multidimensional garantiza que las decisiones no solo se sustenten en metas de desempeño ambiental, sino

también en criterios de viabilidad financiera y de gestión, necesarios para la aplicación efectiva del conjunto de medidas propuestas.

7.2.1 Gestión del Agua en la Etapa Operativa

7.2.1.1 Baterías sanitarias con Tecnología Ahorradora

|Ilustración 23. Sanitario Ultra Ahorrador

Fuente: Imagen tomada de Corona (s.f.)

Este sanitario ultra ahorrador Powermax, disponible en Corona, representa una opción eficiente y sostenible frente a los sanitarios convencionales que no incorporan tecnologías de ahorro, de acuerdo con la ficha técnica del producto[7] este modelo solo utiliza 3.8 litros de agua, mientras que sanitarios tradicionales, es decir sin sistema ahorrador, pueden consumir entre 4,8 y 6 litros de agua. Esto representa no solo un ahorro de agua, sino económico en el consumo mensual de las instalaciones.

[7] Para más información, véase la ficha técnica en https://corona.co/productos/sanitarios/sanitarios-individuales/sanitario-ultra-ahorrador-powermax-blanco/p/O20801001

Con el fin de tener un estimado de la demanda hídrica de los sanitarios en el edificio, se parte del número promedio de ocupantes diarios que es de 300 personas, y se supone que estas personas harán uso 2 veces al día, considerando un consumo de 3,8 l por descarga para 20 días de ocupación del edificio, se puede inferir el consumo mensual = 300 × 2 ×3.8 l × 20 = 45.600 litros/mes o 45,6 m3/mes.

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Bajo Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Rápido**

7.2.1.2 Orinales

Ilustración 24. Orinal sin agua con cartucho

Fuente: Imagen tomada de Corona (s.f.)

Este Orinal sin agua, disponible en corona, representa una opción eficiente y sostenible frente a orinales convencionales que tienen consumo de agua de 1,5 l/m o superior si no incorporan tecnologías ahorradoras, esto representa un ahorro total de agua, de acuerdo con su ficha técnica del producto.[8]

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Bajo Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Rápido**

7.2.1.3 Griferías lavamanos

La elección de esta grifería se da ya que, la referencia LIquid Sense de corona, a partir de su ficha técnica se destaca por su eficiencia hídrica y sustentabilidad, ya que cuenta con sensor para activar el flujo de agua únicamente cuando detecta la presencia de manos, es decir únicamente cuando va a estar en uso efectivo, eliminando el contacto físico y reduciendo significativamente el desperdicio. Esta grifería, de acuerdo con su ficha técnica tiene un consumo de solo 1.3 litros por minuto, lo que representa una mejora notable frente a las griferías tradicionales que pueden llegar a superar los 8 litros de agua por minuto de acuerdo a el banco interamericano de desarrollo (BID, 2019) mientras está en uso, o incluso más de 12 litros por minuto si quedan completamente abiertas (Idral, s.f)

Adicionalmente, cuenta con sistema de cierre automático, tras 20 segundos de inactividad previene el uso innecesario del recurso (Corona, s.f.). Estas características no solo fomentan el ahorro de agua y energía, sino que también mejoran la higiene, lo cual la hace ideal para espacios institucionales y comerciales.

[8] Para más información, véase la ficha técnica en https://corona.co/productos/sanitarios/orinales/orinal-sin-agua-con-cartucho/p/O62121001

Ilustración 25. Grifería LIquid Sense

Fuente: Imagen tomada de Corona (s.f.)

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Bajo Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Rápido**

7.2.1.4 Griferías de cocina

Para la grifería de cocina se elige Grifería Ultra Ahorradora Lavaplatos Monocontrol Cascade Titanio Antimicrobiano de Corona, la cual muestra en su ficha técnica que tiene un consumo de 5,7, cumpliendo con criterios LEED y además por sus materiales garantizan una protección óptima y duradera apartando las bacterias, hongos y virus más comunes, de tal forma que representa un ahorro en consumo de agua en la cocina.

Ilustración 26. Grifería Ultra Ahorradora Lavaplatos Monocontrol Cascade Titanio Antimicrobiano

Fuente: Imagen tomada de Corona (s.f.)

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Bajo Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Rápido**

7.2.1.5 Sistema para la Reutilización de Aguas Lluvia

Para dar solución al requerimiento de uso de aguas lluvias planteado, se escoge usar el método de recolección y potabilización de aguas lluvias planteado por el ingeniero Juan Pablo Gómez Hernández en su tesis de Maestría en Ingeniería en Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Alternativa Domótica para el Suministro de Agua Lluvia en Residencias Urbanas de Manizales.

Este sistema de recolección y tratamiento de agua lluvia propone diversificar las fuentes de agua, lo que también permite responder a los periodos de escasez o cortes de agua, adicional incorpora tecnologías sostenibles como paneles solares, sensores para monitorear la calidad del agua y métodos de tratamiento que evitan químicos., este sistema funciona en varias etapas

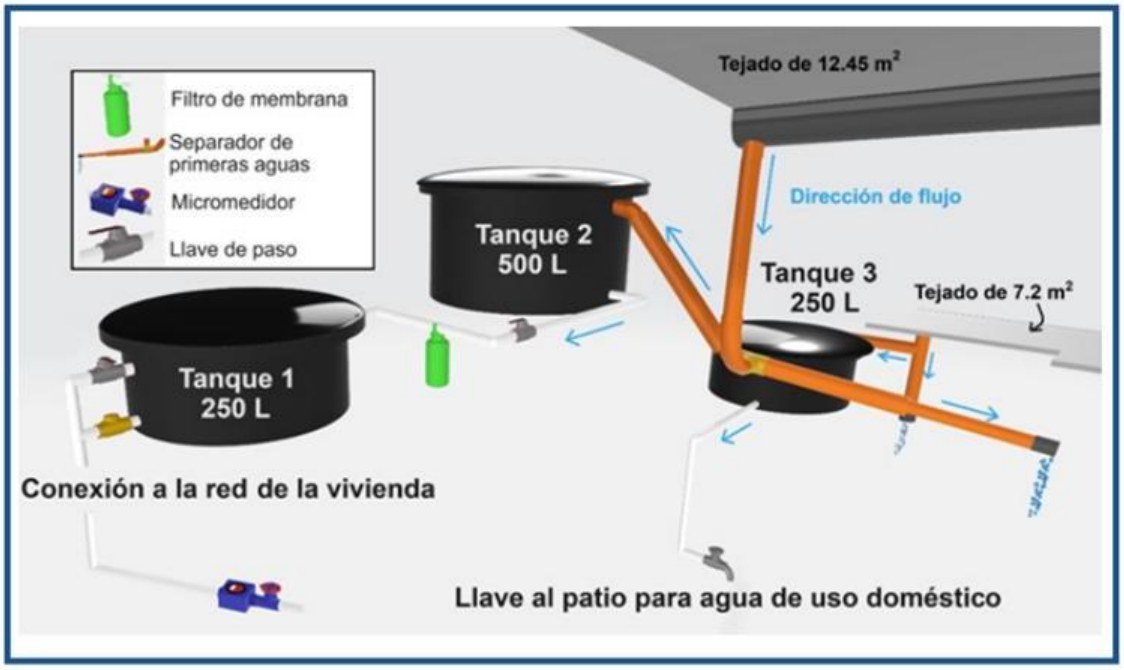


Ilustración 27. Recolección Y Potabilización De Aguas Lluvias

Nota: Tomado de prototipo esquematizado en tridimensional. Gómez (2024)

1. Captación inicial

- Se hace la captación del agua de lluvia que cae sobre un tejado.
- Pasa por una malla o reja, que tiene como función retiene hojas, tierra, piedras, excrementos de aves y otros residuos sólidos.

2. Separador de primeras aguas

- El agua llega a un sistema de tubería con un tubo de PVC que contiene otro más pequeño con una pelota de pimpón que actúa como tapón.
- Este sistema hace que, en los primeros segundos, el agua sucia es que pasa del punto 1 es descartada. Cuando el tubo se llena, la pelota sube y bloquea el paso, desviando el flujo hacia el primer tanque limpio.

- En la parte inferior, una tapa con fisuras permite el vaciado lento (por goteo) del agua residual, dejando espacio para futuras lluvias.

3. Filtración inicial

- El agua entra a un tanque principal de 250 litros, pero este volumen se puede adaptar a la necesidad del edificio.
- Se utiliza un filtro de tela tipo membrana que permite el paso del agua y retiene impurezas.
- Si se instala otro filtro dentro del tanque puede mejorar la limpieza, reduciendo contaminantes hasta en un 50 %.

4. Sedimentación

- El ingreso del agua al tanque se hace por goteo, lo que evita la agitación y favorece la sedimentación natural de partículas más pesadas.

5. Filtración avanzada

- El agua pasa por dos tanques pequeños que actúan como filtros, microfiltración y carbón activado.

6. Desinfección ultravioleta

- El agua tratada llega a un tercer tanque equipado con luz ultravioleta (200–280 nm), esta luz actúa como germinicida, eliminando bacterias como Escherichia coli, Salmonella, Pseudomonas aeruginosa, Coliformes totales.

7. Bombeo y distribución

- Una electrobomba impulsa el agua tratada, simulando la presión de la red convencional.

8. Automatización y monitoreo

- El sistema funciona con energía solar.
- Incorpora sensores que monitorean en tiempo real, la temperatura, el pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos.
- La información se visualiza en una plataforma digital que emite alertas ante anomalías en la calidad del agua.

9. Adaptabilidad

- El sistema puede instalarse en cualquier edificio que tengan condiciones para la captación y cuente con espacio disponible para su instalación, como es el caso del edificio Ópera que tiene un terreno amplio en el parqueadero para la implementación de este sistema.

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Alto Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Largo Plazo**	ROI:	**Lento**

7.2.1.5.1 Aplicación al edificio Ópera

Para la aplicación de un sistema de captación de aguas lluvias se debe realizar la identificación de la superficie de captación siendo este la cubierta del edificio con un área 838 m2 que se miden en planos de cubierta y Según datos del Observatorio Ambiental de Bogotá, la precipitación anual promedio registrada entre los años 2014 y 2023 es de 920,54 mm/m².

Se realiza el cálculo de volumen potencial de captación de aguas lluvias anual, mediante la fórmula de volumen que se infiere de RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000)

$$V = A \times P \times C$$

- **V** = Volumen de agua (m^3)
- **A** = Área de captación (m^2)
- **P** = Precipitación media anual (mm)
- **C** = Coeficiente de escorrentía (se supone un 0.85 para techos duro ya que se desconoce el acabo final de cubierta (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000))

Reemplazando para el caso del edificio Ópera se tiene:

$$V = 838m2 \times 920{,}54mm \times 0.85$$

$$V = 655.700 \text{ litros/ano}$$

$$V = 655{,}7 \text{ m3/año}$$

$$V = 54{,}64 \text{ m3/mes}$$

A partir del cálculo realizado, se estima que el sistema tiene un potencial de captación de aguas lluvias de 52, 64 m2/mes, esto implica que se puede sustituir al 100% el consumo hídrico de sanitarios del edificio.

Este resultado demuestra el potencial significativo de aprovechamiento hídrico a partir de fuentes alternativas, lo cual no solo contribuye a la reducción en el consumo de agua potable, sino que también apoya estrategias de eficiencia hídrica y sostenibilidad alineadas con estándares como EDGE, LEED y los requisitos del RAS Colombia. Implementar este tipo de sistemas resulta técnicamente viable y ambientalmente beneficioso para edificaciones institucionales de mediana y alta ocupación.

7.2.2 Gestión de la Energía en la etapa Operativa

7.2.2.1 Uso de iluminación LED con sensores de ocupación y control automatizado

El uso de la iluminación LED representa un aporte importante a la reducción del consumo de energía, la siguiente tabla muestra el porcentaje de ahorro energético que se puede tener por el cambio de tecnología de las luminarias.

ALUMBRADO INTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	**POR**	**% AHORRO**
Incandescencia	Fluorescentes Compactas	76 %
Incandescencia	LED	85 %
Halógena Convencional	Fluorescentes Compactas	74 %
Halógena Convencional	LED	85 %
Fluorescentes Compactas	LED	35 %
Fluorescente Convencional	LED	55 %
Downlight 52W	LED 18W	65 %
Foco	Foco LED	80 %

Ilustración 28. Ahorro Energético por Sustitución de Lámparas

Nota: Tomado de Ahorro energético por sustitución de lámparas, elaborada por Fernández y Domínguez (2017)

Considerando que la reconversión del edificio Ópera contempla esta tecnología, se propone adicionar el uso de sensores de ocupación, sensores de fotoceldas y control automatizado de iluminación, esto maximizando el ahorro que se muestra por el uso de tecnología LED. Ya que el sistema de control y automatización contempla el uso de sistemas de control de la ocupación, sistema de aprovechamiento de la luz natural mediante los sensores de fotocelda y estableciendo horarios de funcionamiento del edificio, se obtienen ahorros al evitar consumos pasivos no requeridos por ocupación nula de los espacios. (Fernandez y Domínguez, 2017)

Ilustración 29. Sensores de presencia y ocupación con multi – tecnología

Nota: Tomado de las *fichas técnicas de sensores*, por Levinton Manufacturing Co, (2019).

Ilustración 30. Sensores de Fotocelda

Nota: Tomado de las fichas técnicas de sensores, por Levinton Manufacturing Co, (2016).

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Bajo Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Medio**

7.2.2.2 Energías Renovables

7.2.2.2.1 Paneles Solares

Se propone la instalación de un parque solar fotovoltaico sobre la cubierta del edificio, con el objetivo de cubrir con la producción de energía que se genere, parte de la energía eléctrica que consume el edificio, es decir será un sistema de energía eléctrica de autoconsumo.

Para la instalación de los paneles se seleccionó el área demarcada en amarillo de la cubierta del edificio como se muestra en la siguiente imagen, considerando respetar el área de marquesina que tiene el edificio. Considerando que está cubierta tiene orientación sentido oriente occidente tiene una exposición al sol durante el día, se debe considerar que en horas de la tarde puede presentar sombras por el edificio vecino al occidente que es de mayor altura.

Figura 12. Propuesta Instalación Paneles Solares

Fuente: Elaboración propia

Los paneles solares tienen dimensiones de 2,2 x 115 x 0,035 m que pueden distribuirse en la cubierta, seleccionando el panel solar se procede con

Los paneles solares tienen dimensiones de 2,2 x 115 x 0,035 m que pueden distribuirse en la cubierta, seleccionando el panel solar se procede con

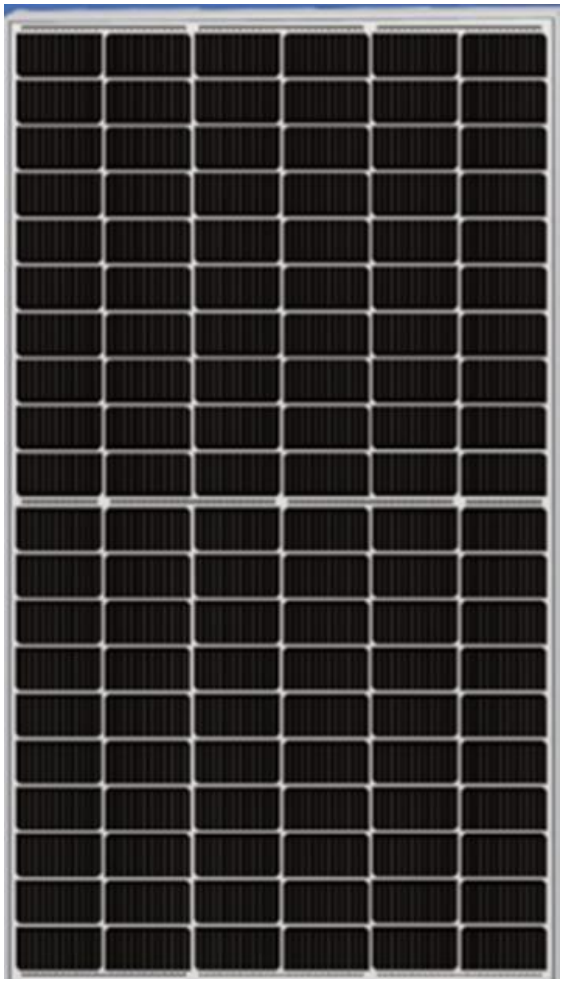


Ilustración 31. Panel Solar

Nota Tomada de la ficha técnica del panel solar ATLAS 530-550W, por Eco Green Energy, (2018)

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Alto Impacto**	Tiempo de implementacio´n:	**Largo Plazo**	ROI:	**Lento**

La estimación de la energía generada por un sistema solar fotovoltaico es fundamental para el diseño y dimensionamiento eficiente de instalaciones solares. Una de las fórmulas más utilizadas para este propósito es energía anual (kWh)=A×G×η×PR×365 (About y Hossain, 2022)

Donde:

- A = Área disponible para paneles (m^2)
- G = Irradiación solar promedio diaria (kWh/m^2/día)
- η = Eficiencia del panel solar
- PR = Performance Ratio (relación entre energía teórica y real)
- 365 = Días del año

Variable	Valor típico en Bogotá
G	4.5 kWh/m^2/día
η	0.18 (18%)
PR	0.80

Calculo

$$\text{Energía anual} = 360 \times 4.5 \times 0.18 \times 0.80 \times 365$$

$$\text{Energía anual} = 85{,}262.4 \text{ kWh/año}$$

Un sistema fotovoltaico de 360 m^2 en el edificio Ópera en Bogotá puede generar cerca 85.000, dependiendo del tipo de panel y del ángulo de inclinación, lo que permite cubrir cerca del 20% de la demanda que puede tener el edificio.

7.2.2.2.2 Monitoreo y Medición de Consumo Energético

La implementación de un sistema de monitoreo y medición energética mediante software es una herramienta importante para la gestión más eficiente, segura y responsable de los recursos energéticos, es un requisito clave en para certificaciones como LEED, EDGE. Estos sistemas permiten que se puedan realizar ajustes en las acciones encaminadas a la disminución de consumo y eficiencia eléctrica del edificio

Efectividad de la tecnologí´a:	**Bajo**	Impacto en costos:	**Impacto Medio**	Tiempo de implementacio´n:	**Mediano Plazo**	ROI:	**Medio**

7.2.3 Gestión del Aire en la etapa Operativa

7.2.3.1 Extractores Eólicos

La cubierta del edificio Opera cuenta con salidas de chimenea que anteriormente fueron usadas como extractores de los restaurantes que funcionaban en el edificio, se propone el aprovechando estas salidas realizando la instalación de turbinas de extracción que aporten a la renovación del aire del edificio.

Este es un sistema de extracción mecánica que se instala en cubiertas y funciona de dos formas, la primera aprovechando el viento con velocidades de min 3 Km/h genera una rotación que obliga a la salida del aire interior. La segunda, aún sin existencia de corrientes de viento, permite la salida de aire caliente por diferencia en la densidad con el aire frio del ambiente, ayudando a la renovación constante de aire en el edificio. ALG (2021)

Ilustración 32. Extractores Eólicos

Nota. Imagen tomada de *Jarnuc* (s.f.).

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Impacto Medio**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Medio**

7.2.4 Gestión de la Habitabilidad en la Etapa Operativa

7.2.4.1 Películas de control solar

Se escoge realizar instalación de películas nano cerámicas de control solar en las ventanas del edificio las cuales brindan alta eficiencia con muy baja absorción, ideales para eficiencia energética. Brindando mejoras en el confort térmico, reducción del deslumbramiento, reducción del calor solar, permiten la transmisión de luz. Se selecciona la Película de Control Solar para Ventanas 3M™ Serie Ceramic Architectural, que permite una transmisión de luz hasta del 80 % y proporciona una reducción del 55% de calor, Reduce el calor interior radiante 61% IR y bloquea el 99% UV.

Ilustración 33. Aplicaciones Recomendadas para la Habitabilidad

Nota: tomada de internet Película de Control Solar para Ventanas 3M™ Serie Ceramic Architectural, 3M, (2025)

Efectividad de la tecnologí´a:	**Medio**	Impacto en costos:	**Impacto Medio**	Tiempo de implementacio´n:	**Medio Plazo**	ROI:	**Lento**

7.2.4.2 Muros Verdes y Jardines

Para el edificio Ópera se decide la implementación de muro verde en la fachada del costado de la calle 26, esto ya que la fachada se encuentra aún dentro de los linderos de la propiedad y permite generar un espacio más natural para los habitantes. Esto da una nueva imagen a la fachada y aporta mejorar las condiciones de habitabilidad, además de permitir el procesamiento de contaminantes como CO2

Ilustración 34. Fachada Lateral Costado Calle 26.

Nota: elaboración propia

El actual Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 555 de 2021) establece que una de sus prioridades es avanzar hacia un hábitat urbano sostenible, lo cual se alinea con las acciones proyectadas para el edificio Ópera. El POT propone mejorar la calidad de vida y la salud de los habitantes, al tiempo que protege la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio. En ese marco, la renaturalización de espacios ya construidos es clave, y se plantea como una estrategia para adaptar la ciudad al ciclo hidrológico natural. Esto incluye estrategias como la infiltración, retención y reutilización del agua lluvia, estrategias que ya se plante implementar en el edificio. Donde los jardines verticales son una de las tecnologías que se tienen en el Plan de Renaturalización para Bogotá y la estrategia de Renovación Urbana Verde. Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, (2024)

Los jardines propuestos para el edificio Ópera tienen un alto potencial de articulación ecológica con el tejido urbano, particularmente cuando su diseño incorpora criterios de conectividad funcional y biodiversidad. Esta perspectiva se alinea con los objetivos establecidos en el Acuerdo 911 de 2023 del Consejo de Bogotá, el cual promueve la protección de especies polinizadoras mediante la creación e implementación de corredores ecológicos urbanos. Dicho acuerdo constituye un marco normativo que

orienta la planificación de infraestructura verde, reconociendo el rol estratégico de los jardines como focos de hábitat y tránsito para polinizadores dentro del sistema ecológico de la ciudad.

Ilustración 35. Jardín Vertical

Nota Tomada del Catálogo de techos verdes y jardines verticales. Universidad Javeriana. Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, (2024)

Efectividad de la tecnologí´a:	**Alta**	Impacto en costos:	**Impacto Medio**	Tiempo de implementacio´n:	**Corto Plazo**	ROI:	**Medio**

8 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE REPOTENCIACIÓN SOSTENIBLE PARA EDIFICIOS EXISTENTES

La Matriz de repotenciación sostenible para edificaciones existentes, aplicada al edificio Opera, constituye una herramienta de análisis integral destinada a evaluar las condiciones actuales, convencionales y sostenibles del edificio. Su estructura responde a una lógica sistemática que articula distintos componentes técnicos del inmueble, en dos momentos, por un lado, en la etapa de obra, donde se tienen en cuenta cuatro categorías de análisis: Gestión del agua, aire, energía y gestión de materiales y tecnologías sostenibles.

La sección de la matriz correspondiente a la etapa de obra se organiza bajo una estructura que vincula tres dimensiones fundamentales:

- **Criterio:** Constituye el principio orientador de cada grupo de acciones. Se trata de los criterios sostenibles construidos previamente, los cuales expresan la finalidad ambiental que da sentido a las acciones subsiguientes.
- **Acciones:** La segunda columna desarrolla las acciones propuestas bajo cada criterio. Estas acciones son específicas, ejecutables y adaptables al contexto de obra
- **Afectaciones cruzadas:** Que dan cuenta de los efectos indirectos o colaterales que cada acción puede tener sobre otra categoría de análisis, más allá de la categoría principal, gestión del agua, aire, energía y habitabilidad.

Este enfoque interconectado fortalece la capacidad de la matriz para ser utilizada no solo como inventario de buenas prácticas, sino como herramienta estratégica para tomar decisiones de implementación con visión multidimensional y de mínimo impacto ambiental.

Por otra parte, en la etapa de proyección operativa, la matriz se estructura inicialmente en cuatro categorías de análisis: gestión del agua, energía, aire y habitabilidad. A partir de estas categorías, la organización de la matriz se desarrolla a través de dos niveles: el sistema, que corresponde al componente funcional del

edificio sujeto a análisis, y el elemento, que identifica la unidad física o componente específico dentro de cada sistema.

A partir de lo anterior se desarrolla:

1. **Estado Actual:** Corresponde a una descripción sintética del componente evaluado, basada en los hallazgos del diagnóstico
2. **Intervención Modelo convencional de reconversión:** Corresponde a lo planteado originalmente para la reconversión del edificio, es decir, sin incorporar aún el modelo de repotenciación sostenible.
3. **Modelo sostenible**: Corresponde a la sistematización propuesta a partir del análisis integral desarrollado en las cuatro fases del modelo
   - **A. Criterio aplicado:** Constituye el principio orientador de cada grupo de acciones. Se trata de los criterios sostenibles construidos previamente, los cuales expresan la finalidad ambiental que da sentido a las acciones subsiguientes.
   - **B. Tecnología, intervención o acción**: Este campo describe la solución técnica concreta que se propone implementar para materializar los criterios sostenibles.
   - **C. Afectación cruzada:** que dan cuenta de los efectos indirectos o colaterales que cada acción puede tener sobre otra categoría de análisis, más allá de la categoría principal, gestión del agua, aire, energía y habitabilidad.
   - D. **Efectividad De La Tecnología, Intervención o Acción**: Este campo expresa el potencial estimado de ahorro en el consumo de agua o energía que puede generar cada medida, así como la efectividad para la gestión del aire. Se clasifican en tres niveles, adaptados de los parámetros establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en su *Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones (2023).*

	Agua	Energía	Aire
Alta	medidas con un potencial de ahorro superior al 8 %	medidas con un potencial de ahorro superior al 5.5 % en energía.	4 recambios de aire por hora para auditorios
Media	Intervenciones que generan entre 2.5 % y 8 % de ahorro en agua,	Intervenciones que generan entre 2.5 % y 5.5 % de ahorro en energía.	NA
Baja	Ahorro potencial inferior al 2.5 %	Ahorro potencial inferior al 2.5 %	<4 recambios de aire por hora para auditorios

Tabla 11. Efectividad De La Tecnología, Intervención o Acción

Nota: Elaboración propia

E. Finalmente, para la categoría de análisis de la gestión de habitabilidad, se presenta una categorización para la efectividad de: Contribuye o No contribuye

F. Costo: Este campo representa el impacto estimado de cada medida sobre el costo total del proceso de reconversión. Se clasifica en tres niveles, adaptados de la *Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones* (MinVivienda, 2023).

- Bajo impacto generan un aumento menor al 1 % del costo total del proyecto
- Impacto medio representan un incremento entre el 1 % y el 1.5 % del costo total del proyecto
- Alto impacto supera el 1.5 % del costo total del proyecto

G. Tiempo de implementación: Este campo señala el plazo estimado requerido para ejecutar cada intervención dentro del marco temporal del modelo. Se clasifica en tres rangos: corto plazo (1 a 2 años), mediano plazo (3 a 4 años) y largo plazo (5 años), siendo este último el límite máximo considerado para la aplicación completa del conjunto de acciones proyectadas.

H. ROI: Este campo indica el plazo estimado en el que una medida logra recuperar su inversión a partir del ahorro generado en agua o energía. La clasificación se adapta de los lineamientos del

Ministerio de Vivienda (2023) y se organiza en tres niveles: Rápido, cuando el retorno ocurre en menos de 3 años; Medio, entre 3 y 5 años; y Lento, cuando supera los 5 años.

I. Impactos: Este sistema de evaluación está inspirado en la matriz de Leopold et al (1971), una herramienta pionera en la evaluación de impacto ambiental que permite analizar de forma sistemática los efectos de una acción sobre distintos componentes del entorno. Adaptado al contexto de proyectos arquitectónicos, el método combina dos dimensiones: magnitud, que mide cuánto cambia la situación actual (positiva o negativamente) en una escala de -10 a +10, e importancia, que valora cuán relevante es ese cambio para los objetivos del edificio o del proyecto, en una escala de 1 a 10.

Indicador	**¿Qué mide?**	**Escala**	**Cómo se interpreta**
Magnitud (M)	Qué tanto cambia la situación actual debido a la acción propuesta.	-10 a +10	Valores negativos indican impactos negativos; valores positivos, impactos beneficiosos.
Importancia (I)	Qué tan relevante es ese cambio para el edificio o el proyecto.	1 (baja) a 10 (alta)	Evalúa si ese cambio es central o marginal en los objetivos de sostenibilidad, funcionalidad o habitabilidad.
Guía para asignar valores:			
Magnitud (M)			
de +8 a +10	Cambio transformador, estructural, mejora profunda.		
de +4 a +7	Mejora significativa, visible e importante.		
de +1 a +3	Mejora leve, puntual, pero positiva.		
0	Sin cambio relevante.		
de -1 a -3	Impacto leve, negativo o restrictivo.		
-4 a -7	Impacto negativo moderado o recurrente.		
-8 a -10	Impacto crítico, estructural o irreversible.		
Importancia (I)			
9 a 10	Cambio central para los objetivos del proyecto.		
6 a 8	Cambio importante, aunque no determinante.		
3 a 5	Cambio complementario o secundario.		
1 a 2	Cambio marginal, simbólico o con poco efecto real.		

Tabla 12. Escalas de Evaluación para Magnitud e Importancia del Impacto Según Matriz Adaptada de Leopold

Nota: Elaboración propia

Matriz de Modelo Sostenible Edificio Ópera- Obra

	SIstema	Criterio	Acción	Afectaciones Cruzadas	Implementado/No implementado	Observaciones
	AGUA	Uso eficiente del agua en obra.	Uso de baños secos o sanitarios de bajo consumo que se adecuen para la obra y que tengan condiciones de higiene.	Habitabilidad, Energía	No Implementado	
			Capacitaciones al personal sobre el uso racional del agua	Habitabilidad	No Implementado	
		Recolección y reutilización de aguas pluviales.	Recolección de aguas lluvias mediante sistemas	Habitabilidad	No Implementado	
			Curado de concreto con diferentes tecnologías que permitan	Energía	No Implementado	
			Estaciones de lavado con uso de aguas lluvias especialmente para limpieza de herramientas.	Habitabilidad, Energía	No Implementado	
		Tratamiento y reutilización de aguas grises en el sitio.	Tratamiento y reutilización de aguas grises en el sitio.	Habitabilidad	No Implementado	
		Control de escorrentías para evitar contaminación de cuerpos de agua cercanos.	Control de escorrentías para evitar contaminación, incluyendo barreras de protección, zanjas perimetrales y manejo adecuado de vertimientos temporales.	Habitabilidad	No Implementado	
	Energía	Uso eficiente de energía en maquinaria y equipos.	Mantenimiento preventivo de maquinaria, reduciendo la probabilidad de daños o consumos mayores por ineficiencia, especialmente combustibles fósiles.	Habitabilidad, Aire, Agua	No Implementado	
			Capacitaciones al personal sobre el uso racional de la energía.	Habitabilidad, Aire, Agua	No Implementado	
			Apagado de maquinaria que no esté en uso, o que esté en stand-by	Habitabilidad, Aire, Agua	No Implementado	
		Reducción del consumo de combustibles fósiles en transporte y operación.	Adquisición y uso de materiales y maquinaria local	Aire, Agua, Habitabilidad	No Implementado	
		Iluminación eficiente en el sitio de construcción.	Energía solar para usar en el campamento o para cargar de celulares.	Habitabilidad, Aire, Agua	No Implementado	
			Iluminación LED en instalaciones temporales	Habitabilidad, Aire, Agua	No Implementado	
	Aire	Reducción de emisiones de polvo y partículas.	Limpieza periódica de vías internas de circulación y	Habitabilidad, Agua	No Implementado	
			Control de polvo y partículas en suspensión, mediante riego	Habitabilidad, Agua	No Implementado	
		Uso de materiales bajos en compuestos orgánicos volátiles (COV).	Uso de materiales bajos en compuestos orgánicos volátiles (COV).	Habitabilidad, Agua	No Implementado	
		Control de emisiones de maquinaria y equipos.	Reducción del uso de productos con compuestos orgánicos volátiles (COV) como pinturas, adhesivos y sellantes.	Habitabilidad	No Implementado	
		Plan de mitigación del ruido.	Diseño de cronogramas para la maquinaria que genera ruido,	Habitabilidad	No Implementado	
	Materiales	Selección de materiales sostenibles.	Incorporación de materiales con certificación sostenible	Aire, Energía, Agua, Habitabilidad	No Implementado	
		Eficiencia en la producción y transporte	Compra de materiales locales a menor distancia	Energía	No Implementado	
		Durabilidad y mantenimiento.	Selección de materiales atendiendo al ciclo de vida	Habitabilidad, Aire, Agua, Energía	No Implementado	
		Disposición de residuos.	Reutilización de escombros en la misma obra, especialmente en rellenos, senderos o bases.	Energía, Agua, Aire, Habitabilidad	No Implementado	
			Gestión de residuos (RCD) con separación en origen, puntos de acopio definidos y disposición autorizada.	Aire, Agua, Energía, Habitabilidad	No Implementado	
			Aprovechamiento y reciclaje de materiales del edificio y obra para disminución máxima de residuos	Aire, Agua, Energía, Habitabilidad	No Implementado	

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE REPOTENCIACIÓN SOSTENIBLE PARA EDIFICIOS EXISTENTES: EDIFICIO ÓPERA

Etapa	Categoría	Sistema	Elemento	Estado actual	Intervención Modelo convencional de reconversión	MODELO SOSTENIBLE								
						Criterio aplicado	Tecnología, intervención o acción	Afectaciones cruzadas	Efectividad de la tecnología intervención o acción	Impacto en costos	Tiempo de implementación	ROI	Magnitud (m)	Importancia (i)
Etapa operativa	Agua	Agua Potable	Tanque y bomba de agua potable	Elementos sobredimensionados en ubicación inadecuada con dificultad de mantenimiento y consecuencias en la salud de los habitantes	La propuesta de reconversión contempla la modernización de la red hidráulica y sanitaria, la reubicación de un tanque de almacenamiento de agua con dimensiones ajustadas a las nuevas condiciones de uso que tendrá el edificio.	Adopción de automatización y eficiencia hídrica.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Agua Potable	Sistema suministro (Tuberías)	Sistema de red de suministro en condiciones buenas de funcionamiento en el estado actual.	La propuesta de reconversión, sin tener considerado criterios sostenibles, tiene afectaciones a los criterios establecidos.	Adopción de automatización y eficiencia hídrica.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Agua Potable	Aparatos sanitarios	Sanitarios funcionales, con alto consumo de agua	La reconversión contempla el cambio de sanitarios por más modernos, sin criterios de ahorro sostenible	Uso eficiente y reducción del consumo hídrico. Adopción de automatización y eficiencia hídrica.	Uso de sanitarios con consumos hídricos menores de 4l por descarga	Habitabilidad	Alta	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	10	10
		Agua Potable	Orinales	Orinales funcionales, con alto consumo de agua	La reconversión contempla el cambio de sanitarios por más modernos, sin criterios de ahorro sostenible	Uso eficiente y reducción del consumo hídrico. Adopción de automatización y eficiencia hídrica.	Uso de orinales de bajo flujo, con consumos inferiores a 1.5 l/m	Habitabilidad	Alta	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	10	10
		Agua Potable	Grifería	Griferías funcionales con consumos elevados de agua	La reconversión contempla el cambio de griferías por más modernos, sin criterios de ahorro sostenible	Uso eficiente y reducción del consumo hídrico.	Uso de griferías con tecnología de sensor de proximidad y consumos de hasta 1.3 l/m para lavamanos	Habitabilidad, Energía	Alta	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	10	10
						Adopción de automatización y eficiencia hídrica.	Uso de griferías con tecnología de sensor de proximidad y consumos hasta 5,7 l/m para lavaplatos.		Alta	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	10	10
		Aguas residuales	Red de tuberías, tanque de almacenamiento y bomba eyectora	El sistema es obsoleto, con probabilidad de falla y afectaciones sanitarias al edificio	La reconversión contempla la modernización completa del sistema de red de aguas residuales y su sistema de eyección	N/A	La Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2023).	N/A	Alta	Alto Impacto	Largo Plazo	Lento	10	2
		Aguas pluviales	Red de aguas pluviales	El edificio tiene un sistema de conducción de aguas lluvias que las dirige y descarga directamente al alcantarillado de la ciudad	No se contempla acción	Recolección y aprovechamiento de aguas lluvia	Implementación de sistema de recolección y tratamiento de agua lluvia	Habitabilidad	Alta	Alto Impacto	Mediano Plazo	Medio	10	8
		Red contra incendio	Red contra incendios	El edificio no cuenta con un sistema de red contra incendios	La reconversión plantea la instalación de un sistema de red contra incendios con el fin de cumplir normativa actual. La propuesta de integración del sistema de red contra incendios tiene impactos en criterios sostenibles de habitabilidad.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
	Energía	Red eléctrica general	Cableado, conexiones eléctricas	El edificio cuenta con conexión eléctrica por operador, con señales de desgaste y más estado.	La reconversión plantea la renovación del sistema de red eléctrica, con el fin de cumplir la normativa vigente	N/A	N/A	N/A	Media	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	0	3
		Cuarto y tableros eléctrico	Cuarto y tablero eléctricos	Si bien el edificio cuenta con cuarto eléctrico y tableros, estos se encuentran en un espacio inadecuado por sus condiciones de seguridad y por el estado de deterioro.	La reconversión plantea la reubicación del cuarto eléctrico y uso de tableros modernos que cumplen con la normativa RETIE	N/A	N/A	N/A	Media	Bajo Impacto	Corto Plazo	Rápido	0	3
		Planta eléctrica	Planta eléctrica	El edificio no cuenta con planta eléctrica	La reconversión propone la instalación de una planta eléctrica. No se tiene detalles de la selección de planta eléctrica o su tecnología	Eficiencia energética y uso racional de energía	Tecnología inverter y de uso de combustibles más sostenibles	Aire	Baja	Impacto Medio	Corto Plazo	Lento	4	7
		Iluminación	Luminarias	El edificio cuenta con luminarias de alto consumo energético	La reconversión plantea la instalación de nuevas luminarias LED. No se contemplan acciones sostenibles complementarias al cambio de luminarias	Eficiencia energética y uso racional de energía Adopción de sistemas de automatización y eficiencia energética	Uso de iluminación LED con sensores de ocupación y control automatizado	Habitabilidad	Alta	Bajo Impacto	Corto Plazo	Medio	10	10
		Energía solar	Sistema de generación de energía solar	El edificio no cuenta con este sistema	No se contempla acción	Integración de energías renovables	Instalación de sistema energía fotovoltaica	Habitabilidad	Alta	Alto Impacto	Largo Plazo	Lento	10	8
	Aire	Confort Higrotérmico	Edificio	El edificio tiene zonas comunes con espacios abiertos y alturas considerables las cuales aportan a la ventilación y el confort, se evidencia que el edificio no cuenta con ventilación mecánica o extracción. Se debe tener especial atención con los auditorios y los baños	La reconversión propone la recuperación de espacios sin realizar intervenciones grandes en el volumen, o fachadas del edificio.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Ventilación natural	Edificio	El edificio tiene en general espacios abiertos y alturas importantes que permiten la ventilación por fachadas gracias a las ventanas y puertas.	No se contemplan acciones, sin embargo gracias a la distribución del edificio y sus ventanales, se genera una ventilación natural buena	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Humedades y Moho	Edificio	El edificio presenta zonas con humedades y zonas con aparición de hongos y moho especialmente en muros y techos.	La reconversión plantea la reparación que causan las humedades y filtraciones de agua, así como la reparación de las lesiones que se generaron, resolviendo la presencia de hongos y moho.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Renovación / calidad del aire	Extractores o ventilación mecánica	El edificio no cuenta con sistemas de ventilación mecánica o sistemas de extracción de aire	No se contemplan acciones. El edificio cuenta con salidas tipo chimenea en la cubierta en la que puede tener extractores eólicos que no se contempla en la reconversión.	Calidad del aire interior (ventilación natural y filtración)	instalación de extractores eólicos que aporten a la renovación de aire	Habitabilidad	Alta	Impacto Medio	Corto Plazo	Medio	8	8
	Habitabilidad	Uso del espacio	Edificio	El edificio se encuentra siendo usado en aproximadamente 20%, este porcentaje permite indicar que es un edificio deshabitado o deshabitado	La reconversión plantea la recuperación, rehabilitación de todos los espacios del edificio para hacer uso del edificio.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1
		Control solar en ventanas	Edificio	El edificio no cuenta con tecnología de control solar	Las ventanas generan una protección para el ruido exterior pero requieren tratamiento para el control solar que no se contempla en la reconversión.	Confort térmico, lumínico y acústico para los usuarios	Instalación de películas de control solar que permitan el paso de luz	Aire, Energía	Media	Impacto Medio	Mediano Plazo	Medio	5	7
		Muros y jardines verdes	Edificio	El edificio no cuenta con jardines verdes	El edificio cuenta con espacios que permiten la instalación de jardines, tanto horizontales como verticales, que no es contemplado por la reconversión.	Adopción de paisajismo sostenible	Instalación de jardines verticales en fachada del parqueadero	Aire, Habitabilidad, Agua	Alta	Impacto Medio	Corto Plazo	Medio	10	10

Tabla 13. Matriz de evaluación de repotenciación sostenible para edificios existentes

Nota: Elaboración Propia

9 CONCLUSIONES

Este capítulo presenta las principales conclusiones derivadas de la formulación y aplicación del modelo de repotenciación sostenible en el Edificio Ópera. A partir del enfoque sistémico adoptado, se sintetizan los hallazgos más relevantes sobre su viabilidad técnica, los desafíos identificados y las oportunidades de sostenibilidad que ofrece intervenir edificaciones existentes.

AGUA

- El edificio presenta condiciones óptimas para el aprovechamiento de agua lluvia, con una cubierta de 838 m² lo que representa un potencial de captación de 52,64 m^3 al mes, lo que permite suplir el consumo hídrico de agua potable por agua reciclada para los sanitarios.
- Las estrategias propuestas permitirán alcanzar un ahorro de agua potable de hasta 38%, considerando el uso de aguas lluvias y aparatos sanitarios eficientes.
- La implementación en el modelo de orinales, sin consumo de agua para su funcionamiento, representa un ahorro estimado de entre 6.000 y 18.000 litros de agua al mes; considerando 150 usuarios aproximadamente, ya que un orinal convencional puede llegar a utilizar entre 1 y 3 litros de agua por descarga, con un uso promedio de 2 veces al día por persona.

ENERGÍA

- Solo el 15% de las luminarias existentes en el edificio son de tecnología LED, ya que se han cambiado a medida de las necesidades. Esto representa un potencial de ahorro de energía de más del 35% en iluminación si se hace la sustitución completa en lugar de usar iluminación incandescente.
- Con la instalación de paneles solares fotovoltaicos, contemplada en la estrategia por fases a largo plazo, dejando la infraestructura requerida en el corto plazo, se puede llegar a generar cerca de

85,262.4 kWh/año, permitiendo cubrir una tercera parte del consumo total anual eléctrico del edificio, que puede optimizarse con medidas de eficiencia energética complementarias.

AIRE

- La instalación de turbinas en las salidas de chimenea del Edificio Ópera reutiliza eficientemente la infraestructura existente, integrando principios de economía circular y ciclo de vida. Este sistema mejora la ventilación en un 15 % **(**de 5.3 a 6.1 ACH) y puede alcanzar las tasas de renovación recomendadas por la OMS, sin consumo eléctrico, reduciendo así el impacto ambiental y los costos operativos.
- Los muros verdes, como el propuesto en el modelo, pueden capturar entre 0,3 y 0,8 kg/m²/año de material particulado, además de absorber gases como CO_2. Un jardín vertical de 100 m² puede remover hasta 80 kg de contaminantes al año, mejorando significativamente la calidad del aire y contribuyendo al bienestar de los habitantes.

HABITABILIDAD

- La adaptabilidad estructural permite intervenir el 80% de los espacios sin afectación mayor, lo que facilita una estrategia por fases permitiendo habilitar el edificio de forma temprana y adaptándolo sosteniblemente en el corto, mediano y largo plazo, como se analiza en la matriz de evaluación de repotenciación sostenible.

GENERALES

- La matriz diseñada permite evaluar cada acción del modelo con indicadores concretos de magnitud, importancia, costo, tiempo de implementación y retorno de inversión (ROI), lo que convierte al modelo en una herramienta proyectiva replicable.

- Como los estudios de vulnerabilidad sísmica y cimentación, avalan las condiciones estructurales y de estabilidad, se logra determinar con el modelo la viabilidad técnica y la disponibilidad espacial de acuerdo con los planos y diseños, para desarrollar la repotenciación sostenible para el Edificio Ópera, sin requerir la demolición.
- El diagnóstico evidenció que los sistemas actuales del edificio —hídrico, energético, aire y habitabilidad— son funcionales pero obsoletos, lo que implica que no cumplen con la normativa vigente, criterios de eficiencia, ni con estándares actuales de sostenibilidad, lo que refuerza la necesidad de repotenciación.
- El modelo mostró que es posible pasar de una lógica de reconversión funcional a una repotenciación con enfoque ambiental, humano y urbano sin alterar la estructura ni expandir el área construida.
- Se identificó una brecha normativa y operativa en Colombia: si bien existen políticas que promueven la sostenibilidad, no hay suficientes incentivos ni modelos concretos aplicables a edificios antiguos en operación o que requieran repotenciación.

10 ECOMENDACIONES

Derivado del proceso de análisis, formulación y aplicación del modelo, se evidencian múltiples líneas de acción que pueden fortalecer, complementar y ampliar sus alcances en futuras implementaciones. Estas recomendaciones se fundamentan tanto en los hallazgos técnicos como en las reflexiones conceptuales y normativas que orientan el documento.

- Es pertinente enriquecer las intervenciones a edificaciones existentes adoptando otras dimensiones sostenibles como la gestión de residuos, la movilidad urbana, el manejo de materiales y la biodiversidad, que, si bien no se abordan en este modelo por razones metodológicas, son esenciales para una comprensión más integral de la sostenibilidad en los edificios.
- La formulación de modelos para el mantenimiento sostenible resulta clave para garantizar que las intervenciones propuestas se sostengan operativamente en el tiempo y no se diluyan por falta de seguimiento, ajustes o preservación técnica.
- El componente social puede ampliarse más allá de la habitabilidad, incorporando aspectos de pertenencia espacial, salud mental, equidad territorial y participación ciudadana, en coherencia con una sostenibilidad centrada en el ser humano.
- La incorporación de tecnologías de monitoreo en tiempo real para variables como consumo hídrico, eficiencia energética y calidad del aire interior permitiría evaluar con mayor precisión el impacto de las estrategias implementadas en la etapa operativa.
- Integrar una dimensión participativa continua, incorporando percepciones y demandas de usuarios, ocupantes o comunidades cercanas al edificio, lo cual facilitaría una adaptación más sensible a las necesidades reales de los usuarios.
- Contemplar simulaciones financieras exhaustivas, para ampliar la precisión en proyecciones de ahorro, costos acumulados y retorno económico de las medidas implementadas.

- Se recomienda continuar con estudios complementarios que desarrollen versiones especializadas del modelo para edificaciones patrimoniales, de uso residencial o institucional, respetando sus particularidades.

11 Bibliografía

ABC. (2019). *Antiguas prisiones convertidas en hoteles de lujo – Het Arresthuis (Países Bajos).* Diario ABC (España).

Aire Limpio Global [ALG]. (2021). *Extractor Eólico. Disfruta de un ambiente confortable y saludable.*

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2024). *Distrito habilitará más de 14 mil soluciones de vivienda en zonas de Bogotá.*

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2023). *Decreto 582 de 2023: Por el cual se reglamentan las disposiciones de Ecourbanismo y Construcción Sostenible del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones.*

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2019). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019: Ventilation for acceptable indoor air quality.*

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *Guía 5: Rehabilitación sostenible de edificaciones.* En Guías de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá. Universidad Pontificia Bolivariana.

Avendaño Castro, W., Rueda Vera, G., y Velasco Burgos, B. (2021). *Construcción sostenible en Colombia: Análisis a partir del Proyecto de Ley No. 208/2019 Cámara.* Revista de Ciencias Sociales (RCS).

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019). *¿Cuánta agua consumes realmente por día? BID Blogs.*

Bowen, G. A. (2009). *Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal,* 9(2), 27–40.

Bunge, M. (2000). *La investigación científica: Su estrategia y su filosofía.* Siglo XXI Editores.

Cai, W., Zhang, C., Wang, G., y Yang, X. (2021). *Building energy consumption benchmarks for urban building typologies: A case study in China. Energy and Buildings*, 244, 110915. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110915

Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., y Castell, A. (2014). *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 29, 394–416.

Chartered Institution of Building Services Engineers. (2019). *Guide F: Energy efficiency in buildings. CIBSE.*

Chusid, J. (2015). *Analyzing historic buildings: A guide to architectural investigation. Getty Conservation Institute.*

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (2024). *Estado de la construcción sostenible en Colombia.*

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (2021). *Guía para la gestión sostenible y circular del agua en edificaciones.*

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2022). *Hoja de ruta nacional de edificaciones neto cero carbono*.

Consejo de Bogotá, D.C. (2023). Acuerdo 911 de 2023: *Por el cual se incorpora la figura de Corredores para Polinizadores como una estrategia de mitigación ante el cambio climático y se dictan otras disposiciones.*

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2018). *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles (Documento CONPES 3919).* Departamento Nacional de Planeación.

Corficolombiana (Corfi). (2022). *Propuesta de reconversión edificio Ópera.*

Corona. (s.f.). *Grifería Liquid Sense.*

Corona. (s.f.). *Grifería Ultra Ahorradora Lavaplatos Monocontrol Cascade Mate Black Antimicrobiano.*

Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.).* SAGE Publications.

Cruz, A. (2022). *El Parlamento alemán realiza el 85% de sus funciones con energías limpias.* La Crónica de Hoy.

Delgado, J. M. P. Q. (Ed.). (2022). *Building rehabilitation and sustainable construction.* Springer.

Digitemie, W. N., y Ekemezie, I. O. (2024). *A comprehensive review of Building Energy Management Systems (BEMS) for improved efficiency. World Journal of Advanced Research and Reviews,* 21(3), 829–841. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0746

Du Plessis, C. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. CSIR Building and Construction Technology.*

EFE. (2024). *Las corridas de toros agonizan en Portugal.*

Enel Green Power. (s.f.). *Aerogenerador.*

Fernandez, F., y Domínguez, J. (2017). *Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas y despachos. Medidas para la eficiencia energética,* 2(1), 13–49.

Fonseca, A., Rojas, L., y Martínez, C. (2020). *La rehabilitación como herramienta de regeneración urbana en Bogotá.* Universidad La Gran Colombia.

Gamba Fuentes, M. A. (2021). *Instalaciones técnicas sostenibles: su gestión en la arquitectura y el urbanismo [Documento de proyecto]*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Sede Bogotá.

Gleick, P. H. (2003). *Water use. Annual Review of Environment and Resources,* 28(1), 275–314. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122849

Gobierno de la Ciudad de México. (2024*). Entregamos rehabilitación de Unidad Habitacional "2 de Abril".*

González, M., Roldán, M., y Vera, D. (2019). *Diagnóstico y evaluación de edificios existentes como base para la rehabilitación energética. Informes de la Construcción,* 71(555), e313. https://doi.org/10.3989/ic.64872

Groat, L., y Wang, D. (2013). *Architectural research methods (2nd ed.).* John Wiley & Sons.

Henriques da Silva, R., y Elías, M. (2021). *La plaza de toros Campo Pequeno en las Avenidas Novas de Lisboa. Preservación del Patrimonio,* 37, 44–56. https://doi.org/10.14568/cp2020005

Hernández, S. (2022). *Diagnóstico en la rehabilitación sostenible en edificaciones de Bogotá.*

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.ª ed.).* McGraw-Hill Education.

Herrera, A., y González, D. (2018). *Evaluación de alternativas de repotenciación en una estructura en pórticos de mediana altura construida con el Código Colombiano Sismo Resistente (1984).*

Huang, H., Zhu, K., y Lin, X. (2023). *Research on formulating energy benchmarks for various types of existing residential buildings from the perspective of typology: A case study of Chongqing, China. Buildings,* 13(5), 1346. https://doi.org/10.3390/buildings13051346

Hurtado de Barrera, J. (2012). *Metodología de la investigación holística: Paradigmas y aplicaciones (3.ª ed.).* CIEA-Sypal.

Idral. (s.f.). *Ahorro del 70% en costos de agua y energía.*

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (P. R. Shukla et al., Eds.).* Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Informe de síntesis del Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6): Cambio climático 2023.* IPCC.

International Energy Agency (IEA). (2022). *Energy Efficiency 2022.*

International Finance Corporation. (2021). *EDGE technical standard: Excellence in design for greater efficiencies.* IFC.

International Finance Corporation (IFC). (2022). *EDGE: Excellence in Design for Greater Efficiencies – Version 3.0 Technical Guide.*

Jones, R. (s.f.). *Clásicos de Arquitectura: Tate Modern / Herzog y de Meuron.*

Leaf Latam. (s.f.). *Análisis de ciclo de vida de un edificio: Clave para una construcción sostenible.*

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., y Balsley, J. R. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact (U.S. Geological Survey Circular 645).* U.S. Department of the Interior. https://doi.org/10.3133/cir645

Liu, C., Zhang, Q., Fan, Y., Lin, G., y Huang, Z. (2024). *Research on diagnosis and assessment processes and methods for existing residential buildings based on intelligent assistance models. Buildings,* 14(10), 3062. https://doi.org/10.3390/buildings14103062

Márquez, D. (2022). *Hoja de ruta para potenciar la construcción sostenible en Colombia, en el marco del desarrollo y estructuración de la mesa de construcción sostenible Colombia-Suiza.*

Martínez, P., Gutiérrez, J., y Ramírez, C. (2021). *Adaptive reuse of buildings: A sustainable approach. Journal of Urban Planning,* 35(4), 212–228.

Mazo, R. E. (2019). *Repotenciación de estructuras de hormigón [Trabajo de grado, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid]*.

MinAmbiente. (2021). *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles.*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Construcción sostenible*

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). Resolución 194: Por medio de la cual se definen los parámetros y lineamientos de construcción sostenible, se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, se sustituye la Resolución 0549 de 2015 y se dictan otras disposiciones.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015*). Resolución 549 de 2015: Por la cual se reglamenta él y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.* Diario Oficial No. 49.591.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). A*nexo 1 – Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.*

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*

Naciones Unidas. (s.f.). *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible,* Johannesburgo 2002.

Oliveira, A. M. C. P., Lanzinha, J. C. G., y Kern, A. P. (2024). *Building rehabilitation: A sustainable strategy for the preservation of the built environment. Sustainability*, 16(2), 553. https://doi.org/10.3390/su16020553

One Planet Network. (2020). *Value-chain analysis for the construction sector.* United Nations Environment Programme.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Directrices de la OMS sobre vivienda y salud: resumen de orientación. Ginebra: OMS.*

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., y Pout, C. (2008). *A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings*, 40(3), 394–398.

Pinilla Vera, L. C. (2010). *Construcción sostenible en Colombia [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]*. Repositorio Institucional Séneca.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Alianza Mundial para la Edificación y la Construcción. (2025). *No es solo un obstáculo más: Las soluciones existen. Implementarlas permitirá aprovechar el progreso y reducir rápidamente las emisiones.* Informe sobre la situación mundial de la edificación y la construcción 2024/2025.

Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000). *República de Colombia.*

Rueda-García, N., y Suárez, A. (2021). *Evaluación de inmuebles urbanos en procesos de rehabilitación sostenible. Revista de Arquitectura*, 23(1), 45–59.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action. Basic Books.*

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. (2024). *Catálogo de techos verdes y jardines verticales.* Universidad Javeriana.

Secretaría Distrital de Planeación. (2020). *Informe Agua y Energía – Ecourbanismo y Construcción Sostenible.* Alcaldía Mayor de Bogotá.

Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). (2014). *Guía Ambiental para la Construcción (Resolución RES-479-2014).*

Silva Correia, B., Corrêa da Silva, M., y Spinal, W. P. (2012). *Retrofit sostenible y espacios culturales. Revista de Arquitectura e Ingeniería,* 8(2), 45–60.

Silva, E. (2023). *Regeneración urbana: un panorama latinoamericano.* Revista INVI, 38(107).

TESUP. (2025). *Aerogenerador Horizontal Magnum (10 KW).*

UNESCO. (s.f.). *Complejo industrial de la mina de carbón de Zollverein en Essen. Centro del Patrimonio*

United Nations (UN-Water). (2023). *World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water.* UNESCO Publishing.

United Nations Environment Programme. (2022). *Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción 2022: Hacia un sector de edificios y construcción con cero emisiones, eficiente y resiliente – Resumen ejecutivo.* Global Alliance for Buildings and Construction.

Universidad Central. (s.f.). *Teatro México.*

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Water Quality Standards Handbook: Chapter 3 – Water Quality Criteria. EPA Office of Water, Office of Science and Technology.*

U.S. Green Building Council (USGBC). (2021). *LEED v4 for Building Design and Construction.* USGBC.

U.S. Green Building Council. (2022). *LEED v4.1 Building Design and Construction Reference Guide.* USGBC.

World Green Building Council. (2023). *Building a water-resilient future for everyone, everywhere.*

World Green Building Council. (s.f.*). The Problem with Net Zero: Existing Buildings.*

Wavin. (2024). *Soluciones integrales para la eficiencia hídrica.*

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods (6th ed.).* SAGE Publications.