

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Beneficios en el consumo de aguas, energías y uso de materiales por  
medio de los criterios de la certificación EDGE

Trabajo de graduación presentado por Sergio Andreé Galindo Ruiz para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Beneficios en el consumo de aguas, energías y uso de materiales por  
medio de los criterios de la certificación EDGE

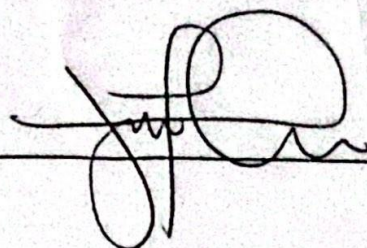
Trabajo de graduación presentado por Sergio Andreé Galindo Ruiz para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2024

V.° B.°

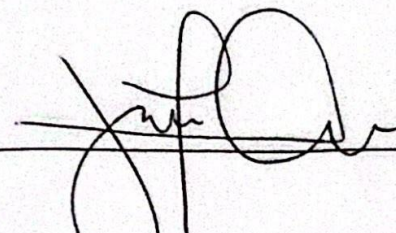
(firma)



MSC. Arq. Ana Valentina Leal Ordoñez

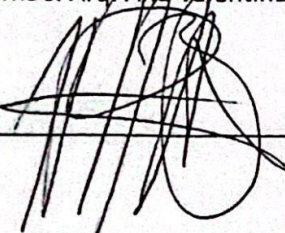
Tribunal examinador:

(firma)



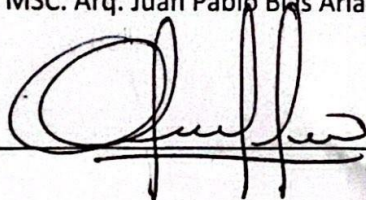
MSC. Arq. Ana Valentina Leal Ordoñez

(firma)



MSC. Arq. Juan Pablo Blas Arias

(firma)



MSC. Ing. Otoniel Alejandro Echeverría Castellanos

Fecha de aprobación del examen de graduación:

(Guatemala, 9 de enero de 2025)

# ÍNDICE GENERAL

Página

I.	
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	2
<b>III. IMPORTANCIA</b> .....	3
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	4
A. Objetivo general.....	4
B.    Objetivos específicos .....	4
<b>V. HIPÓTESIS</b> .....	5
<b>VI. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
A. La certificación EDGE: .....	6
1. Ahorro en energía:.....	6
2. Ahorro en energía materiales: .....	6
B. Energías renovables integradas .....	7
1. Microgeneración distribuida .....	7
2. Almacenamiento de energía .....	7
C. Diseño ecológico y materiales sostenibles .....	8
1. Eficiencia energética en la construcción .....	8
2. Selección de materiales de bajo impacto ambiental.....	9
D. Gestión de residuos y ciclo de agua.....	9
1. Sistemas de compostaje .....	10
2. Captación y reutilización de agua .....	10
E. Criterios de sostenibilidad integral.....	11
1. Movilidad sostenible .....	12
2. Resiliencia y adaptación al cambio climático .....	12

F. Tecnología inteligente y automatización: .....	12
G. Diseño inclusivo y accesible:.....	14
1. Espacios flexibles:.....	14
H. Parámetros de ahorro de energía en materiales: .....	15
I. Domótica: .....	17
1. Componentes y tecnologías de la domótica: .....	17
2. Beneficios de la domótica: .....	17
3. Problemas o consideraciones: .....	18
J. EDGE APP como herramienta para analizar edificios sostenibles: .....	18
1. Importancia de EDGE APP:.....	18
2. Beneficios de la certificación EDGE: .....	18
3. Proceso para certificación EDGE:.....	19
K. Sostenibilidad en la construcción:.....	20
1. Importancia de la sostenibilidad en la construcción:.....	20
2. Tendencias en la construcción sostenible:.....	21
3. Realidad Nacional de la construcción sostenible en Guatemala: .....	21
L. Huella de carbono: .....	22
1. Impacto de la huella de carbono en el cambio climático: .....	22
2. Estrategias para reducir la huella de carbono embebido en edificios:.....	22
3. Estrategias para reducir la huella de carbono operacional: .....	23
4. Estrategias para reducir la huella de carbono embebida residual:.....	23
5. El rol de EDGE APP en la huella de carbono: .....	24
M. Autodesk FORMA: .....	24
1. Funcionalidades y datos proporcionados por Autodesk FORMA:.....	25
2. Beneficios al usar Autodesk FORMA:.....	25
<b>VII. METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>IX. CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>X. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>61</b>
<b>XII. ANEXOS .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Densidades de Potencia de Iluminación (LPD) según el tipo de edificio .....	68
Tabla 2: Tabla factores de resistencia térmica dependiendo del elemento estructural .....	70
Tabla 3: Tabla de conductividad térmica de distintos materiales de construcción.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula para calcular la resistencia térmica de cada material .....	15
Figura 2: Fórmula para calcular la resistencia térmica total del material .....	15
Figura 3: Fórmula para calcular la transmitancia térmica del material.....	16
Figura 4: Pestaña de energía en EDGE APP .....	30
Figura 5: Pestaña de aguas en EDGE APP .....	30
Figura 6: Pestaña de materiales en EDGE APP .....	31
Figura 7: Modelo del edificio T10 en el software de FORMA .....	32
Figura 8 :Comparativa entre el porcentaje de proporción del vidrio respecto a la pared del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	33
Figura 9: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a el techo del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	33
Figura 10: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a la losa y los entrepisos del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.....	34
Figura 11: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a las paredes exteriores del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.....	34
Figura 12: Comparativa entre la eficiencia del vidrio del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.....	34
Figura 13: Comparativa entre la iluminación eficiente para áreas internas del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.....	34
Figura 14 Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de energía de la línea base y la línea mejorada.....	35
Figura 15: Resumen de las medidas de eficiencia energéticas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE .....	35
Figura 16: Resumen de las medidas de eficiencia energéticas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE .....	36
Figura 17: Comparativa entre la tasa de flujo de los cabezales de ducha para el edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	37

Figura 18: Comparativa entre la tasa de flujo de los grifos de ducha para los baños del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	37
Figura 19: Comparativa entre el volumen de descarga para los inodoros de los baños del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	37
Figura 20: Comparativa entre la tasa de flujo de los grifos de cocina del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional. ....	38
Figura 21: Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de agua de la línea base y la línea mejorada.....	38
Figura 22: Resumen de las medidas de eficiencia en aguas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE .....	39
Figura 23: Figura 24: Resumen de las medidas de eficiencia en aguas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE .....	39
Figura 25: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de la planta baja del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	40
Figura 26: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción del entrepiso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.....	41
Figura 27: Comparativa entre los materiales del acabado de piso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	41
Figura 28: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción del techo del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	41
Figura 29: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de las paredes externas del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	41
Figura 30: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de las paredes internas del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	42
Figura 31: Comparativa entre los tipos de vidrio y valores de transmitancia térmica de los vidrios del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	42
Figura 32: Comparativa entre los materiales de aislamiento del techo del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	42
Figura 33: Comparativa entre los materiales de aislamiento de las paredes del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	42
Figura 34: Comparativa entre los materiales de aislamiento del piso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional. ....	43
Figura 35: Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de los materiales de la línea base y la línea mejorada. ....	43
Figura 36: Resumen de las medidas de eficiencia en los materiales entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE.....	44
Figura 37: Resumen de las medidas de eficiencia en los materiales entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE.....	45
Figura 38: Resultados económicos y ambientales del edificio con mejoras en las medidas de eficiencia.....	47
Figura 39: Resultados económicos y ambientales del edificio convencional .....	48
Figura 40: Gráfica comparativa entre las emisiones de carbono por apartamento al año del edificio convencional y el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia.....	48
Figura 41: Comparativa económica y ambiental entre el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia y el edificio convencional.....	49

Figura 42: Análisis de SUN HOURS DE la fachada principal .....	51
Figura 43: Análisis de SUN HOURS DE la fachada este .....	52
Figura 44: Análisis de SUN HOURS DE la fachada sur .....	52
Figura 45:: Análisis de SUN HOURS DE la fachada oeste .....	53
Figura 46: Análisis de SUN HOURS .....	53
Figura 47: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada este .....	55
Figura 48: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada sur .....	55
Figura 49: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada oeste .....	56
Figura 50: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada norte .....	56
Figura 51: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL .....	57
Figura 52: Análisis MICROCLIMATE .....	58
Figura 53: Cálculo de densidades de potencia de iluminación del sistema de iluminación para el edificio convencional para ver si cumple con la ASHRAE .....	66
Figura 54: Cálculo de densidades de potencia de iluminación del sistema de iluminación para el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia para ver si cumple con la ASHRAE .....	67
Figura 55: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria ECO SPOT LED.....	68
Figura 56: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria ARAUND PANEL .....	69
Figura 57: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria OJO DE BUEY y resultado total de la iluminación eficiente .....	69
Figura 58: Cálculo de transmitancia térmica para la losa de techo con mejoras en medidas de eficiencia .....	71
Figura 59: Cálculo de transmitancia térmica para las paredes exteriores e interiores con mejoras en medidas de eficiencia .....	71
Figura 60: Cálculo de transmitancia térmica para la losa de planta baja y las losas de entrapiso con mejoras en medidas de eficiencia.....	72
Figura 61: Cálculo de porcentaje de proporción de vidrio respecto a la pared .....	72
Figura 62: Cálculo de parteluces y voladizos para dormitorio master .....	73
Figura 63: Cálculo de parteluces y voladizos para dormitorio 1 y 2 .....	73
Figura 64: Cálculo de parteluces y voladizos para balcón.....	74
Figura 65: Instalaciones hidráulicas del nivel 1 .....	74
Figura 66: Instalaciones hidráulicas del nivel 2 al 4 .....	75
Figura 67: Instalaciones hidráulicas modificadas del nivel 1 .....	75
Figura 68: Instalaciones hidráulicas modificadas del nivel 2 al 4.....	76
Figura 69: Instalaciones de iluminación del nivel 1.....	76
Figura 70: Instalaciones de iluminación del nivel 2 al 4.....	77
Figura 71: Simbología utilizada para iluminación de originales y modificadas .....	77
Figura 72: Parámetro que muestra que se alcanza un 21.04% de energía sin la necesidad de utilizar una bomba de calor.....	78
Figura 73: Parámetro que muestra que si se implementa una bomba de calor se alcanzaría un 44.5% de ahorro en energía.....	78
Figura 74: Tabla comparativa que demuestra la comparación entre las mejoras respecto a la línea base y la línea mejorada sin haber implementado una bomba de calor .....	79
Figura 75: Tabla comparativa que demuestra la comparación entre las mejoras respecto a la línea base y la línea mejorada al haber implementado una bomba de calor .....	79
Figura 76: Detalle de cómo va colocada la espuma de poliuretano en la losa de hormigón armada in SITU .....	80

Figura 77: Detalle de vista lateral del muro de blocks huecos de peso medio de concreto donde se indica como va colocada la espuma de poliuretano..... 80

Figura 78: Utilizando losas aligeradas en vez de las losas de hormigón armada in situ se logró una mejora significativa en los materiales y como se puede observar tanto la planta baja como los pisos intermedios tuvieron una mejoría en la línea base..... 81

## RESUMEN

La certificación EDGE evalúa construcciones nuevas o existentes en tres áreas clave: ahorro de energía eléctrica, ahorro de agua y ahorro de energía incorporada en los materiales. Para obtener la certificación, los proyectos deben lograr al menos un 20% de ahorro en cada uno de estos aspectos. Se aplica a diversos tipos de edificios como oficinas, hoteles, hospitales, residenciales y almacenes.

Existen tres niveles de certificación EDGE. El nivel básico, EDGE Certified, requiere un 20% de ahorro en energía, agua y materiales. EDGE Advanced exige un 40% de ahorro en energía eléctrica, manteniendo el 20% en agua y materiales. El nivel más alto, EDGE Zero Carbon, además de los requisitos de EDGE Advanced, requiere que el 60% restante del ahorro energético sea cubierto con fuentes renovables o bonos de carbono.

Este sistema de certificación se está utilizando cada vez más en países emergentes como Brasil, México e India, aportando no solo ahorro energético, sino también prestigio para los proyectos.

El objetivo del trabajo fue lograr que un edificio de apartamentos de cuatro niveles, ubicado en la zona 10 de Ciudad de Guatemala, obtenga la certificación EDGE. Para ello, se modificarán los materiales de construcción, los sistemas de iluminación y los artefactos hidrosanitarios. Además, se evaluaron elementos como tragaluces y ventanas a través del uso del software de FORMA para mejorar la eficiencia energética y cumplir con los criterios establecidos.

## ABSTRACT

EDGE certification evaluates new or existing constructions in three key areas: energy savings, water savings, and embodied energy savings in materials. To obtain certification, projects must achieve at least 20% savings in each of these aspects. It applies to various types of buildings, such as offices, hotels, hospitals, residential buildings, and warehouses.

There are three levels of EDGE certification. The basic level, EDGE Certified, requires a 20% savings in energy, water, and materials. EDGE Advanced demands a 40% savings in electrical energy, while maintaining the 20% savings in water and materials. The highest level, EDGE Zero Carbon, in addition to the requirements of EDGE Advanced, requires that the remaining 60% of energy savings be covered with renewable sources or carbon offsets.

This certification system is increasingly being used in emerging countries like Brazil, Mexico, and India, providing not only energy savings but also prestige for the projects.

The aim of the work was to ensure that a four-story apartment building, located in Zone 10 of Guatemala City, obtains the EDGE certification. To achieve this, construction materials, lighting systems, and hydrosanitary fixtures will be modified. Additionally, elements such as skylights and windows were evaluated using FORMA software to enhance energy efficiency and meet the established criteria

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación tuvo como objetivo demostrar que un edificio de apartamentos de cuatro niveles, ubicado en la zona 10 de la Ciudad de Guatemala, puede cumplir con los requisitos de la certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies). La hipótesis plantea que es posible lograr un ahorro del 20% en energía, agua y energía incorporada en los materiales, mediante la optimización del diseño del edificio, integrando elementos como ventanas, tragaluces y otros recursos que mejoren la iluminación natural y la eficiencia energética.

El estudio se centró en la certificación EDGE aplicada a edificios residenciales, la cual exige un mínimo del 20% de ahorro en los tres parámetros mencionados. Para alcanzar estos objetivos, se analizaron los materiales de construcción, los sistemas de iluminación y agua, y se implementaron mejoras en el diseño. El software FORMA se utilizó para simular el impacto de la incorporación de elementos como tragaluces y ventanas así como también el impacto del viento en el edificio y la temperatura tanto interna como externa en la torre, todos estos análisis nos ayudaron a realizar propuestas en el diseño del edificio con el fin de maximizar la entrada de luz natural y reducir el consumo energético, así como de también garantizar un buen confort a los habitantes de la torre.

La metodología combina el análisis técnico de los materiales y sistemas utilizados en la construcción, con simulaciones computacionales que permitan evaluar el rendimiento energético del edificio tras las modificaciones propuestas. Se realizaron cálculos detallados y se ajustaron los parámetros del diseño para cumplir con los estándares exigidos por EDGE.

Las principales conclusiones de este trabajo demostraron que es viable cumplir con los requisitos de la certificación EDGE en un proyecto residencial, optimizando el diseño arquitectónico y logrando los ahorros energéticos y de recursos exigidos por esta certificación.II.

## II. JUSTIFICACIÓN

Se eligió este tema ya que en la actualidad es un hecho que el planeta sufre de muchos problemas de contaminación, huella de carbono y otro tipo de problemas relacionados a la contaminación del ambiente.

Un edificio de concreto sostenible en aguas y energía tiene la capacidad de reducir los costos, mejorar los consumos de energía y optimizar los recursos. Es bien sabido que el costo de una construcción sostenible puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, el tamaño y las tecnologías que se van a implementar en la obra, por lo mismo debido a las tecnologías ecológicas y diseños eficientes que se implementaran en la construcción de la obra tendrá un coste mayor al que tendría un edificio convencional de concreto, sin embargo, se debe tomar en cuenta que el retorno de inversión a largo plazo será positivo debido a que los costes operativos se reducirán, agregando también que poseerá un espacio confortable y cómodo para el medio ambiente.

En cuanto a los costes y el retorno de inversión, se debe tomar en cuenta en la construcción de edificios sostenibles, las certificaciones, ya que estas pueden aumentar el valor del edificio en un futuro y reducir el coste de inversión inicial en este caso se implementará la certificación EDGE y se busca alcanzar el nivel EDGE certified el cual requiere que se alcance el 20 por ciento de ahorro en aguas, energía eléctrica y energía que dan los materiales implementados en la obra.

Lo que se busca en este documento es poder desarrollar un análisis numérico y estadístico, el cual muestre con hechos y datos que se alcanzó un 20 por ciento de ahorro en los criterios que se van a evaluar, las ventajas del edificio sostenible y porque estos son el futuro.

Lo que se busca obtener a través de la realización de este documento, es que al final se demuestre que se pueden alcanzar los parámetros de EDGE APP en un edificio residencial, simplemente realizando mejoras en el diseño, además se eligió este tema ya que actualmente en Guatemala se está construyendo cada vez con más frecuencia edificios sostenibles, los cuales se encargan de brindarle ahorros en los costes a los dueños, espacios cómodos a los usuarios y prestigio al proyecto y a los que se encargaron de llevarlo a cabo.

Se seleccionó EDGE ya que es la certificación que se está implementando comúnmente en los países emergentes y Guatemala aspira a ser considerado como uno de estos países, debido a su gran potencial, sin mencionar los grandes beneficios que implica poseer esta certificación como obtener un mayor precio de venta, brindar un estilo de vida más confortable, obtener menores costos de servicios públicos, aumentar el valor de la propiedad y generar rentabilidad que permita la expansión.

### III. IMPORTANCIA

Investigar este tema es crucial para promover la adopción de prácticas sostenibles en la industria de la construcción, lo que tiene implicaciones tanto económicas como ambientales. La comparación entre edificios con certificación EDGE y edificios convencionales, en cuanto a costos y gastos, es fundamental para demostrar con datos concretos el valor financiero de invertir en construcciones sostenibles a largo plazo.

Esta investigación es especialmente relevante para desarrolladores inmobiliarios, arquitectos, ingenieros, inversionistas, y responsables de la toma de decisiones en el ámbito de la construcción. Al comprender los beneficios económicos de la certificación EDGE, estas partes interesadas pueden tomar decisiones informadas sobre dónde asignar sus recursos financieros. Además, es clave para los propietarios y administradores de edificios, quienes podrán ver una reducción de costos operativos a largo plazo y, por lo tanto, una mayor rentabilidad de sus propiedades. También es importante para gobiernos y reguladores, ya que promueve políticas públicas que incentiven la sostenibilidad en la construcción.

## IV. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

- Comparar el impacto ambiental y económico de un edificio con certificación EDGE y un edificio convencional a través del análisis de eficiencia energética y consumo de agua, durante la operación del proyecto.

### B. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de red y energía eléctrica para alcanzar los niveles de cumplimiento propuestos por EDGE certified.
- Identificar y cuantificar las ventajas medioambientales y económicas relacionadas con la certificación Edge y un edificio convencional.
- Comparar la selección de materiales para ambos edificios con el fin de reducir la huella de carbono y obtener un ahorro de energía en los materiales.
- Optimizar el sistema de tuberías hidráulico eficiente el cual permita alcanzar el 20% de ahorro en aguas.

## V. HIPÓTESIS

A pesar de que los edificios con certificación EDGE pueden implicar un mayor costo de inversión inicial en comparación con los edificios convencionales, a largo plazo se generara un ahorro significativo. Esto se debe a la implementación de tecnologías y prácticas que optimizan el uso de recursos, como agua y energía, lo que reduce de manera considerable los costos operativos. Además, la eficiencia en el consumo de la energía, el uso de materiales sostenibles y el mejor desempeño en la gestión de residuos contribuyen a una disminución de los costos de mantenimiento y operación a lo largo del ciclo de la vida del edificio. En contraste, los edificios convencionales tienden a tener mayores gastos recurrentes en su consumo energético y agua, así como en mantenimiento, lo que los hace menos rentables con el tiempo. Por lo tanto, un edificio con certificación EDGE presenta beneficios económicos sostenibles que compensan ampliamente la versión inicial.

## VI. MARCO TEÓRICO

### A. La certificación EDGE:

La certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) es un sistema de evaluación para construcciones nuevas o existentes, disponible en más de 130 países en vías de desarrollo, este tipo de certificación fue desarrollado por la Corporación Financiera Internacional (IFC), parte del Grupo Banco Mundial, este programa busca reducir el consumo de recursos a través de una metodología comparativa que se basa en los estándares locales de cada región (Bioconstrucción y Energía Alternativa, s.f.).

#### 1. Ahorro en energía:

Consiste en optimizar el uso de la energía para obtener los mismos resultados con igual o menor consumo. Esto se puede lograr a través de la adopción de hábitos más responsables o mediante la implementación de tecnologías más eficientes, o una combinación de ambas. Este enfoque no solo reduce los costos energéticos, sino que también disminuye el impacto ambiental, contribuyendo a mitigar el calentamiento global y el cambio climático (Comisión Federal de Electricidad, s.f.).

#### 2. Ahorro en energía materiales:

El ahorro de energía en los materiales se refiere a la reducción del consumo energético a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos, desde su extracción, fabricación y transporte, hasta su uso y disposición final. Al optar por materiales sostenibles o de bajo impacto energético, como los reciclados o aquellos que requieren menos energía para su producción, además, el diseño eficiente y el uso de materiales de alta eficiencia térmica pueden contribuir a reducir el consumo de energía en la operación del edificio, ya que mejoran el aislamiento y disminuyen la necesidad de climatización. Por lo tanto, la selección adecuada de materiales no solo tiene un impacto en el ahorro energético directo, sino que también contribuye a un menor costo operativo y una huella ambiental más baja (Aislacon Poliuretano, s.f.).

## B. Energías renovables integradas

Las energías renovables integradas son una incorporación coordinada y estratégica de fuentes de energía renovables en sistemas y procesos existentes, lo cual incluye la generación de energías a través de fuentes solares, hidroeléctricas, etc.

Actualmente en el mundo de la construcción se utilizan la mitad de los recursos energéticos de nuestro planeta, y es responsable del 40 por ciento de la contaminación del agua y un 24 por ciento de contaminación del aire y de la mitad de emisiones de clorofluocarbonos las cuales son sustancias derivadas de los hidrocarburos y dañan el medio ambiente. (Uso de las energías renovables en la construcción (Energías Renovables, s.f).

### 1. Microgeneración distribuida

La integración de las energías renovables en nuestra vida ha provocado que se tengan que desarrollar nuevas centrales de electricidad, las cuales pertenecen a una red donde se interconectan mediante un flujo bidireccional y variable de energía, lo cual como consecuencia logra que el sistema eléctrico gane flexibilidad y eficacia ya que acerca la generación de corriente de su consumo final (Henao, 2023).

La microgeneración distribuida consiste en la instalación de equipos que sean capaces de producir electricidad lo más cerca posible de los lugares donde se consume, asumiendo que esos puntos de generación se conectan a la red de distribución de energía, sin embargo, es importante agregar que La microgeneración eficazmente distribuida por el territorio añade un factor de estabilidad al sistema eléctrico, menos vulnerable al fallo de alguna de las grandes fuentes de suministro, lo cual la hace más segura y eficiente (Henao, 2023).

### 2. Almacenamiento de energía

Un buen almacenamiento de energía permite flexibilizar la producción de energía renovable y garantizar su integración en el sistema, lastimosamente si bien es cierto es fácil producir, transportar y transformar es muy complicado almacenarla ya que no se ha encontrado a la fecha alguna forma fácil y barata de poder hacerlo, lo cual como consecuencia provoca que las energías eléctricas deban generarse en todo momento mientras que las energías renovables ocupan de los sistemas de almacenamiento para poder integrarse (Malagón, 2021).

Las energías renovables ocupan los sistemas de almacenamiento para así evitar vertidos de energía limpia en períodos valle y dotar de mayor eficiencia y seguridad al sistema eléctrico. Existen distintos tipos de almacenadores de energía que pueden implementarse en una obra como:

- Bombeo hidroeléctrico: Es un sistema de tecnología rentable y probada que proporciona estabilidad al sistema eléctrico y puede generar cantidades significativas

de energía limpia con tiempos de respuesta rápidos, es el más eficiente de los sistemas que existen (Malagón, 2021).

- **Baterías:** El cual es un dispositivo que almacena energía en compuestos químicos capaces de generar carga eléctrica, y brinda las siguientes ventajas: rapidez de respuesta y fácil instalación.

### C. Diseño ecológico y materiales sostenibles

El concepto de diseño ecológico es la metodología donde el medioambiente se toma en cuenta durante el proceso del desarrollo como un factor en el proyecto, al igual que la estética, coste, etc. Como objetivo el diseño ecológico busca reducir el impacto ambiental de la obra durante su ciclo de vida al igual que el diseño sostenible, lo que los diferencia es que el diseño sostenible utiliza materiales de desecho (Estevan, 2015).

Así como existen certificaciones para la sostenibilidad también existen para los diseños ecológicos, como la certificación de ecodiseño la cual toma como criterio de evaluación la norma europea llamada sistemas de gestión ambiental para poder ser avalada.

Respecto a los materiales sostenibles es necesarios saber que cada material y producto final tiene una huella ambiental, caracterizada por su fabricación, procesamiento, diseño, durabilidad y reutilización. En el contexto de los materiales, la sostenibilidad toma la forma de tecnologías de producción más inteligentes, reciclabilidad, longevidad de los materiales, biodegradabilidad, menores emisiones de CO<sub>2</sub> y una economía circular bien establecida (del toro, 2018).

#### 1. Eficiencia energética en la construcción

La eficiencia energética permite mantener el confort y los servicios energéticos en un edificio con un consumo óptimo de energía. La consecuencia es un menor impacto ambiental del edificio por la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y un comportamiento sostenible del edificio durante su uso. Como dato importante los edificios son consumidores aproximadamente del 40 por ciento de la energía que se genera, y el ahorro de energía potencial que se puede lograr en los mismos oscila entre el 30 por ciento y el 80 por ciento (Chiu, 2016).

La eficiencia energética en las construcciones permite la reducción de costos ya que se logran ahorrar los suministros y recursos, sin mencionar que también permite que, si se alcanzan ciertos parámetros y criterios que se toman en cuenta en los ahorros de energía, agua, etc. El proyecto pueda a optar a obtener una certificación (Chiu, 2016).

## 2. Selección de materiales de bajo impacto ambiental

Tanto en una renovación como en un proyecto que empieza de cero, elegir bien los materiales es algo clave, ya que en resumidas cuentas si se escoge un producto o material no utiliza productos químicos tóxicos, es probable que sea más saludable para el entorno de un hogar.

Para la selección de los materiales también es importante tomar en cuenta la materia prima que se va a utilizar, dentro de los mejores materiales que se pueden seleccionar están el acero reciclado, la arcilla natural, la madera reciclada, el plástico y caucho reciclado, cáñamo y el látex (Specson, 2020).

### D. Gestión de residuos y ciclo de agua

Un sistema de gestión de residuos consiste en realizar una estrategia con el fin de organizar, eliminar, reducir y reutilizar los residuos. Para eliminar los residuos existen diferentes procesos como la incineración, el reciclaje, el uso de vertederos, etc. Tener una adecuada gestión de residuos es fundamental para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación, et. Los cuales provocan que el calentamiento global aumente (Roper, 2020).

Por otro lado, el ciclo del agua es el proceso de circulación del agua en el planeta tierra, durante el proceso el agua sufre distintos desplazamientos y transformaciones físicas debido a factores como el clima, lo cual genera que el agua atraviese los tres estados de la materia (Sposob, 2024).

Actualmente la sostenibilidad exige ajustar la oferta y la demanda de agua dulce para asegurar la disponibilidad futura de cantidades y calidades adecuadas. El crecimiento demográfico y la mejora de los niveles de vida conducen a un aumento de la demanda de agua.

## 1. Sistemas de compostaje

Los sistemas de compostaje para un mismo tipo de residuo se dividen en los sistemas abiertos y los sistemas cerrados.

**Sistemas abiertos:** Son más comunes en el mercado y en ellos surge una reacción microbiológica de mineralización junto a una reacción parcial de humidificación de la fracción orgánica en unos períodos de tiempo mínimos de tres meses, dentro de los sistemas existen diferentes tipos como apilamiento estático, apilamiento con volteo y aireación forzada por ventilación (Tortosa, 2015).

**Sistemas cerrados:** En ellos se busca obtener como producto final el compost, el cuál será usado como fertilizante para lo cual no se permite que este proceso de compostaje transcurra de forma espontánea, sino que han de controlarse todos aquellos parámetros que sean necesarios para garantizar un bajo coste, y la mayor brevedad posible del proceso mayor a dos semanas (Tortosa, 2015).

## 2. Captación y reutilización de agua

Un sistema de captación de agua es cualquier equipo capaz de recolectar y almacenar agua, que cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida. Dichos sistemas que permiten almacenar el agua también permiten que esta se reutilice (Aguas Residuales, 2020).

Existen distintos tipos de sistemas de captación los cuales se categorizan dependiendo del tipo de agua que almacene, dentro de ellos se encuentran:

1) **Captación de aguas de lluvia:** Para este tipo se instalan sistemas de captación en techos y superficies impermeables para recoger el agua de lluvia. Esta agua puede ser utilizada para riego, limpieza, o incluso después de un tratamiento adecuado, para consumo humano (Aguas Residuales, 2020).

2) **Captación de aguas grises:** Este tipo de sistema se dedica a las aguas que son utilizadas para lavanderías, duchas, etc. Al almacenar el agua en el sistema de captamiento, esta puede ser reutilizada para riego y en la descarga de inodoros (Aguas Residuales, 2020).

## E. Criterios de sostenibilidad integral

Para considerar que un edificio es sostenible, se toman en cuenta distintos rubros los cuales avalan que una construcción sea sostenible, dentro de ellas se encuentran:

1) Arquitectura inteligente: Para que este criterio sea avalado se deben tomar en cuenta para el proyecto los factores del entorno natural para llevar a cabo la construcción (NÜO Planet, 2022).

2) Eficiencia energética: Consiste en el uso de fuentes limpias y de bajo impacto, como calefactores y paneles fotovoltaicos. Este es un factor clave ya que de él dependen los costos de mantenimiento del proyecto y los gastos para el cliente final. (Viteri, s.f.).

3) Gestión del agua: La construcción sostenible debe contar con una buena gestión del uso del agua, lo cual es un punto crítico en las obras. Además de los sistemas de racionamiento y el buen uso del recurso, conviene considerar la reutilización del agua recogida de la lluvia (Wavin, 2024).

4) Uso de materiales: La gestión de los materiales es un pilar indispensable para el aspecto de la sostenibilidad. Los edificios que utilizan recursos respetuosos con el medio ambiente tendrán un menor impacto a lo largo de los años y no solo durante el desarrollo de los mismos (Ormazabal, 2020).

5) Materiales sostenibles: Existen diferentes tipos de materiales sostenibles que se pueden utilizar para la construcción como lo son:

- Mortero de arcilla: Utilizado para colocar bloques y preparar paredes para revestimientos, con excelentes prestaciones térmicas y acústicas, además de mejorar la resistencia a la humedad (Velásquez, 2024).
- Biocemento: Compuesto por una bacteria, tiene capacidad de regeneración autosellante, reduciendo grietas y otros problemas de fisuración (Seguí, 2022).
- Ecogranito: Material fabricado a partir de residuos de extracción de mármol y granito, compuesto con resina acrílica. Es flexible, con diversas aplicaciones (Dossier de arquitectura, 2020).
- Replast: Ladrillos entrelazados producidos a partir de la compresión de diferentes tipos de plástico. (Adfer, 2016).

- Bloques huecos de peso medio de concreto: Los bloques huecos de hormigón vienen en varios tamaños, como 19x39x9cm, 19x39x12cm, 19x39x14cm, 19x39x19cm. Suelen ser grises, estos muros también conocidos como King Blocks poseen cavidades o perforaciones, son especialmente diseñados para albañilería armada. Se utilizan de manera frecuente en la construcción de estructuras robustas y duraderas como muros estructurales, cercos, divisiones interiores tabiques y parapetos. (Calytec, 2024).

## 1.Movilidad sostenible

La movilidad sostenible engloba un conjunto de procesos y acciones orientados a conseguir el uso racional de los medios de transporte tanto particulares como públicos. El objetivo es cubrir las necesidades de transporte con el mínimo impacto ambiental (Bernal,2019).

Esto se ve integrado en los edificios sostenibles ya que para los seres humanos es más agradable poder transportarse libremente en lugares que no presentan contaminación, sin embargo, hay que tomar en cuenta que existen políticas sobre la movilidad sostenible, las cuales son llevadas a cabo por las administraciones públicas se centran en reducir la congestión de las vías e impulsar el uso de vehículos de propulsión alternativa.

## 2.Resiliencia y adaptación al cambio climático

La única manera de lograr la resiliencia al cambio climático y poder adaptarse a este es a través de la reducción de emisiones que atrapan el calor e impulsan el cambio climático, lastimosamente el cambio climático afecta de forma desproporcionada a ciertos miembros de la sociedad, incluidas las personas de color, las personas que viven con bajos ingresos o en la pobreza y las personas mayores, jóvenes o discapacitadas, por lo cual se considera vital priorizar el bienestar de las personas que se encuentran más expuestas a el cambio climático (Vera, 2018).

Como bien se dijo anteriormente solo mediante la mitigación y la adaptación de manera simultánea se podrá lograr una resiliencia climática, por lo cual a través de una sociedad fuerte y la ayuda en común se podrá construir una sociedad resiliente al clima que sea baja en carbono, equipada para enfrentar las realidades de un mundo más caluroso y que funcione para proteger el bienestar de todos.

## F. Tecnología inteligente y automatización:

El contar con tecnología inteligente es un pilar clave en la construcción de edificios inteligentes, también llamados smart buildings. El alma de los edificios inteligentes es una plataforma integrada capaz de controlar y monitorear múltiples sistemas (González, s.f.).

Los sensores inteligentes, la iluminación inteligente, la automatización, la domótica o la gestión de energía y recursos son solo algunos ejemplos de cómo se puede utilizar la tecnología para crear edificios smart.

#### 1. Sistemas de gestión integrados:

También conocidos como (SGI) son enfoques que combinan varios sistemas de gestión, como los relacionados con la calidad, el medio ambiente, la salud y seguridad ocupacional, y la eficiencia energética, en un marco unificado, estos brindan distintos beneficios entre los cuales encontramos (Sistemas Medioambientales, 2024):

- **Eficiencia operativa:** La integración de sistemas permite una gestión más eficiente de las operaciones diarias del edificio. Al tener un sistema unificado, se reduce la duplicación de esfuerzos y se mejora la coordinación entre diferentes funciones y departamentos.

- **Reducción de costos:** Los SGI buscan eliminar redundancias y mejorar la eficiencia, lo que puede resultar en ahorros significativos de costos. Como por ejemplo la gestión eficiente de la energía y la reducción de residuos pueden conducir a ahorros financieros a largo plazo.

- **Cumplimiento normativo y legal:** La integración de sistemas de gestión facilita el cumplimiento de normativas y requisitos legales relacionados con la calidad, el medio ambiente, y la salud y seguridad ocupacional. Esto ayuda a evitar multas y sanciones y a garantizar que el edificio cumpla con todas las regulaciones aplicables.

#### 2. Sensores y monitoreo en tiempo real:

Los sensores de monitoreo y medición son los dispositivos que se encargan de recopilar constantemente los datos que se necesitan medir para mantener un control permanente de diferentes variables, relevantes para la seguridad, la gestión del riesgo, e incluso, para la productividad y reducción de costos en las industrias (SensorGO, 2021). En el caso de los edificios sostenibles contribuyen a mejorar la eficiencia operativa, reducir el consumo de recursos, garantizar la seguridad estructural del edificio y optimizar el confort para los ocupantes, existen distintas maneras en las que los sensores pueden ser utilizados en edificios sostenibles, tales como:

- **Gestión de iluminación:** Sensores de luz que ajustan automáticamente la iluminación artificial en función de la luz natural disponible. El monitoreo en tiempo real puede identificar patrones de uso y ayudar a optimizar la programación de la iluminación (Simon Electric, 2024).

- **Control de la temperatura:** Sensores de temperatura y humedad que ajustan los sistemas de climatización para mantener condiciones óptimas. El monitoreo en tiempo real permite

ajustes en respuesta a cambios climáticos o patrones de ocupación (Rechner Sensors, 2024).

- Gestión de espacios: Sensores de ocupación que monitorean la utilización de espacios y ajustan la climatización y la iluminación según la ocupación real. Esto contribuye a evitar el desperdicio de energía en áreas no utilizadas (Lorenzo, 2021).

- Calidad del aire interior: Sensores de calidad del aire que monitorean niveles de CO<sub>2</sub>, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes. El monitoreo en tiempo real permite la toma de medidas correctivas para mantener un ambiente interior saludable (Lorenzo, 2021).

- Gestión del agua: Sensores que monitorean el uso del agua en tiempo real, identificando posibles fugas y optimizando el consumo. Esto contribuye a la eficiencia hídrica y a la reducción de costos asociados al agua. (SensorGO, 2021)

- : Chequeo estructural: Sensores que recogen datos de los elementos estructurales de un edificio, posteriormente son procesados e interpretados. La finalidad de este tipo de sensores es conocer en profundidad las condiciones y el estado de la estructura, así como llevar a cabo acciones preventivas o correctivas de mantenimiento para aumentar la seguridad y garantizar su conservación. (Envira 2024).

#### G. Diseño inclusivo y accesible:

Es importante al momento de diseñar y construir una obra tomar en cuenta todo el panorama y las opciones, por lo cual se considera que crear espacios que sean de fácil acceso e inclusivos para gente con capacidades distintas tanto físicas como cognitivas, ya que esto no solo brinda igualdad de acceso y oportunidades para todos sino también genera un entorno más amigable para todas las personas.

Al realizar este tipo de edificaciones y tomando en cuenta a todas las personas se está fomentando a la innovación, lo cual beneficia y ayuda a toda la sociedad a ser capaz de generar nuevos cambios y romper los estereotipos (Arquifach, 2021).

#### 1. Espacios flexibles:

La creación de espacios flexibles en edificios sostenibles es importante por varias razones que van desde la adaptabilidad a las necesidades cambiantes hasta la optimización del uso de recursos (Villanueva, 2023). Dentro de las razones se encuentran:

- Adaptabilidad a cambios en la organización: Los espacios flexibles permiten a las organizaciones adaptarse a cambios en su estructura, tamaño y enfoque, sin mencionar que pueden reconfigurarse fácilmente para acomodar nuevos equipos, departamentos o cambios en la estrategia empresarial.

•Optimización del uso del espacio: La flexibilidad en el diseño permite una utilización más eficiente del espacio disponible. Pueden crearse áreas multifuncionales que se ajusten a diversas necesidades, maximizando así el uso de cada metro cuadrado.

•Sostenibilidad y eficiencia energética: La capacidad de adaptar el diseño del espacio puede contribuir a la eficiencia energética. Por ejemplo, permitir el uso óptimo de la luz natural y la optimización de sistemas de climatización para áreas específicas según la ocupación.

#### H. Parámetros de ahorro de energía en materiales:

Es importante tomar en cuenta los distintos parámetros que se toman en cuenta para poder obtener un mejor ahorro en la energía de los materiales (Politeruano,2010).

- Aislamiento térmico: La capacidad de los materiales para resistir la transferencia de calor, es fundamental para reducir la necesidad de calefacción y refrigeración. Es fundamental seleccionar materiales con altos valores de resistencia térmica (R-Value), estos son de gran ayuda en construcciones como edificios (Ovacen, s.f.).
- Conductividad térmica: Es la capacidad de un material para conducir el calor, va relacionada directamente con el aislamiento térmico, ya que mientras más alto sea su valor mayor será su capacidad de poder conducir calor (Ovacen, s.f.).
- Resistencia térmica: Conocido también como (R-Value) es la capacidad de un material para poder resistir la transferencia al calor, lo cual significa que mientras más alto sea el valor de la resistencia térmica, mayor resistencia a la transferencia de calor, lo cual indica un mejor aislamiento térmico (Ovacen, s.f.). Los valores RSI y RSE son factores que se muestran en los anexos en la Tabla 2.

- $R_t = e / \lambda$
- $e$  = espesor de la capa (m)
- $\lambda$  = conductividad térmica del material

*Figura 1: Fórmula para calcular la resistencia térmica de cada material*

(Climalit, 2018)

$$R_T = RSI + \sum \frac{e}{\lambda} + RSE$$

*Figura 2: Fórmula para calcular la resistencia térmica total del material*

(Climalit, 2018)

- **Transmitancia térmica:** Conocido también como (U-Value) mide la cantidad de calor transferido a través de un material, lo que significa que a mientras menor sea el valor obtenido en la transmitancia menor será la transferencia de calor (Ovacen, s.f.).

$$U = \frac{1}{R_T}$$

*Figura 3: Fórmula para calcular la transmitancia térmica del material*

(Climalit, 2018)

- **Eficiencia energética:** En la construcción existen algunos materiales, los cuales están diseñados específicamente para ser más eficientes energéticamente que otros. Por ejemplo, ventanas de doble o triple panel con bajo coeficiente de transferencia térmica (U-Value) pueden reducir la pérdida de calor en invierno y el ingreso de calor en verano (ShortRidge, 2023).
- **Reflectividad solar:** Para las superficies expuestas al sol, como lo son los techos y las paredes exteriores, la reflectividad solar es importante. Los materiales con alta reflectividad solar pueden reducir la ganancia de calor, disminuyendo la carga de refrigeración (Laboratorio Seyco, s.f.).
- **Inercia térmica:** Algunos materiales tienen la capacidad de almacenar calor durante el día y liberarlo gradualmente durante la noche. Esto puede ayudar a reducir las fluctuaciones de temperatura dentro del edificio, disminuyendo así la necesidad de calefacción y refrigeración (Muñoz,2023).
- **Durabilidad y mantenimiento:** Los materiales duraderos que requieren poco mantenimiento a lo largo del tiempo pueden reducir la energía y los costos asociados con reparaciones y reemplazos frecuentes (FasterCapital, s.f.).
- **Origen y procesamiento:** La energía incorporada en los materiales durante su fabricación y transporte también es importante. Los Materiales locales o aquellos fabricados con métodos de bajo consumo energético pueden ser preferidos desde esta perspectiva (Alianza por el Cartón de Bebidas, s.f.).
- **Uso de materiales renovables y reciclados:** Es recomendable el Optar por materiales renovables (como la madera certificada) o reciclados puede reducir la huella de carbono asociada con la construcción del edificio (Alianza por el Cartón de Bebidas, s.f.).
- **Implementación de sistemas integrados:** Además de los materiales en sí, el diseño y la implementación de sistemas integrados, como sistemas de gestión de energía, iluminación eficiente, y sistemas HVAC (de calefacción, ventilación y aire acondicionado) de alta eficiencia, también contribuyen significativamente al ahorro de energía en un edificio (Sistemas Medioambientales, 2024).

## I. Domótica:

En sí la domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas para automatizar y mejorar las funciones de una vivienda, proporcionando control y gestión centralizados de los sistemas de iluminación, climatización, seguridad, entre otros. En la actualidad la domótica es conocida bajo el concepto de hogar inteligente en donde la interconexión de dispositivos y la capacidad de procesamiento de datos permiten una mayor eficiencia energética, comodidad y seguridad para los habitantes del hogar (Huidobro, s.f.).

### 1. Componentes y tecnologías de la domótica:

Existen distintos aspectos como:

- **Sensores:** Detectan cambios en el entorno como movimiento, temperatura, humedad, entre otros, permitiendo que el sistema tome decisiones basadas en datos.
- **Redes de comunicación:** Protocolos como Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi y Bluetooth permiten la conexión y comunicación entre dispositivos dentro del hogar.
- **Actuadores:** Dispositivos que ejecutan acciones físicas en respuesta a las señales del sistema, como encender luces, cerrar persianas o regular la temperatura.
- **Plataformas de control:** Aplicaciones móviles, interfaces web y sistemas de voz como Alexa, Siri, etc.

### 2. Beneficios de la domótica:

- **Eficiencia energética:** La automatización de sistemas de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado permite un uso más racional de la energía, reduciendo el consumo y los costos asociados (Echeverri, 2020).
- **Confort y comodidad:** La capacidad de programar escenarios personalizados y ajustar las condiciones del entorno según las preferencias individuales mejora la calidad de vida de los habitantes del hogar (Echeverri, 2020).
- **Seguridad:** Sistemas de vigilancia, detección de intrusos, alarmas de incendio y control de acceso integrados aumentan la protección del hogar y la tranquilidad de sus ocupantes (Echeverri, 2020).
- **Accesibilidad:** La domótica puede facilitar la vida de personas con discapacidades o movilidad reducida, proporcionando interfaces de

control adaptativas y automatizando tareas cotidianas (Echeverri, 2020).

### 3. Problemas o consideraciones:

- Interoperabilidad: La diversidad de fabricantes y estándares puede dificultar la integración de dispositivos de diferentes marcas en un mismo sistema (Echeverri, 2020).
- Privacidad y seguridad: La recopilación de datos personales y la conexión a redes externas plantean preocupaciones sobre la privacidad y la posibilidad de vulnerabilidades de seguridad (Echeverri, 2020).
- Costo: Aunque los precios de los dispositivos domóticos han disminuido, la inversión inicial puede ser significativa, especialmente para sistemas más completos y sofisticados (Echeverri, 2020).

### J. EDGE APP como herramienta para analizar edificios sostenibles:

EDGE APP es un software en la nube interactivo y gratuito con información precargada y adaptada a todas las regiones disponibles, mismo que permite una visualización en tiempo real del porcentaje de ahorro y retorno de inversión posibles de alcanzar con las estrategias tentativas a desarrollar (Bioconstrucción, s.f.).

#### 1. Importancia de EDGE APP:

La importancia de esta herramienta radica en su capacidad para impulsar la sostenibilidad en la construcción, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental de los edificios. Facilita la identificación de oportunidades de ahorro energético y de agua, promoviendo edificaciones más eficientes y con menores costos operativos a largo plazo. Además, permite a los desarrolladores cumplir con estándares internacionales de sostenibilidad de forma más sencilla, lo que incrementa el valor del proyecto, mejora su atractivo para inversores y reduce su huella de carbono, contribuyendo al combate contra el cambio climático.

#### 2. Beneficios de la certificación EDGE:

La certificación EDGE ofrece numerosos beneficios tanto para desarrolladores como para propietarios e inversionistas en la industria de la construcción y el mercado inmobiliario. En primer lugar, otorga un liderazgo claro en la adopción de prácticas sostenibles, posicionando los proyectos como referentes en el sector. Esto no solo incrementa el valor de las propiedades, sino que genera confianza entre los inversionistas

al validar los logros mediante un proceso de revisión externo e imparcial. Al contribuir al conocimiento sobre la edificación ecológica, la certificación refuerza la reputación de las empresas que la obtienen, demostrando un fuerte compromiso con el medio ambiente y con la eficiencia en la construcción.

Para los inversionistas, los beneficios económicos son especialmente significativos. La certificación EDGE ayuda a reducir los costos operativos, principalmente en servicios públicos como agua y energía, al tiempo que minimiza los gastos de mantenimiento y reparación a largo plazo. Esto se traduce en un mayor retorno de inversión, ya que las propiedades sostenibles no solo tienen menores costos de operación, sino que también alcanzan un precio de venta más alto en el mercado. Además, EDGE garantiza el control de costos y la consistencia en múltiples propiedades, lo que facilita la expansión de proyectos de manera rentable. Estos beneficios, junto con el aumento en el valor de las propiedades, hacen que los proyectos certificados sean altamente atractivos para inversionistas interesados en generar utilidades de manera sostenible.

Finalmente, la certificación EDGE impacta de manera positiva en la calidad de vida de los usuarios, ofreciendo espacios más confortables y eficientes, lo que aumenta el orgullo de poseer una propiedad sostenible. Además, al reducir la huella ambiental de los proyectos, contribuye a la protección del planeta y envía un mensaje positivo a los grupos de interés, fortaleciendo la imagen de marca de las empresas desarrolladoras. En conjunto, estos factores no solo mejoran la percepción del proyecto en el mercado, sino que también aseguran una rentabilidad sostenible y contribuyen al fortalecimiento de una marca comprometida con la sostenibilidad, un valor cada vez más demandado en el entorno actual (Bioconstrucción, s.f.).

### 3. Proceso para certificación EDGE:

El proceso para obtener la certificación EDGE se lleva a cabo en varias etapas clave, comenzando con el ingreso de datos y el registro del proyecto. En esta fase, el cliente, junto con un experto certificado de EDGE (EDGE Expert), introduce los datos de diseño del proyecto en la plataforma EDGE App. Estos datos incluyen planos arquitectónicos y de ingeniería, así como la documentación que respalda el cumplimiento de los requisitos de sostenibilidad exigidos por EDGE. Entre la información presentada se incluyen fichas técnicas de materiales y equipos, fotografías, y cualquier evidencia adicional que valide el diseño ecológico del proyecto. Una vez registrado, el proyecto queda listo para la primera auditoría.

El siguiente paso es la auditoría de diseño, donde un auditor EDGE evalúa la documentación presentada para asegurarse de que el proyecto cumple con los criterios necesarios para la certificación. Si el auditor considera que el proyecto es elegible, lo

recomendará a la certificadora, generalmente el Green Business Certification Inc. (GBCI). Si la evaluación es favorable, el proyecto recibe una certificación preliminar de diseño, lo que asegura que, al menos en papel, el proyecto ha sido planeado de acuerdo con los estándares de sostenibilidad que EDGE requiere.

Finalmente, se realiza una auditoría en sitio durante la fase de construcción. En esta etapa, se verifica que las estrategias de diseño sostenibles que se propusieron inicialmente se hayan implementado correctamente y que el edificio logre al menos un 20% de ahorro en consumo energético, agua y materiales. Tras esta verificación, la certificadora revisa los informes elaborados por el auditor EDGE y, si se cumple con todos los requisitos, se otorga la certificación EDGE oficial, lo que confirma que el edificio es sostenible tanto en su diseño como en su construcción (Bioconstrucción, s.f.).

#### K. Sostenibilidad en la construcción:

Una construcción sostenible es el diseño de obras sostenibles considera de manera integral su impacto en el medio ambiente. Su objetivo principal es minimizar el uso de acciones y materiales que puedan afectar negativamente a la naturaleza.

Es fundamental evaluar los impactos ambientales en todas las fases del proyecto: antes, durante y después de la construcción. Este enfoque holístico busca un equilibrio entre el entorno natural y la edificación, no solo reduciendo los efectos adversos, sino también promoviendo impactos positivos en el ecosistema (Lima, 2024).

##### 1. Importancia de la sostenibilidad en la construcción:

La sostenibilidad en la construcción es fundamental debido a los desafíos del cambio climático y las crecientes demandas de los consumidores por soluciones más responsables con el medio ambiente. Las empresas constructoras deben adoptar políticas que integren tanto el impacto ambiental como su responsabilidad social. Este enfoque no solo marca una evolución en el sector, sino que también refuerza la imagen de las empresas como líderes en la promoción de prácticas sostenibles, desde la planificación hasta la ocupación de los edificios, contribuyendo así al bienestar del entorno natural, además, la construcción sostenible permite reducir los residuos y optimizar el uso de los recursos, lo que genera ahorros significativos para desarrolladores y usuarios finales. La gestión eficiente de materiales y mano de obra minimiza los excesos y mejora la rentabilidad de los proyectos. Este enfoque no solo agrega valor económico, sino también social y ambiental, respondiendo a un consumidor cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad y el impacto social en los inmuebles que adquiere o utiliza. (Lima, 2024).

## 2. Tendencias en la construcción sostenible:

La construcción sostenible es un sector en constante evolución, impulsado por innovaciones que buscan reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos. Una de las tendencias más destacadas es la construcción de edificios de energía cero, que priorizan el aprovechamiento de la luz natural y la autonomía energética a través de fuentes renovables. Además, la automatización en las edificaciones juega un papel clave, utilizando tecnología avanzada para identificar fallos y mejorar la eficiencia en el consumo de energía y agua, lo que resulta en un mayor ahorro de recursos.

Otra tendencia relevante es el retrofit verde, que se enfoca en la modernización de edificios existentes para hacerlos más sostenibles mediante mejoras estructurales y de eficiencia. Además, la incorporación de coberturas vegetales, como techos verdes y jardines verticales, no solo mejora el clima interior de los edificios, sino que también contribuye a la biodiversidad y la gestión de aguas pluviales. En línea con este enfoque, el uso de sistemas de reutilización de aguas pluviales y tratamiento sostenible de aguas residuales también está ganando terreno, permitiendo una gestión más eficiente del agua.

Finalmente, los proyectos de construcción sostenible están adoptando una visión sistémica, con un enfoque integral que considera todos los aspectos de la obra. Además, la cultura de sostenibilidad está impulsando un cambio en la formación de nuevos profesionales del sector, quienes están cada vez más capacitados para aplicar materiales y procesos inteligentes que minimicen el impacto ambiental y maximicen la eficiencia operativa de los edificios. Estas tendencias reflejan el compromiso de la industria con la innovación y la sostenibilidad a largo plazo (Lima, 2024).

## 3. Realidad Nacional de la construcción sostenible en Guatemala:

En Guatemala, la construcción sostenible ha dejado de ser percibida como una tendencia exclusiva de países desarrollados y se está consolidando como una necesidad para abordar los desafíos ambientales y sociales del país. Aunque persisten mitos que afirman que este tipo de construcción es demasiado costosa o complicada, expertos locales han desmentido estas ideas. Los costos adicionales para lograr la sostenibilidad en un proyecto representan solo el 2% del presupuesto total, y los beneficios a largo plazo, como la reducción de costos operativos y el aumento en el valor de la propiedad, superan con creces esta inversión inicial.

El mercado guatemalteco ha experimentado un cambio significativo en cuanto a la disponibilidad de materiales sostenibles. Hace algunos años, obtener información técnica sobre productos ecológicos era complicado, pero hoy en día los proveedores locales están mejor preparados, ofreciendo soluciones que cumplen con los estándares internacionales

de sostenibilidad. Esto facilita la implementación de proyectos sostenibles no solo en nuevas construcciones, sino también en la renovación de edificios existentes, lo que permite a Guatemala avanzar hacia una adopción más amplia de prácticas sostenibles sin depender exclusivamente de nuevas edificaciones.

La construcción sostenible en Guatemala no es una moda pasajera ni un lujo reservado solo para grandes desarrollos. Certificaciones como LEED y EDGE están disponibles para una amplia variedad de proyectos, incluidos los de vivienda social. En un país altamente vulnerable al cambio climático y con un crecimiento urbano acelerado, la sostenibilidad se ha vuelto esencial. A medida que el país continúa urbanizándose, la industria de la construcción tiene la responsabilidad de desarrollar proyectos que no repitan los errores del pasado. Adoptar prácticas sostenibles no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora la calidad de vida al crear edificios más eficientes y confortables, beneficiando tanto a los habitantes como al medio ambiente (Palacios, 2023).

#### L. Huella de carbono:

Se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI), expresada en equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>eq), liberados directa o indirectamente debido a actividades humanas. En el sector de la construcción, la huella de carbono abarca todas las etapas del ciclo de vida de un edificio, desde la extracción de materiales hasta su demolición (Wiedman & Minx, 2007).

##### 1. Impacto de la huella de carbono en el cambio climático:

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los principales gases de efecto invernadero, responsable de atrapar el calor en la atmósfera terrestre. Este proceso, conocido como efecto invernadero, es fundamental para mantener las temperaturas necesarias para que la vida prospere en el planeta. Sin el efecto invernadero natural, la Tierra sería demasiado fría para sustentar la biodiversidad tal como la conocemos, sin embargo, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y la deforestación, han disparado los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a una velocidad sin precedentes. Este aumento excesivo ha intensificado el efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global. Como resultado, estamos presenciando cambios climáticos drásticos, como el aumento de la temperatura promedio del planeta, patrones meteorológicos extremos y alteraciones en los ecosistemas, con consecuencias graves para la biodiversidad, los recursos naturales y la vida humana en general (UNAM Global, s.f.).

##### 2. Estrategias para reducir la huella de carbono embebido en edificios:

El carbono incorporado, también conocido como carbono embebido, es el que un edificio acumula durante su proceso de construcción, incluyendo el carbono derivado de la

extracción, transporte y fabricación de los materiales utilizados, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los transportes y trabajos en la obra. Para reducir este impacto, una de las estrategias clave es la minimización de materiales, que implica reducir la cantidad de materiales utilizados y evitar sobredimensionar las estructuras. Al trabajar con menos materiales, se simplifica el proceso de construcción, se reducen los costos de transporte y el impacto ambiental, y se optimizan los cálculos del ciclo de vida del edificio.

Otra estrategia importante es el uso de materiales de proximidad, lo que significa priorizar aquellos que se puedan obtener localmente, minimizando la distancia de transporte. Aunque algunos materiales puedan tener un bajo impacto ambiental, si deben ser transportados desde largas distancias, su beneficio se reduce considerablemente. Realizar un estudio sobre los recursos disponibles localmente permite implementar una estrategia de "kilómetro cero", que beneficia tanto al medioambiente como al presupuesto del proyecto, reduciendo las emisiones de carbono y los costos logísticos. (Campos, 2021).

### 3. Estrategias para reducir la huella de carbono operacional:

El carbono operacional hace referencia a las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el consumo de energía de un edificio a lo largo de su vida útil, abarcando las necesidades de calefacción, refrigeración y alimentación eléctrica. Cada kilovatio-hora (kWh) consumido de la red eléctrica está vinculado a una huella de carbono debido a los procesos de producción y transporte de la electricidad. Para reducir este impacto, es fundamental adoptar estrategias que disminuyan el consumo energético del edificio. Esto incluye un diseño pasivo eficiente, que optimice la orientación, forma y envolvente del edificio, reduciendo así la demanda energética desde el inicio. Además, la selección de equipos eficientes y de bajo consumo contribuye significativamente a minimizar la cantidad de electricidad requerida.

Otra clave para reducir el carbono operacional es el uso de materiales duraderos, que requieran el mínimo mantenimiento y pocas reparaciones a lo largo del tiempo, reduciendo así la huella asociada al mantenimiento. Para alcanzar la neutralidad de carbono, se debe realizar un análisis del ciclo de vida (LCA), que mide el impacto total del edificio en términos de kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente. A partir de esa medición, es posible compensar la huella de carbono mediante la instalación de energías renovables, el uso de productos bajo una economía circular o participando en proyectos de compensación de carbono, lo que asegura un balance positivo en términos ambientales. (Campos, 2021).

### 4. Estrategias para reducir la huella de carbono embebida residual:

El carbono embebido residual se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas al final de la vida útil de un edificio, durante procesos como desmantelamiento, demolición o rehabilitación, que requieren un alto consumo energético. Para reducir este impacto, es

esencial facilitar el desmontaje y minimizar los residuos, priorizando el uso de materiales reciclados y reciclables. Reutilizar materiales existentes y optar por la rehabilitación en lugar de nueva construcción son estrategias clave que disminuyen la huella de carbono, evitando la producción de nuevas emisiones durante la fabricación de materiales.

Un diseño adaptable y flexible también es fundamental para reducir el carbono embebido residual, permitiendo que los espacios se modifiquen sin grandes obras ni demoliciones. Al emplear estructuras polivalentes y piezas fácilmente desmontables, se minimiza la generación de residuos. A medida que las normativas de reducción de emisiones se vuelvan más estrictas, el análisis del ciclo de vida (LCA) será una herramienta indispensable para medir y gestionar de manera efectiva el impacto ambiental de los edificios. (Campos, 2021).

#### 5. El rol de EDGE APP en la huella de carbono:

La aplicación EDGE desempeña un rol fundamental en la reducción de la huella de carbono al ofrecer una herramienta precisa para medir y optimizar la eficiencia en el uso de energía, agua y materiales en los edificios. Al establecer un requisito mínimo de ahorro del 20% en estos aspectos, EDGE ayuda a los desarrolladores a diseñar edificaciones que disminuyan notablemente sus emisiones de CO<sub>2</sub>, tanto en la fase de construcción como durante su operación. La plataforma facilita la toma de decisiones sostenibles al mostrar en tiempo real el impacto ambiental de cada elección de diseño, lo que permite reducir tanto el carbono embebido como el operativo, y encaminar los proyectos hacia la certificación de sostenibilidad.

Es importante mencionar que con la ayuda de EDGE APP se puede realizar la comparación entre edificios convencionales y sostenibles, ya que cuantifica las diferencias en términos de huella de carbono. Mientras los edificios tradicionales suelen generar altos niveles de emisiones a lo largo de su ciclo de vida, los edificios certificados por EDGE optimizan sus recursos para reducir su impacto ambiental. Al incorporar materiales reciclados, mejorar la eficiencia energética y aplicar tecnologías sostenibles, los edificios sostenibles no solo reducen sus emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también presentan menores costos operativos y mejor rendimiento ambiental. EDGE App facilita esta comparación al proporcionar datos concretos sobre las mejoras en eficiencia y la disminución de emisiones, destacando el valor de optar por construcciones sostenibles (Bioconstrucción, s.f.).

#### M. Autodesk FORMA:

Autodesk Forma es una plataforma en la nube diseñada para los sectores de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO), que unifica los flujos de trabajo entre los equipos responsables de diseñar, construir y operar entornos construidos. Esta solución

facilita el flujo continuo de datos, asegurando que la información correcta llegue a las personas adecuadas en el momento preciso.

La plataforma ofrece herramientas avanzadas de diseño conceptual y modelado 3D, junto con análisis predictivos y automatización de procesos para optimizar los resultados de los proyectos. Autodesk Forma permite a los equipos de planificación y diseño tomar decisiones rápidas e informadas, basadas en datos en tiempo real, lo que reduce riesgos y mejora tanto los resultados empresariales como los de sostenibilidad. (Melero, 2023)

#### 1. Funcionalidades y datos proporcionados por Autodesk FORMA:

- Ofrece herramientas para la creación rápida de diseños conceptuales en 3D, lo que permite a los equipos visualizar y probar diferentes opciones de diseño desde las etapas iniciales del proyecto, también permite modelar edificios y entornos urbanos completos, considerando variables como la forma, la orientación y el contexto.
- Capacidad de realizar simulaciones energéticas tempranas, que proporcionan datos sobre el consumo de energía y la eficiencia de los diseños. Estos análisis predicen el desempeño energético de un edificio en diferentes condiciones climáticas, lo que permite identificar áreas para mejorar la eficiencia y reducir costos operativos.
- La plataforma ofrece simulaciones climáticas que permiten estudiar la incidencia solar, la sombra, el viento y la ventilación natural en el edificio, proporcionando datos que ayudan a optimizar la eficiencia energética y el confort térmico. Los análisis solares permiten ajustar el diseño para mejorar la iluminación natural y reducir el consumo de energía eléctrica.

#### 2. Beneficios al usar Autodesk FORMA:

- Como beneficio principal se tiene que mejora la toma de decisiones desde las fases iniciales del proyecto, esto debido a que permite evaluar el rendimiento energético, costos y sostenibilidad desde la etapa conceptual del diseño.
- Realiza simulaciones energéticas que ayudan a diseñar edificios con menor consumo de energía, reduciendo costos operativos a largo plazo.
- Proporciona datos en tiempo real para tomar decisiones informadas y ajustar el diseño de forma inmediata.
- Facilita el trabajo en equipo entre profesionales en diferentes ubicaciones, permitiendo compartir datos y actualizaciones de forma continua.

- Permite comparar costos de inversión inicial y ahorro a largo plazo, ayudando a justificar la implementación de soluciones sostenibles.
- Al identificar problemas potenciales antes de la construcción, se pueden hacer ajustes tempranos que eviten gastos innecesarios y retrasos en el proyecto.

## VII. METODOLOGÍA

### A. Fase I: Recopilación

La primera fase del proyecto consistió en la exploración de los distintos edificios sostenibles que cuentan con la certificación EDGE en Guatemala, el objetivo fue presentar la información que se investigó previo a seleccionar el tema de tesis sobre los beneficios sociales, económicos y ambientales que vienen de implementar una certificación EDGE en un edificio.

Dentro de esta fase de busco recopilar toda la información posible sobre todos los parámetros y estándares que se deben cumplir para que un edificio sostenible sea avalado por la certificación EDGE, también se recopiló información sobre datos numéricos como presupuestos, costos y gastos mensuales en energía y aguas en los edificios que cuenten con la certificación EDGE y también en edificios convencionales, se recopiló información de ambos tipos de edificios para así poder realizar una comparativa y demostrar de mejor manera las ventajas que proporciona un edificio sostenible que cuenta con EDGE.

#### Fase II:

Para la fase II primero se utilizó FORMA que es un software el cual permite al usuario realizar distintos análisis de confort térmico y eficiencia energética, a través de este software se realizaron distintos análisis de la temperatura, las horas solares y la iluminación natural para ver qué tipo de mejoras se pueden implementar para mejorar el confort térmico del usuario, posteriormente, se utilizó EDGE app, el cual es un software online totalmente gratuito capaz de predecir y calcular de forma rápida los ahorros en energía, agua y carbono incorporado en los materiales ayudando a determinar la combinación óptima de estrategias para lograr el mejor retorno de la inversión posible. El uso del software permitió comparar el edificio sostenible y el convencional. Aparte se rediseñó el sistema de iluminación y el sistema hidráulico con la intención de mejorar su eficiencia energética.

#### Fase III:

La fase III consistió en identificar los parámetros económicos y ambientales que dan nombre y prestigio a los edificios sostenibles por encima de los convencionales, para como parámetro los valores obtenidos a través de EDGE APP, donde se hará una comparativa entre los valores del edificio convencional y el edificio con mejoras en sus medidas de eficiencia energética.

#### Fase IV: Entregables

Comparativa económica y ambiental: Se entregará un Excel donde se tenga una comparativa entre los distintos parámetros económicos y ambientales que se obtuvieron a través de EDGE APP en el edificio convencional y el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia (edificio con EDGE), esto con el fin de que se alcance un ahorro del 20 por ciento de ahorro en energía, agua y energía empleada en los materiales de construcción en el edificio con mejoras en las medidas de la eficiencia y que este pueda ser comparado a nivel económico y ambiental con el edificio convencional.

Cálculos realizados en Excel y MATHCAD donde se muestre de donde se obtuvieron los distintos parámetros que se seleccionaron posteriormente para EDGE APP en los ahorros de energía eléctrica, ahorro en aguas y ahorro en la energía de los materiales. Asimismo, se entregarán también cálculos de transmitancia térmica de distintos elementos del edificio y cálculos para implementar parteluces y voladizos en la ventanearía del edificio.

Planos con la modificación del sistema hidráulico (aguas frías y calientes) y del sistema de iluminación, esto con el fin de que ayuden a mejorar el rendimiento de ahorro energético.

Información del proyecto:

Ubicación del proyecto:	T10, zona 10 Ciudad de Guatemala
Tipo de construcción	Complejo de apartamentos
Objetivos del proyecto	Conseguir un ahorro del 20% en energías de agua, eléctricas y de los materiales
Descripción del proyecto	Es un complejo de apartamentos ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala, el proyecto ya está realizado, la idea es optimizar tanto el sistema de aguas, como el sistema de iluminación e implementar otro tipo de materiales como vidrios de bajo consumo y que proporcionen un ambiente más amigable al usuario, materiales de baja emisión de CO2
Softwares a utilizar	AUTOCAD, FORMA, EDGE APP, MATHCAD

Tablas de ahorros energéticos, cálculos y programas de necesidades del diseño:

Como es bien sabido para lograr la certificación EDGE en el complejo de apartamentos que se desarrollara a cabo se debe lograr alcanzar un ahorro del 20% en energías eléctricas, de aguas y en los materiales utilizados para la construcción. Lo que significa que EDGE APP nos brindará tres distintas tablas con sus respectivos datos e información sobre consumos energéticos, para poder recibir cálculos y datos sobre las tablas es primordial llenar primero la información del proyecto, como qué tipo de construcción es, la localización, etc.

A continuación, se muestran capturas de pantalla de las tablas brindadas por EDGE APP:

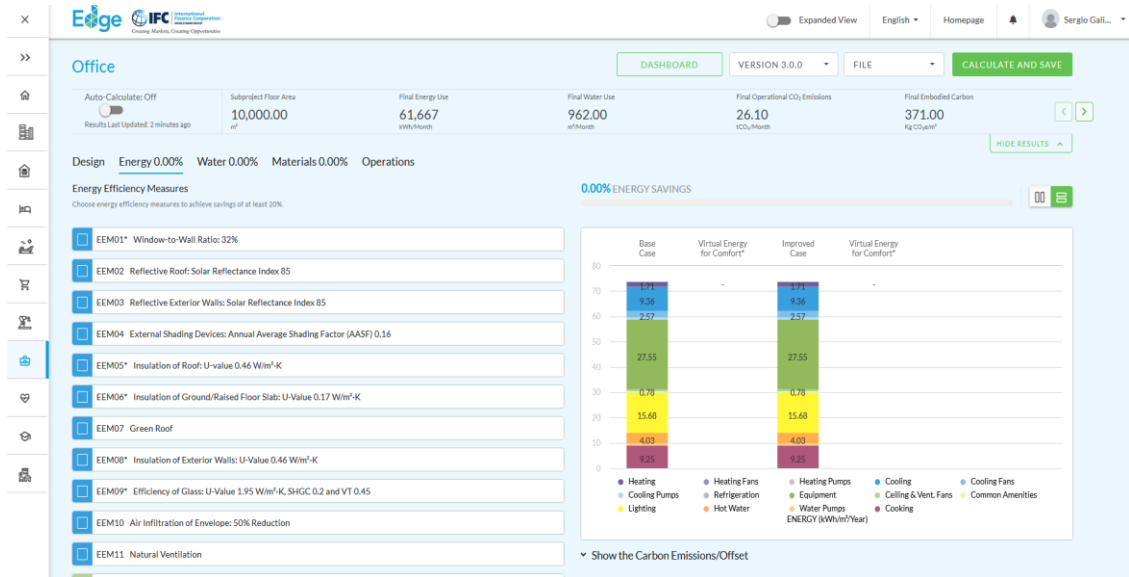


Figura 4: Pestaña de energía en EDGE APP

(Elaboración propia)

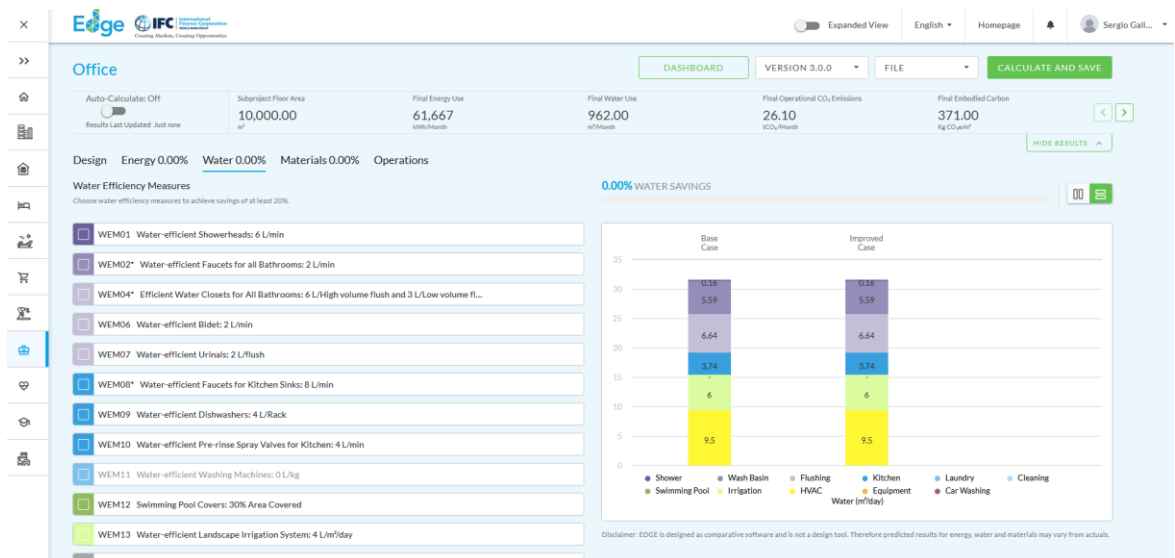


Figura 5: Pestaña de aguas en EDGE APP

(Elaboración propia)

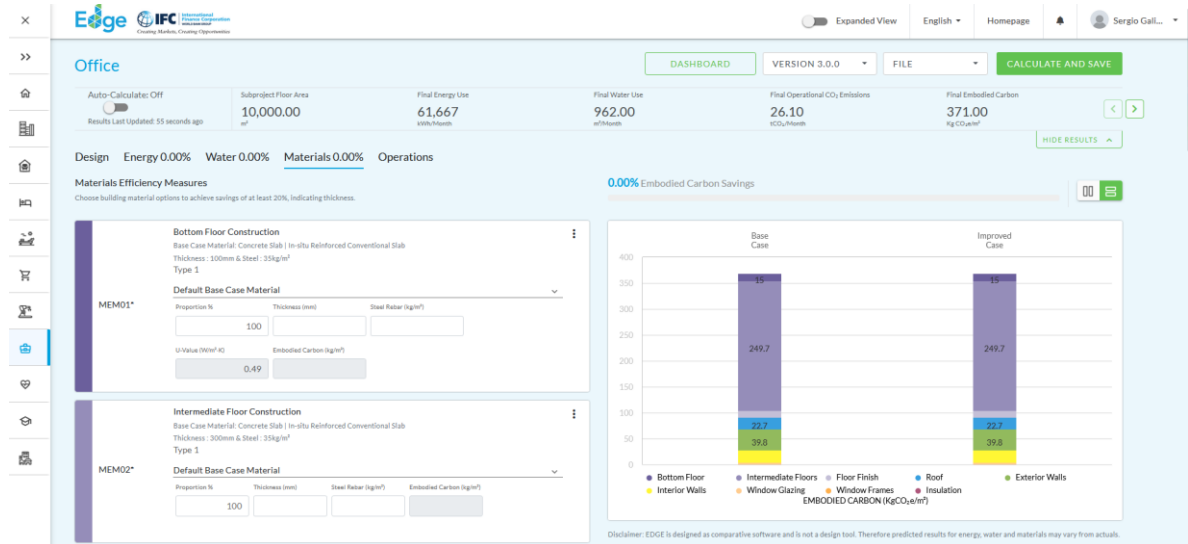
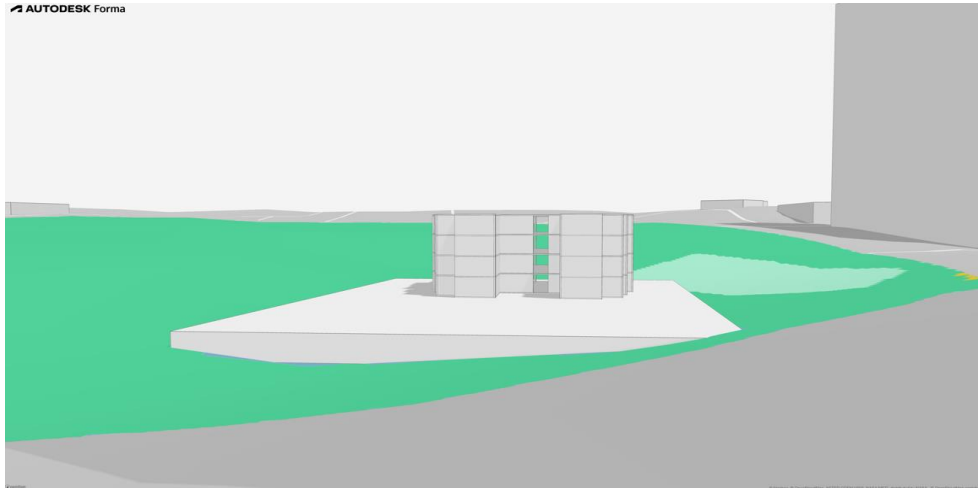


Figura 6: Pestaña de materiales en EDGE APP

(Elaboración propia)

Como se puede observar en la aplicación cada tabla muestra y porcentaje actual de ahorro energético que se esté realizando y al lado izquierdo se muestran los distintos dispositivos u aparatos que consumen dicha energía eléctrica. En conclusión, la idea sería ir modificando los parámetros de diseño y construcción y los materiales utilizados para conseguir llegar al porcentaje de ahorro deseado, también con la ayuda del software de FORMA, se puede determinar si vendría bien implementar más ventanearía al edificio, persianas translúcidas, tragaluces u otro tipo de elementos para aprovechar mejor la iluminación natural en el edificio, así como también se hacen pruebas de temperatura interna y externa, con el fin de en base en los resultados buscar mejorar el confort del usuario de ser necesario, a través de la implementación de estos elementos también se reduciría por consecuencia la huella de carbono.



*Figura 7: Modelo del edificio T10 en el software de FORMA*

(Elaboración propia)

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el capítulo de Resultados y Discusión, se presenta una comparativa y análisis de los distintos parámetros de medidas de eficiencias obtenidos a través de la plataforma EDGE APP en relación con los edificios evaluados (un edificio convencional de cuatro pisos y dos sótanos ubicado en zona 10 y un edificio con las mismas características de diseño, pero con la diferencia de que para este se han implementado mejoras a través de EDGE APP).

Antes de iniciar con el proceso se utilizó el software de FORMA para poder llevar a cabo distintos tipos de análisis los cuales nos ayudaron a determinar si los habitantes de la torre reciben un buen confort térmico y que tipo de medidas e implementaciones se podrían agregar aparte de las indicadas en EDGE APP para brindar un gran confort a los habitantes de la torre. Respecto a los resultados brindados por EDGE APP se incluyen el ahorro de energía, agua y materiales, así como la reducción de la huella de carbono en comparación con construcciones tradicionales. A lo largo del capítulo, se discuten los datos obtenidos, se examinan las estrategias implementadas para mejorar la eficiencia de los edificios y se evalúa el impacto ambiental y económico de las decisiones de diseño sostenible. De esta manera, se destaca cómo EDGE APP facilita la optimización de recursos y contribuye a la construcción de edificaciones más responsables con el medio ambiente.

### MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDGE APP

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Proporción del vidrio respecto a la pared	36.82%	35.00%

*Figura 8 :Comparativa entre el porcentaje de proporción del vidrio respecto a la pared del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.*

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Aislamiento del techo (valor U)	1.10 W/m <sup>2</sup> *k	1.91 W/m <sup>2</sup> *k

*Figura 9: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a el techo del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.*

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Aislamiento de losa de piso y entrepiso (valor U)	0.86 W/m <sup>2</sup> *k	0.49 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 10: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a la losa y los entrepisos del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Aislamiento de paredes exteriores (valor U)	0.79 W/m <sup>2</sup> *k	1.86. W/m <sup>2</sup> *k

Figura 11: Comparativa entre los valores de transmitancia térmica correspondientes a las paredes exteriores del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Aislamiento del vidrio (valor U)	1.10 W/m <sup>2</sup> *k	5.75 W/m <sup>2</sup> *k
Cantidad de calor solar que entra a través de la ventana (SHGC)	0.40	0.80
Porcentaje de luz visible, Factor (TV)	0.41	0.70

Figura 12: Comparativa entre la eficiencia del vidrio del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Iluminación eficiente para áreas internas	206.83 L/W	65 L/W

Figura 13: Comparativa entre la iluminación eficiente para áreas internas del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional

(Elaboración propia)

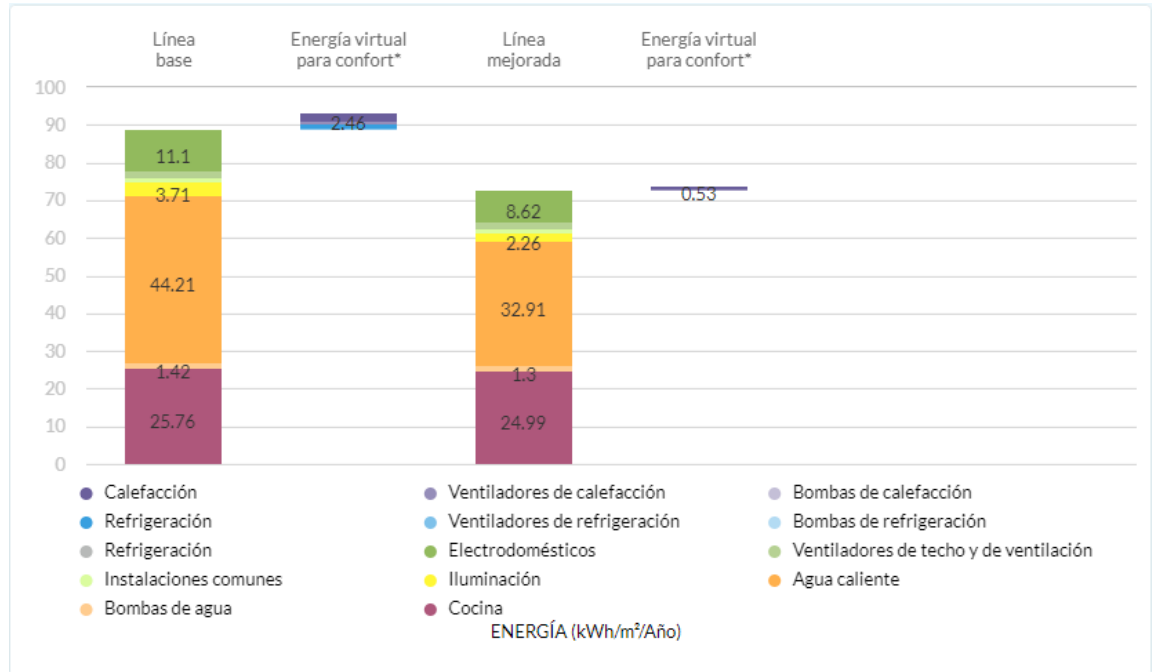


Figura 14 Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de energía de la línea base y la línea mejorada.

(Elaboración propia)

#### Medidas de eficiencia energética 21.04%

- ✓ EEM01\* Proporción de vidrio respecto de la pared: 36.82%  
Valor de la línea base: 35 %  
Relación ventana-pared (%): 36.82
- EEM02 Techo reflectante: Índice de reflectancia solar 85
- EEM03 Paredes exteriores reflectantes: Índice de reflectancia solar 85
- EEM04 Dispositivos de protección solar externos: Factor de sombreado anual promedio (AASF) 0.16
- ✓ EEM05\* Aislamiento del techo: Valor U 1.1 W/m²K  
Valor de la línea base: 1.91 W/m²K  
Valor U (W/m²K): 1.10
- ✓ EEM06\* Aislamiento del suelo/losa de piso y entrepiso elevada: Valor U 0.86 W/m²K  
Valor de la línea base: 0.49 W/m²K  
Valor U (W/m²K): 0.86  
Edge Insulation Type: Ninguno
- EEM07 Techo verde
- ✓ EEM08\* Aislamiento de paredes exteriores: Valor U 0.79 W/m²K  
Valor de la línea base: 1.86 W/m²K  
Valor U (W/m²K): 0.79
- ✓ EEM09\* Eficiencia del vidrio: Valor U 1.1 W/m²K, SHGC 0.4 y TV 0.41  
Valor de la línea base: 5.75 W/m²K, SHGC 0.8 y TV 0.7  
W/m²K: 1.10 TV (factor): 0.41  
SHGC: 0.4
- EEM10 Infiltración de aire de la envolvente del edificio: 50 % de reducción
- ✓ EEM11 Ventilación natural  
Abertura de la fachada de la línea base: 0 %
- EEM12 Ventiladores de techo

Figura 15: Resumen de las medidas de eficiencia energéticas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

## Medidas de eficiencia energética 21.04%

EEM15 Sistema de preacondicionamiento de aire fresco: Eficiencia 65 %	EEM26 Ventilación con control de demanda para estacionamiento mediante sensores de CO <sub>2</sub>
EEM18 Sistema de agua caliente sanitaria (ACS) : Energía solar 50%, Bomba de calor 50%, Caldera 0%	✓ EEM29 Refrigeradores y lavadoras de ropa eficientes
EEM19 Sistema de precalentamiento de agua caliente sanitaria	EEM30 Submedidores para sistemas de calefacción/refrigeración
✓ EEM22 Iluminación eficiente para áreas internas Valor de la línea base: 65 L/W Tipo de eficiencia: Eficacia luminosa Eficacia luminosa (L/W): 206.83	✓ EEM31 Medidores inteligentes de energía
EEM23 Iluminación eficiente para áreas externas	EEM32 Correcciones del factor de potencia
EEM24 Controles de iluminación	EEM33 Energía renovable en el emplazamiento: 25% del Consumo anual de energía
	EEM34 Otras medidas de ahorro de energía
	EEM35 Adquisición de energía renovable externa: 100 % de CO <sub>2</sub> operacional anual
	EEM36 Compensaciones de las emisiones de carbono: 100 % de CO <sub>2</sub> operacional anual
	EEM37 Refrigerantes de bajo impacto

Figura 16: Resumen de las medidas de eficiencia energética entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

En los resultados obtenidos se puede observar que las medidas de eficiencia energética adoptadas permiten una mejora significativa en el rendimiento térmico del edificio. Se ha implementado un aislamiento efectivo en los elementos constructivos clave, como el techo (Valor U de 1.1 W/m<sup>2</sup>K), las paredes exteriores (Valor U de 0.79 W/m<sup>2</sup>K) en comparación a el de la línea base, esto se debe a que se seleccionaron buenos materiales aislantes como la espuma de poliuretano, la fibra de vidrio, entre otros para así mejorar la transmitancia térmica del elemento. Además, se puede observar que también hubo una mejoría significativa en la eficacia luminaria y que se logró cumplir con el parámetro de la ASHRAE para apartamentos que es de 0.6 en cada área del apartamento esto se debe a que se eligieron luminarias con una menor potencia nominal y flujo de luz.

A través de la gráfica de la comparación de la energía consumida en la línea base frente a la línea mejorada. En la línea mejorada, se observa una reducción considerable en el consumo de energía, especialmente en el área del agua caliente, lo que evidencia la efectividad de las medidas implementadas. Por ejemplo, el consumo de energía para cocina disminuyó de 25.76 kWh/m<sup>2</sup>/año en la línea base a 24.99 kWh/m<sup>2</sup>/año en la línea mejorada. El consumo de agua caliente también mostró una mejora significativa, pasando de 44.21

kWh/m<sup>2</sup>/año a 32.91 kWh/m<sup>2</sup>/año, aunque esto más que por algún cambio en las medidas de eficiencia energética se debe a una reducción en la tasa de flujo de distintos artefactos en las medidas de eficiencia de agua.

Finalmente, la gráfica y los valores obtenidos reflejan un incremento en la eficiencia energética del edificio, con una reducción total del 21.04% en el consumo de energía en comparación con la línea base. Estos resultados indican que las estrategias implementadas, como el aislamiento mejorado, la ventilación natural y el buen uso de luminarias ayudo a minimizar el consumo energético. Esto no solo reduce la huella de carbono del edificio, sino que también mejora el confort de los ocupantes.

### MEDIDAS DE EFICIENCIA EN AGUAS EN EDGE APP

MEDIDA DE EFICIENCIA DE AGUA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Tipo de Artefacto	Cabezales de ducha	Cabezales de ducha
Bath tub ( tina )	no	no
Tasa de flujo	5.7 L/min	8.0 L/min

*Figura 17: Comparativa entre la tasa de flujo de los cabezales de ducha para el edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.*

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA DE AGUA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Tipo de Artefacto	grifo con aireadores para baño	grifo con aireadores para baño
Tasa de flujo	4.0 L/min	6.0 L/min

*Figura 18: Comparativa entre la tasa de flujo de los grifos de ducha para los baños del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.*

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA DE AGUA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Tipo de Artefacto	Inodoro con doble descarga	Inodoro de simple descarga
volumen de descarga	4.05 L/descarga para el alto volumen y 3.0 L/descarga para el bajo volumen	8.0 L/descarga

*Figura 19: Comparativa entre el volumen de descarga para los inodoros de los baños del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.*

(Elaboración propia)

MEDIDA DE EFICIENCIA DE AGUA	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
Tipo de Artefacto	grifo con aireadores para cocina	grifo con aireadores para cocina
Tasa de flujo	8.0 L/min	10.0 L/min

Figura 20: Comparativa entre la tasa de flujo de los grifos de cocina del edificio con mejoras en EDGE y el edificio convencional.

(Elaboración propia)

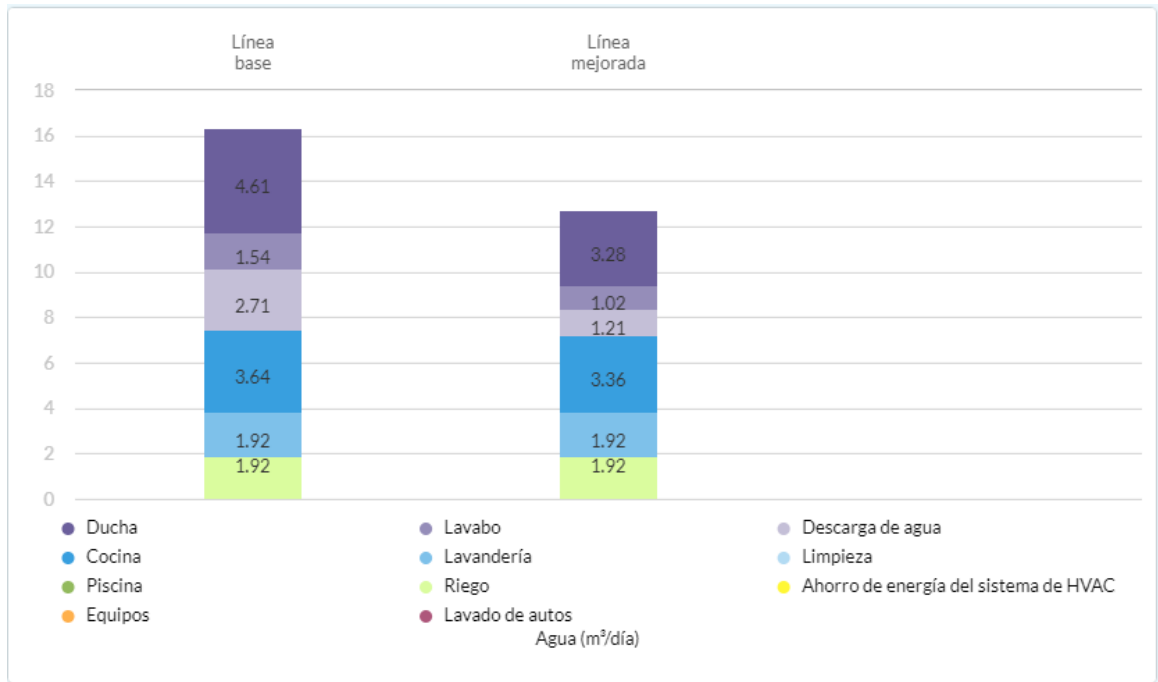


Figura 21: Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de agua de la línea base y la línea mejorada.

(Elaboración propia)

## Medidas de eficiencia de agua 22.12%

---

- ✓ WEM01 Cabezales de ducha que ahorran agua: 5.7 L/min  
Valor de la línea base: 8 L/min  
Tipo de baño: Cabezales de ducha    Tasa de flujo (L/min): 5.7    Provisión de agua caliente: Sí    Bath Tub : No
- ✓ WEM02\* Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños: 4 L/min  
Valor de la línea base: 6 L/min  
Tipo de grifo de agua: Faucets with Aerators    Tasa de flujo (L/min): 4.0    Provisión de agua caliente: Sí
- ✓ WEM04\* Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños: 4.5 L/descarga de alto volumen y 3 L/descarga de bajo volumen  
Valor de la línea base: Descarga simple, 8 L/descarga  
Tipo de inodoro: Doble descarga    Alto volumen de descarga (L/min): 4.5    Bajo volumen de descarga (L/min): 3.0
- WEM06 Bidé eficiente que ahorra agua: 2 L/min
- ✓ WEM08\* Grifos de cocina que ahorran agua: 8 L/min  
Valor de la línea base: 10 L/min  
Provisión de agua caliente: Sí    Tasa de flujo (L/min): 8.0

Figura 22: Resumen de las medidas de eficiencia en aguas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

## Medidas de eficiencia de agua 22.12%

---

- WEM09 Lavavajillas que ahorran agua: 10 L/Cycle
- WEM10 Válvulas de preenjuague de cocina que ahorran agua: 3.75 L/min
- WEM11 Lavadoras que ahorran agua: 35 L/ciclo
- WEM12 Cobertores de piscina: 30 % de superficie cubierta
- WEM13 Sistema de riego de jardines que ahorra agua: 4 L/m<sup>2</sup>/día
- WEM14 Sistema de recolección de agua de lluvia: 15 % de superficie del techo utilizada para recolección
- WEM15 Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales: 100 % tratada
- WEM16 Recuperación del agua de condensación: 100 % recuperada
- WEM17 Medidores inteligentes de agua

Figura 23: Figura 24: Resumen de las medidas de eficiencia en aguas entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en la eficiencia del uso del agua, reflejada en un ahorro del 22.12% en el consumo diario gracias a las medidas implementadas como reducir la tasa de flujo de los artefactos seleccionados y volviendo el sistema de agua fría un circuito. Al comparar la línea base con la línea mejorada, se observa que el flujo en las duchas, por ejemplo, se redujo de 8 L/min a 5.7 L/min debido a la instalación de cabezales de ducha eficientes. Esta reducción en el consumo de agua no compromete la comodidad de los usuarios y permite un ahorro considerable, como se evidencia en la gráfica, donde el uso de agua en duchas disminuye de 4.61 m<sup>3</sup>/día en la línea base a 3.28 m<sup>3</sup>/día en la línea mejorada.

Otro cambio destacado es el de los grifos de los baños, cuyo caudal se redujo de 6 L/min a 4 L/min en la línea mejorada. Asimismo, la implementación de inodoros de doble descarga, que ajustan el volumen de agua según la necesidad (4.5 L para descarga de alto volumen y 3 L para bajo volumen), ha sido clave para reducir el consumo de agua en las descargas. En la gráfica, se observa que el uso de agua en lavabos y descargas se redujo de 3.64 m<sup>3</sup>/día a 3.36 m<sup>3</sup>/día, lo que demuestra el impacto positivo de estas medidas de eficiencia.

El ahorro de agua logrado se debe principalmente a la adopción de tecnologías más eficientes, como los aireadores que tienen la capacidad de reducir la tasa de flujo de agua que pasa a través del grifo sin afectar la comodidad del usuario y los sistemas de descarga doble. Estas mejoras no solo optimizan el uso de recursos, sino que también reducen los costos operativos a largo plazo. En la cocina, por ejemplo, el flujo se redujo de 10 L/min a 8 L/min, y el uso eficiente del agua en otras áreas clave, como la lavandería y el riego, ha contribuido a una disminución general del consumo. Así, la línea mejorada presenta un uso diario significativamente menor en casi todas las categorías en comparación con la línea base.

## MEDIDAS DE EFICIENCIA EN MATERIALES EN EDGE APP

CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA BAJA		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Losa de hormigón	Losa de hormigón
ESPESOR	150mm	100mm
PROPORCIÓN	100%	100%
BARRA DE ACERO REFORZADA	35	35
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	0.86 W/m <sup>2</sup> *k	0.49 W/m <sup>2</sup> *k

*Figura 25: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de la planta baja del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.*

(Elaboración propia)

CONSTRUCCIÓN DEL ENTREPISO		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Losa de hormigón	Losa de hormigón
ESPEJOR	150mm	250mm
PROPORCIÓN	100%	100%
BARRA DE ACERO REFORZADA	35	35
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	0.86 W/m <sup>2</sup> *k	0.49 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 26: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción del entrepiso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

ACABADO DE PISO		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Azulejos de cerámica	Azulejos de cerámica
ESPEJOR	10 mm	10 mm
PROPORCIÓN	100%	100%

Figura 27: Comparativa entre los materiales del acabado de piso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

CONSTRUCCIÓN DEL TECHO		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Losa de hormigón	Losa de hormigón
ESPEJOR	200mm	250mm
PROPORCIÓN	100%	100%
BARRA DE ACERO REFORZADA	35	35
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	1.10 W/m <sup>2</sup> *k	1.91 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 28: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción del techo del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES EXTERNAS		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Bloques huecos de peso medio	Ladrillo macizo con yeso interno y externo
ESPEJOR	200mm	200mm
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	0.79 W/m <sup>2</sup> *k	1.86 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 29: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de las paredes externas del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES INTERNAS		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL	Bloques huecos de peso medio	Ladrillo macizo con yeso interno y externo
ESPESOR	150mm	100mm
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	0.79 W/m <sup>2</sup> *k	1.86 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 30: Comparativa entre los materiales y valores de transmitancia térmica de la construcción de las paredes internas del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

VIDRIOS DE VENTANA		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
TIPO DE VIDRIO	DOBLE VIDRIADO	VIDRIADO SIMPLE
ESPESOR	6mm	8mm
PROPORCIÓN	100%	100%
AISLAMIENTO DEL MATERIAL	1.82 W/m <sup>2</sup> *k	5.77 W/m <sup>2</sup> *k

Figura 31: Comparativa entre los tipos de vidrio y valores de transmitancia térmica de los vidrios del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

AISLAMIENTO DE TECHO		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL DE AISLAMIENTO	FIBRA DE VIDRIO	SIN AISLAMIENTO
ESPESOR	20mm	-
PROPORCIÓN	100%	-

Figura 32: Comparativa entre los materiales de aislamiento del techo del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

AISLAMIENTO DE PAREDES		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL DE AISLAMIENTO	AEROSOL DE ESPUMA DE POLIURETANO	SIN AISLAMIENTO
ESPESOR	20mm	-
PROPORCIÓN	100%	-

Figura 33: Comparativa entre los materiales de aislamiento de las paredes del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

AISLAMIENTO DE PISO		
MEDIDAS DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	EDIFICIO CON MEJORAS EN EDGE	EDIFICIO CONVENCIONAL
MATERIAL DE AISLAMIENTO	AEROSOL DE ESPUMA DE POLIURETANO	SIN AISLAMIENTO
ESPESOR	2mm	54.9mm
PROPORCIÓN	100%	100%

Figura 34: Comparativa entre los materiales de aislamiento del piso del edificio con mejoras en EDGE y del edificio convencional.

(Elaboración propia)

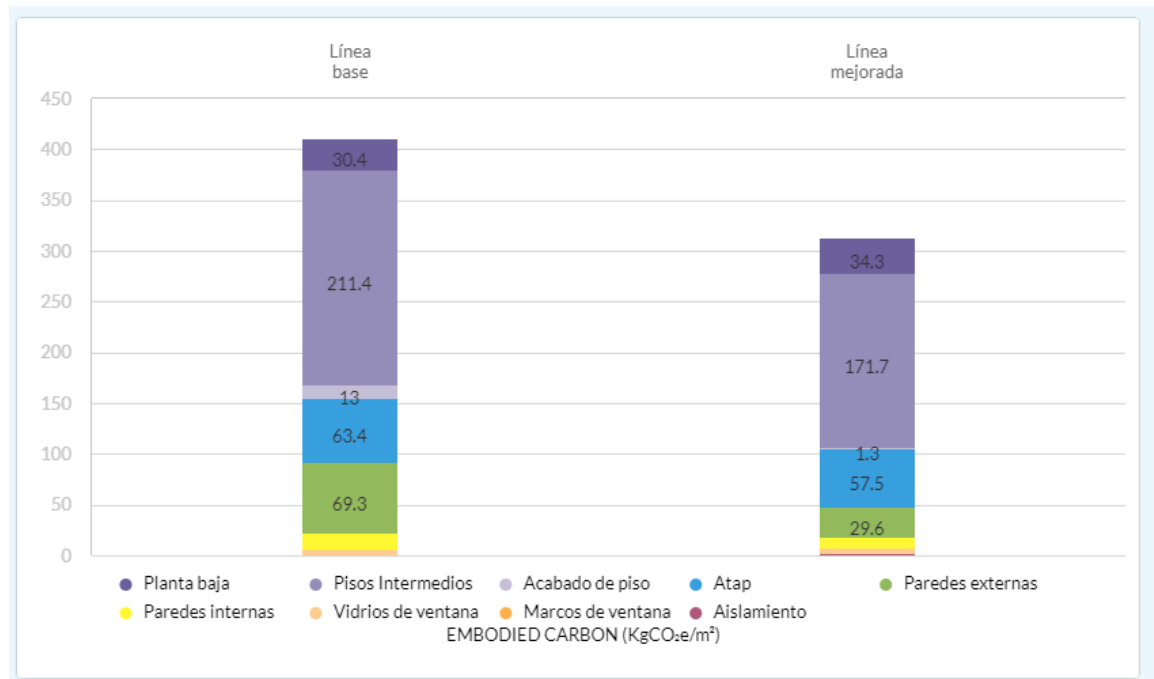


Figura 35: Gráfica comparativa entre medidas de eficiencia de los materiales de la línea base y la línea mejorada.

(Elaboración propia)

Selección de línea mejorada	Material de construcción	Proporción %	Grosor (mm)	Valor U (W/m²K)	Embodied Carbon(kg/m²)
MEM01*	Construcción de planta baja Base Case Material: Concrete Slab   In-situ Reinforced Conventional Slab Espesor: 100 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de hormigón   Losa convencional armada in situ	100 %	150	0.86
MEM02*	Construcción del entrepiso Base Case Material: Concrete Slab   In-situ Reinforced Conventional Slab Espesor: 250 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de hormigón   Losa convencional armada in situ	100 %	150	
MEM03*	Acabado de piso Material de la línea base: Baldosas   Baldosas cerámicas Espesor: 10 mm	Tipo 1 Azulejos   Azulejos de cerámica	100 %	1	
MEM04*	Construcción del techo Material de la línea base: Losa de concreto   Losa convencional reforzada en obra Espesor: 250 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de hormigón   Losa convencional armada in situ	100 %	200	1.10
MEM05*	Paredes externas Base Case Material: Brick Wall   Solid brick (0-25% voids) with external and internal plaster Espesor: 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto   Bloques Huecos de Peso Medio	100 %	200	0.79
MEM06*	Paredes internas Material de la línea base: Pared de ladrillo   Ladrillo macizo (0-25 % de poros) con yeso externo e interno	Tipo 1 Concrete Blocks   Hollow Blocks of Medium-weight	100 %	150	

Figura 36: Resumen de las medidas de eficiencia en los materiales entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

## Medidas de eficiencia de los materiales 24.00%

Selección de línea mejorada	Material de construcción	Proporción %	Grosor (mm)	Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Embodied Carbon(kg/m <sup>2</sup> )
MEM07* Marcos de ventana Material de la línea base: Aluminio	Tipo 1 Material de caso base predeterminado	100 %			
MEM08* Vidrios de ventana Base Case Material: Single Glazing Espesor: 8 mm	Tipo 1 Doble vidriado	100 %	6	1.82	
MEM09* Aislamiento de techo Base Case Material: X - No insulation Espesor: 0 mm	Tipo 1 Lana de vidrio   Bloque de fibra de vidrio	100 %	20		
MEM10* Aislamiento de paredes Material de la línea base: X - Sin aislamiento Espesor: 0 mm	Tipo 1 Aerosol de espuma de poliuretano o aislamiento de tableros	100 %	20		
MEM11* Aislamiento de piso Base Case Material: Polystyrene Foam Spray or Board Insulation Espesor: 54.9 mm	Tipo 1 Aerosol de espuma de poliuretano o aislamiento de tableros	100 %	20		

Figura 37: Resumen de las medidas de eficiencia en los materiales entre el edificio convencional y el edificio con mejoras en EDGE

(Elaboración propia)

Los resultados obtenidos en las medidas de eficiencia de los materiales reflejan una reducción significativa en el carbono incorporado en la construcción gracias a las mejoras implementadas en la línea mejorada. En la línea base, el carbono incorporado total alcanzaba los 400 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, mientras que en la línea mejorada se redujo a 343.3 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, lo que representa una disminución considerable en las emisiones de carbono. Este logro se debe, en gran parte, a la elección de materiales más eficientes y a la optimización de espesores y propiedades de aislamiento en elementos clave de la construcción, como los pisos intermedios y las paredes externas.

Al analizar los detalles, se observa que los pisos intermedios y las paredes externas son los componentes que más contribuyeron a esta reducción. En la línea base, los pisos intermedios generaban 211.4 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, mientras que en la línea mejorada ese valor disminuyó a 171.7 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>. Este avance se logró gracias al uso de losas de hormigón de 150 mm de grosor, reforzadas con 35 kg/m<sup>2</sup> de acero, lo que optimizó el rendimiento estructural sin aumentar la huella de carbono. De manera similar, las paredes externas

presentaron una reducción notable, pasando de 69.3 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> en la línea base a 57.5 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> en la línea mejorada, debido a la implementación de bloques de concreto hueco, lo que mejoró tanto el uso de materiales como el aislamiento térmico.

Asimismo, los vidrios de las ventanas también desempeñaron un papel crucial en la mejora de la eficiencia de los materiales. En la línea mejorada, se utilizó doble acristalamiento con un valor U de 1.82 W/m<sup>2</sup>K, lo que contribuyó a la reducción del carbono incorporado y a una mayor eficiencia energética. En conjunto, estas mejoras no solo disminuyeron el impacto ambiental del edificio, sino que también optimizaron su desempeño energético, lo que resulta en una construcción más sostenible y eficiente a largo plazo.

## COMPARATIVA ECONÓMICA:

Resultados	
Consumo final de energía (kWh/mes/apartamento) <b>687</b>	EPI de la línea mejorada (kWh/m <sup>2</sup> /año) <b>73.0</b>
Consumo final de agua (m <sup>3</sup> /mes/apartamento) <b>24</b>	Costo total de construcción del edificio (Million GTQ/Apartment) <b>0.5</b>
Emisiones de CO <sub>2</sub> operacionales finales (tCO <sub>2</sub> /mes/apartamento) <b>0.30</b>	Costo incremental (Million GTQ/Apartment) <b>0.08</b>
Final Embodied Carbon (Kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ) <b>315</b>	Porcentaje de aumento en el costo <b>14.80%</b>
Costo final de los servicios públicos (GTQ/Month/Apartment) <b>422</b>	Retorno en años (Años) <b>More than 50 years</b>
Superficie del subproyecto (m <sup>2</sup> ) <b>1,808</b>	Cantidad de personas impactadas (N.o/año) <b>64</b>
Ahorros de energía (MWh/Año) <b>29.11</b>	Base Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO <sub>2</sub> e/Year/Apartment) <b>8.1</b>
Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) <b>1,318.62</b>	Improved Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO <sub>2</sub> e/Year/Apartment) <b>8.1</b>
Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año) <b>10.80</b>	
Embodied Carbon Savings ( tCO <sub>2</sub> e) <b>176.40</b>	
Ahorros en los costos de servicios públicos en USD (USD/año/Apartment) <b>156.05</b>	
Ahorros en los costos de servicios públicos en moneda local (Million GTQ/Year/Apartment) <b>0.001</b>	
EPI de la línea base (kWh/m <sup>2</sup> /año) <b>90.0</b>	

Figura 38: Resultados económicos y ambientales del edificio con mejoras en las medidas de eficiencia

(Elaboración propia)

## Resultados

Consumo final de energía (kWh/mes/apartamento)	988	EPI de la línea mejorada (kWh/m <sup>2</sup> /año)	105.0
Consumo final de agua (m <sup>3</sup> /mes/apartamento)	36	Costo total de construcción del edificio (Million GTQ/Apartment)	0.5
Emisiones de CO <sub>2</sub> operacionales finales (tCO <sub>2</sub> /mes/apartamento)	0.42	Costo incremental (Million GTQ/Apartment)	-0.00
Final Embodied Carbon (Kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	413	Porcentaje de aumento en el costo	-0.10%
Costo final de los servicios públicos (GTQ/Month/Apartment)	611	Retorno en años (Años)	-
Superficie del subproyecto (m <sup>2</sup> )	1,808	Cantidad de personas impactadas (N.o/año)	64
Ahorros de energía (MWh/Año)	0.00	Base Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO <sub>2</sub> e/Year/Apartment)	8.1
Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año)	0.00	Improved Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO <sub>2</sub> e/Year/Apartment)	8.1
Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año)	-		
Embodied Carbon Savings ( tCO <sub>2</sub> e)	0.00		
Ahorros en los costos de servicios públicos en USD (USD/año/Apartment)	-		
Ahorros en los costos de servicios públicos en moneda local (Million GTQ/Year/Apartment)	-		
EPI de la línea base (kWh/m <sup>2</sup> /año)	105.0		

Figura 39: Resultados económicos y ambientales del edificio convencional

(Elaboración propia)

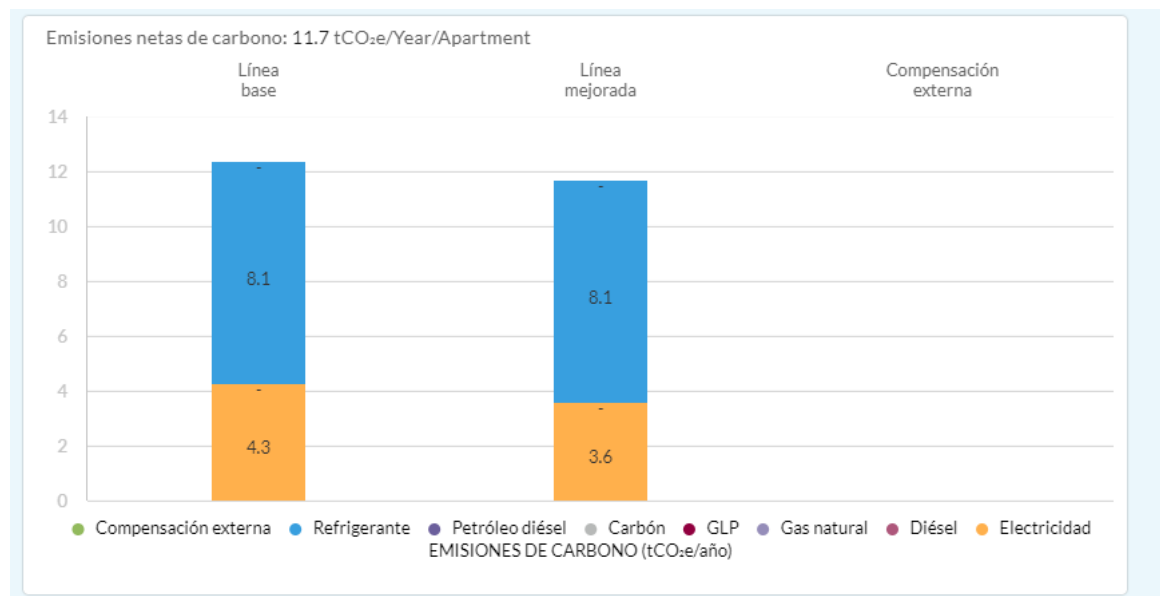


Figura 40: Gráfica comparativa entre las emisiones de carbono por apartamento al año del edificio convencional y el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia

(Elaboración propia)

Categoría	Edificio Convencional	Edificio EDGE
COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN (USD) estimado	9,300,000.00	9,708,192.00
COSTO INCREMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN/ APARTAMENTO (USD)	-	25,512.00
COSTO INCREMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN (USD)	-	408,192.00
Ahorros En Energía (USD/ AÑO)	-	1,834.80
Ahorros en Agua (USD/año)	-	17,748.63
Período de Retorno (años)	-	21
Valor de Reventa en 5 años (USD)	12,445,497.87	12,991,750.85
Alquiler Estimado (USD)	2,919.17	3,131.77
Ahorro Total en 10 años (USD)	-	195,834.29
Costo de apartamento	350300	375,812.00
Materiales TCO2/ embebido	413.00	315.00
Reducción de Operaciones de Carbono Operacionales	-	10.80
Reducción de TCO2/ embebido	-	176.40

*Figura 41: Comparativa económica y ambiental entre el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia y el edificio convencional*

(Elaboración propia)

La comparativa económica entre el edificio convencional y el edificio EDGE muestra diferencias significativas en varios aspectos financieros y ambientales. En primer lugar, el costo total de construcción del edificio convencional es de 9,300,000 USD, mientras que para el edificio EDGE asciende a 9,708,192 USD, lo que representa un incremento de 408,192 USD en el costo total de construcción. Este aumento está vinculado a las mejoras implementadas en el diseño del edificio EDGE para hacerlo más eficiente energéticamente y ambientalmente. Aunque el costo inicial es más elevado, los beneficios a largo plazo en términos de ahorro y sostenibilidad justifican esta inversión adicional.

En términos de ahorros en energía, el edificio EDGE logra un ahorro anual de 1,834.80 USD, mientras que el edificio convencional no presenta ningún ahorro energético, ya que no implementa medidas de eficiencia. Este ahorro energético en el edificio EDGE se traduce en una mayor rentabilidad a lo largo del tiempo. A su vez, el ahorro en agua es significativo en el edificio EDGE, con 17,748.63 USD al año, un valor que el edificio convencional no puede igualar, ya que no cuenta con tecnologías que permitan la optimización del uso del agua.

El análisis del valor de reventa también arroja diferencias importantes. El edificio convencional tiene un valor de reventa estimado en 12,445,497.87 USD, mientras que el edificio EDGE se espera que tenga un valor de 12,991,750.85 USD. Esta diferencia de más de 500,000 USD demuestra que las características de sostenibilidad y eficiencia energética

aumentan el valor del inmueble, haciéndolo más atractivo en el mercado. Asimismo, el alquiler estimado del edificio EDGE es superior al del edificio convencional, con 3,131.77 USD frente a 2,919.17 USD, lo que sugiere que los arrendatarios están dispuestos a pagar más por un edificio más eficiente.

Finalmente, a largo plazo, el edificio EDGE genera un ahorro total considerable. En un horizonte de 10 años, se estima que el ahorro acumulado en energía y agua, junto con la reducción de emisiones de carbono, permitirá al edificio EDGE generar una rentabilidad mucho mayor que el edificio convencional.

### **COMPARATIVA AMBIENTAL:**

La comparación ambiental entre la línea base y la línea mejorada muestra una reducción significativa en la huella de carbono del proyecto, lo que refleja el impacto positivo de las medidas implementadas en el diseño del edificio EDGE. En la línea base, el carbono embebido total alcanza los 413 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>, mientras que en la línea mejorada este valor se reduce a 315 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>, lo que representa una disminución importante en las emisiones de carbono asociadas con los materiales de construcción. Esta reducción se debe a la selección de materiales más sostenibles y a mejoras en los sistemas de aislamiento y eficiencia térmica del edificio.

En cuanto a las emisiones operacionales de CO<sub>2</sub>, el edificio EDGE también muestra una mejora significativa. En la línea base, las emisiones operacionales alcanzan 0.42 tCO<sub>2</sub>/mes/apartamento, mientras que en la línea mejorada se reducen a 0.30 tCO<sub>2</sub>/mes/apartamento. Este ahorro en las emisiones operacionales se debe a la implementación de tecnologías más eficientes en términos de consumo energético, como la mejora en el aislamiento y el uso de sistemas de energía más sostenibles, que permiten reducir la dependencia de fuentes de energía contaminantes. Estas mejoras no solo reducen la huella de carbono del edificio, sino que también contribuyen a un menor impacto ambiental en el largo plazo.

Se puede observar también cómo mejoraron las emisiones de carbono asociadas a los diferentes componentes energéticos. En la línea base, las emisiones netas de carbono alcanzaban los 12.4 tCO<sub>2</sub>/año/apartamento, con una contribución significativa de la electricidad que generaba 4.3 tCO<sub>2</sub>/año. Sin embargo, en la línea mejorada, las emisiones netas de carbono se redujeron a 11.7 tCO<sub>2</sub>/año/apartamento, con una disminución notable en el uso de electricidad, que generó 3.6 tCO<sub>2</sub>/año. Este cambio demuestra la efectividad de las mejoras en eficiencia energética, que reducen la cantidad de energía requerida y, por tanto, disminuyen las emisiones asociadas a su producción.

En conclusión, la adopción de medidas de eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles ha permitido al edificio EDGE reducir su huella de carbono tanto en términos de emisiones operacionales como en carbono embebido. Estas mejoras no solo contribuyen a la mitigación del cambio climático, sino que también posicionan al edificio como un referente en construcción sostenible. La reducción de las emisiones de carbono no solo tiene un impacto ambiental positivo, sino que también mejora la rentabilidad del proyecto, haciendo del edificio una inversión más atractiva desde una perspectiva a largo plazo.

### ANÁLISIS EN FORMA:

Para esta parte se busca realizar distintos análisis a través de FORMA, dentro de ellos podemos resaltar los análisis de sun hours, daylight potential y microclimate, dichos análisis se utilizaron para determinar que otro tipo de mejoras se pueden implementar en el edificio para mejorar el confort térmico, para esta parte es importante mencionar que la fachada principal del edificio se orientó hacia el norte.

### SUN HOURS:

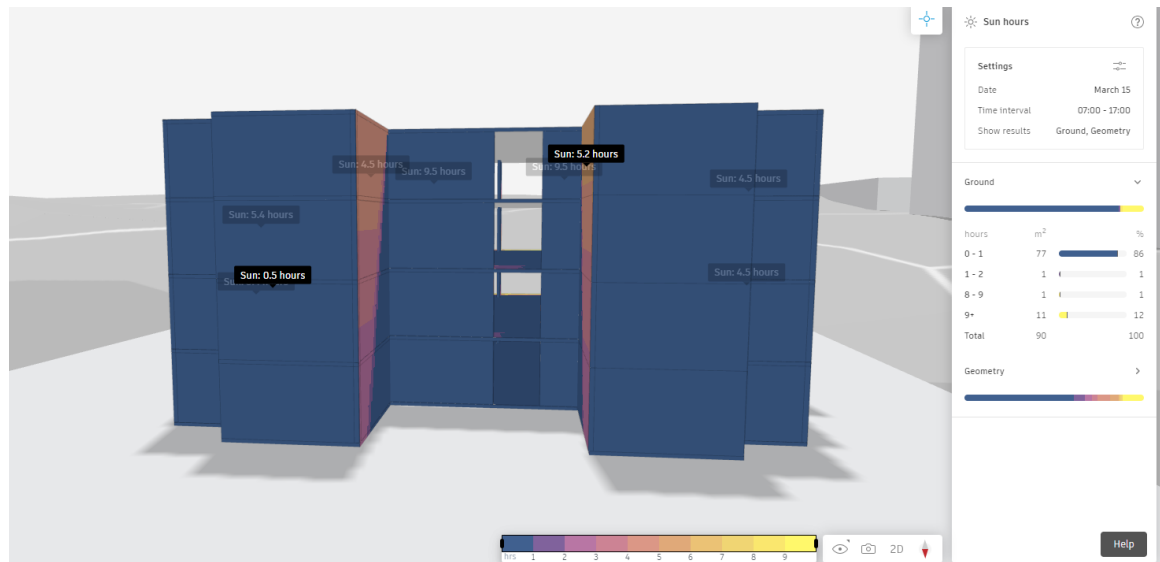


Figura 42: Análisis de SUN HOURS DE la fachada principal

(Elaboración propia)

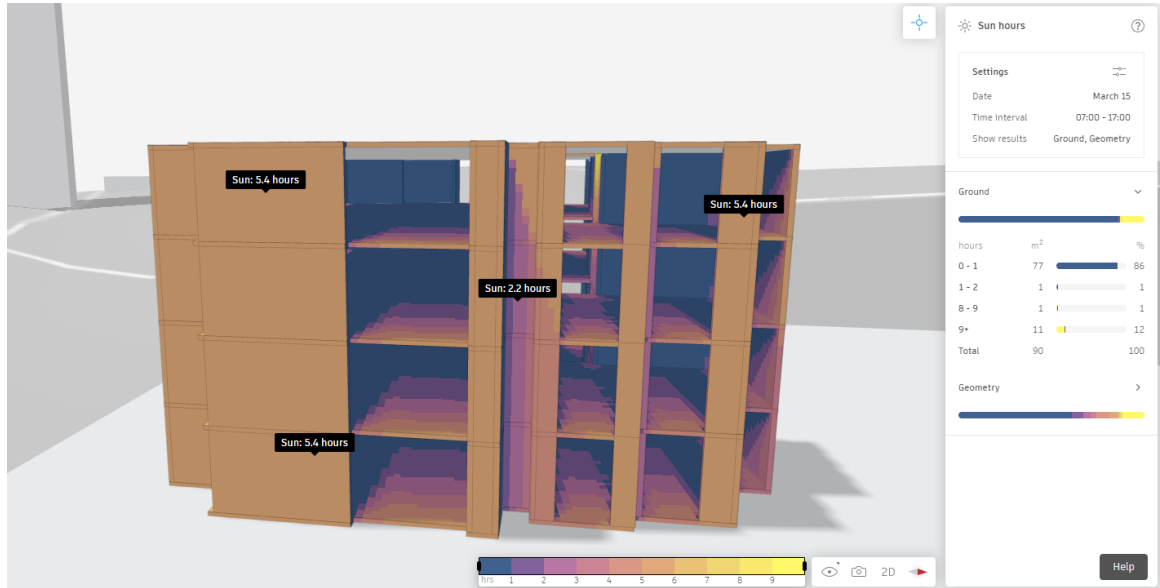


Figura 43: Análisis de SUN HOURS DE la fachada este

(Elaboración propia)

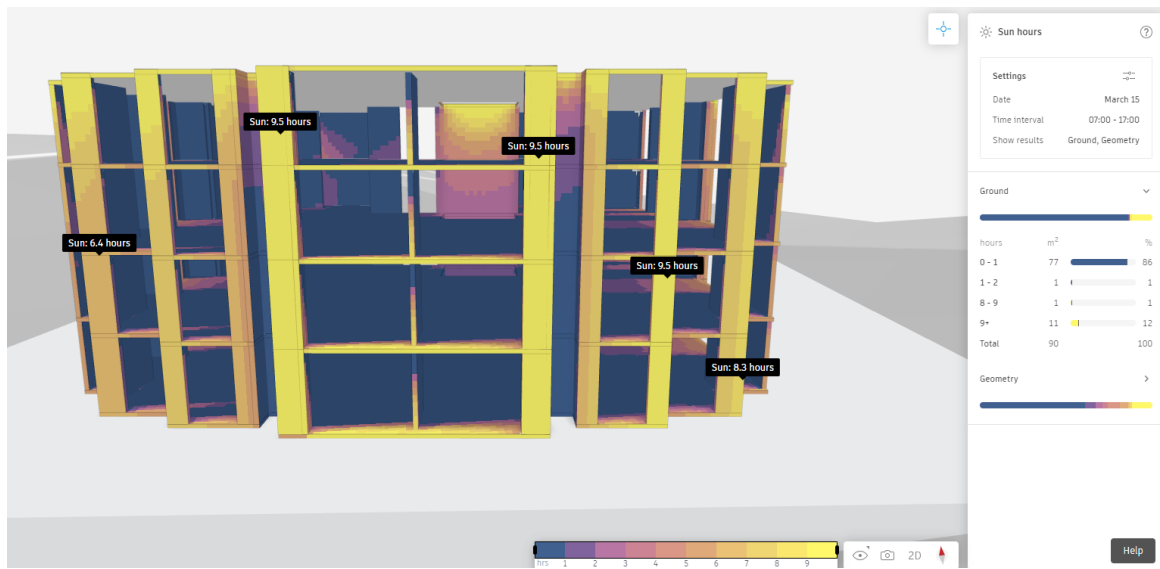


Figura 44: Análisis de SUN HOURS DE la fachada sur

(Elaboración propia)

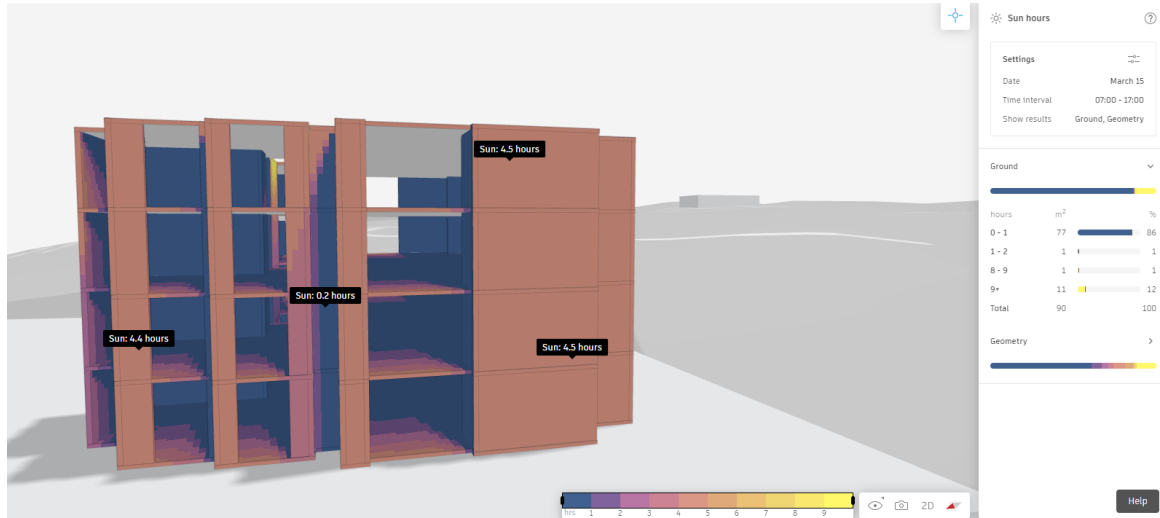


Figura 45:: Análisis de SUN HOURS DE la fachada oeste

(Elaboración propia)

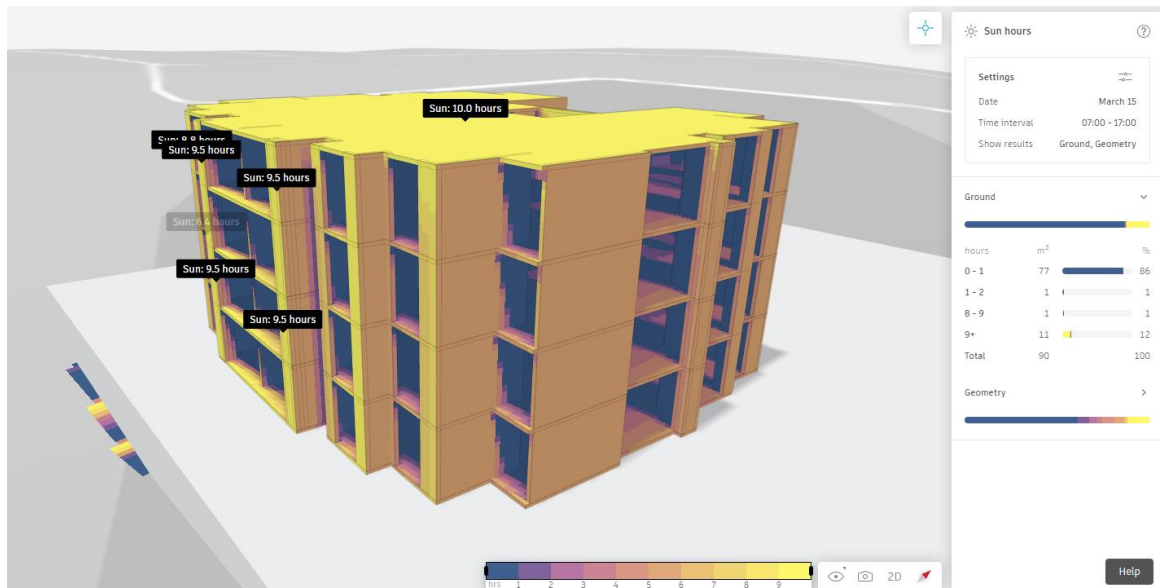


Figura 46: Análisis de SUN HOURS

(Elaboración propia)

Respecto al análisis de SUN HOURS lo primero que se puede decir es que el edificio está orientado y diseñado de manera óptima para maximizar la exposición solar en las fachadas adecuadas, lo que contribuye a su eficiencia energética. En la fachada sur, que cuenta con ventanería, se registra la mayor cantidad de horas solares, alcanzando hasta 9.5 horas diarias. Esto es favorable, ya que esta orientación aprovecha al máximo la energía solar, proporcionando iluminación natural y contribuyendo a las ganancias térmicas necesarias para un ambiente confortable, especialmente en el hemisferio norte.

Las fachadas este y oeste también reciben una buena cantidad de horas solares, pero en menor medida que la fachada sur, lo que permite un equilibrio adecuado de calor y luz en distintas horas del día. En contraste, la fachada norte, que no tiene ventanería directa, recibe muy pocas horas solares, lo cual es beneficioso para evitar ganancias térmicas indeseadas en esa zona. Además, la implementación de materiales con menor transmitancia térmica en la envolvente del edificio mejora significativamente el aislamiento, reduciendo la transferencia de calor y, por lo tanto, optimizando el confort térmico en el interior.

Una mejora adicional que se podría implementar sería el uso de sistemas de sombreado ajustable en las fachadas sur, este y oeste, como parteluces y voladizos o bien persianas exteriores automatizadas, para controlar la radiación solar en las horas de mayor incidencia. Esto permitiría regular la entrada de calor en verano y maximizar las ganancias solares en invierno, optimizando aún más la eficiencia energética y el confort de los ocupantes del edificio.

## DAYLIGHT POTENTIAL:

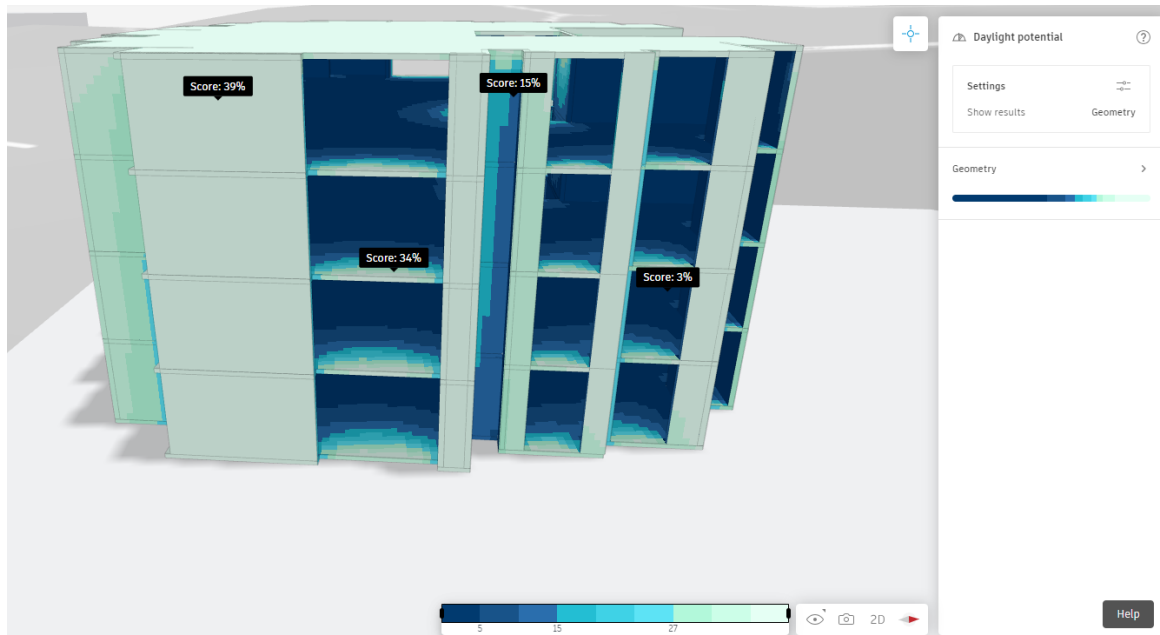


Figura 47: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada este

(Elaboración propia)

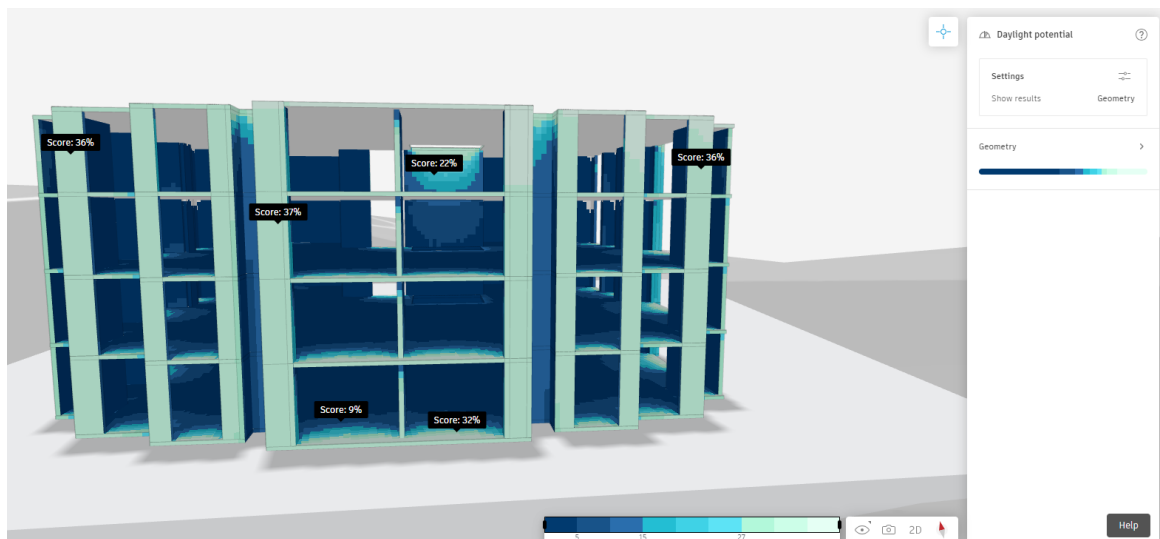


Figura 48: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada sur

(Elaboración propia)

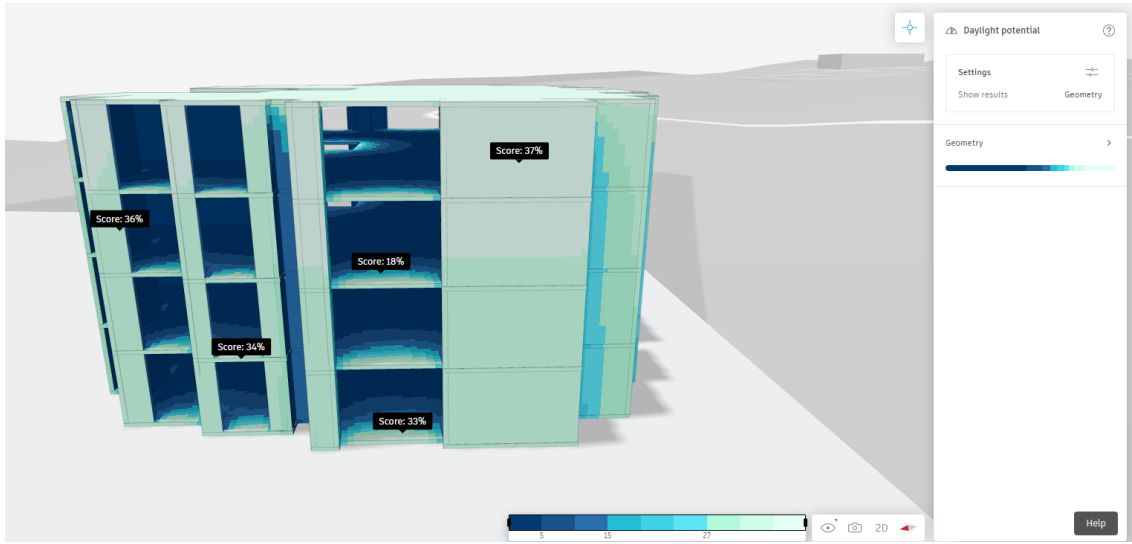


Figura 49: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada oeste

(Elaboración propia)

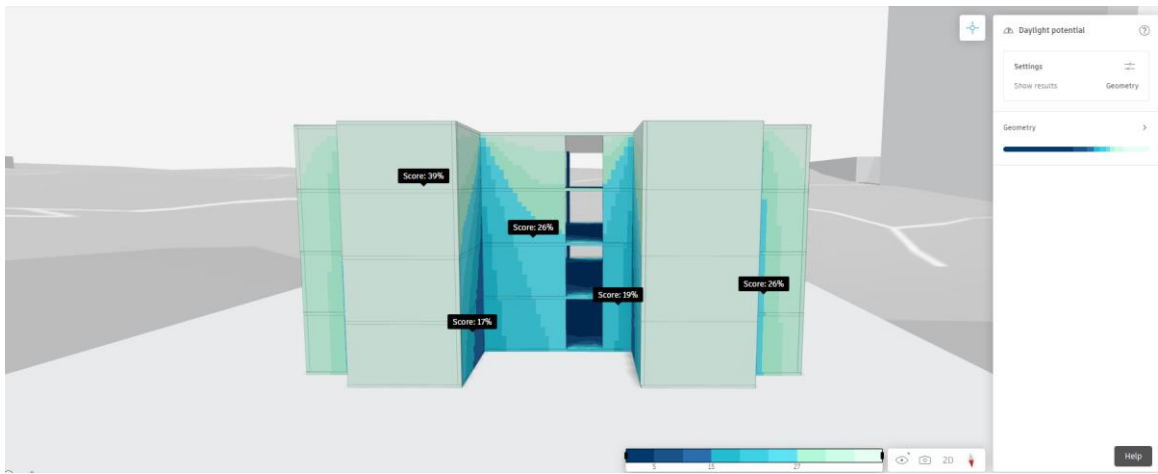


Figura 50: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL de la fachada norte

(Elaboración propia)

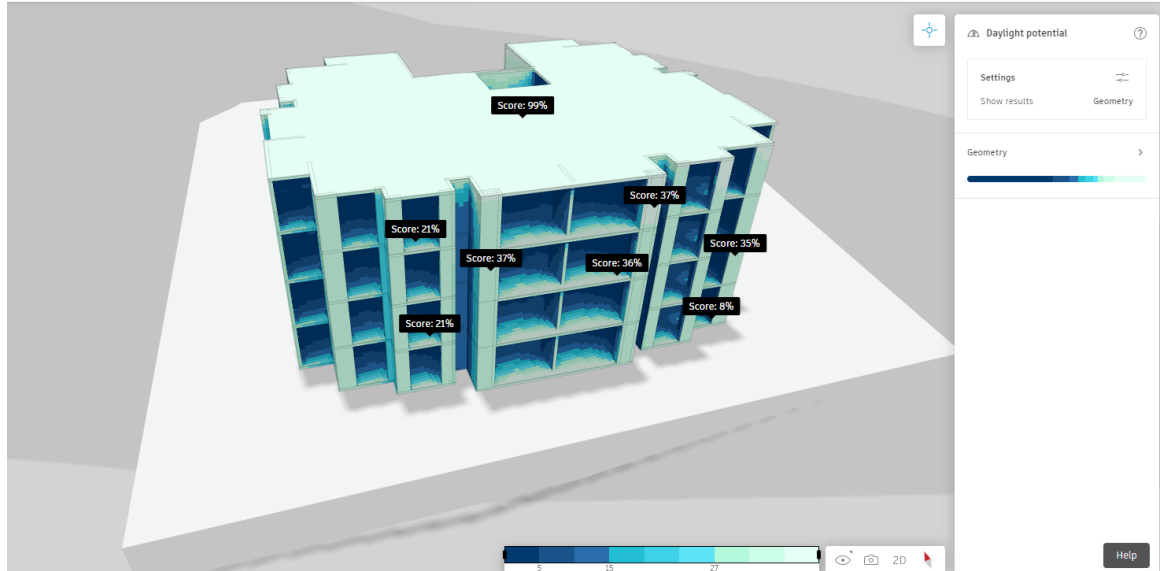


Figura 51: Análisis DAYLIGHT POTENTIAL

(Elaboración propia)

El análisis del potencial de iluminación natural (Daylight Potential) demuestra que el edificio está bien orientado y diseñado para maximizar la entrada de luz natural en las fachadas adecuadas. La fachada sur, este y oeste que cuentan con ventanería, presentan un buen nivel de iluminación natural, con porcentajes de alrededor del 35% y 37%, lo cual es adecuado para proporcionar luz natural en distintos momentos del día.

Para optimizar aún más la eficiencia del edificio, se podrían considerar otras mejoras. Una opción sería la incorporación de tragaluces en las zonas centrales del edificio o en aquellas áreas con menor exposición solar para aumentar la entrada de luz natural en estos espacios. Esta estrategia no solo incrementaría la eficiencia energética, sino que también mejoraría el confort visual de los ocupantes, al garantizar una distribución más uniforme de la luz natural en todo el edificio.

## MICROCLIMATE:

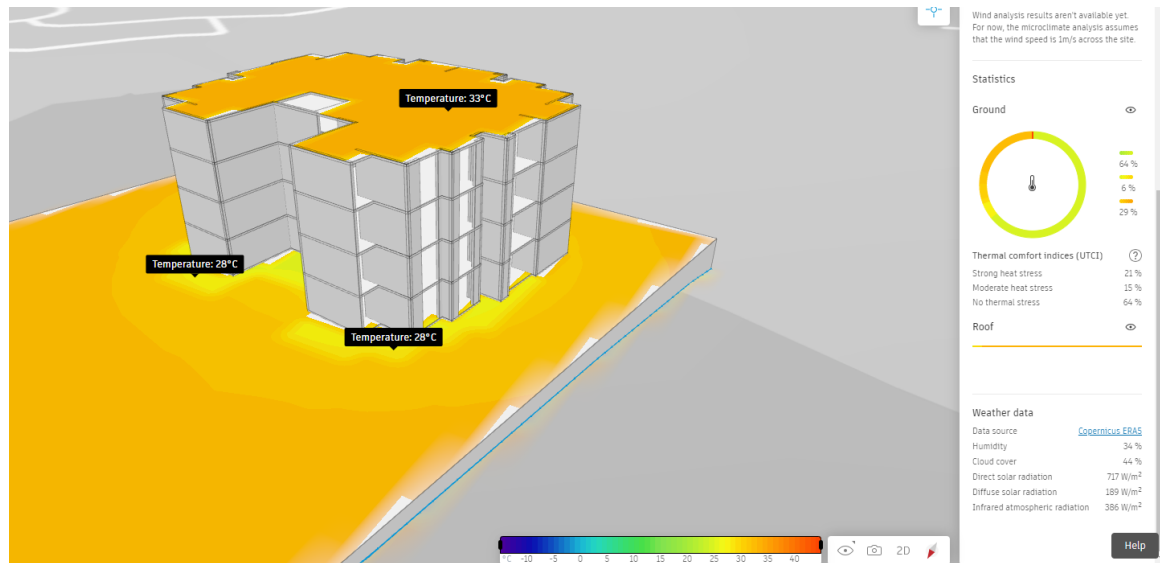


Figura 52: Análisis MICROCLIMATE

(Elaboración propia)

El análisis del microclima muestra que las temperaturas en el entorno del edificio oscilan entre los 28°C en las áreas cercanas al suelo y hasta 33°C en la cubierta del edificio. La selección de materiales con baja transmitancia térmica es fundamental en este contexto, ya que ayuda a minimizar la transferencia de calor al interior del edificio, mejorando así el confort térmico de los usuarios y reduciendo la carga en los sistemas de climatización. La adecuada implementación de estos materiales permitirá que las temperaturas internas se mantengan estables, incluso en condiciones externas de calor elevado, optimizando la eficiencia energética del edificio.

Para mejorar aún más los resultados obtenidos, se podrían considerar algunas estrategias adicionales. Una opción sería la instalación de techos verdes o sistemas de cubierta reflectante que reduzcan la absorción de calor en la parte superior del edificio. Además, se podría implementar vegetación y áreas verdes en el entorno inmediato del edificio para crear un efecto de enfriamiento natural y disminuir las temperaturas en el suelo circundante, lo que contribuiría a mejorar el confort térmico general y a reducir el efecto de isla de calor en el entorno urbano.

## IX. CONCLUSIONES

- El análisis comparativo entre un edificio con certificación EDGE y uno convencional demuestra que las estrategias sostenibles implementadas en eficiencia energética, consumo de agua y selección de materiales resultan en una reducción significativa de la huella de carbono y en ahorros económicos a largo plazo. El uso de herramientas como EDGE APP y FORMA permitió identificar mejoras en el confort térmico y la eficiencia operativa, validando la efectividad de la certificación EDGE.
- La implementación de un sistema eléctrico optimizado bajo los estándares de EDGE logró reducir el consumo energético en áreas clave, como la iluminación y el sistema de agua caliente, cumpliendo con las normativas ASHRAE 90.1 para eficiencia energética en edificios residenciales.
- El estudio evidenció que los edificios con certificación EDGE no solo presentan beneficios medioambientales significativos, como una reducción del 21% en el consumo de energía, sino que también generan ahorros económicos a largo plazo gracias a la optimización de recursos y a un mayor valor de reventa.
- La selección de materiales optimizados, como el doble acristalamiento y el uso de bloques de concreto hueco, permitió una reducción significativa en el carbono incorporado, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio en un 15% en comparación con el diseño convencional.
- La implementación de tecnologías para la eficiencia del agua, como cabezales de ducha de bajo flujo y sistemas de descarga doble, permitió alcanzar e incluso superar el objetivo de un ahorro del 20% en el consumo de agua, sin comprometer la comodidad de los usuarios.

## X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir promoviendo la certificación EDGE en futuros proyectos, ya que, aunque el costo inicial sea mayor, los beneficios ambientales y económicos justifican la inversión. Asimismo, se sugiere realizar análisis de confort adicionales para optimizar aún más las condiciones de habitabilidad de los edificios.
- Se sugiere revisar y actualizar periódicamente el sistema eléctrico para asegurar que las tecnologías implementadas se mantengan eficientes y alineadas con las normativas emergentes en eficiencia energética. También sería recomendable explorar el uso de fuentes de energía renovable para mejorar aún más la eficiencia del sistema.
- Se recomienda continuar monitoreando y cuantificando estas ventajas a lo largo del tiempo para verificar los ahorros proyectados y ajustar las estrategias si fuera necesario. Además, comunicar estos beneficios a potenciales inversionistas podría aumentar la aceptación y adopción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción.
- Es fundamental evaluar constantemente los materiales disponibles en el mercado para seleccionar aquellos que ofrezcan mejores propiedades térmicas y un menor impacto ambiental. Asimismo, la incorporación de materiales reciclados o con baja huella de carbono podría ser una estrategia eficaz para futuras construcciones sostenibles.
- Se recomienda continuar explorando tecnologías innovadoras para la eficiencia del uso del agua, como sistemas de recolección y reutilización de aguas grises, para lograr mayores ahorros. Además, se deben realizar auditorías periódicas del sistema para asegurar su efectividad y ajustar los componentes cuando sea necesario.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- (S. f.). Uam.mx. Recuperado 12 de agosto de 2024, de: [https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/anuario\\_2016/02.pdf](https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/anuario_2016/02.pdf)
- (S/f). Bcn.cl. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27370/1/BCN\\_Movilidad\\_sostenible.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27370/1/BCN_Movilidad_sostenible.pdf)
- (S/f). Researchgate.net. Recuperado el 15 de octubre de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/247152314\\_A\\_Definition\\_of\\_Carbon\\_Footprint](https://www.researchgate.net/publication/247152314_A_Definition_of_Carbon_Footprint)
- (S/f-b). Org.mx. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722018000400531](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400531)
- *¡Beneficios de los Morteros de Arcilla en Construcción!* (s/f). ExpoCIHAC hub. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://www.expocihachub.com/nota/sustentabilidad/morteros-de-arcilla-legado-ancestral-para-la-sostenibilidad>
- ¿Cómo calcular la transmitancia térmica? (2022, diciembre 13). *Certicalia* | *Soluciona todos tus trámites y gestiones*. <https://www.certicalia.com/blog/como-calcular-transmitancia-termica>
- *¿Qué es la eficiencia energética y por qué es importante para la industria?* (s/f). TRACTIAN. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://tractian.com/es/blog/que-es-la-eficiencia-energetica-y-por-que-es-importante-para-la-industria>
- *¿Qué es un sensor de luminosidad y para qué se utiliza?* (s/f). *¿Qué es un sensor de luminosidad y para qué se utiliza?* | SIMON. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://www.simonelectric.com/blog/que-es-un-sensor-de-luminosidad-y-para-que-se-utiliza>
- Adfer. (2016, octubre 17). *Bloques de plástico reciclado para crear muros*. IS-ARQuitectura | Prefab; IS-ARQuitectura\_Prefab. <https://blog.is-arquitectura.es/2016/10/16/replast-bloques-de-plastico-reciclado/>
- Aislacon Poliuretano. (s.f.). *Cómo ahorrar energía en construcción*. Recuperado el 9 de julio de 2024, de <https://aislaconpoliuretano.com/como-ahorrar-energia-en-construccion/>

- Alianza por el Cartón de Bebidas. (s.f.). *Materiales renovables: Reducir la huella de carbono*. Alianza por el Cartón de Bebidas. <https://alianzacartonbebidas.com/blog/materiales-renovables/materiales-renovables-reducir-huella-carbono/>
- Alianza por el Cartón de Bebidas. (s.f.). *Materiales renovables: Reducir la huella de carbono*. Alianza por el Cartón de Bebidas. <https://alianzacartonbebidas.com/blog/materiales-renovables/materiales-renovables-reducir-huella-carbono/>
- *Arquitectura inclusiva: qué es y en qué consiste* - Arquifach. (2021, septiembre 7). Arquifach | Estudio de arquitectos Calpe Altea Benissa Teulada Moraira; Arquifach S.L.P. <https://www.arquifach.com/arquitectura-inclusiva-que-es-y-en-que-consiste/>
- Bioconstrucción y Energía Alternativa. (s.f.). *Certificación EDGE*. Recuperado el 9 de julio de 2024, de: <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-edge/>
- Bioconstrucción. (s.f.). *Certificación EDGE*. Bioconstrucción y Energía Alternativa. <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-edge/#:~:text=Como%20herramienta%20facilitadora%2C%20EDGE%20pone,ahorro%20y%20retorno%20de%20inversi%C3%B3n>
- calytec\_ contenidos. (2024, julio 18). *Descubre los tipos de bloques de concreto para construcción*. PREFABRICADOS CALYTEC; CALYTEC. <https://prefabricadoscalytec.com.pe/blog/tipos-bloques-concreto-construccion/>
- Cambra, A. C. (2021, octubre 18). *Estrategias para reducir las emisiones de CO2 en los edificios*. Zeroconsulting.com; ZERO CONSULTING. <https://blog.zeroconsulting.com/reducir-emisiones-de-co2-en-los-edificios>
- Camiloreyesarq, D. (2016, febrero 19). *Cálculo Envolvente Térmica*. Camilo Reyes Arquitecto. <https://camiloreyes.wordpress.com/2016/02/19/calculo-envolvente-termica/>
- *Certificación EDGE*. (2017, mayo 27). Bioconstrucción y Energía Alternativa -. <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-edge/>
- Comisión Federal de Electricidad. (s.f.). *Ahorro de energía*. Recuperado el 9 de julio de 2024, de: <https://www.cfe.mx/paese/ahorroenergia/pages/default.aspx#:~:text=El%20ahorro%20de%20energía%20es%20una%20combinación%20de%20ambos>
- Consultoría, S. (2020, agosto 12). *Materiales de construcción de bajo impacto ambiental*. Specson. <https://specs-consultoria.com/blog/materiales-de-construccion-de-bajo-impacto-ambiental>

- cursosMolones. (2023, mayo 10). *¿Qué es Autodesk Forma y para qué se utiliza?* Editeca. <https://editeca.com/que-es-autodesk-forma-y-para-que-se-utiliza/>
- de Arquitectura, D. (2020, diciembre 10). *¿Que es Ecogranito?* Dossier de Arquitectura. <https://dossierdearquitectura.com/post/que-es-ecogranito-5fd2aca11f644>
- *El sensor de temperatura.* (2019, enero 18). Rechner Sensors. <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura>
- *Energías renovables.* (s. f.). Enelgreenpower.com. Recuperado 9 de julio de 2024, de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables>
- Estevan, M. C. E. (2015, abril 29). *Diseño ecológico vs Diseño sostenible · Hoy es el Día.* Hoy es el Día. <https://www.hoyeseldia.es/diseño-ecologico-vs-diseño-sostenible/>
- FasterCapital. (s.f.). *Durabilidad: Elegir materiales para una larga vida útil.* FasterCapital. <https://fastercapital.com/es/contenido/Durabilidad--elegir-materiales-para-una-larga-vida-util.html#:~:text=Elegir%20materiales%20que%20puedan%20durar,fabricaci%C3%B3n%20industrial%2C%20la%20construcci%C3%B3n%20e>
- *Generación distribuida.* (s. f.). Endesa. Recuperado 9 de julio de 2024, de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generacion-distribuida>
- González, D. (s.f.). *¿Qué es la automatización inteligente?* Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://davizgonzalez.com/blog/que-es-la-automatizacion-inteligente/>
- Henao, F. (2023, diciembre 6). *Generación eléctrica distribuida: qué es, características y beneficios.* Cuervaenergia.com; Cuerva. <https://cuervaenergia.com/es/comunidad/nuevos-roles-de-la-energia/generacion-electrica-distribuida/>
- Hernández, P. J. (2014, abril 9). *CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES.* ARQUITECTURA EFICIENTE. <https://pedrojhernandez.com/2014/04/09/caracteristicas-termicas-de-los-materiales/>
- Laboratorio Seyco. (s.f.). *¿Por qué es importante el índice de reflectancia solar en la construcción?* Laboratorio Seyco. <https://www.laboratorioseyco.com/por-que-es-importante-el-indice-de-reflectancia-solar-en-la-construccion/>

- Lima, F. (2023, junio 6). *Construcción Sostenible: qué es, certificados y tendencias*. Blog SYDLE; SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/construccion-sustentable-647f896c38976c1526e043ba>
- Lorenzo, D. (2021, octubre 8). *Medición Remota De Gases En Espacios Confinados* -. Orión Equipamientos de Seguridad, S.L.U. <https://orionseguridad.es/medicion-remota-de-gases-en-espacios-confinados/>
- Malagón, E. (2021, julio 20). *Sistemas de almacenamiento de energía*. Energía para el Futuro; Inter-American Development Bank. <https://blogs.iadb.org/energia/es/sistemas-de-almacenamiento-de-energia-descarbonizacion/>
- Martínez, R. (2024, enero 26). *El impacto de las emisiones de CO2 en nuestro planeta y cómo podemos contribuir*. UNAM Global - De la comunidad para la comunidad; UNAM Global. [https://unamglobal.unam.mx/global\\_revista/el-impacto-de-las-emisiones-de-co2-en-nuestro-planeta-y-como-podemos-contribuir/](https://unamglobal.unam.mx/global_revista/el-impacto-de-las-emisiones-de-co2-en-nuestro-planeta-y-como-podemos-contribuir/)
- *Monitorización de salud estructural en edificios*. (2024, agosto 8). Envira. <https://envira.es/monitorizacion-salud-estructural-edificios/>
- Montes, P. E. (2020, noviembre 12). *Ventajas y desventajas de la domótica*. Echeverrimontes.com. <https://www.echeverrimontes.com/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-domotica>
- NÜO Planet. (2022, junio 27). *Arquitectura inteligente: qué es, en qué consiste y dónde surge*. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://blog.nuoplanet.com/arquitectura-inteligente>
- Ormazabal. (2020, septiembre 28). *¿Qué es un edificio sostenible y en qué se diferencia de uno tradicional?* Ormazabal. <https://www.ormazabal.com/que-es-un-edificio-sostenible-y-en-que-se-diferencia-de-uno-tradicional/>
- Ovacen. (s.f.). *Aislamiento térmico: ¿Qué es? Materiales y características*. Ovacen. <https://ovacen.com/aislamiento-termico/#:~:text=El%20aislamiento%20t%C3%A9rmico%20es%20la%20capacidad%20de%20los%20materiales%20para,y%20salida%20indeseada%20de%20calor>
- Palacios, B. (2023, junio 1). *7 mitos y realidades sobre la construcción sostenible en Guatemala*. República Inmobiliaria. <https://republicainmobiliaria.com/editorial/7-mitos-construccion-sostenible-guatemala>
- Portillo, S. R. (2020, junio 2). *Qué es la GESTIÓN de RESIDUOS - Definición, tipos y técnicas*. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-gestion-de-residuos-2787.html>

- Seguí, P. (2022, junio 13). *Biocemento: Cemento portland sostenible a base de microalgas*. OVACEN. <https://ovacen.com/biocemento-cemento-portland-ecologico/>
- SensorGO, M. K. T. (2021, enero 11). *Monitoreo y medición a través de sensores*. SensorGO. <https://sensorgo.mx/monitoreo-y-medicion-sensores/>
- Shortridge, S. (2023, enero 13). *Ventanas de doble o triple cristal: ¿Cuál es la diferencia?* DaBella. <https://dabella.us/es/2023/01/double-pane-vs-triple-pane-windows-whats-the-difference/>
- *Sistemas de compostaje*. (2016, agosto 3). Revista InfoAgro México. <https://mexico.infoagro.com/sistemas-de-compostaje/>
- *Sistemas Medioambientales*. (2024). *Sistemas de gestión integrados*. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://www.sistemasmedioambientales.com/sistemas-de-gestion-integrados>
- Sposob, G. (2024, agosto 8). *Ciclo del agua*. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 12 de agosto de 2024 de <https://concepto.de/ciclo-del-agua/>
- *Sustentable & Sostenible*. (s. f.). Deltoroantunez.com. Recuperado 9 de julio de 2024, de <https://blog.deltoroantunez.com/2018/01/materiales-sostenibles.html>
- Tortosa, G. (2015, febrero 10). *Sistemas de compostaje*. Compostando Ciencia. <https://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>
- *Transmitancia térmica: ¿Cómo se calcula?* (2018, mayo 11). Climalit. <https://climalit.es/blog/transmitancia-termica-se-calcula/>
- Wavin. (2024, febrero 7). *Manejo del agua en la construcción sostenible*. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://blog.wavin.com/es-gt/manejo-del-agua-en-la-construccion-sostenible>

## XII. ANEXOS

LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO1	1	ECO SPOT	25	25	10.6	2.35849057	0.21910912
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO2	1	ECO SPOT	25	25	10.6	2.35849057	0.21910912
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO MASTER	3	ECO SPOT	25	80	18	4.44444444	0.41289896
DORMITORIO MASTER	1	LÁMPARA IP 65	5				
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
BALCÓN	2	ECO SPOT	25	50	6.27	7.97448166	0.74084742
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SALA Y COMEDOR	6	ECO SPOT	25	150	19.24	7.7962578	0.72429002
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SANITARIO MÁSTER	1	ECO SPOT	25	25	8.59	2.91036088	0.27037912
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SANITARIO SECUNDARIO	1	ECO SPOT	25	25	8.65	2.89017341	0.26850366
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
LAVANDERÍA	1	ECO SPOT	25	25	1.64	15.2439024	1.41619309
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
COCINA	2	ECO SPOT	25	140	18	7.77777778	0.72257319
COCINA	3	ARAUND PANEL	30				

*Figura 53: Cálculo de densidades de potencia de iluminación del sistema de iluminación para el edificio convencional para ver si cumple con la ASHRAE*

(Elaboración propia)

LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO1	1	ECO SPOT	5.5	5.5	10.6	0.51886792	0.04820401
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO2	1	ECO SPOT	5.5	5.5	10.6	0.51886792	0.04820401
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
DORMITORIO MASTER	3	ECO SPOT	5.5	21.5	18	1.19444444	0.1109666
DORMITORIO MASTER	1	LÁMPARA IP 65	5				
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
BALCÓN	2	ECO SPOT	5.5	11	6.27	1.75438596	0.16298643
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SALA Y COMEDOR	6	ECO SPOT	5.5	33	19.24	1.71517672	0.1593438
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SANITARIO MÁSTER	1	ECO SPOT	5.5	5.5	8.59	0.64027939	0.05948341
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
SANITARIO SECUNDARIO	1	ECO SPOT	5.5	5.5	8.65	0.63583815	0.05907081
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
LAVANDERÍA	1	ECO SPOT	5.5	5.5	1.64	3.35365854	0.31156248
LUGAR	UNIDAD	TIPO	W	WTOTAL	m2	w/m2	w/ft2
COCINA	2	ECO SPOT	5.5	47	18	2.61111111	0.24257814
COCINA	3	ARAUND PANEL	12				

Figura 54: Cálculo de densidades de potencia de iluminación del sistema de iluminación para el edificio con mejoras en las medidas de eficiencia para ver si cumple con la ASHRAE

(Elaboración propia)

**TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities  
Using the Building Area Method**

Building Area Type <sup>a</sup>	LPD (W/ft <sup>2</sup> )
Automotive facility	0.82
Convention center	1.08
Courthouse	1.05
Dining: bar lounge/leisure	0.99
Dining: cafeteria/fast food	0.90
Dining: family	0.89
Dormitory	0.61
Exercise center	0.88
Fire station	0.71
Gymnasium	1.00
Health-care clinic	0.87
Hospital	1.21
Hotel	1.00
Library	1.18
Manufacturing facility	1.11
Motel	0.88
Motion picture theater	0.83
Multifamily	0.60
Museum	1.06
Office	0.90
Parking garage	0.25
Penitentiary	0.97
Performing arts theater	1.39
Police station	0.96
Post office	0.87
Religious building	1.05
Retail	1.40
School/university	0.99
Sports arena	0.78
Town hall	0.92
Transportation	0.77
Warehouse	0.66
Workshop	1.20

<sup>a</sup>In cases where both a general building area type and a specific building area type are listed, the specific building area type shall apply.

Tabla 1: Densidades de Potencia de Iluminación (LPD) según el tipo de edificio

(ASHRAE, 2010)


		LAMPARA ECO SPOT LED 5.5W 420 LUM 3000K	
cantidad de lámpara ECO SPOT LED en nivel de torre	76		
Lumenes	420		
flujo total de luz	31920	lúmenes	
cantidad de lámpara ECO SPOT LED en nivel de torre	76		
vattios	5.5	Watts	
Potencia total de luz	418		
Iluminación eficiente para áreas internas	76.36	L/W	

Figura 55: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria ECO SPOT LED

(Elaboración propia)


 <b>ARAUND PANEL 12 W 720 LM 3000K</b>			
cantidad de lámpara ARAUN PANEL en nivel de torre	12		
Lumenes	720		
flujo total de luz	8640	lúmenes	
cantidad de lámpara ARAUND PANEL en nivel de torre	12		
vattios	12	Watts	
Potencia total de luz	144		
Iluminación eficiente para áreas internas	60.00	L/W	

Figura 56: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria ARAUND PANEL

(Elaboración propia)


 <b>INDICA OJO DE BUEY 120V DE 2x26 WATTS</b>			
cantidad de lámpara ojos de buey en nivel de torre	38		
Lumenes	1350		
flujo total de luz	51300	lúmenes	
cantidad de lámpara ojos de buey en nivel de torre	28		
vattios	26	Watts	
Potencia total de luz	728		
Iluminación eficiente para áreas internas	70.47	L/W	
Iluminación eficiente para áreas internas	206.83	L/W	

Figura 57: Cálculo de iluminación eficiente para tipo de luminaria OJO DE BUEY y resultado total de la iluminación eficiente

(Elaboración propia)

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en m<sup>2</sup>K/W

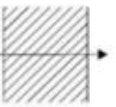
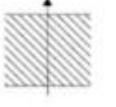

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,17	0,17

Tabla 2: Tabla factores de resistencia térmica dependiendo del elemento estructural

(Aria, 2022)

	Material	λ	ρ	Cp	a	b
		W/mK	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK	m <sup>2</sup> /s	J/m <sup>2</sup> K.s
1	Poliuretano	0,026	30	1400	6,19E-7	3,30E+1
2	Aire	0,026	1,223	1063	2,02E-5	5,85E+0
3	Poliestireno	0,035	50	1675	4,18E-7	5,41E+1
4	Espuma fenólica	0,038	30	1400	9,05E-7	3,99E+1
5	Lana de vidrio	0,041	200	656	3,13E-7	7,33E+1
6	Corcho comprimido	0,085	540	2000	7,87E-8	3,03E+2
7	Mortero de cemento	0,090	1920	669	7,01E-8	3,40E+2
8	Madera de construcción	0,130	630	1360	1,52E-7	3,34E+2
9	Madera de pino	0,148	640	2512	9,19E-8	4,87E+2
10	Madera pesada	0,200	700	1250	2,29E-7	4,18E+2
11	Concreto celular	0,220	600	880	4,17E-7	3,41E+2
12	Tierra con paja	0,300	400	900	8,33E-7	3,29E+2
13	Concreto celular	0,330	800	880	4,69E-7	4,82E+2
14	Yeso	0,488	1440	837	4,05E-7	7,67E+2
15	Mortero cemento/arena	0,530	1570	1000	3,38E-7	9,12E+2
16	Agua	0,582	1000	4187	1,39E-7	1,56E+3
17	Ladrillos de arcilla	0,814	1800	921	4,91E-7	1,16E+3
18	Tierra muro portante	0,850	2000	900	4,72E-7	1,24E+3
19	Vidrio plano	1,160	2490	830	5,61E-7	1,55E+3
20	Arcilla	1,279	1460	879	9,97E-7	1,28E+3
21	Piedra arenisca	1,300	2000	712	9,13E-7	1,36E+3
22	Concreto pesado	1,750	2300	920	8,27E-7	1,92E+3
23	Piedra	1,861	2250	712	1,16E-6	1,73E+3
24	Mármol	2,900	2590	800	1,40E-6	2,45E+3
25	Granito	3,500	2500	754	1,86E-6	2,57E+3
26	Acero	50	7800	512	1,25E-5	1,41E+4
27	Aluminio	160	2800	896	6,38E-5	2,00E+4
28	Cobre	389	8900	385	1,13E-4	3,65E+4
	<b>Máx</b>	389,000	8900	4187	1,13E-4	3,65E+4
	<b>Mín</b>	0,026	1	385	7,01E-8	5,85E+0
	<b>Rango</b>	388,974	8899	3802	1,13E-4	3,65E+4

Tabla 3: Tabla de conductividad térmica de distintos materiales de construcción

(Hernández, 2014)

Material	Losa de h6rmigon armada IN SITU		
Techo exterior			
Capa 1: fibra de vidrio			
Espesor (d1)	0.02	m	
Conductividad t6rmica	0.05	W/ m(*K)	para techo con espesor total de 200mm
Resistencia t6rmica	0.40		Facto para techo 0.10
Techo intermedio			
Capa 2: Losa de h6rmigon armada in SITU			
Espesor (d1)	0.14	m	
Conductividad t6rmica	2.30	W/ m(*K)	
Resistencia t6rmica	0.06		
Techo interior			
Capa 3: Tabla Yeso			
Espesor (d1)	0.04	m	
Conductividad t6rmica	0.16	W/ m(*K)	
Resistencia t6rmica	0.25		
	0.91		Se suman los dos factores
	1.10		Resultado

Figura 58: C6lculo de transmitancia t6rmica para la losa de techo con mejoras en medidas de eficiencia

(Elaboraci6n propia)

	Bloques huecos de peso medio de concreto		
Muro exterior			
Capa 1: Estuco			
Espesor (d1)	0.01	m	
Conductividad t6rmica	0.19	W/ m(*K)	
Resistencia t6rmica	0.05		para muros con espesor total de 150mm Para muro 0.13
Muro intermedio			
Capa 2: Bloques huecos de peso medio de concreto			
Espesor (d1)	0.12	m	
Conductividad t6rmica	0.90	W/ m(*K)	
Resistencia t6rmica	0.13		
Muro interior			
Capa 3: espuma de poliuretano			
Espesor (d1)	0.02	m	
Conductividad t6rmica	0.03	W/ m(*K)	
Resistencia t6rmica	0.77		
	1.22		Se suman los dos factores
	0.79		Resultado

Figura 59: C6lculo de transmitancia t6rmica para las paredes exteriores e interiores con mejoras en medidas de eficiencia

(Elaboraci6n propia)



Para dormitorio Máster			
Ángulo Cenital:	32 °	Altitud	58 °
Azimuth 1	115 °	Ángulo de evaluación 1	20 °
Azimuth 2	267 °	Ángulo de evaluación 2	27 °
		Alto ventana	2.57 m
		Largo ventana	1.84 m
Cálculo de parteluces y voladizos			
		h	2.57 m
		Ángulo Cenital:	32 °
		x	1.6059142 m
		L	1.84 m
		Ángulo de evaluación 1	20 °
		x	0.6697052 m
		L	1.84 m
		Ángulo de evaluación 2	27 °
		x	0.9375268 m

Figura 62: Cálculo de parteluces y voladizos para dormitorio master

(Elaboración propia)

Para dormitorio 1 y 2			
Ángulo Cenital:	32 °	Altitud	58 °
Azimuth 1	115 °	Ángulo de evaluación 1	20 °
Azimuth 2	267 °	Ángulo de evaluación 2	27 °
		Alto ventana	1.4 m
		Largo ventana	1.8 m
Cálculo de parteluces y voladizos			
		h	1.4 m
		Ángulo Cenital:	32 °
		x	0.8748171 m
		L	1.8 m
		Ángulo de evaluación 1	20 °
		x	0.6551464 m
		L	1.8 m
		Ángulo de evaluación 2	27 °
		x	0.9171458 m

Figura 63: Cálculo de parteluces y voladizos para dormitorio 1 y 2

(Elaboración propia)



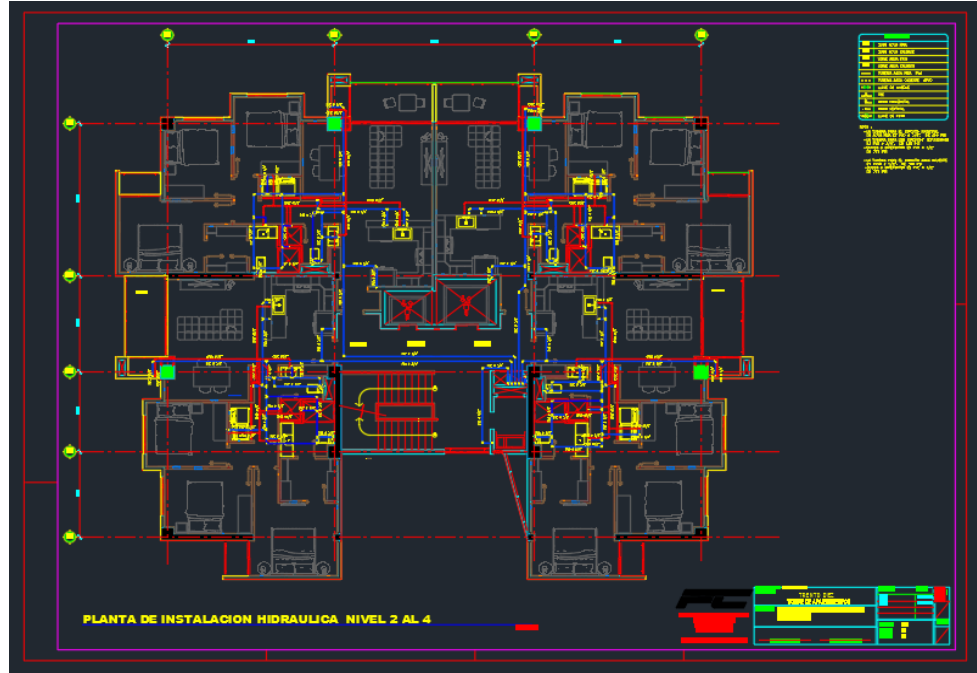


Figura 66: Instalaciones hidráulicas del nivel 2 al 4

(Elaboración propia)

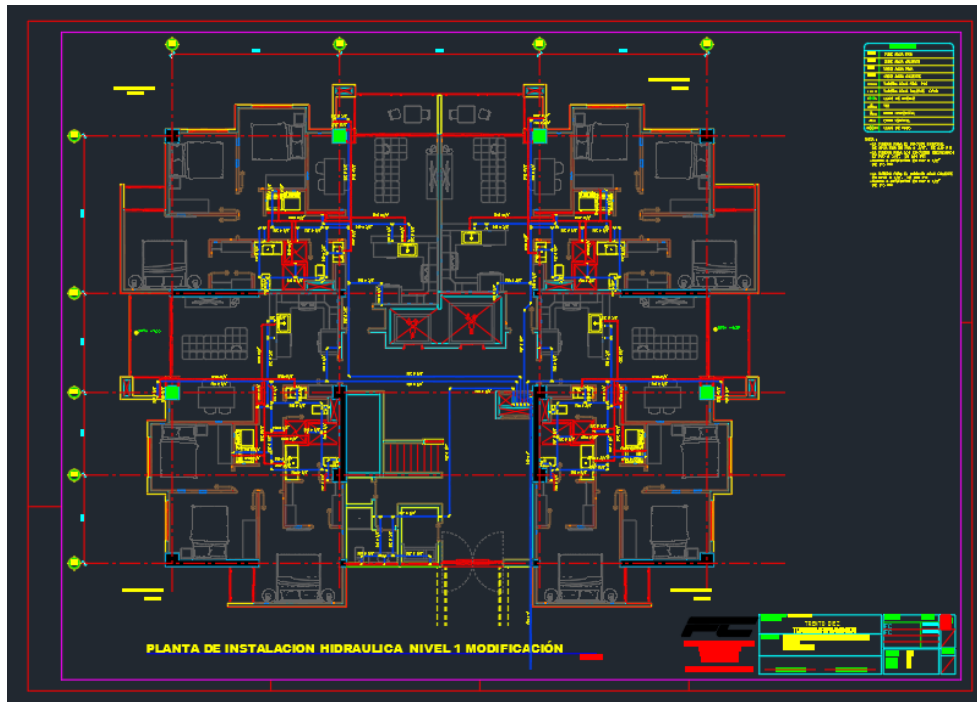


Figura 67: Instalaciones hidráulicas modificadas del nivel 1

(Elaboración propia)

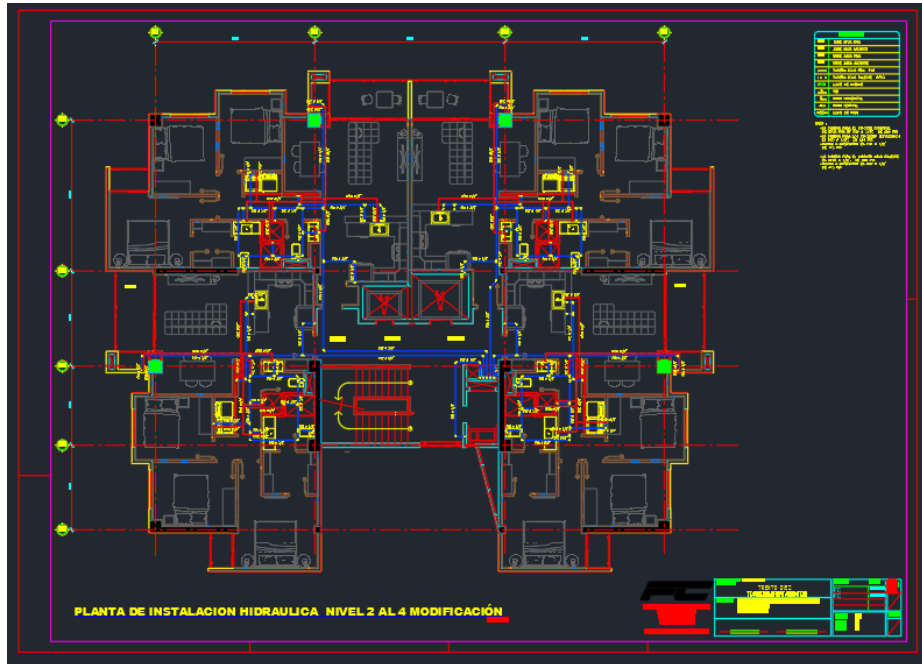


Figura 68: Instalaciones hidráulicas modificadas del nivel 2 al 4

(Elaboración propia)

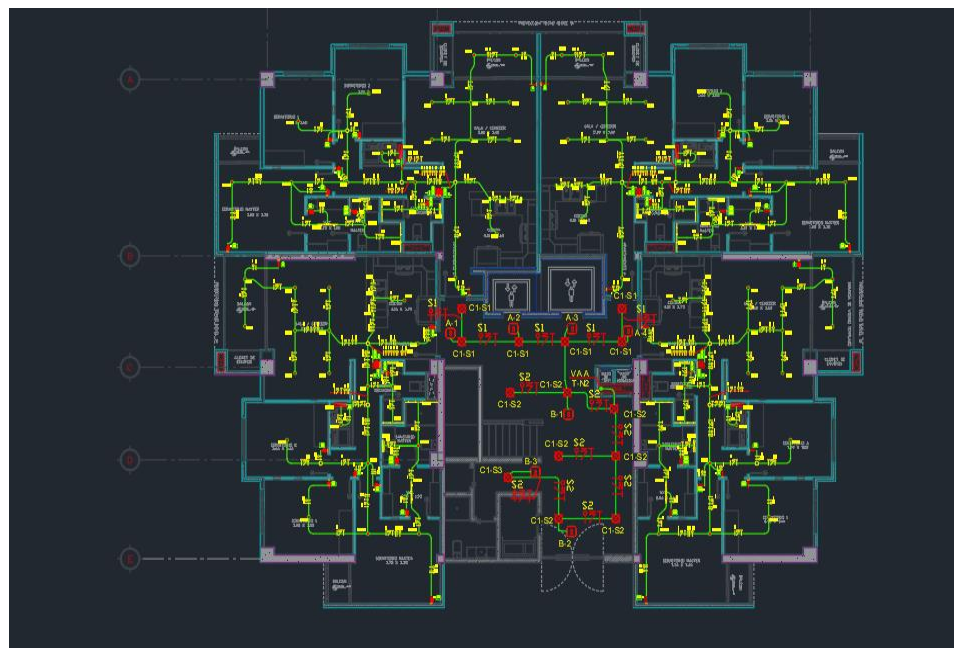


Figura 69: Instalaciones de iluminación del nivel 1

(Elaboración propia)

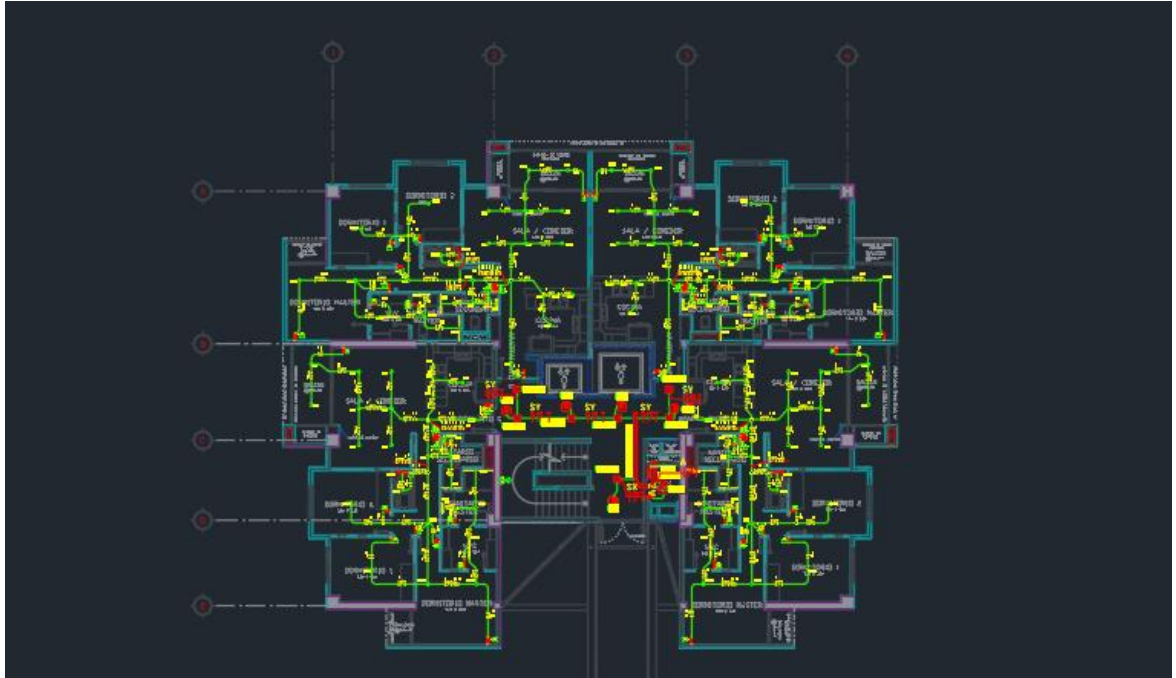


Figura 70: Instalaciones de iluminación del nivel 2 al 4

(Elaboración propia)

SIMBOLOGIA		SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	INDICA TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS.		INDICA TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS.
	INDICA LINEAS V/M/A, NEUTRAL Y TIERRA #12 THHN O INDICADO.		INDICA LINEAS V/M/A, NEUTRAL Y TIERRA #12 THHN O INDICADO.
	INDICA TUBERIA TIPO PVC ELECTRICO SOBREPUESTA EN LOSA @ 3/4" O INDICADO		INDICA TUBERIA TIPO PVC ELECTRICO SOBREPUESTA EN LOSA @ 3/4" O INDICADO
	INDICA INTERRUPTOR SIMPLE DOBLE, TRIPLE		INDICA INTERRUPTOR SIMPLE DOBLE, TRIPLE
	LAMPARA PARA ESPEJO		LAMPARA PARA ESPEJO
	MANQUERA IP 85 5 W MT LINEAL 4000K		MANQUERA IP 85 5 W MT LINEAL 4000K
	RIEL DE UN METRO CON 3 CANOPY TRALK PAR 20 NOTA: GUIA DE ILUMINACION PAG. 28		RIEL DE UN METRO CON 3 CANOPY TRALK PAR 20 NOTA: GUIA DE ILUMINACION PAG. 28
	LAMPARA ECO SPOT LED 25W 1900 LUM 3000K		LAMPARA ECO SPOT LED 5.5W 420 LUM 3000K
	ARAUNDO PANEL 30 W 2400 LM 3000K.		ARAUNDO PANEL 12 W 720 LM 3000K.
	INDICA CAJA DE REGISTRO		INDICA CAJA DE REGISTRO
	INDICA DUCTO VERTICAL DE 8"X4" DE POTENCIA (SOTANOS)		INDICA DUCTO VERTICAL DE 8"X4" DE POTENCIA (SOTANOS)
	INDICA CANALETA METALICA DE POTENCIA TIPO ESCALERA DE 20"X4" EN NIVEL 1		INDICA CANALETA METALICA DE POTENCIA TIPO ESCALERA DE 20"X4" EN NIVEL 1
	INDICA CANALETA METALICA DE POTENCIA TIPO ESCALERA DE 4"X4" EN NIVELES 2 AL 10		INDICA CANALETA METALICA DE POTENCIA TIPO ESCALERA DE 4"X4" EN NIVELES 2 AL 10
	INDICA OJO DE BUEY 120V DE 2x28 WATTS		INDICA OJO DE BUEY 120V DE 2x28 WATTS
	INDICA SENSOR DE MOVIMIENTO		INDICA SENSOR DE MOVIMIENTO

Figura 71: Simbología utilizada para iluminación de originales y modificadas

(Elaboración propia)

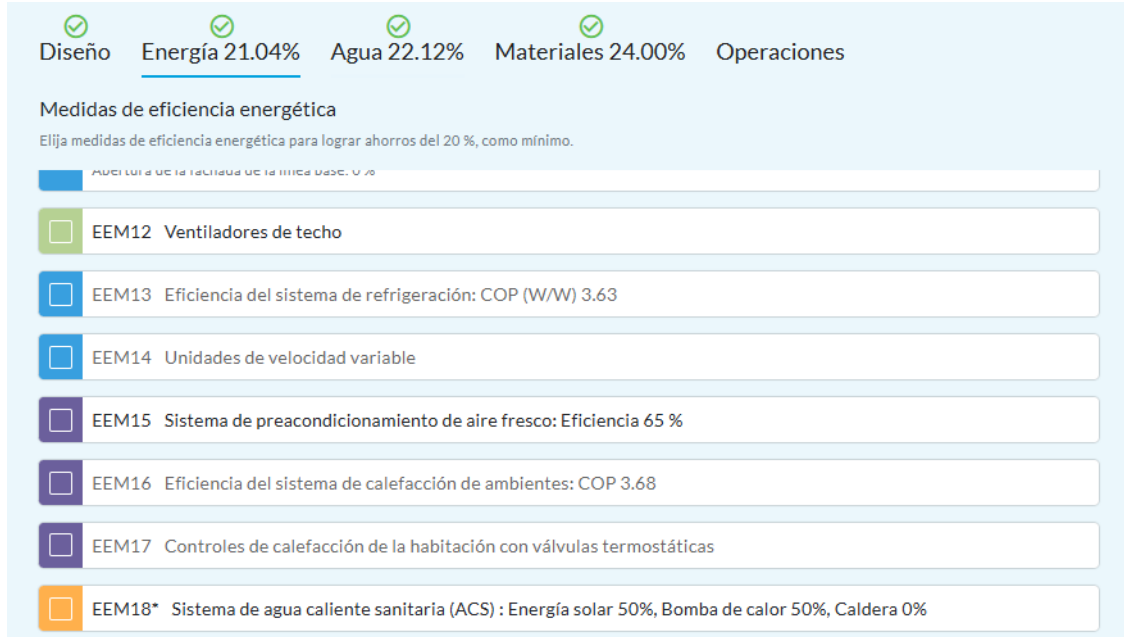


Figura 72: Parámetro que muestra que se alcanza un 21.04% de energía sin la necesidad de utilizar una bomba de calor

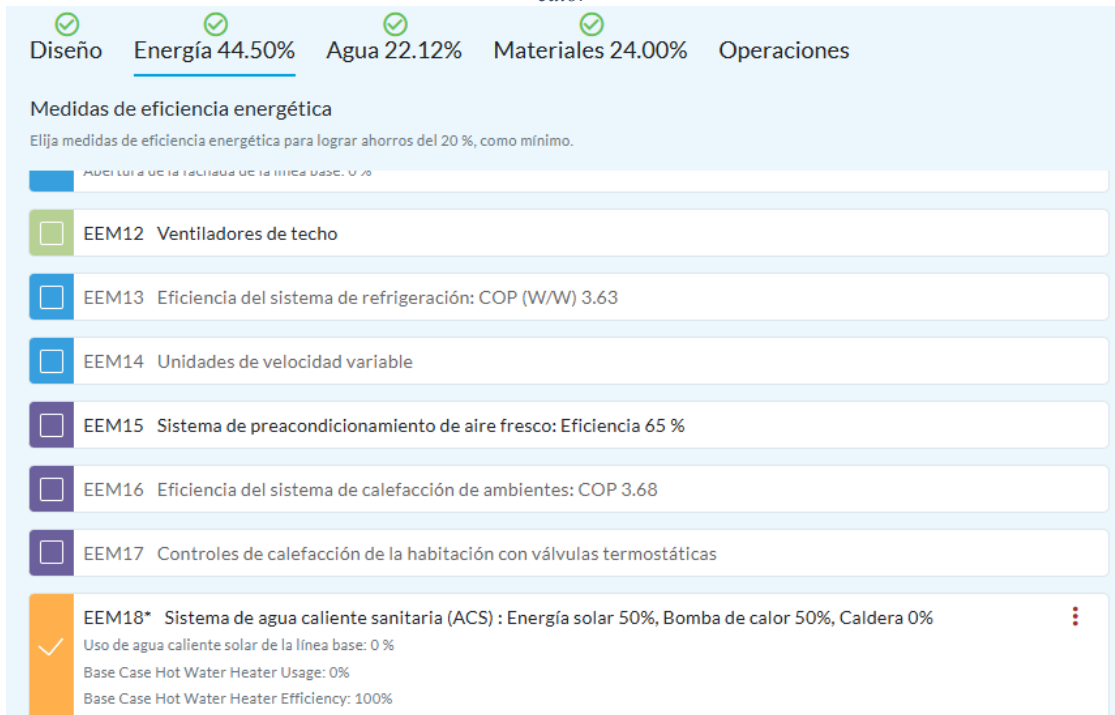


Figura 73: Parámetro que muestra que si se implementa una bomba de calor se alcanzaría un 44.5% de ahorro en energía

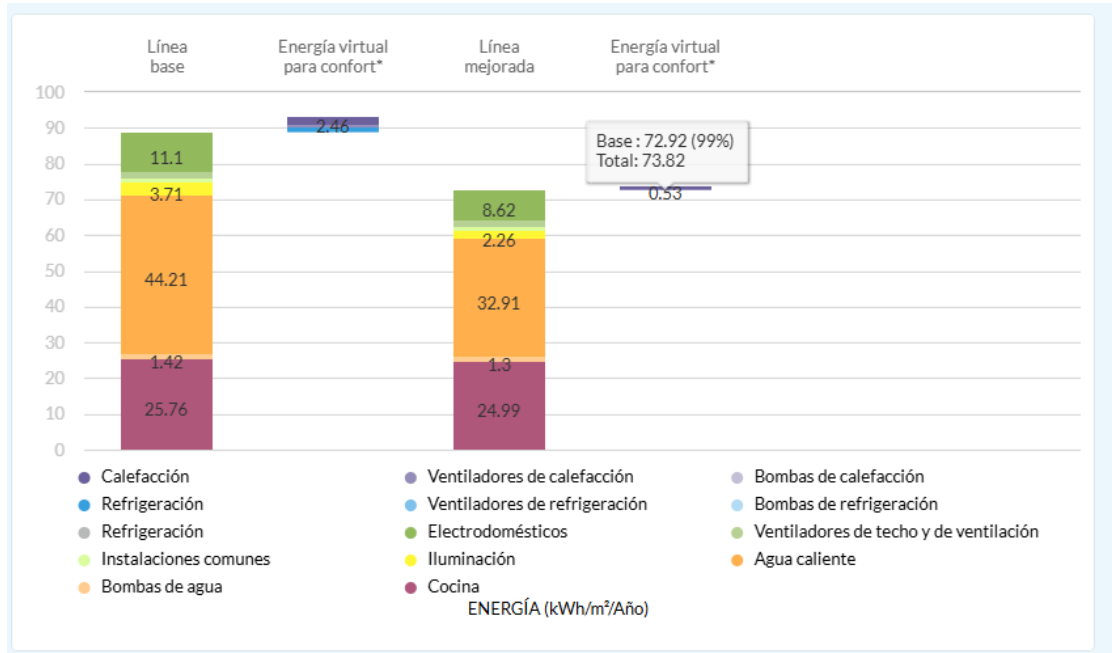


Figura 74: Tabla comparativa que demuestra la comparación entre las mejoras respecto a la línea base y la línea mejorada sin haber implementado una bomba de calor

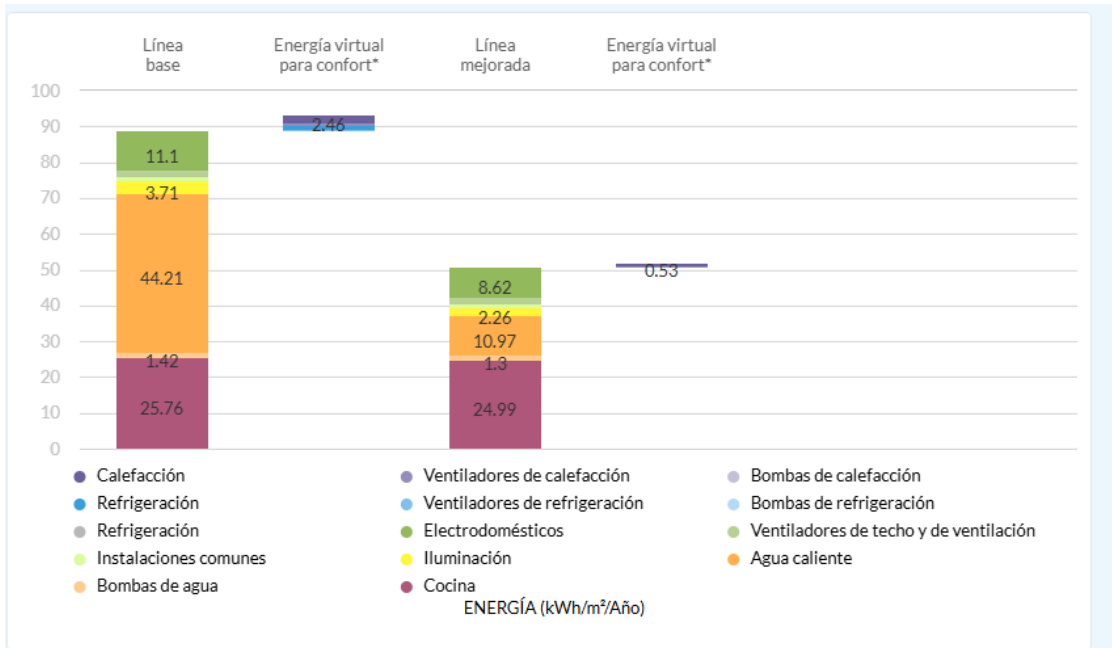


Figura 75: Tabla comparativa que demuestra la comparación entre las mejoras respecto a la línea base y la línea mejorada al haber implementado una bomba de calor

## DETALLE DE LOSA DE HORMIGÓN ARMADA IN SITU

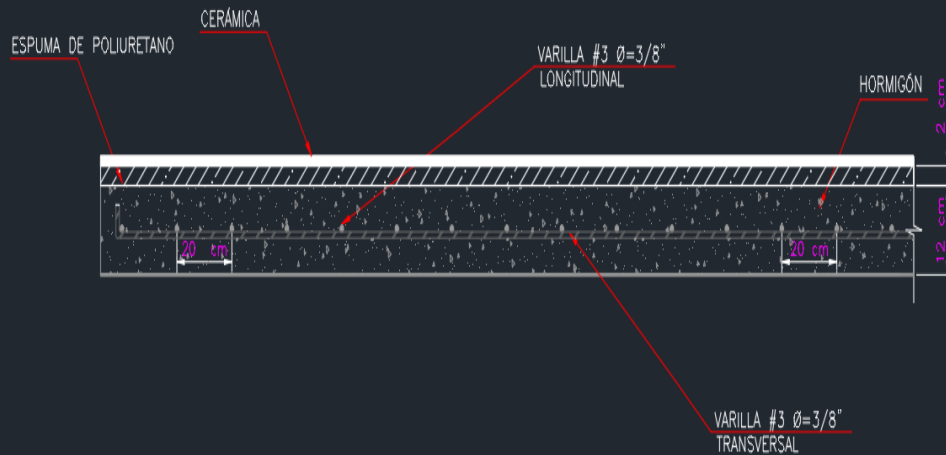


Figura 76: Detalle de cómo va colocada la espuma de poliuretano en la losa de hormigón armada in SITU

## VISTA LATERAL



Figura 77: Detalle de vista lateral del muro de blocks huecos de peso medio de concreto donde se indica como va colocada la espuma de poliuretano

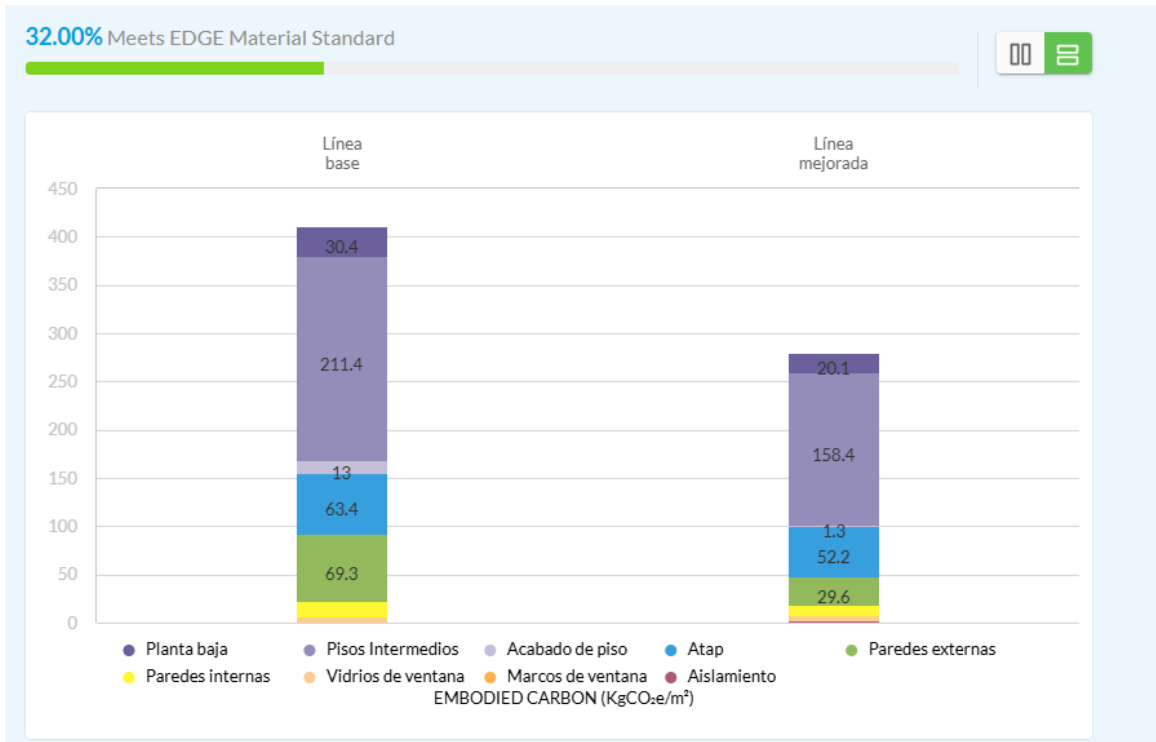


Figura 78: Utilizando losas aligeradas en vez de las losas de hormigón armada in situ se logró una mejora significativa en los materiales y como se puede observar tanto la planta baja como los pisos intermedios tuvieron una mejoría en la línea base.