

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

**Manual de estrategias bioclimáticas para edificios de oficinas y consultorios, en zonas cálido-húmedas basado en el caso de estudio del Edificio Medcenter en Machala**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto


**Autores:**

Doménica de Cassia Araujo Jaramillo

Gianela Maylen Salazar Aguilar

**Director:**

José Hernán Sánchez Castillo

ORCID:  0000-0002-7581-9374

**Cuenca, Ecuador**

2024-02-19

***Manual de estrategias bioclimáticas para edificios de oficinas y consultorios,  
en zonas cálido-húmedas basado en el caso de estudio del Edificio Medicen-  
ter en Machala***

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

**Autor:**

Doménica de Cassia Araujo Jaramillo

Gianela Maylen Salazar Aguilar

**Director:**

José Hernán Sánchez Castillo

---

## Resumen

El proyecto de este trabajo de integración curricular tiene como objetivo principal desarrollar un manual práctico y efectivo de estrategias bioclimáticas para la construcción y operación de edificios de oficinas y consultorios médicos, que respondan a las condiciones ambientales dentro de la ciudad de Machala, tomando como caso de estudio el Edificio Medicenter ubicado en la Av. Circunvalación Norte y Av. 8va Norte. Estas instalaciones al pertenecer al área de la salud presentan requerimientos específicos, como demandas de energía diferentes y una buena ventilación para preservar el bienestar tanto de los pacientes como del personal de trabajo, lo cual crea un camino más complejo para llegar al confort. Por lo tanto, este plan de trabajo busca abordar la falta de normas y recomendaciones específicas para la construcción y operación de edificios sostenibles, lo que puede resultar en un impacto ambiental negativo, costos de operación y mantenimiento más altos y una falta de consideración de la calidad de vida de los usuarios del edificio. Por consiguiente, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente en el tema de edificios sostenibles y el caso de estudio del Edificio Medicenter. En el cual, se identificarán las estrategias pasivas más efectivas y viables, comprobadas mediante programas de eficiencia energética. A partir de esta investigación, se desarrollará un manual de estrategias sostenibles para edificios que pueda ser aplicado en la práctica para reducir el impacto ambiental y mejorar el confort. En síntesis, este manual de estrategias sostenibles para edificios proporcionará pautas específicas para la eficiencia energética. El manual será diseñado para los propietarios, diseñadores y constructores de edificios, con el fin de fomentar la construcción y operación de edificios sostenibles en Machala.

*Palabras clave* Edificios sostenibles, climatización, ahorro energético, simulación energética, climas



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Abstract

The project of this curricular integration work has as its main objective to develop a practical and effective manual of bioclimatic strategies for the construction and operation of office buildings and medical offices, which respond to environmental conditions within the city of Machala, taking as a case of study the Medicenter Building located at Av. Circunvalación Norte and Av. 8va Norte. These facilities, as they belong to the health area, have specific requirements, such as different energy demands and good ventilation to preserve the well-being of both patients and staff, which creates a more complex path to reach comfort. Therefore, this work plan seeks to address the lack of specific standards and recommendations for the construction and operation of sustainable buildings, which can result in a negative environmental impact, higher operation and maintenance costs, and a lack of consideration of the quality of life of building users. Therefore, an exhaustive review of the existing literature on the subject of sustainable buildings and the case study of the Medicenter Building will be carried out. In which, the most effective and viable bioclimatic strategies will be identified, verified through energy efficiency programs. Based on this research, a manual of sustainable strategies for buildings will be developed that can be applied in practice to reduce environmental impact and improve comfort. In summary, this manual of sustainable strategies for buildings will provide specific guidelines for energy efficiency. The manual will be designed for building owners, designers and builders, in order to encourage the construction and operation of sustainable buildings in Machala.

*Keywords:* Sustainable buildings, air conditioning, energy savings, energy simulation, hot humid climates



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

1. Introducción general.....	9
1.1. Planteamiento del problema.....	10
1.2. Justificación.....	10
1.3. Objetivos.....	11
1.3.1. Objetivo general.....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. Preguntas de investigación.....	11

### CAPÍTULO I

2. Marco teórico y conceptual.	
2.1. Sostenibilidad .....	13
2.1.1. Análisis de ciclo de vida de una edificación .....	13
2.1.2. Arquitectura sostenible .....	13
2.1.3. Arquitectura bioclimática.....	14
2.1.4. Estrategias bioclimáticas .....	15
2.1.4.1. Estrategias pasivas .....	15
2.1.4.2. Estrategias activas .....	15
2.1.5. Impacto ambiental .....	16
2.1.6. Normativa internacional.....	17
2.1.7. Normativa estándar.....	17
2.2. Confort .....	18
2.2.1. Confort térmico .....	18
2.2.2. Confort adaptativo.....	19
2.2.3. Confort lumínico .....	20
2.3. Sostenibilidad en edificaciones.....	20
2.3.1. Edificaciones de energía cero .....	20

2.3.2. Passivhaus .....	21
2.3.3. Edificaciones de consumo energético casi nulo.....	21
2.3.4. Proceso de evaluación de edificios.....	22
2.3.5. Herramientas de validación para la sostenibilidad.....	22
2.4. Clima .....	22
2.4.1. Clima Ecuador.....	22
2.4.2. Pisos climáticos en Ecuador.....	23
2.4.3. Clima Machala .....	23
2.5. Descripción de software Design Buidar.....	24

### CAPÍTULO II

3.1. Criterios de selección.....	28
3.2. Metodología y estructura.....	29
3.3. Objeto de estudio.....	29
3.3.1. Ubicación.....	29
3.3.2. Descripción de la edificación.....	29
3.4. Parámetros climáticos de Machala .....	30
3.5. Modelado 3D de la edificación.....	30
3.6. Asignación de materiales y actividades.....	31
3.6.1. Materiales.....	31
3.6.2. Actividades.....	31
3.7. Elección y descripción de plantas a analizar .....	32
3.7.1. Criterios de selección de plantas a analizar.....	32
3.8. Descripción de plantas a analizar .....	33
3.9. Simulación para determinar efectividad de estrategias pasivas...34	

3.9.1. Descripción de estrategias pasivas en “Medicenter”.....	34
3.9.2. Simulación térmica en plantas seleccionadas.....	36
3.9.3. Conclusiones de análisis térmico.....	42
3.9.4. Propuesta de materiales.....	42
3.9.5. Simulación lumínica en plantas seleccionadas.....	44
3.9.6. Conclusiones de análisis lumínico.....	50
3.10. Eficiencia de estrategias pasivas.....	52
3.10.1. Eficiencia de fachada ventilada .....	52
3.10.2. Eficiencia de quebrasoles.....	54
3.10.3. Eficiencia de patio interior.....	55
3.11. Simulación para determinar efectividad de estrategias activas...56	
3.11.1. Descripción de estrategias activas en “Medicenter”.....	56
3.11.2. Proceso de implementación de paneles solares en Design Builder.....	57
3.11.3. Simulación energética de estrategias activas.....	58
3.12. Ciclo de vida de objeto de estudio.....	60

## CAPÍTULO III

4.1. Resultados.....	64
4.2. Conclusiones.....	64
4.3. Limitaciones.....	65
4.4. Recomendaciones.....	65

## Índice de figuras

Figura 1. Plaza Batán, Guayas-Ecuador.....	14
Figura 2. Estrategias de evaluación energética en edificaciones .....	14
Figura 3. Orientación adecuada de una edificación.....	15
Figura 4. Proceso constructivo lineal.....	16
Figura 5. Fase de construcción .....	16
Figura 6. Modelo de economía circular en arquitectura .....	17
Figura 7. Diagrama Psicosométrico de Givoni.....	19
Figura 8. Los cinco principios básicos de passivhaus.....	21
Figura 9. Esquema descriptivo de la metodología. ....	22
Figura10. Mapa de zonas climáticas en Ecuador.....	23
Figura11: Variación Mensual Precipitaciones (mm) 2004-2013 .....	24
Figura12: Módulo de simulación en Design Builder .....	24
Figura13: Módulo de iluminación en Design Builder .....	25
Figura14: Módulo CFD en Design Builder .....	25
Figura15: Vista de edificio “Medicenter” .....	28
Figura16: Vista interior de edificio “Medicenter”.....	28
Figura17: Estructura de trabajo de investigación.....	29
Figura18: Ubicación de edificio “Medicenter” .....	29
Figura19: Diagrama de Givoni Machala-Ecuador.....	30
Figura20: Rosa de los vientos Machala-Ecuador.....	30
Figura21: 3D del edificio “Medicenter”.....	31

Figura22: Muro tipo 1.....	31
Figura 23. Muro tipo 2.....	31
Figura 24. Muro tipo 3 .....	31
Figura 25. Muro tipo 4.....	31
Figura 26. Diagrama de corte de edificio “Medicenter” .....	32
Figura 27. Plano arquitectónico de planta baja de edificio “Medicenter”...33	
Figura 28. Plano arquitectónico de primera planta alta del edificio.....	33
Figura 29: Plano arquitectónico de primera planta alta del edificio “Medicenter”.....	34
Figura 30. Fachada ventilada.....	34
Figura 31. Quiebrasoles .....	35
Figura32: Patio interior.....	35
Figura33: Simulación térmica en planta baja, día más caliente.....	36
Figura34: Simulación térmica en planta baja, día más caliente.....	36
Figura35: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	37
Figura36: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	39
Figura37: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	40
Figura38: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	41
Figura39: Gráfico comparativo de simulaciones térmicas.....	42
Figura 40: Propuesta de materiales.....	42
Figura 41: Simulación lumínica en planta baja, día más caliente.....	44
Figura 42: Simulación lumínica en planta baja, día más caliente.....	45
Figura 43: Simulación lumínica en primera planta alta, día más caliente...46	

Figura 44: Simulación lumínica en primera planta alta, día más caliente.47	
Figura 45: Simulación lumínica en quinta planta alta, día más caliente.....	48
Figura 46: Simulación lumínica en quinta planta alta, día más caliente.....	49
Figura47: Simulación térmica en planta baja, día más caliente.....	52
Figura48: Simulación térmica en planta baja, día más caliente.....	52
Figura 49: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	53
Figura 50: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	53
Figura 51: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	53
Figura 52: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	53
Figura 53: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	54
Figura 54: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente.....	54
Figura 55: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	55
Figura 56: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente.....	55
Figura 57: Simulación CFD en quinta planta alta, día más caliente.....	55
Figura 58: Simulación CFD en quinta planta alta, día más caliente.....	55
Figura 59: Sección arquitectónica de paneles solares.....	56
Figura 60: Sección 2 arquitectónica de paneles solares.....	56
Figura 61: Planta arquitectónica de sexta planta alta, con distribución de paneles solares.....	56
Figura 62: Vista 3D de edificio “Medicenter” a través de Design Builder.....	57
Figura 63: Cuadro de características de paneles solares.....	57
Figura 64: Cuadro de cantidad de paneles solares en “Medicenter”.....	57
Figura 65: Simulación de producción energética de paneles solares.....	58

Figura 66: Producción energética de paneles solares.....59

Figura 67: Simulación de producción de Co2 en Kg, sin estrategias bioclimáticas.....60

Figura 68: Simulación de producción de Co2 en Kg, con estrategias bioclimáticas.....61

## Índice de tablas

Tabla 1. Escala de valores índice PMV .....18

Tabla 2. Variables que definen el confort.....23

Tabla 3. Comparación de resultados de simulaciones lumínicas.....42

Tabla 4. Comparación de resultados de simulaciones lumínicas.....50

## Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de integración curricular:

A nuestro docente tutor Hernán Sánchez, por su guía experta, paciencia y valiosos consejos que fueron fundamentales para encauzar nuestra investigación.

A todos los docentes que han impartido sus conocimientos académicos, así como también han compartido sus experiencias de vida con nosotras durante nuestra trayectoria académica.

A nuestros compañeros y amigos, quienes nos han brindado su apoyo y aliento en los momentos más desafiantes. Gracias por las discusiones enriquecedoras y por compartir este viaje académico junto a nosotras.

Agradecemos profundamente a todos los participantes de nuestro estudio, cuya colaboración generosa fue fundamental para obtener datos valiosos y alcanzar resultados significativos.

Finalmente, nuestro más profundo agradecimiento va dirigido a nuestros padres y hermanos, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido el motor detrás de cada uno de nuestros logros. Sin ustedes, este camino no hubiera sido posible, sin su apoyo permanente e incondicional en nuestra vida.

¡Gracias a todos por ser parte de este importante logro en nuestras vidas!

## Dedicatoria

A Dios, por habernos dado salud, paciencia y constancia durante toda nuestra etapa universitaria, por darnos la fortaleza y suficiente fuerza de voluntad.

A nuestros padres, por estar presente durante toda nuestra vida guiándonos siempre con el ejemplo de perseverancia, apoyándonos en cada paso que damos para estar cada vez más cerca de alcanzar nuestros objetivos y metas en la vida; por aconsejarnos oportunamente y de manera certera.

A nuestros hermanos, por ser pilares fundamentales en nuestras vidas y siempre estar presente ante cualquier dificultad.

Esta tesis está dedicada con cariño a todos aquellos que, con su aliento y comprensión, nos han impulsado a alcanzar nuestros sueños.



## Introducción

En el transcurso de los últimos años, la expansión acelerada de entornos urbanos y la demanda de espacios para oficinas y consultorios médicos han llevado al desarrollo de una amplia gama de edificios en diversas regiones del mundo. (Guillen, 2014) Sin embargo, en zonas cálido-húmedas, como es el caso de Machala, Ecuador, estos edificios enfrentan desafíos significativos relacionados con el clima y el confort de sus ocupantes.

El clima cálido-húmedo se caracteriza por altas temperaturas y niveles de humedad durante la mayor parte del año, por consiguiente, puede generar un ambiente incómodo y propenso a problemas de salud. Además, la necesidad de utilizar sistemas de climatización convencionales para mantener un ambiente interior confortable puede resultar costosa en términos de energía y recursos naturales.

También, se debe considerar que en los lugares con este tipo de clima, existe escasez de herramientas y recomendaciones para edificios de oficinas y consultorios. Aunque, existen normativas ambientales, se excluyen los criterios adicionales destinados a disminuir las emisiones de gases, lo cual, resulta en un impacto desfavorable en el medio ambiente y en la calidad de vida de los ocupantes, además de generar mayores costos a largo plazo. (Guerra, 2013) Por lo tanto, como arquitectos, es nuestra responsabilidad construir de forma consciente y eficiente, cumpliendo con estándares sostenibles (Mínguez et al., 2016). En este contexto, se evidencia la importancia de desarrollar estrategias bioclimáticas efectivas que permitan mejorar el confort de los edificios de oficinas y consultorios en zonas cálido-húmedas, paralelamente a la reducción de los impactos en el entorno, y se promueva la eficiencia energética.

El desarrollo de este trabajo tiene como objetivo desarrollar un manual de estrategias bioclimáticas específicamente diseñado para edificios de oficinas y consultorios en zonas cálido-húmedas, tomando como caso de estudio el Edificio Medicenter en Machala, el cual será analizado, evaluando las estrategias que contribuyen a la eficiencia energética. A partir de los resultados obtenidos, se establecerán estrategias específicas que se ajusten a las particularidades y requerimientos propios de la localidad de Machala.

De igual manera, se implementarán nuevas estrategias en caso de ser necesario para lograr un menor impacto ambiental y mejor calidad de vida. De esta manera, el edificio Medicenter se ha seleccionado debido a su relevancia como centro médico y a su ubicación geográfica en una zona cálido-húmeda, lo que ofrece una base sólida que respalda el análisis de estrategias bioclimáticas aplicables en dicha región.

El manual propuesto será una guía práctica que abordará diversas estrategias bioclimáticas, tanto pasivas como activas, que pueden implementarse en el diseño y la operación de edificios de oficinas y consultorios. De igual manera, estas estrategias estarán enfocadas en mejorar el confort, reducir la demanda de energía para climatización y promover prácticas sostenibles.

En conclusión, se espera que este manual contribuya al desarrollo de edificios más sostenibles y eficientes en zonas cálido-húmedas, promoviendo un equilibrio entre el confort de los ocupantes y la preservación de los recursos naturales. Sumado a ello, se pretende que los resultados y recomendaciones obtenidos en este estudio sean extrapolables a otros proyectos similares en la región y sirvan de referencia para futuras investigaciones y aplicaciones futuras en el ámbito de la arquitectura y la sostenibilidad en el contexto cálido-húmedo.

## 1.1 Planteamiento del problema

Uno de los retos principales que los arquitectos enfrentarán reside en la formulación de proyectos capaces de ser enfriados eficientemente y de manera apropiada, ya sea mediante métodos naturales o artificiales, dado que el proceso de refrigeración resulta más complicado que el de calefacción. Esta complejidad se acentúa especialmente en entornos urbanos densos y en países en vías de desarrollo. Conforme a las estimaciones de la ONU, las ciudades con mayores tasas de crecimiento en los años venideros se ubican mayoritariamente en regiones de clima cálido. Para prevenir posibles crisis energéticas, es imperativo que el diseño arquitectónico aborde estos desafíos como prioridades desde el presente momento (Franco, 2021). Además, la problemática del cambio climático surge como una inquietud central en la actualidad, impulsando la propuesta de una perspectiva ecoeficiente en el sector de la construcción. Dicha propuesta encuentra su fundamento en el reconocimiento de que las edificaciones inciden significativamente, con un 40% en el consumo global de energía y un 33% en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Medina, 2023). En este contexto, es crucial tener plena conciencia de las consecuencias que pueden perjudicar tanto a los usuarios como al medio ambiente, en caso de no aplicar estrategias alineadas con el entorno, lo que culminaría en un aumento substancial del consumo de energía. Es por eso que, como arquitectos nuestro aporte principal debe estar enfocado en una construcción responsable y eficiente, que no perjudique al medio ambiente y que cumpla con estándares de construcción sostenible. En el marco actual, el sector de la construcción está obligado a nuevas vías de desarrollo y a la adopción de estrategias para afrontar una era de nuevas necesidades. (Gutiérrez, 2023).

Centrándonos en el ámbito de la investigación, el presente trabajo de investigación se centra en la problemática inherente al habitar en condiciones de confort, particularmente en el contexto de aquellos individuos que desempeñan sus labores en una edificación con funciones médicas en climas cálido-húmedos. Estos profesionales se ven inmersos en extensas jornadas de trabajo dentro de dicho entorno, enfrentándose a condiciones climáticas adversas propias de estas regiones agravadas por la constante variabilidad derivada del cambio climático. La consecuencia directa de esta circunstancia es que dichas personas se ven obligadas a

trabajar en condiciones que no cumplen con los estándares adecuados de confort.

Ante esta situación, surge la necesidad de abordar posibles alternativas, como la implementación de sistemas de aire acondicionado. No obstante, es imperativo destacar que la adopción de esta medida conlleva consigo un elevado consumo de energía, generando como consecuencia directa una significativa huella de contaminación ambiental.

Es relevante señalar que, a pesar de la presencia de una amplia normativa ambiental en Ecuador, no existe normativa para esta tipología de edificios. En este contexto, no se han establecido requisitos adicionales, ya sea que cuenten o no con una licencia ambiental, o la obligación de estimar y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

## 1.2 Justificación

Lo antes mencionado resulta en un impacto ambiental negativo afectando el confort de los usuarios del edificio. Además, la falta de implementación de estrategias bioclimáticas puede resultar en mayores costos de operación y mantenimiento a largo plazo para los propietarios y usuarios del edificio. Por lo tanto, el proyecto encuentra su razón de ser en la necesidad esencial de estimular la construcción y operación de edificios de oficinas y consultorios médicos para que tengan un menor impacto ambiental y que aporten a una mejora en la calidad de vida a través de buena iluminación, ventilación y calidad de aire interior.

El Edificio Medicenter en la ciudad de Machala es un ejemplo de edificio de consultorios que ha implementado estrategias bioclimáticas para reducir su impacto ambiental, sin embargo, se realizará un análisis mediante simulaciones para comprobar los resultados. El análisis de este caso de estudio puede proveer datos fundamentales que sean útiles en la elaboración de un manual de estrategias sostenibles que pueda ser aplicado en la construcción y operación de edificios que se encuentren emplazados en entornos similares al de la región Costa.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General:

Desarrollar un manual de estrategias bioclimáticas que pueda ser aplicado en la construcción y operación de edificios sostenibles de oficinas y consultorios médicos en regiones con clima húmedo muy caluroso, basado en el caso de estudio del Edificio Medcenter en la ciudad de Machala.

### 1.3.2 Objetivos específicos:

- Analizar el confort y el impacto ambiental dado por el consumo energético del Edificio Medcenter en la ciudad de Machala.
- Identificar y evaluar las estrategias bioclimáticas implementadas en el Edificio Medcenter, y su efectividad en términos de reducción de impacto ambiental y mejora del confort, que permitan reducir la huella de carbono y el consumo de energía.
- Desarrollar un manual de estrategias bioclimáticas para edificios de consultorios médicos y oficinas en regiones de clima húmedo muy caluroso, en base al análisis e investigación realizada.

## 1.4 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las estrategias sostenibles más efectivas que se pueden aplicar en edificios de oficina y consultorios médicos en regiones con clima húmedo muy caluroso como Machala?
- ¿Cuáles son los aspectos específicos del Edificio Medcenter que aportarán en el desarrollo del manual de estrategias sostenibles para edificios de oficinas?
- ¿Cómo se puede adaptar el manual de estrategias sostenibles desarrollado en el análisis del Edificio Medcenter para aplicarlo en otros edificios de la ciudad de Machala y de otras ciudades con clima húmedo muy caluroso?
- ¿Cómo se podría fomentar la implementación de estrategias sostenibles en edificios de oficinas y consultorios médicos en la ciudad de Machala y de otras regiones con clima húmedo muy caluroso?

***MARCO TEÓRICO***

***CAPÍTULO I***

## 2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 Sostenibilidad

La sostenibilidad, conceptualizada como la continuidad de la existencia humana en la Tierra en armonía con la naturaleza y con la consideración de las necesidades de las generaciones futuras, implica un uso razonable de los recursos naturales (Castelo, 2008). La ONU, reconociendo esta importancia, aboga por un enfoque integral que abarque tanto las preocupaciones ambientales como el desarrollo económico. En este contexto, la ciudad emerge como un escenario clave, demandando características espaciales específicas que permitan la coexistencia bajo parámetros de compatibilidad, solidaridad y sostenibilidad. Es decir, la sostenibilidad urbana se convierte en un desafío determinado por las necesidades particulares del entorno ciudadano (Borja, 2011).

#### 2.1.1 Análisis de ciclo de vida de una edificación

Es una técnica que cumple con un papel medioambiental. En esta técnica se pretende analizar su impacto ambiental de un producto o un proceso, durante su ciclo de vida. Según ISO (2006), el ciclo de vida abarca las etapas secuenciales e interrelacionadas de un sistema de productos, que van desde la obtención de materias primas o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. En otras palabras, este proceso comprende desde su origen en su estado de su materia prima, hasta transformarse en residuo. Sin embargo, no se deben desestimar fases como transporte, manufacturación, uso, etc.

Una vez entendido el concepto de ciclo de vida de un producto, debemos tener claro el objetivo de esta técnica, que es conocer el impacto de este proceso tanto en la sociedad como a <nivel global. Todo análisis de ciclo de vida debe contar con tres fases.

- Como primer paso se debe identificar el alcance del estudio, así como su tema, para entender a que resultados se debe llegar con el análisis que se va a realizar.
- Análisis del inventario, se procede con la medición precisa de los flujos de entrada y salida del sistema analizado.
- Al final se evaluará su potencial impacto ambiental sobre la salud humana y medio ambiente, relacionando el sistema y su nivel de impacto.

En esta técnica se asocian inputs como consumo de energía y materia prima, y outputs como residuos y emisiones. (Haya, 2006). Entre los impactos ambientales están: reducción de la capa de ozono, efecto invernadero, contaminación de agua y del suelo, lluvia ácida, contaminación del aire o smog químico. (Alegre, 2017)

#### 2.1.2 Arquitectura sostenible

La arquitectura sostenible es una forma de abordar el diseño, gestión y construcción de un “hecho arquitectónico” de manera que se aprovechen de manera racional, adecuada y adaptable los recursos naturales y culturales del entorno en el que se ubica, con el propósito de minimizar al extremo los impactos ambientales sobre el contexto natural y cultural involucrado, promoviendo un equilibrio entre el avance humano y el mantenimiento del entorno natural (Garzón, 2021). La arquitectura sostenible se enfoca en crear espacios habitables que estén en armonía con el medio ambiente durante todas las etapas de su ciclo de vida. Esto implica utilizar estrategias de diseño que minimicen la utilización de recursos naturales, como la energía y el agua, y que disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero.

La construcción sostenible es la aplicación de los fundamentos del desarrollo sostenible hasta todas las fases del ciclo de vida de la construcción, que abarcan la extracción y utilización de materias primas, el proceso de planificación, diseño y construcción de edificaciones e infraestructuras, hasta llegar a su desmantelamiento definitivo y la gestión de los residuos generados. El propósito es restablecer y preservar la equidad entre los entornos naturales y construidos (Daza, 2010). Por lo tanto, el sector de la arquitectura es responsable no solo de la contaminación durante la construcción, sino también de la vida que los usuarios llevan en el edificio.

Estos enfoques en arquitectura no solo tienen beneficios ambientales, como la reducción de la huella ecológica y la preservación de los recursos naturales, sino que también promueven una optimización de las condiciones de bienestar para los individuos, al fomentar espacios saludables y funcionales que se conectan de manera más significativa con su entorno. Además, se obtiene un beneficio económico ya que esto lleva a una reducción de consumo energético. Por lo tanto, la arquitectura sostenible juega un rol esencial en la construcción de un futuro más equitativo y respetuoso con el planeta (Malaver y Ortiz, 2018).

En Ecuador, diversos edificios han obtenido certificaciones de eficiencia energética, siendo especialmente relevante un caso de estudio que, a pesar de tener un uso diferente al objeto de nuestra investigación, resulta pertinente debido a su ubicación en un entorno con condiciones climáticas análogas a las del objeto de nuestra investigación, según lo establecido por la Norma de Edificación Climática (NEC), que lo clasifica en el mismo piso climático. La coincidencia climática entre ambos lugares proporciona un marco de referencia sólido para comprender las particularidades y desafíos inherentes a este tipo de clima. Sumado a ello, el edificio de estudio destaca por su certificación, evidenciando eficacia en estrategias adaptativas y sostenibles para el contexto climático.

La Plaza Batán, ubicada en Samborondón, provincia del Guayas, Ecuador, (Figura 1) ha obtenido la certificación LEED, destacándose en las áreas clave de entorno, agua, energía, materiales y calidad ambiental. Este reconocimiento se debe a sus características ecoamigables, y la implementación de sistemas de iluminación natural, para maximizar la luz solar. Además, la elección cuidadosa de materiales locales con bajas emisiones de contaminantes ha contribuido a reducir el impacto ambiental y ha consolidado a la Plaza Batán como un edificio sostenible. (El Comercio ,2019)

Figura 1. Plaza Batán, Guayas-Ecuador (Plaza Batán, 2018)

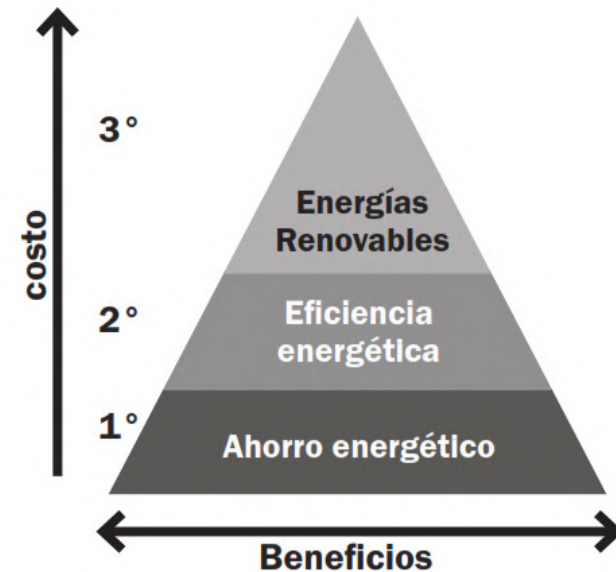


## 2.1.3 Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática se basa en un enfoque de diseño arquitectónico que busca utilizar de manera eficiente el clima y las condiciones naturales del entorno para alcanzar un nivel óptimo de confort en el interior de las edificaciones, utilizando de manera inteligente y racional elementos arquitectónicos, sin depender de sistemas mecánicos de alta complejidad (Jiménez, 2008). Dicho de otra manera, la arquitectura bioclimática tiene sus cimientos en el diseño arquitectónico del edificio, su orientación, materiales, aberturas, etc., para lograr una eficiencia energética en su funcionamiento, sin requerir un consumo excesivo de recursos.

Para su concepción, la arquitectura bioclimática recomienda por implementar sistemas pasivos. Después de implementar las estrategias pasivas y elegir cuidadosamente los dispositivos y equipos necesarios, es crucial evaluar la inclusión y fusión de sistemas que aprovechen fuentes de energía renovable como la solar, fotovoltaica, eólica, geotérmica, biomasa, así como sistemas híbridos, entre otras opciones, de esta manera es mas sencillo evaluar su eficiencia energética (figura 2), (Guerra, 2013).

Figura 2. Estrategias de evaluación energética en edificaciones (Guerra, 2013)



## 2.1.4 Estrategias bioclimáticas

Las estrategias bioclimáticas buscan una arquitectura eficiente con el objetivo último de elevar el nivel de calidad de vida. Según Cortés (2010), en el contexto de la arquitectura y urbanismo una estrategia bioclimática engloba una serie de enfoques de diseño que se centran en sistemas pasivos y activos con el fin de lograr confort térmico y eficiencia energética. Estas estrategias deben seguir premisas específicas, tales como operar en consonancia con las fuerzas naturales y la utilización eficiente de sus recursos para crear condiciones habitacionales propicias.

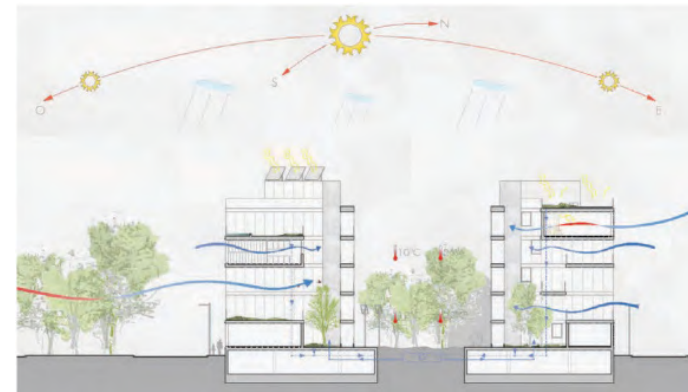
### 2.1.4.1 Estrategias pasivas

Estrategias pasivas, esenciales para el equilibrio ideal entre sostenibilidad y confort. Estas estrategias tienen como objetivo principal aprovechar las condiciones del entorno, con el fin de obtener una edificación más autónoma en términos energéticos. La elección de las estrategias pasivas que se implementen, debe surgir de un análisis minucioso de los factores del entorno (Mercado, 2020).

En cuanto al amplio campo de las estrategias pasivas, las características del lugar se presentan como un elemento crucial a analizar. Por ejemplo, el microclima del lugar (radiación solar, orientación solar, viento). Además, se recomienda la construcción de patios interiores, estrategias para una adecuada ventilación, y para el ahorro de agua, la recuperación de aguas pluviales y el aprovechamiento de aguas grises, precipitaciones y luminosidad ambiental), las características específicas del sitio, como topografía, vegetación, contaminación y estructura urbana, junto con la ubicación geográfica (latitud, altura, etc.). Por otro lado, entre las estrategias pasivas más utilizadas para climas cálidos (figura 3), se encuentra la selección de materiales naturales o reciclados, uso de lamas, aleros, salientes, acorde con la orientación de los huecos, fachada perfectible, fachada ventilada, fachada verde, cubierta verde y ventilación cruzada (Minguez, et al., 2016).

En conclusión, la selección e implementación inteligente de estrategias pasivas no solo contribuye a un futuro más sostenible, sino aporta significativamente en el confort de quienes habitan estas edificaciones, fomentando la armonía con el entorno.

Figura 3. Sección bioclimática que coordina distintas estrategias pasivas. (Minguez, 2011)



### 2.1.4.2 Estrategias activas

Las estrategias activas consisten en las instalaciones necesarias para alcanzar los niveles de confort deseados, ya que, en algunos casos, las estrategias pasivas por sí solas pueden no ser suficientes.

Es fundamental reducir al mínimo el consumo energético, considerando siempre la procedencia de la energía y asegurando la eficiencia de las instalaciones, especialmente enfocándose en el uso de fuentes de energía renovables. Entre las instalaciones activas más comunes se encuentran:

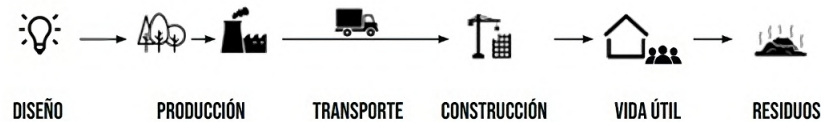
- Paneles fotovoltaicos, destinados a la generación de energía eléctrica mediante la captación de energía solar.
- Sistemas de ventilación mecánica o forzada para mantener un flujo de aire adecuado.
- Sistemas de geotermia, que aprovechan el calor almacenado en el suelo para calefacción y refrigeración.
- Paneles termo solares, utilizados para producir agua caliente.
- Sistemas de aerotermia, que utilizan el calor del aire para calefacción y refrigeración.
- Iluminación de bajo consumo, mediante el uso de tecnologías y lámparas eficientes para reducir el gasto energético.

El enfoque antropológico y cultural en el diseño bioclimático establece las condiciones propias de quienes habitan un lugar y sus usos, respetando los límites para no producir impactos negativos en el entorno. (Mercado, 2020)

## 2.1.5 Impacto ambiental

Para contrarrestar el cambio climático y promover un modelo de vida sostenible, se proponen soluciones como normativas, participación en acciones globales, estrategias de diseño innovadoras y campañas de sensibilización. Con el fin de obtener una comprensión clara del impacto ambiental derivado del proceso constructivo en la naturaleza (figura 4), se analiza el proceso constructivo habitual, desde la extracción de recursos hasta el procesamiento y gestión de los residuos, considerando también su vida útil (Mercado, 2020).

Figura 4. Proceso constructivo lineal, Mercado (2020).



A menudo, se tiende a enfocarse en el impacto de la arquitectura principalmente durante su fase de construcción y uso. Sin embargo, es esencial comprender que este proceso es más extenso y no se limita al momento en que se termina la construcción y se comienza a utilizar el edificio. La etapa de construcción (figura 5), abarca desde la llegada de los materiales al lugar de obra, su instalación y todas las actividades de limpieza y recogida que se realizan posteriormente (Mercado, 2020).

Además, esta fase incluye el uso de materiales e instalaciones auxiliares, equipos, elementos de seguridad y la gestión administrativa necesaria para llevar a cabo cualquier proyecto de construcción. Durante este período, el impacto ambiental puede variar en función de las acciones llevadas a cabo, y su magnitud dependerá de la naturaleza específica de las tareas realizadas. Las actividades en esta fase varían según el tipo de sistema constructivo y los materiales y elementos utilizados, ya que su manejo y colocación son distintos en cada caso (Mercado, 2020).

Figura 5. Fase de construcción, Mercado (2020).

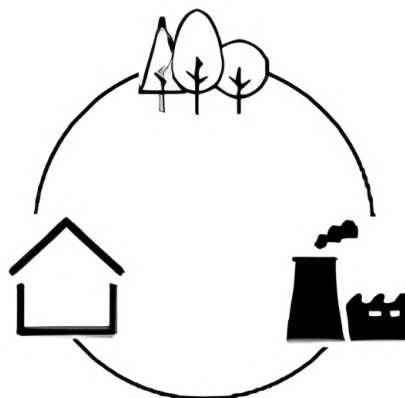


Mercado (2020) nos indica que, la producción y eliminación de productos y servicios tienen un impacto ambiental significativo, por lo que la economía circular sugiere un modelo de desarrollo sostenible que se puede aplicar a la construcción, limitar las emisiones de dióxido de carbono y la huella de carbono.

Este modelo (figura 6), implica convertir el sistema actual, que es un proceso abierto que va desde la adquisición de materias primas hasta su eliminación definitiva en vertederos, en un proceso cerrado en el que los recursos se reutilizan y se reciclan continuamente.



Figura 6. Modelo de economía circular en arquitectura, Mercado (2020).



La Agenda 2030, junto con sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es promulgada en 2015, abarcando las dimensiones económicas, sociales y ambientales del desarrollo sostenible. La economía circular se vincula con los ODS, especialmente con el ODS 11, centrado en ciudades y hábitats sostenibles y el ODS 12 sobre producción y consumo responsable, que incluye las metas 12.1 a 12.8. Donde se propone que, en el 2030, se alcance la gestión sostenible, la eficiencia en la utilización de recursos naturales y la disminución en la generación de residuos y asegurar que todas las personas tengan conocimiento para el desarrollo sostenible Mercado (2020).

### 2.1.6 Normativa internacional

Al mismo tiempo, en Europa existen normativas que regulan y orientan la construcción de edificios sostenibles como: El Código Técnico de la Edificación (CTE, 2006), que establece las exigencias básicas y aporta estrategias para el diseño de una arquitectura más sostenible.

La Metodología esencial para la certificación de eficiencia energética en edificaciones recién construidas exige a los propietarios poseer un certificado de eficiencia energética del edificio. También existen planes gubernamentales como el Plan de Energías Renovables y el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética para impulsar el empleo de energías renovables y reducir el consumo energético. (Mercado, 2020).

En diciembre de 2019, fue introducido el Pacto Verde Europeo, un conjunto innovador de medidas planificadas para implementarse entre 2020 y 2021-22, con el propósito de instaurar una nueva estrategia de crecimiento en la Unión Europea. El objetivo principal es lograr una economía sostenible y libre de emisiones de carbono para el año 2050. Además, establece un hito intermedio con una reducción de emisiones del 50-55% para el año 2030, en comparación con el plan anterior que contemplaba un 40%. Este pacto no solo delinearé la ruta hacia una transición justa, sino que también se esforzará por garantizar equidad social en el proceso (Diez, 2020).

### 2.1.7 Normativa estándar

La norma ecuatoriana de construcción (NEC, 2018) en relación con la eficiencia energética en la construcción, tiene como finalidad promover el diseño y construcción de edificaciones sostenibles, con el fin de reducir el consumo de combustibles fósiles, recursos no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Implementando medidas de incentivos medioambientales, el Ministerio de Ambiente de Ecuador busca promover la generación de energías renovables y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Criollo, 2021). Sin embargo, debido a la falta de regulaciones o normas técnicas sostenibles durante muchos años en Ecuador, los proyectos de arquitectura y diseño se han realizado.

## 2.2 Confort

El nivel de confort climático de un edificio es un indicador del éxito del diseñador durante la etapa de diseño. Cuando se emprende un nuevo proyecto es esencial que el arquitecto tome en consideración las necesidades específicas de los futuros habitantes del edificio durante el proceso de diseño. El término “confort ambiental” se utiliza de manera general para enfocarse en el estudio del confort, englobando diversas categorías y parámetros, como el confort térmico, lumínico, acústico, olfativo y psicológico (Fuentes, 2010).

El desarrollo satisfactorio de un proyecto bioclimático se encuentra en la habilidad para preservar una armonía proporcional entre el entorno y el usuario. Esto se logra mediante el empleo de estrategias bioclimáticas que contribuyen al logro del confort ambiental dentro de una edificación. El objetivo principal es analizar diversos factores, tanto artificiales como naturales y ambientales, para alcanzar el bienestar físico y psicológico de los usuarios, tanto en espacios abiertos como cerrados. Estos factores se estudian en detalle para lograr un confort óptimo en todas las clasificaciones y variables detalladas anteriormente. Sin embargo, en el contexto de este proyecto de investigación, se enfocará únicamente en el confort térmico y lumínico, dado que son fundamentales en una edificación de oficinas y consultorios. Para esto, se considerarán aspectos como la temperatura, la humedad y la iluminación natural.

### 2.2.1 Confort térmico

El confort térmico puede definirse como el estado mental que genera satisfacción con el ambiente térmico en el que se encuentra una persona (Fanger, 1973). Aunque, este enunciado puede ser considerado ambivalente, ya que no cierra las posibles interpretaciones de “estado mental” y “satisfacción”, es evidente que la percepción del confort constituye un proceder cognitivo influenciado por diversos factores, como procesos físicos, fisiológicos e incluso psicológicos (Castilla, et al., 2010).

Las perspectivas de confort muestran variabilidad en función de diversas condiciones, como la ubicación geográfica del individuo, los motivos que lo llevaron a estar en ese lugar, la estación del año, entre otros. Sin embargo, estudios han demostrado que, a pesar de las diferencias en climas, condiciones de vida y culturas en diferentes regiones del mundo, las personas eligen temperaturas muy similares para sentirse confortables bajo condi-

Según Rojas (2018), los datos obtenidos a partir del análisis climático posibilitarán reconocer los requerimientos para lograr la zona de confort, y estas necesidades serán contrarrestadas mediante estrategias adecuadas. Estas estrategias deben ser integradas con el conocimiento previo y básico de la arquitectura, como el uso de ventilación natural e iluminación natural, siguiendo la línea de pensamiento de (Olgay, 1963).

Índice de confort térmico: Varios autores han abordado el cálculo de las condiciones de confort térmico en diferentes entornos, dando lugar a diversos índices. Entre ellos, el índice más ampliamente utilizado es el PMV (Predicted Mean Vote), desarrollado por Fanger en la década de los 70 para modelar el confort térmico de los seres humanos, este consta de distintas variables que se pueden observar en (tabla 1).

Tabla 1. Variables que definen el confort, (IDAE, 2007)

Parámetro	Símbolo	Rango	Unidad
Actividad metabólica	M	0.8 a 2.4	Met, (W/m <sup>2</sup> )
Aislamiento de la ropa	I <sub>cl</sub>	0 a 2	Clo, (m <sup>2</sup> °C/W)
Temperatura del aire	yT, (ta)	10 a 30	°C
Temperatura radiante media	tr	10 a 40	°C
Velocidad del aire	va	0 a 1	m/s
Humedad relativa	yHR	30 a 70	%

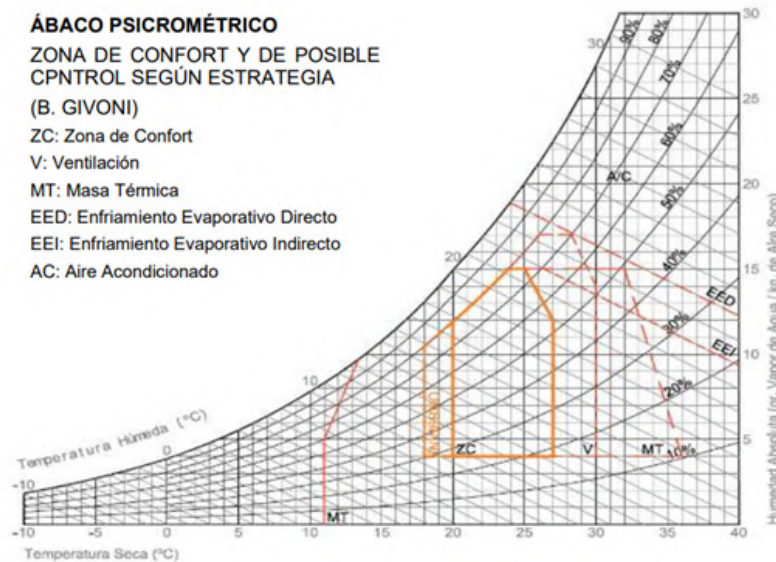
De acuerdo con Rojas (2018), la mayoría de los aspectos imprescindibles para estimar el índice PMV se pueden obtener fácilmente. Específicamente, la temperatura del aire, la velocidad del aire y la humedad relativa pueden medirse directamente mediante sensores correspondientes. Por otro lado, el nivel de vestimenta y la actividad metabólica no son cuantificables, ya que están condicionados por la situación particular del individuo en el instante del cálculo del Índice de Sensación Térmica Predictivo (PMV). En consecuencia, estos valores deben ser proporcionados, ya que están vinculados a la situación específica del usuario en ese momento.

Por ejemplo, en un entorno de oficina típico, la vestimenta suele tener un valor de 1.0 clo, mientras que la tasa metabólica se sitúa en 1 met. (Castilla, et al., 2010). Además, existen algunos métodos para analizar el comportamiento térmico de diferentes edificios, como el diagrama de Givoni (Figura 7), creado por Baruch Givoni.

En este análisis, se emplea un ábaco psicrométrico, que es un diagrama que muestra las propiedades físicas de una mezcla de aire húmedo en relación con la presión normal del aire y la cantidad de vapor de agua presente. Este ábaco psicrométrico se utiliza para conocer las diferentes propiedades climáticas y lograr un confort térmico a partir del conocimiento de la relación entre el aire y el vapor de agua en el ambiente. Con el objetivo de lograrlo, se ejecuta un análisis preliminar de todos los parámetros climáticos relevantes y se introducen los datos en el diagrama para determinar si se encuentra en la zona de confort. En caso de que no se alcance el confort térmico, el ábaco psicrométrico proporciona diversas estrategias que se deben aplicar para lograrlo, como ventilación, masa térmica, enfriamiento evaporativo directo e indirecto, y aire acondicionado (Rojas, 2018).

No obstante, es crucial considerar que las tácticas a implementar difieren según el tipo de clima y las condiciones ambientales específicas. En definitiva, el ábaco psicrométrico se convierte en una herramienta valiosa para evaluar y seleccionar las estrategias adecuadas que garanticen el confort térmico en diferentes contextos climáticos (Rojas, 2018).

Figura 7. Diagrama Psicométrico de Givoni (Givoni, 1969).



A continuación, se presentan algunos rangos de valores de los parámetros externos de confort que interactúan entre sí para lograr el confort térmico y que están representados en las Cartas bioclimáticas:

- Temperatura del aire ambiente: oscilando de 18 a 26 °C
- Temperatura media de radiación de las superficies en el lugar: variando de 18 a 26 °C
- Velocidad del flujo de aire: en un rango de 0 a 2 m/s
- Humedad relativa: manteniéndose entre el 40 y el 65 %

### 2.2.2 Confort adaptativo

Este tipo de confort se presenta como un modelo dinámico, ya que no solo se ocupa de aspectos como la temperatura, la radiación térmica, la humedad y la velocidad del aire, así como de factores individuales como la actividad y la vestimenta, sino que también establece conexiones entre los niveles de temperatura interior que son considerados aceptables y las condiciones climáticas exteriores. Tristancho Carvajal, M. (2019)

De acuerdo con (Ibatayneh, A, et al., 2021) Este método se lo ocupa en edificaciones que se ventilan naturalmente, y que no tengan sistemas de climatización artificiales. Entre los resultados que se obtuvieron de los experimentos para desarrollar este método, se concluyó:

- Un resultado importante de la teoría adaptativa es que las personas que viven en regiones más cálidas son más tolerantes a temperaturas interiores más cálidas que los habitantes de regiones más frías.
- El consumo de energía en edificios con ventilación natural es significativamente inferior al de los edificios que utilizan aire acondicionado, debido a que las personas que los ocupan pueden ajustarse a un rango de temperaturas más amplio que va más allá de la zona de comodidad establecida por el modelo PMV.
- El modelo tiene la capacidad de anticipar cuándo las personas perciben una sensación de calor mayor de la que realmente hace, lo que puede llevar a un uso excesivo del aire acondicionado.

### 2.2.3 Confort lumínico

Según (EADIC, 2019), el término “confort lumínico” se refiere a la percepción de la luz a través del sentido de la vista. Principalmente se refiere a los aspectos físicos, biológicos y mentales asociados con la luz. Es importante distinguir entre la luz solar difusa y la luz solar directa para un óptimo diseño de iluminación natural. La luz solar difusa, cuando se distribuye de manera uniforme en el espacio, proporciona una percepción general del ambiente de forma óptima. En contraste, la luz solar directa puede ocasionar encandilamiento e incomodidad por su confrontación con diferentes elementos. Para eludir estos inconvenientes, es esencial tener en cuenta la orientación del edificio, el diseño de las aperturas y la instalación de protecciones.

Rojas (2018) indica que los parámetros lumínicos son determinados por elementos externos y la percepción del ojo humano. Estos parámetros incluyen la luminancia, que representa la cantidad de luminosidad que incide sobre una superficie y la cantidad de luz reflejada que llega al ojo. Otra variable de relevancia es la diferencia lumínica entre el objeto en observación y su entorno, que debe mantener un equilibrio en la relación entre sus luminancias. Además, la reflexión en las superficies también tiene un impacto en la iluminación, y esto depende de los colores utilizados y cómo afectan la fuente de iluminación del ambiente, ya sea natural o artificial.

Por otra parte, Fuentes (2010) Destaca que el confort visual se consigue cuando el usuario experimenta la luz mediante el sentido de la vista sin que tenga repercusiones perjudiciales en aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos asociados con la luz. Además, destaca la importancia de considerar tanto la cantidad como la calidad luminosa en los ambientes. Respecto a la cantidad de luz, el sistema visual humano está configurado para detectar una amplia gama de niveles lumínicos, desde 0.1 lux en condiciones de luna llena hasta 100,000 lux en jornadas muy claras con intensa luz solar. No obstante, transiciones abruptas en la iluminación pueden ocasionar problemas visuales, por lo que es recomendable mantener un rango de iluminación que oscile entre 300 y 500 lux en los espacios interiores.

En resumen, el confort lumínico se logra cuando un ambiente proporciona una experiencia sin molestias fisiológicas, irritación o distracción. Se puede alcanzar mediante el uso de tácticas de iluminación natural que garanticen un nivel de iluminación apropiado en el rango de 300 a 500 lux, evadiendo de este modo el uso excesivo de la iluminación artificial, en concordancia

con los principios de la arquitectura bioclimática.

Para obtener un buen diseño arquitectónico que garantice el confort lumínico, es esencial aprovechar al máximo la luz natural y asegurar una distribución uniforme de la misma, teniendo en cuenta factores como el ángulo, luminancia, reflectividad, contraste y colores de los materiales utilizados en el entorno.

## 2.3 Sostenibilidad en edificaciones

Las edificaciones sostenibles tienen como objetivo lograr un equilibrio entre la productividad de estas construcciones y la preservación del medio ambiente. Estos dos aspectos son pilares fundamentales en el concepto de desarrollo sostenibles.

Este método de construcción a ganado campo en el marco actual, debido a la cantidad significativa de recursos que consumen las edificaciones tradicionales y las grandes cantidades de dióxido de carbono generadas. (Pinto y Plata, 2010)

### 2.3.1 Edificaciones energía cero

En la actualidad, debido a la gran demanda energética existente, junto con la creciente emisión de gases de efecto invernadero se ha optado por edificaciones cero emisiones (Net Zero Energy Building). Según (Hernández, 2019), Un edificio de energía cero neto es aquel que fusiona eficiencia energética en todos sus aspectos al mismo tiempo que emplea fuentes de energía renovable, obteniendo un equilibrio energético autoabastecido calculado anualmente.

Por otra parte, las edificaciones de emisiones casi nulo, aunque tienen la misma finalidad, de mayor ahorro energético posible, consumen un poco de energía. Sin embargo, esta energía tiene que provenir de fuentes renovables que se produzcan en las proximidades (Hernández, 2019).

## 2.3.2 Passivhaus

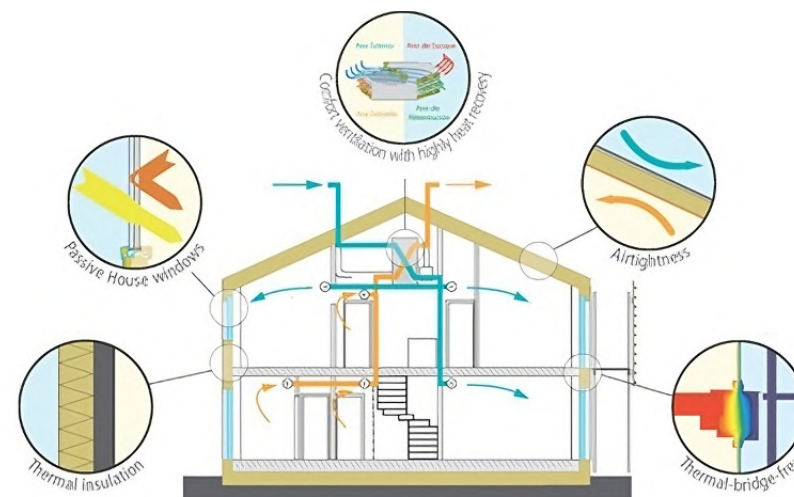
El estándar Passivhaus establece un nivel sobresaliente en eficiencia energética, persiguiendo el máximo grado de bienestar térmico para los residentes de un entorno; adicionalmente, posibilita una reducción sustancial en el uso de energía (Egea 2015).

Su objetivo de llegar a un nivel de confort elevado con un mínimo consumo de energía se debe a la aplicación de estrategias bioclimáticas en la planificación de estos edificios. La expresión pasiva se debe a que puede ser funcional sin el uso de estrategias activas como equipamientos (refrigeración, calefacción, etc.). Sus ventajas son tanto para la economía del usuario como para el medio ambiente (Gonzalo, 2021). Además, menciona que una regla fundamental es aprovechar las condiciones climáticas ofrecidas por la situación geográfica y al mismo tiempo beneficiarse de los recursos naturales locales (Ortiz, 2018).

Los principios que menciona Montaño (2020) y les corresponde cumplir a este tipo de edificaciones están enfocados en objetivos que estén alineados con el confort y bienestar de los usuarios (figura 8). Entre estos propósitos están:

- Aislamiento térmico, hace referencia a envolventes térmicas con espesor mayor al de envolventes tradicionales. También, se debe tomar en cuenta la transmitancia térmica, para que se establezca de acuerdo a los factores del contexto.
- Ventanas y puertas exteriores, al ser las zonas más débiles energéticamente, por su deficiente transmisión térmica, se intenta mejorar mediante carpinterías con mejores prestaciones y vidrio triple con baja emisividad.
- Recuperador de calor en instalación de ventilación, en este caso se permite una buena calidad de aire interior, al tener una estrategia adecuada de ventilación, ya que al menos el 75% del aire interior se renueva al ser expulsado por el aire que entra del exterior.
- Puentes térmicos, teniendo como objetivo ahorrar energía, se deben eliminar estos puentes ya que provocan pérdida de la misma.
- Finalmente, estanqueidad del aire la ventilación mecánica controlada se encargará de supervisar y ajustar este flujo y recambio de aire con

Figura 8. Los cinco principios básicos de passivhaus (Montaño, 2020)



## 2.3.3 Edificaciones de consumo energético casi nulo

Según (UE, 2010) define a un edificio de consumo de energía casi nulo, a aquella edificación que posee eficiencia energética elevada, y como resultado requiriendo consumo de energía casi nulo. Además esta baja energía requerida deberá proceder de fuentes renovables.

La gestión de un proyecto se sustenta en la aplicación de habilidades y métodos para lograr los objetivos del edificio y obtener el resultado deseado. Este enfoque se emplea con el propósito de asegurar un desenlace exitoso en la ejecución del proyecto de construcción. Esto se debe a la incorporación de nuevas tecnologías y, en muchos casos, sistemas constructivos no comunes, que demandan una adecuada supervisión.

El proceso diseño integrado es un enfoque que se basa en la colaboración interdisciplinaria, con el propósito de resolver proyectos de manera completa, en lugar de abordar los problemas de forma individual (figura 9). Esto difiere del enfoque tradicional, en el que cada profesional resolvía problemas de manera individual, lo que a menudo resultaba en soluciones que no se integraban de manera eficiente (Horrillo, 2017).

Figura 9. Esquema descriptivo de la metodología (Horrillo, 2017)



### 2.3.4 Proceso de evaluación de edificios

El proceso de evaluación de un edificio sostenible se compone de varias etapas, como una evaluación previa para identificar objetivos y recursos, un análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental, la aplicación de estrategias para reducir el consumo de energía y recursos, y una evaluación post-construcción para medir la eficacia de las estrategias (Horrillo, 2017).

### 2.3.5 Herramientas de validación para la sostenibilidad

En Ecuador existen varias edificaciones que cuentan con certificaciones internacionales, el primer proyecto en obtener la certificación fue Oficinas Sede Odebrecht, en Quito, alcanzado LEED Gold, en el 2013. Torre 6, proyecto de Diez + Muller Arquitectos obtuvo LEED Silver y finalmente El Quito Publishing House entró en la categoría GOLD. Además, existen 13 proyectos que están en proceso de certificación de acuerdo con la información publicada en la página digital de U.S. Green Building Council, la certificación LEED, su acrónimo en inglés de "Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental", consiste en la valoración del estado final de una construcción

a través de seis criterios fundamentales: sostenibilidad, eficacia en la gestión del agua, impacto ambiental y energético, selección de materiales y recursos, calidad del entorno interior, así como innovación y proceso de diseño (Gavilanes P, 2018).

Entre las características más comunes de edificios certificados por LEED están: Mayor eficiencia y menores costos en operación y mantenimiento, paredes, ventanas y techos con mayor eficiencia térmica, HVAC de menor capacidad y mejor uso de luz natural (Casar, 2014).

Por otro lado, existen certificaciones de edificación sostenible que han sido creadas bajo ciertos estándares. Estas empresas u organizaciones establecen una serie de parámetros de sostenibilidad que deben ser cumplidos por los edificios para poder ser certificados y caracterizados con su sello. El ejemplo más representativo de estos estándares es PassivHaus, que se enfoca en valores mínimos de consumo energético para poder obtener el certificado y ser considerado energéticamente eficiente (Mercado, 2020).

## 2.4 Clima

El clima se define como el conjunto variable de las condiciones atmosféricas que se caracteriza por los estados y cambios en las condiciones meteorológicas durante un período de tiempo considerable y en un área geográfica específica (OMM, 2019). Podríamos decir que el clima de una región determinada es el resultado permanente de las condiciones atmosféricas que persisten después de tener en cuenta las variaciones y cambios atmosféricos continuos, que pueden ser más o menos pronunciados. Cada área en la superficie terrestre está constantemente influenciada por la atmósfera y sus cambios, incluyendo la acción de los vientos, la radiación solar y las precipitaciones, que pueden alternar a lo largo del tiempo. Lo que permanece constante en esta interacción entre la atmósfera y el suelo es lo que se define como el clima característico de ese lugar.

### 2.4.1 Clima Ecuador

Las particularidades meteorológicas del Ecuador, según el INAMHI en 2009, son influenciadas por diversos factores que alteran su estado natural, como:

La latitud: Debido a la ubicación del país sobre el ecuador geográfico, pre

senta características especiales en el sistema general de circulación atmosférica a nivel planetario.

La topografía y la altitud: La presencia de los Andes, caracterizados por su relieve montañoso y variación altimétrica, tiene un papel crucial en la generación y desplazamiento de masas de aire a escala local y regional.

La presencia del océano Pacífico y las corrientes marinas: Estos elementos también influyen en la generación de masas de aire con diversas características de temperatura y humedad. Además, existen factores como el fenómeno del niño que alteran las condiciones climáticas recurrentes en la zona. Estas diferentes zonas se pueden observar en (figura 10) y (tabla 2), (INAMHI, 2009).

### 2.4.2 Pisos climáticos en Ecuador

Figura10 : Mapa de pisos climáticos en Ecuador (INER E INAMHI, 2018)

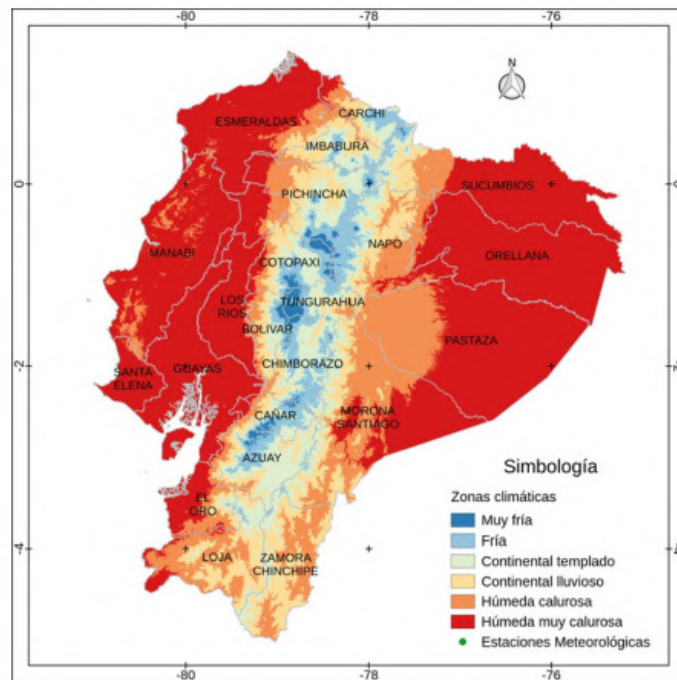


Tabla 2: Zonas climáticas, ubicación y características (INER E INAMHI, 2018)

ZONA CLIMÁTICA*	NOMBRE	LOCALIDADES DE REFERENCIA	CRITERIO TÉRMICO
1	Húmeda muy calurosa	Guayaquil, Esmeraldas, Nueva Loja, Machala, Santa Elena	5000 < CDD 10°C
2	Húmeda calurosa	Tena, Puyo, Macas	3500 < CDD 10°C ≤ 5000
3	Continental lluviosa	Quito, Loja, Cuenca	CDD 10°C ≤ 2500 y HDD 18°C ≤ 2000
4	Continental templada	Ibarra, Ambato, Azogues	2000 < HDD 18°C ≤ 3000
5	Fría	Latacunga, Riobamba, Tulcan	3000 m < altura ≤ 5000
6	Muy fría	Páramos	5000 m < altura

Fuente: Anuarios meteorológicos INAMHI

### 2.4.3 Clima Machala

La región Costa, en la cual se encuentra la ciudad de Machala se experimenta un clima tropical o ecuatorial, con una temperatura media anual que fluctúa entre 22 y 26 °C. Se caracteriza por presentar lluvias constantes, a pesar de su irregularidad, las precipitaciones se presentan en diversas ubicaciones a lo largo del año. El periodo invernal, comprendido entre diciembre y mediados de mayo, destaca como los meses predominantes para las precipitaciones. Esta variabilidad en las lluvias es causada por la influencia de las corrientes marinas de Humboldt y El Niño. En la zona costera con influencia moderada, como lo es El Oro, los niveles de lluvia no dependen tanto de los índices de temperatura superficial del mar (Portilla, 2018).

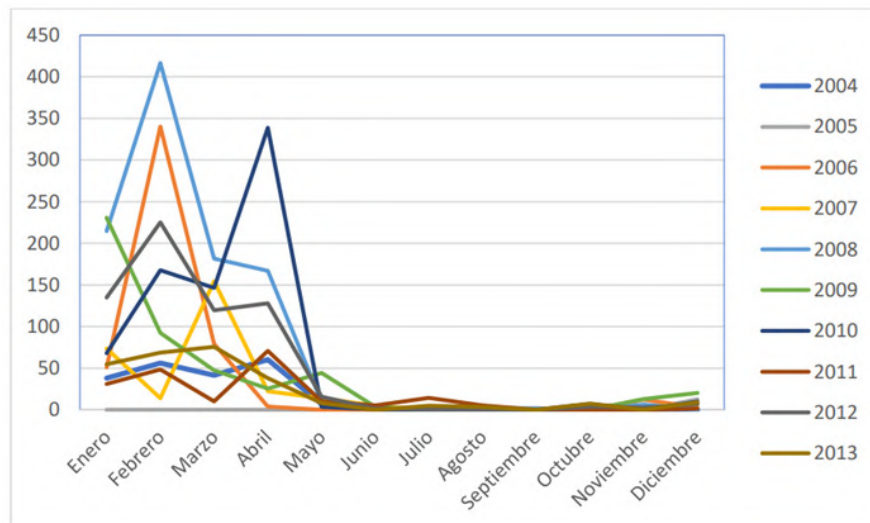
Durante los eventos de El Niño, los aumentos en la precipitación son menos marcados en comparación con la zona de influencia muy fuerte. En la costa ecuatoriana se pueden identificar principalmente dos grandes zonas climáticas: una cálida y fresca con una temporada seca, y otra cálida y calurosa con una alta humedad (Portilla, 2018). Sin embargo, cuando se refiere específicamente a la provincia de El Oro, y basado en datos meteorológicos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la temperatura promedio oscila entre 23 y 28 °C, y la humedad relativa se mantiene en alrededor del 77%.

Las precipitaciones son más frecuentes entre enero y abril, siendo los meses subsiguientes predominantemente secos. La Figura 7 valida la existencia de periodos secos y húmedos claramente definidos en el clima del área de estudio, específicamente durante el periodo de 2004-2013., la tendencia mensual muestra similitudes, ya que la época de mayor precipitación se

extiende de diciembre a mayo, y el registro más alto de acumulación de lluvia se observó en marzo del año 2006.

Es decir, en esta provincia se experimentan intervalos con patrones climáticos específicos. No obstante, la presencia de eventos naturales ocasiona variaciones en estas características a lo largo del año (figura 11), (INAMHI,2019) .

Figura11 : Variación Mensual Precipitaciones (mm) 2004-2013 (INAMHI, 2019)



## 2.5. Descripción de software Design Builder

Design Builder es un software con una interfaz gráfica de usuario especialmente diseñada para llevar a cabo simulaciones Energy Plus. En el Reino Unido y la República de Irlanda, los usuarios también pueden utilizarlo para producir Certificados de Eficiencia Energética (EPC) y demostrar el cumplimiento de las normas de edificación.

La herramienta Design Builder se considera de última generación para el control de la energía del edificio, CO2, rendimiento de iluminación y confort.

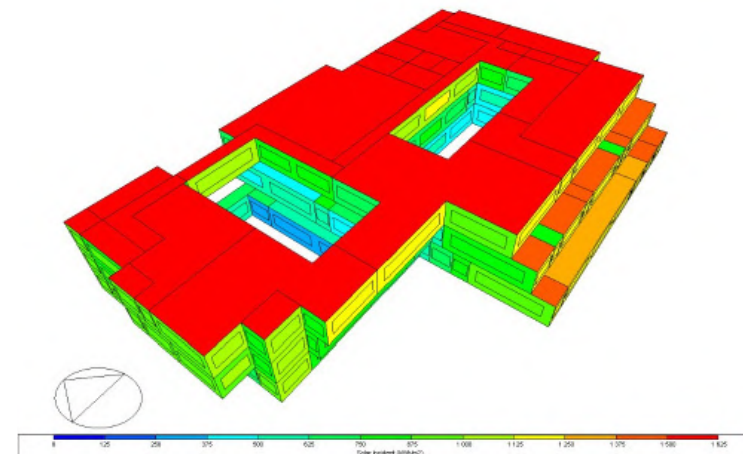
Su objetivo es simplificar el proceso de simulación de edificios y permitir una rápida comparación y evaluación del rendimiento de diferentes diseños, entregando resultados a tiempo y dentro del presupuesto (Arorga, 2013).

Pawar & Kanade (2018) mencionan que una de las ventajas de Design Builder es su facilidad de uso, incluso para usuarios no expertos, gracias a sus características innovadoras de productividad. Además, es el primer software con una interfaz de usuario completa para el motor de simulación térmica dinámica Energy Plus.

Entre las características destacadas de Design Builder se encuentran:

- **Modelador 3D:** La creación de modelos geométricos de edificios se facilita al utilizar el Modelador 3D, ya sea que se generen desde cero, se basen en dibujos CAD o se importen desde otros programas (Arorga, 2013).
- **Módulo Simulación:** Implica el acceso al motor de cálculo de EnergyPlus, reconocido como uno de los programas de simulación más avanzados a nivel mundial. Esto habilita la capacidad para realizar una evaluación en profundidad y precisa de los múltiples aspectos que influyen en el desempeño ambiental y energético de los edificios (figura 12), (Arorga, 2013).

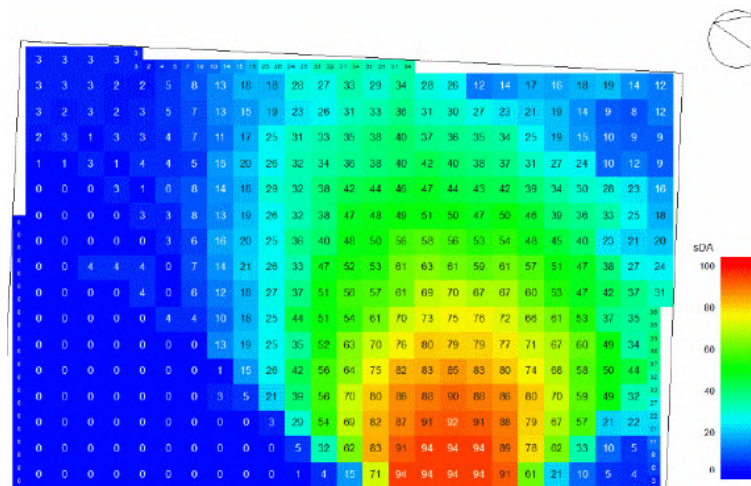
Figura12 : Módulo de simulación en design builder (Arorga, 2013)





- Módulo Visualización: El módulo de Visualización de DesignBuilder, que hace uso de la tecnología OpenGL, presenta los modelos en perspectivas renderizadas, lo que significa que los muestra con texturas de apariencia fotográfica (Arorga, 2013).
- Módulo de Iluminación: Se convierte en un activo esencial para evaluar la eficiencia en el aprovechamiento de la luz natural en edificios, lo cual contribuye a optimizar las condiciones de iluminación confortable y a reducir la necesidad de iluminación artificial (figura 13), (Arorga, 2013).

Figura13 : Módulo de iluminación en Design Builder (Arorga, 2013)



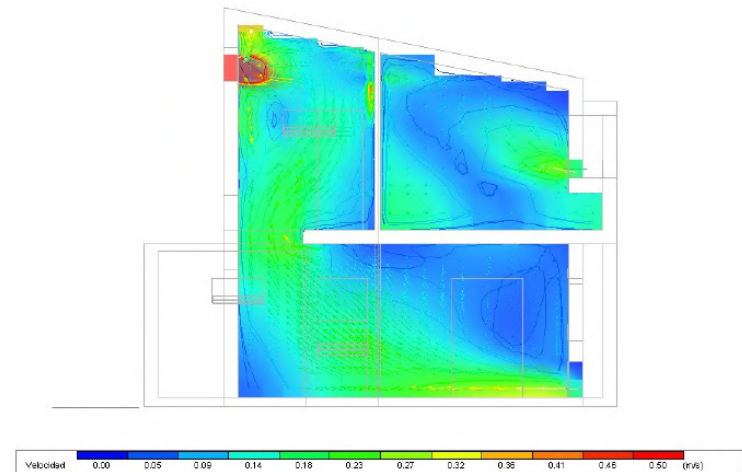
- Módulo de coste: representa una herramienta de gran utilidad para analizar los efectos económicos relacionados con los edificios, abarcando los gastos de construcción, energéticos y de ciclo de vida (Arorga, 2013).
- Módulo de optimización: primera herramienta integral para llevar a cabo análisis de optimización y evaluación de costo-beneficio en relación a los edificios. Facilita la identificación más ágil y eficiente de las alternativas de diseño que brindan el rendimiento óptimo en términos de costos, eficiencia energética y comodidad (Arorga, 2013).

Módulo HVAC: DesignBuilder se destaca al brindar acceso a la simulación minuciosa de los sistemas de climatización proporcionados por EnergyPlus. Este módulo permite la modelización de una variedad amplia de sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación mecánica, con la posibilidad de definir en detalle los componentes de cada uno de ellos (Arorga, 2013).

Módulo LEED: Proporciona una serie de herramientas y capacidades para llevar a cabo la evaluación de edificios de acuerdo al Método de Calificación de Rendimiento del Apéndice G, incluido en el estándar ASHRAE 90.1 de 2007 y 2010. Como parte de sus funcionalidades, este módulo ofrece informes que respaldan la cumplimentación de los créditos relacionados con Energía y Atmósfera (EA<sub>p2</sub> y EA<sub>c1</sub>) dentro del sistema de certificación LEED (Arorga, 2013).

Módulo CFD: herramienta destinada a la minuciosa evaluación de las condiciones ambientales en los edificios, abordando aspectos como la circulación del aire y la disposición de las temperaturas (figura 14), (Arorga, 2013).

Figura14 : Módulo CFD de Design Builder (Arorga, 2013)



En resumen, Design Builder es una solución poderosa y fácil de usar que proporciona datos precisos de desempeño ambiental, simplifica el proceso de diseño y evaluación, y ayuda a diseñar edificios respetuosos con el medio ambiente (Arorga, 2013).

***METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE OBJETO  
DE ESTUDIO “MEDICENTER”***

***CAPÍTULO II***

## 3.1 Criterios de selección

Para este trabajo de investigación se ha elegido como objeto de estudio el edificio “Medicenter”, siendo un centro de especializaciones oftalmológicas, en el funcionan: locales comerciales, quirófanos y consultorios médicos. El objetivo de este trabajo es desarrollar un manual de estrategias bioclimáticas que sirva como guía a los constructores que se encuentren en contextos, con condiciones ambientales similares.

La elección de Medicenter como objeto de estudio se basa en criterios rigurosos y específicos. Este edificio se destaca por su compromiso con el medio ambiente según sus autores, priorizando la eficiencia energética sin sacrificar el confort de sus usuarios. Se distingue por la implementación de estrategias tanto activas como pasivas, orientadas a lograr un consumo energético nulo. Este enfoque resulta de particular relevancia para la investigación, ya que nos permite evaluar la eficacia de las estrategias pasivas frente a las condiciones climáticas predominantes, mientras que las simulaciones con estrategias activas nos proporcionarán insights sobre su alcance y relevancia, contribuyendo así a la comprensión integral de su impacto en el entorno construido.

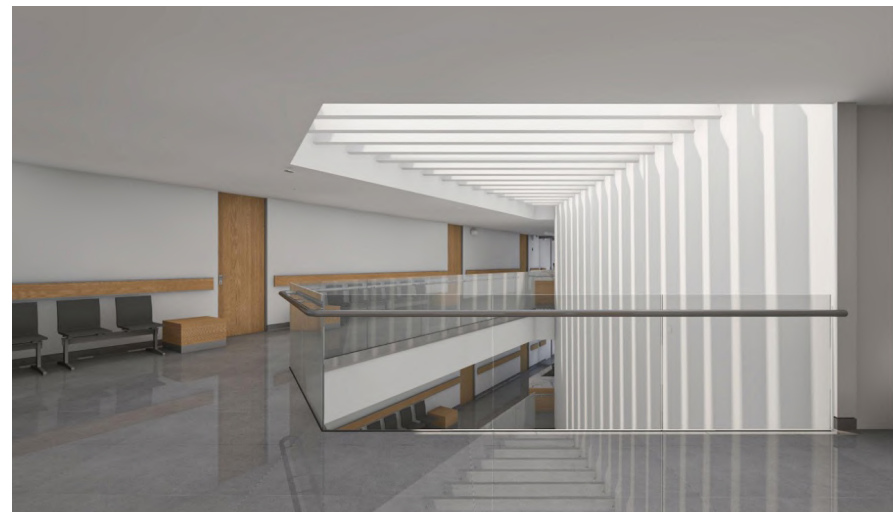
La visión constructiva de Medicenter, más allá de su enfoque en eficiencia energética, se distingue por la gestión integral de desafíos derivados de su papel en la atención médica. La continua afluencia de personas y la emisión de calor por equipos especializados amplifican la complejidad operativa y generan una demanda energética considerable. Este contexto subraya la crucial necesidad de un enfoque holístico en la sostenibilidad, abarcando diversas perspectivas para garantizar una práctica constructiva ambientalmente consciente y eficiente.

En conclusión, la elección de Medicenter como objeto de estudio se fundamenta en verificar la eficiencia de sus prácticas constructivas mediante simulaciones energéticas. Más allá de entender su funcionamiento, nuestro objetivo es difundir el conocimiento derivado de este análisis, fomentando así técnicas de construcción sostenibles que beneficien no solo a los usuarios y propietarios, sino también al entorno ambiental en el que se inserta. Este trabajo aspira a contribuir al avance de procesos constructivos más responsables y conscientes de su impacto en el medio ambiente.

Figura15: Vista de edificio “Medicenter” (Elaboración propia, 2023)



Figura16: Vista interior de edificio “Medicenter” (Zalamea, 2021)

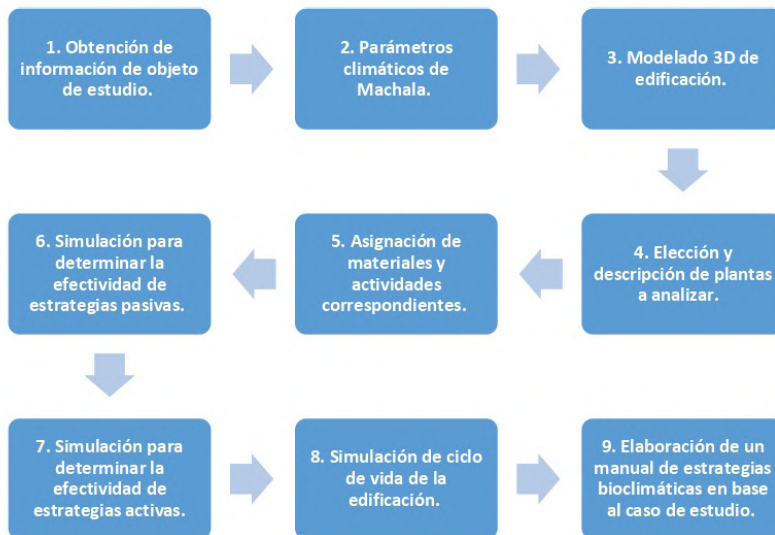


## 3.2 Metodología y Estructura

Para este trabajo de investigación se ha elegido utilizar metodología cuantitativa, ya que a través de simulaciones se obtendrán datos para confirmar o descartar el estado de confort tanto térmico como lumínico en el objeto de estudio.

Este proceso se lo realizará en una secuencia de fases preestablecidas, las mismas que se mostrarán en la figura 17.

Figura17: Estructura de trabajo de investigación (Elaboración propia, 2023)



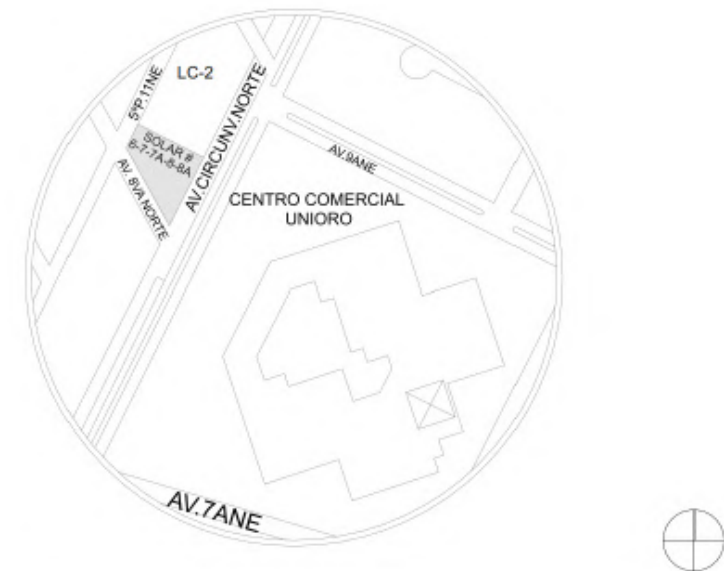
Esta estructura tiene como fin evaluar las estrategias tanto pasivas como activas que se han implementado en este proyecto, con el objetivo de seleccionar las que obtengan un impacto positivo en el confort interno de la edificación y finalmente plasmarlas en un manual que sirva como herramienta a los constructores que tengan proyectos en climas con factores climáticos adversos, similares a los del objeto de estudio.

## 3.3 Objeto de estudio

### 3.3.1 Ubicación

El objeto de estudio se encuentra ubicado en Machala, ciudad que pertenece a la región Costa del Ecuador. La dirección del terreno donde se encuentra implantada la edificación es Av. 8va Norte entre Av. circunv. Norte y 5ºP. 11NE, y tiene como punto de referencia el centro comercial Uniro. Sus coordenadas GPS son (-3.2628599, -79.9435391)

Figura18: Ubicación de edificio “Medicenter” (Zalamea, 2021)



UBICACIÓN

### 3.3.2 Descripción de la edificación

Medicenter es un centro de especializaciones oftalmológicas, fue construido en 2021, en el funcionan consultorios médicos, quirófanos, oficinas y locales comerciales. Su área de construcción es de 6 326,884 m<sup>2</sup>. Cuenta con siete plantas y tiene una altura de 25.18 m. Posee un subsuelo que funciona como parqueadero, en la planta baja existen tres locales comerciales.

En cuanto a la primera, tercera, cuarta y quinta planta alta están los consultorios médicos y salas de espera. Además, en la segunda planta alta funcionan quirófanos y laboratorios de exámenes, mientras que la última planta funciona como terraza, en la que se encuentran los paneles solares que suplen de energía limpia a la edificación

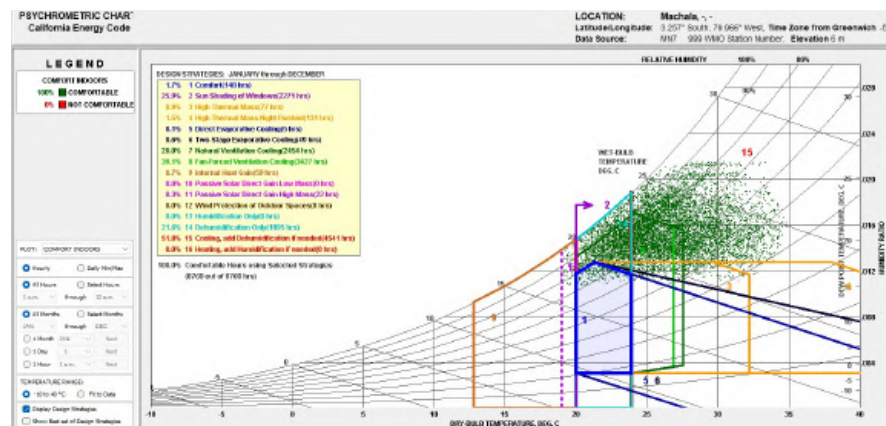
En Medicenter, se priorizan materiales como bloque de hormigón, paneles de yeso cartón, revestimiento de vinilo y acabado cerámico en los conjuntos de instalaciones sanitarias. La fachada presenta extensas aberturas horizontales resguardadas por celosías diagonales fabricadas en aluminio. En adición, la estructura exhibe una forma compacta diseñada para integrarse armoniosamente con el terreno situado en la esquina del edificio.

### 3.4 Parámetros climáticos de Machala

La ciudad de Machala se ubica en la provincia de El Oro, por lo tanto pertenece a la zona climática húmeda muy calurosa, este clima caracteriza a las zonas costeras del país (INER, 2018).

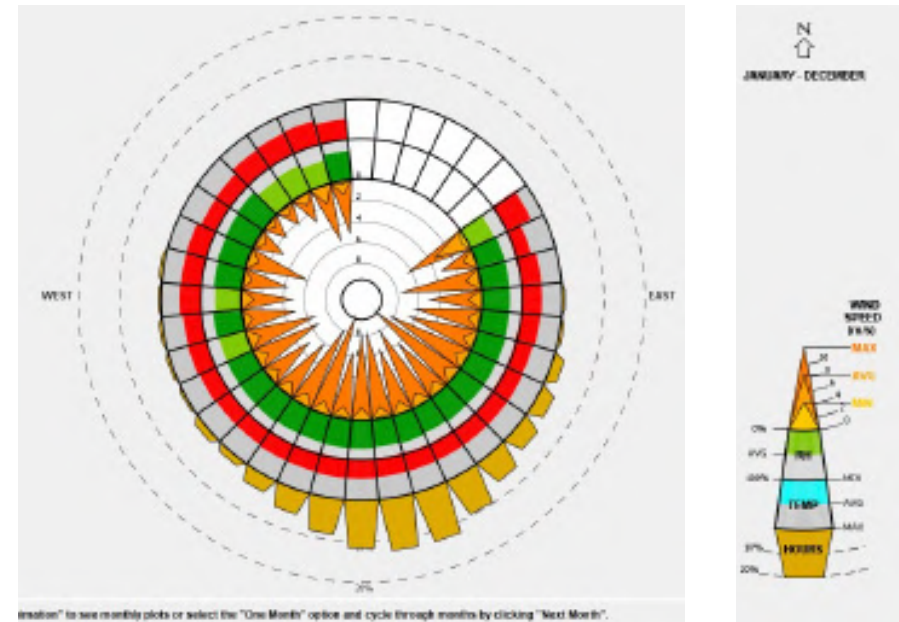
Según el diagrama de Givoni (figura 19). El cual se obtuvo mediante la asistencia del programa climate consultant a partir del fichero climático de esta ciudad, se recomiendan estrategias como: Sombreamiento de ventanas, ventilación natural, ventilación mecánica, deshumidificación, enfriamiento y deshumidificación.

Figura 19: Diagrama de Givoni de Machala-Ecuador (Climate consultant, 2023)



Además, al analizar los puntos verdes, se puede concluir que la mayoría de los días del año presentan condiciones de incomodidad referentes al confort en esta ciudad. Utilizando el mismo archivo, se generó la figura de la rosa de los vientos con la asistencia del mismo programa, proporcionándonos información crucial sobre la velocidad y dirección de los vientos en la zona (figura 20).

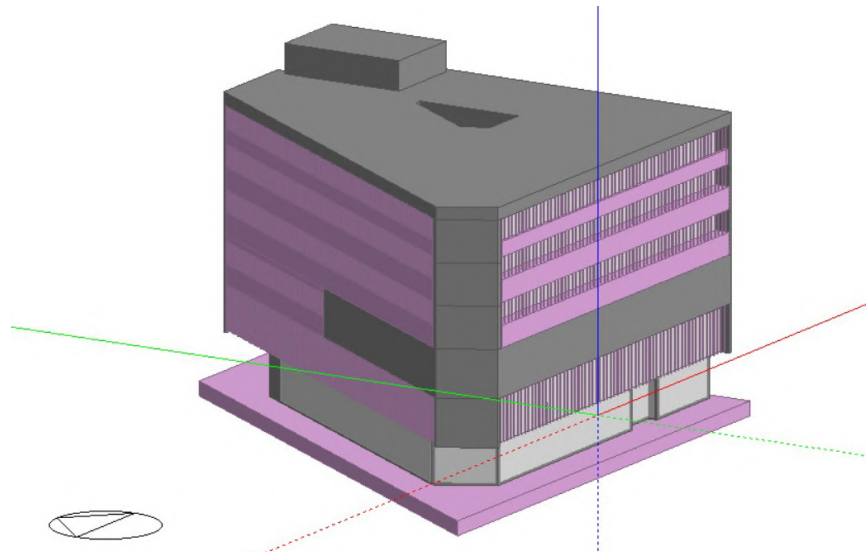
Figura 20: Rosa de los vientos Machala-Ecuador (Climate consultant, 2023)



### 3.5 Modelado 3D de edificación

Este edificio fue modelado en su totalidad en el software design builder (figura 21), y proporcionando las características reales a cada elemento, muros, losas, ventanas, etc. Adicionalmente, se tomaron en cuenta los vanos, así como el espesor de cada elemento que compone el proyecto. Esto se realizó con el fin de posteriormente desarrollar simulaciones energéticas y comprender como actúan las estrategias pasivas y activas en esta edificación.

Figura21: 3D del edificio “Medicenter” (Elaboración propia, 2023)



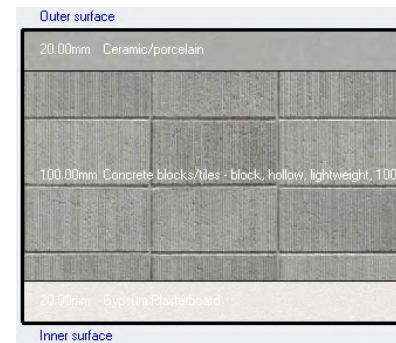
## 3.6. Asignación de materiales y actividades

### 3.6.1 Materiales

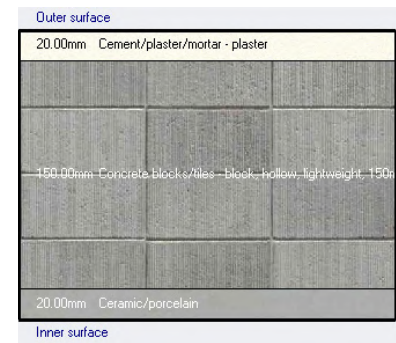
Se procedió a asignar materiales a todos los elementos del modelo arquitectónico, incluyendo paredes, losas, cubiertas y ventanas. En el caso de las paredes internas, se ha seleccionado bloques de hormigón con un espesor de 10 centímetros, mientras que para las paredes externas se ha optado por un grosor de 15 centímetros. En ambas instancias, se ha añadido un margen adicional de 2 centímetros a cada lado para la aplicación de enlucidos o placas de yeso cartón correspondientes.

Asimismo, en los espacios destinados a baños, se ha empleado porcelanato como material de revestimiento. Adicionalmente, los quiebrasoles ubicados en la fachada frontal del edificio están fabricados con aluminio. La asignación precisa de materiales, junto con sus propiedades térmicas, se revela como un aspecto crucial para llevar a cabo simulaciones térmicas.

Figura22: Muro tipo 1 (Elaboración propia, 2023) Figura23: Muro tipo 2 (Elaboración propia, 2023)

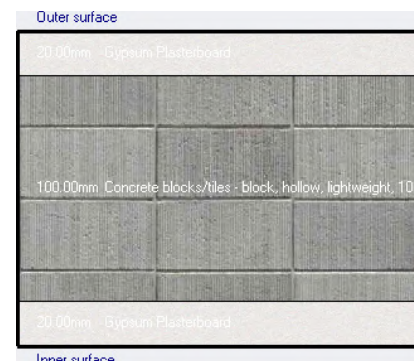


$$U=2.407 (W/m^2-K)$$

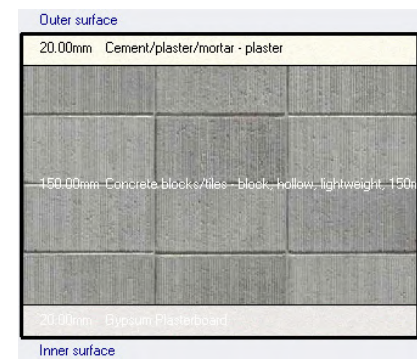


$$U=2.083 (W/m^2-K)$$

Figura24: Muro tipo 3 (Elaboración propia, 2023) Figura25: Muro tipo 4 (Elaboración propia, 2023)



$$U=1.802 (W/m^2-K)$$



$$U=1.614 (W/m^2-K)$$

### 3.6.2 Actividades

Las asignaciones de tareas se basan en las funciones específicas de cada área, con el propósito de calcular la carga térmica generada por los dispositivos electrónicos y la ocupación promedio en esos espacios, con el fin de determinar la temperatura ambiente. Este proceso se lleva a cabo con el objetivo de garantizar que, al realizar simulaciones energéticas, la temperatura interna del edificio se ajuste con precisión a las condiciones reales.

## 3.7. Elección y descripción de plantas a analizar

### 3.7.1 Criterios de selección

En el contexto de esta investigación, se han identificado tres plantas específicas para llevar a cabo simulaciones energéticas, con el propósito de mejorar la comprensión de la eficacia de estrategias tanto activas como pasivas. La Figura 26 se presenta como una herramienta visual que facilita la comprensión de la relación de cada nivel con el contexto. Entre los criterios seleccionados para analizar estos niveles se encuentran la radiación solar directa, la relación directa con el suelo, la ventilación (patio interior) y la protección solar (quebramosoles). Se ha marcado con una “x” los niveles que no serán objeto de análisis, incluyendo la segunda planta alta debido a su función como espacio para quirófanos, donde la entrada de luz es limitada y las condiciones de confort son particulares. También se excluyen la tercera y cuarta planta alta debido a su distribución similar a la quinta planta alta, de la cual se ha decidido analizar solo la última debido a su exposición directa a la radiación solar.

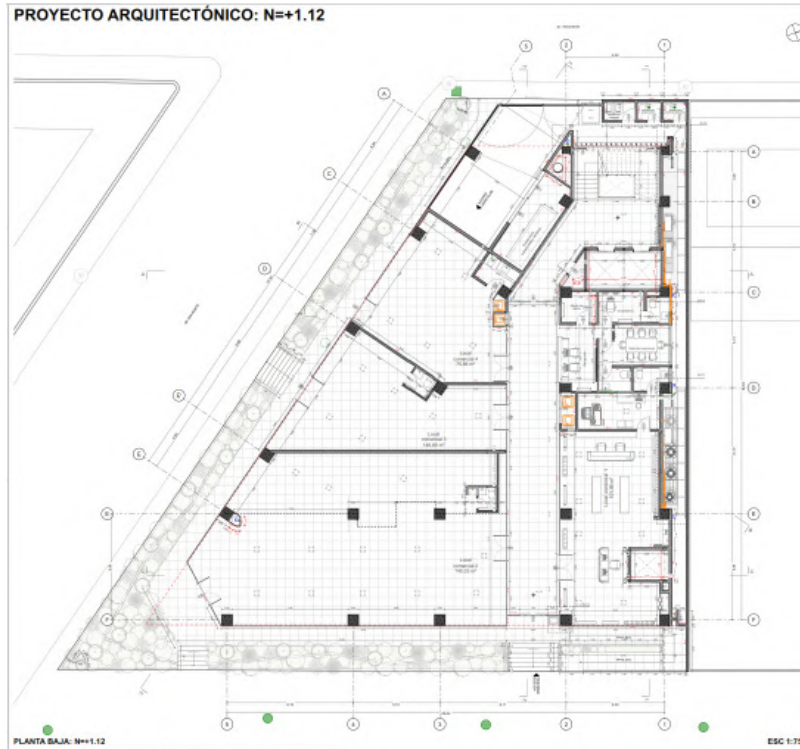
Figura 26: Diagrama de corte de edificio “Medicenter” (Elaboración propia, 2023)



## 3.8 Descripción de plantas a analizar

### Planta baja

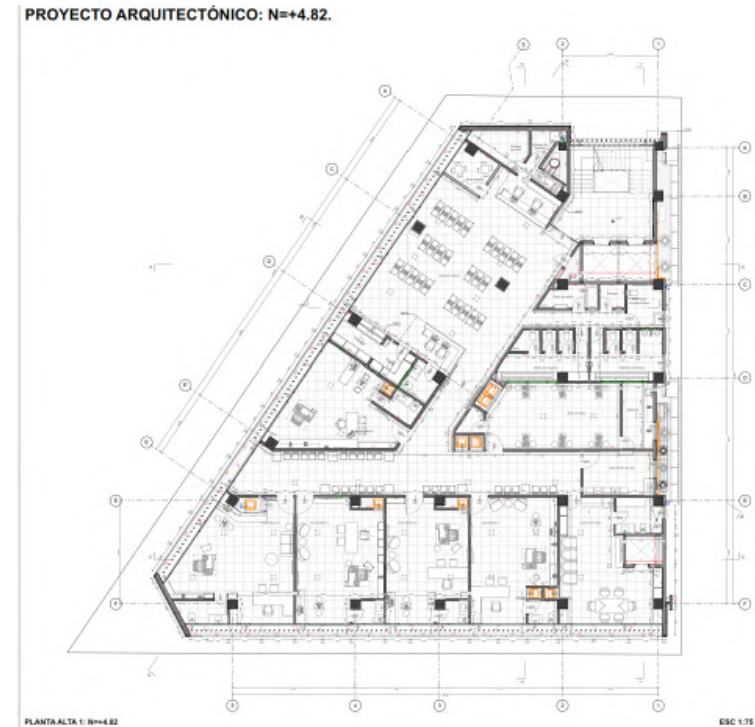
Figura27: Plano arquitectónico de planta baja de edificio “Medicenter” (Zalamea, 2021)



En primer lugar, se realizará un análisis detallado de la planta baja del centro oftalmológico, donde su contacto directo con el suelo se traduce en una influencia significativa en la temperatura interna. Aunque la fachada carece de celosías que cubran los vanos, es importante señalar que presenta un diseño de fachada ventilada, en línea con el resto del edificio. Además, en este nivel, la función desempeñada difiere del resto de la estructura, ya que alberga locales comerciales, específicamente en el ámbito de la atención médica, como farmacias.

### Primera planta alta

Figura28: Plano arquitectónico de primera planta alta de edificio “Medicenter” (Zalamea, 2021)

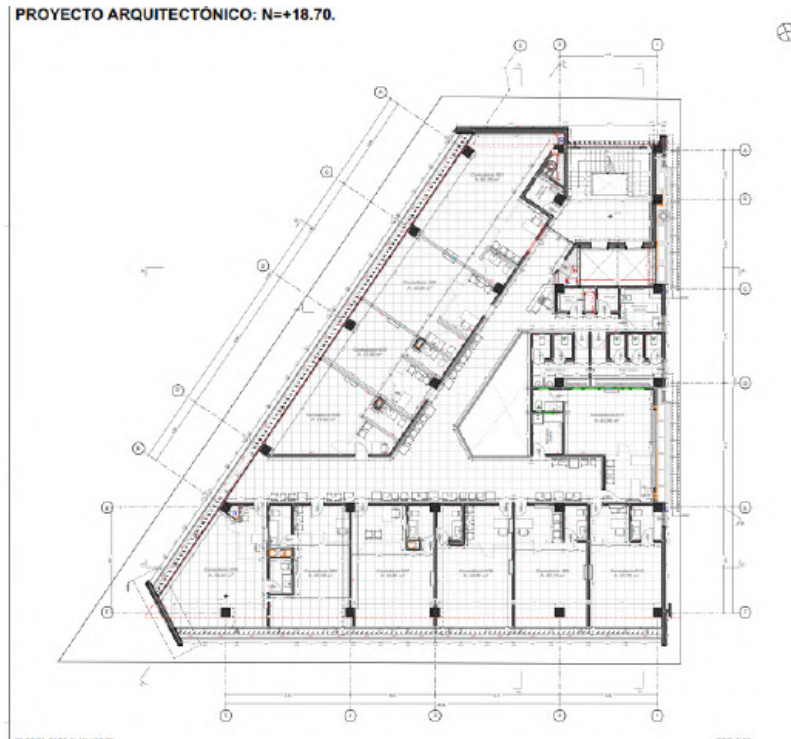


Este nivel se centra en consultorios oftalmológicos, con especial atención a la planificación lumínica para cumplir con estándares específicos. Además, incluye áreas de salas de espera y laboratorios para ofrecer un entorno integral y funcional para actividades médicas especializadas. Se destaca la presencia de vanos con quebrasoles, estratégicamente diseñados para un sombreado efectivo y , permitiendo una regulación precisa de la intensidad de la luz solar. Para optimizar el confort térmico, la planta incorpora una fachada ventilada, manteniendo coherencia con el diseño global del edificio.



## Quinta planta alta

Figura29: Plano arquitectónico de quinta planta alta de edificio “Medicenter” (Zalamea, 2021)



La planta ubicada en el último nivel del edificio ha sido seleccionada para el análisis debido a su posición en la parte más elevada, lo que la expone directamente a la radiación solar y, por ende, provoca variaciones en la temperatura interna en comparación con el resto del edificio. Este nivel presenta un diseño que incluye un patio interior en el centro de la estructura, así como dispositivos de sombreado en la fachada frontal y un sistema de fachada ventilada, todos diseñados para contribuir al confort de los usuarios al regular la exposición al sol y mejorar las condiciones ambientales. Además, la planta alberga principalmente consultorios, y esta función se repite en las tres plantas superiores del edificio.

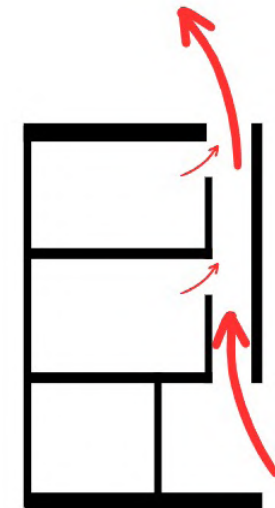
## 3.9 Simulación para determinar efectividad de estrategias pasivas.

### 3.9.1 Descripción de estrategias pasivas en “Medicenter”

Durante esta fase, se realizarán simulaciones energéticas que abordarán aspectos térmicos y lumínicos, considerando la presencia o ausencia de estrategias pasivas en el diseño del espacio. El objetivo es comparar resultados para identificar diferencias significativas y evaluar la contribución de estas estrategias al entorno interior. Se busca determinar si la implementación de estrategias pasivas es suficiente para lograr el nivel de confort requerido en ambientes oftalmológicos especializados. Este análisis proporcionará información valiosa para la toma de decisiones y la mejora del diseño del espacio, adaptado a las necesidades específicas de entornos oftalmológicos. Este análisis reviste una importancia crucial en la toma de decisiones para la mejora del diseño del espacio, ya que busca identificar la eficacia de las estrategias pasivas, entre las estrategias pasivas en las instalaciones de Medicenter que se analizarán, se incluyen:

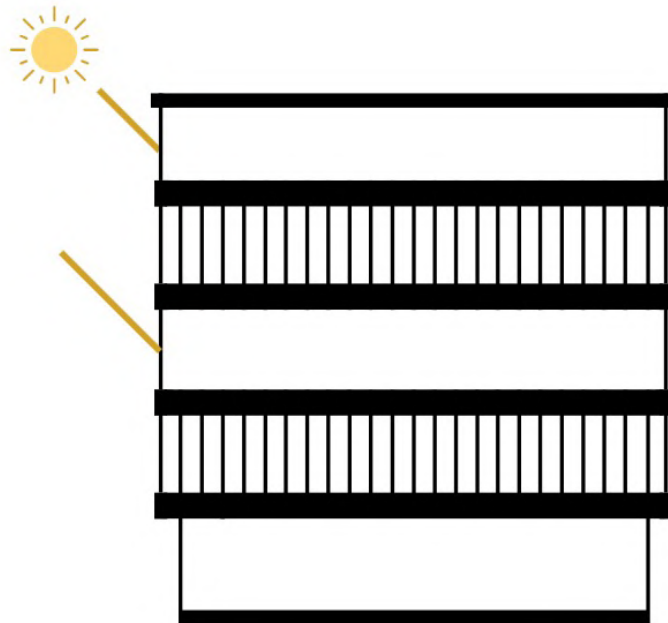
- Fachada ventilada:** Una fachada ventilada (figura 30), se conforma por una doble capa externa en la estructura del edificio, incorporando una cámara de aire intermedia. Su funcionamiento se basa en la capacidad aislante adicional de esta cámara de aire, la cual reduce la transferencia de calor entre el interior y exterior del edificio, mejorando de manera notable el control térmico. Esta disminución en la transferencia de calor conlleva a una mejora sustancial en la eficiencia energética del edificio. En este caso, La fachada posterior y parte de la fachada frontal del edificio es ventilada, su primera capa es porcelanato de 3,5mm de espesor sobre bastidores metálicos de 7x4cm, seguido de una cámara de aire de aproximadamente 10 cm y concluye con un muro de hormigón, con enlucido por ambos lados.

Figura30: Fachada ventilada  
(Elaboración propia, 2023)



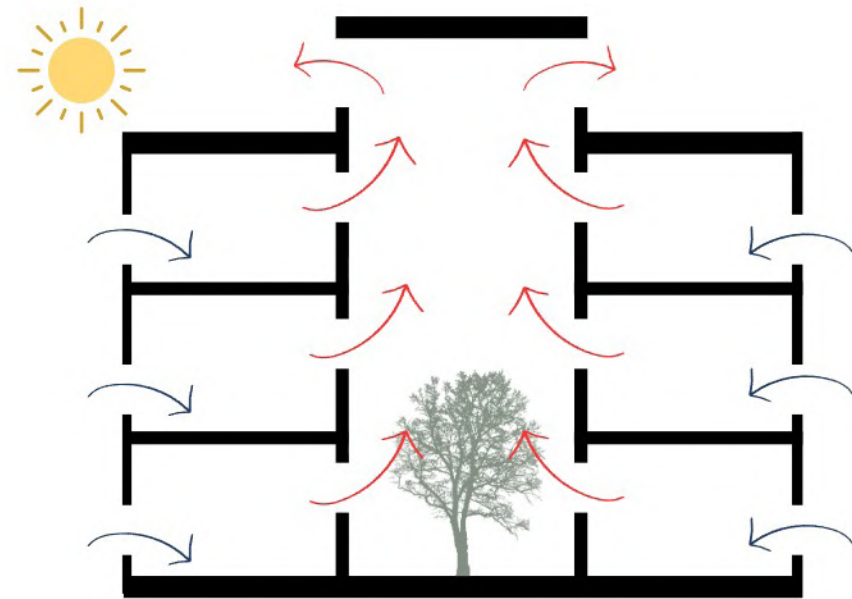
- **Quebramosoles:** Los quebramosoles son dispositivos cruciales en la gestión lumínica de un espacio, despliegan una funcionalidad esencial al integrarse verticalmente en la fachada (figura 31). Su principal objetivo radica en regular de manera eficaz la entrada de luz, cumpliendo con un rol significativo en el diseño arquitectónico. En este contexto, estos quebramosoles están confeccionados específicamente con aluminio, material que aporta no solo resistencia sino también versatilidad estética. La implementación de estos dispositivos no solo se traduce en un control preciso de la iluminación natural, sino que también contribuye a mitigar el calor excesivo y a mejorar la eficiencia energética del edificio. Su nivel de eficiencia se verificará con el desarrollo de análisis energéticos posteriormente.

Figura31: Quebramosoles (Elaboración propia, 2023)



- **Patio interior:** Los patios interiores desempeñan un papel fundamental al cumplir con objetivos específicos de índole térmica y lumínica. Su diseño estratégico propicia el ascenso natural del aire caliente (figura 32), mejorando la ventilación y contribuyendo significativamente a la regulación térmica del entorno. Esta función resulta especialmente crucial para mantener condiciones ambientales óptimas en espacios internos, en línea con los estándares requeridos para la atención oftalmológica. Además, los patios interiores actúan como fuentes eficaces de iluminación natural, generando beneficios notables para las áreas circundantes. En el caso específico de esta edificación especializada en oftalmología, se ha implementado la creación de un patio a partir de la tercera planta alta, con aberturas estratégicas en las dos plantas superiores, su funcionamiento se analizará en el siguiente apartado.

Figura32: Patio interior (Elaboración propia, 2023)

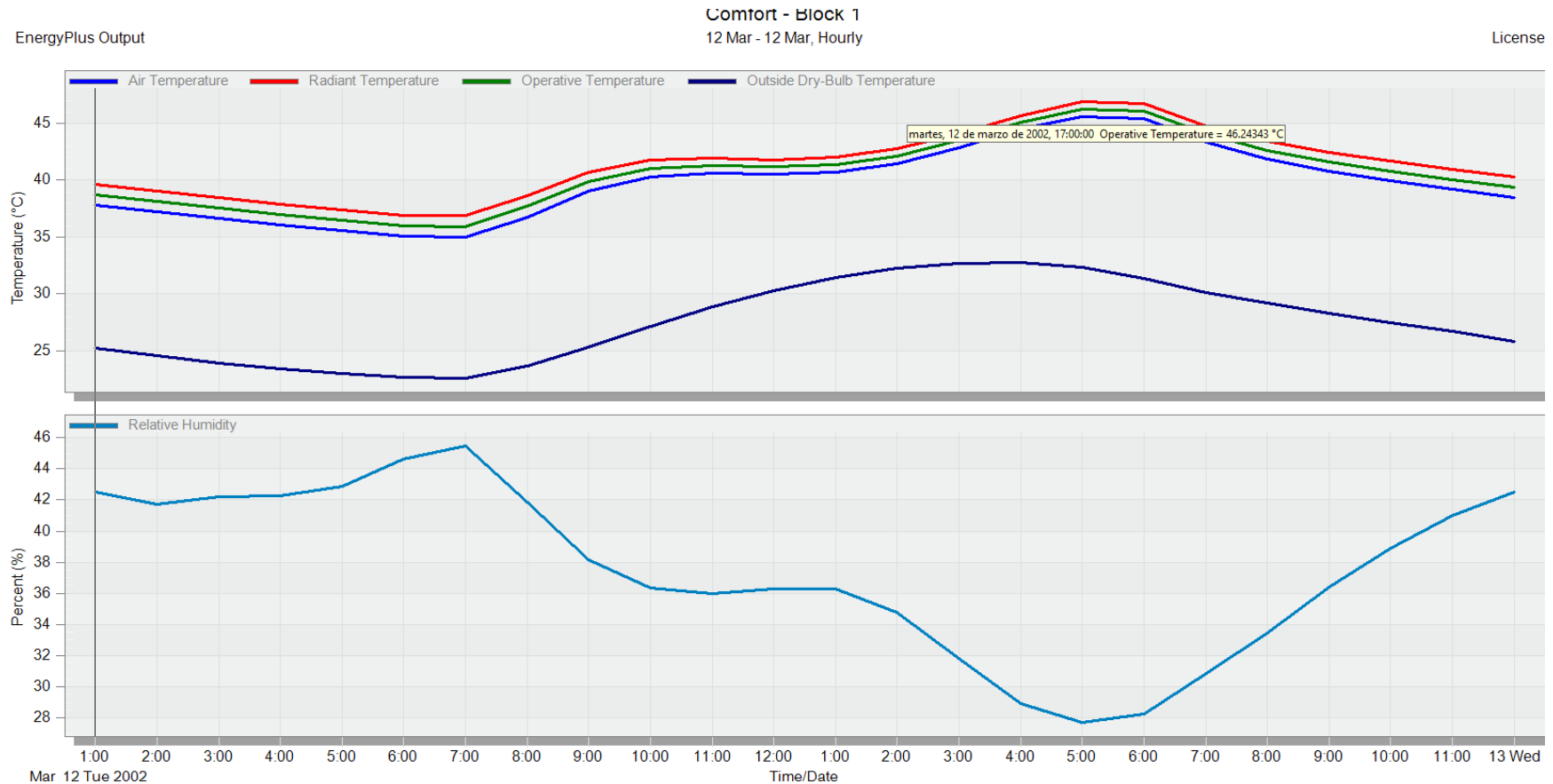


## 3.9.2 Simulación térmica en planta baja

### Sin estrategia pasivas

Figura33: Simulación térmica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Planta baja  
Sin estrategias pasivas  
Temp. max = **46.25 °C**

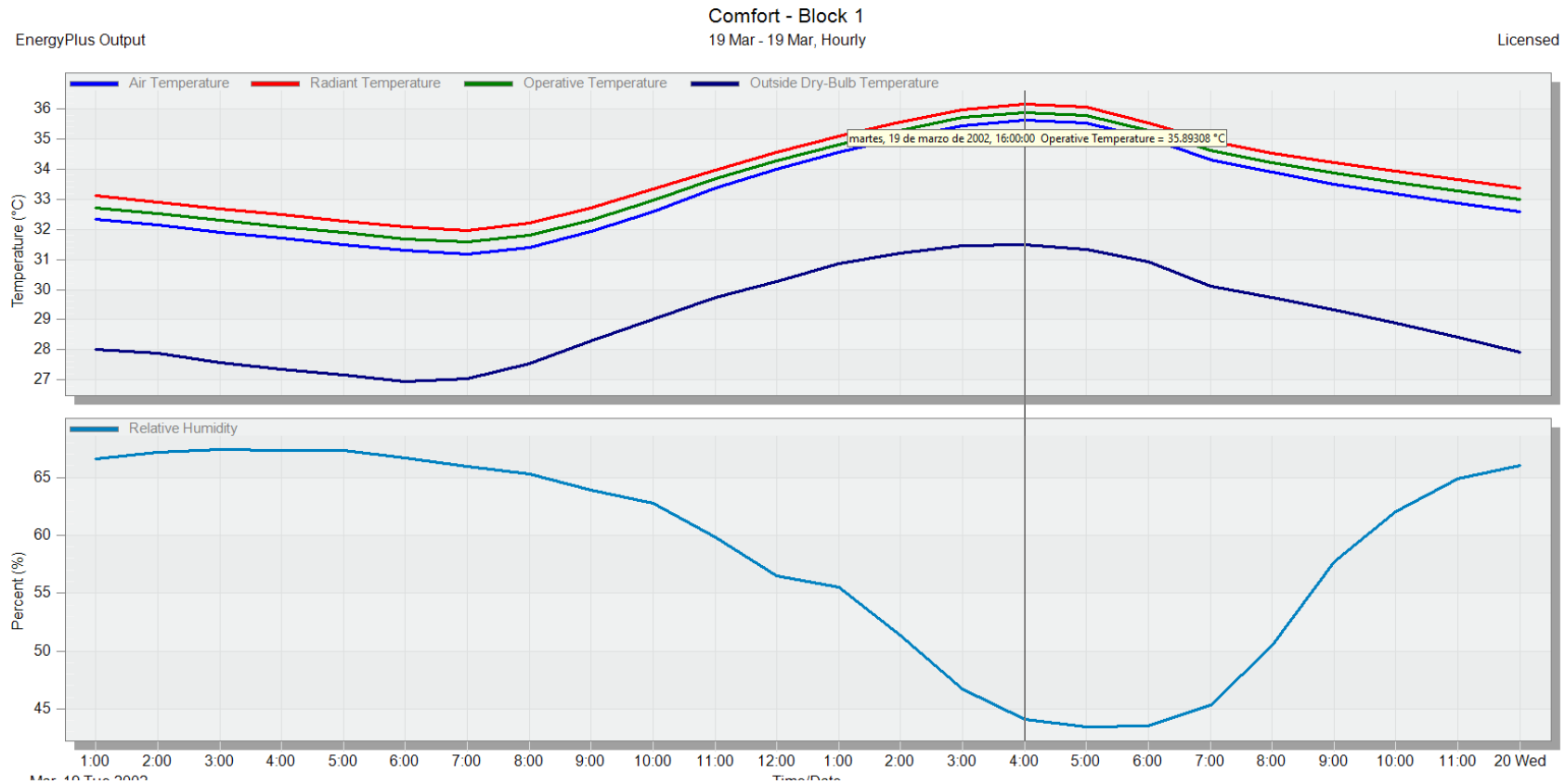


Se efectúa una simulación térmica en el día de mayor calor. Durante este intervalo, se registra la temperatura máxima a las 17:00 horas, alcanzando los **46.25 °C**. Adicionalmente, cabe mencionar que no se incorpora ningún sistema de protección solar exterior en esa ubicación.

## Con estrategia pasivas

Figura34: Simulación térmica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

TEMPERATURA INTERIOR °C	SIN ESTRATEGIAS	CON ESTRATEGIAS	Planta baja Con estrategias pasivas Temp. max = <b>35.89 °C</b>
PLANTA BAJA	46.25 °C	35.89 °C	

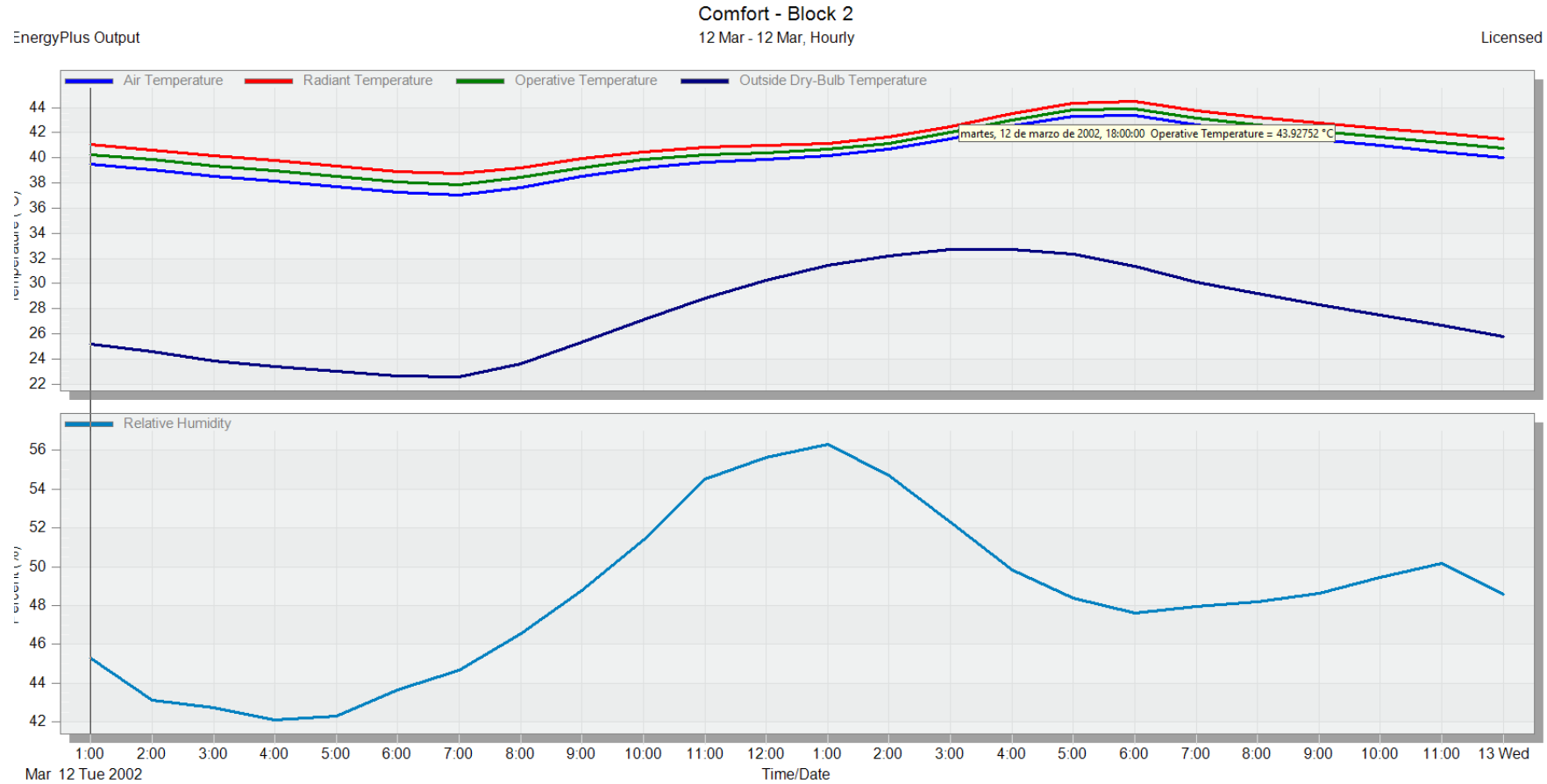


Se lleva a cabo la simulación térmica correspondiente al día de máxima intensidad térmica. En dicho período, se observa la culminación de la temperatura a las 18:00 horas, alcanzando un valor de **35.89 °C**. Es importante destacar que la estrategia implementada corresponde a una fachada ventilada.

## Sin estrategia pasivas

Figura35: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Primera planta alta  
Sin estrategias pasivas  
Temp. max = **43.93 °C**

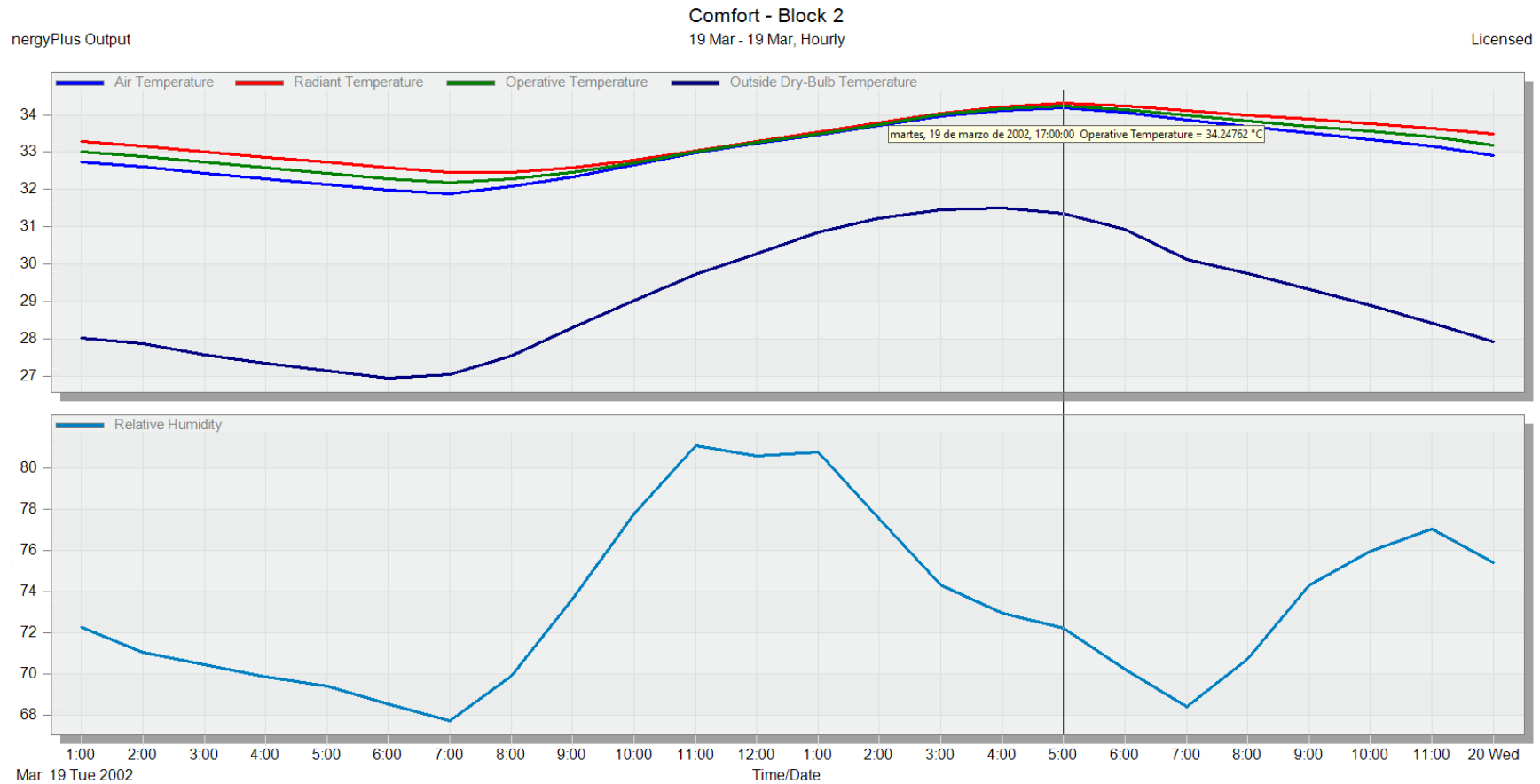


Se realiza una simulación térmica durante la jornada de máxima intensidad térmica. En este lapso, se documenta la temperatura más elevada, alcanzando los **43.93 °C** a las 18:00 horas.

## Con estrategia pasivas

Figura36: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

TEMPERATURA INTERIOR °C	SIN ESTRATEGIAS	CON ESTRATEGIAS	Primera planta alta Con estrategias pasivas Temp. max = <b>34.25 °C</b>
1RA PLANTA ALTA	43.93 °C	34.25 °C	

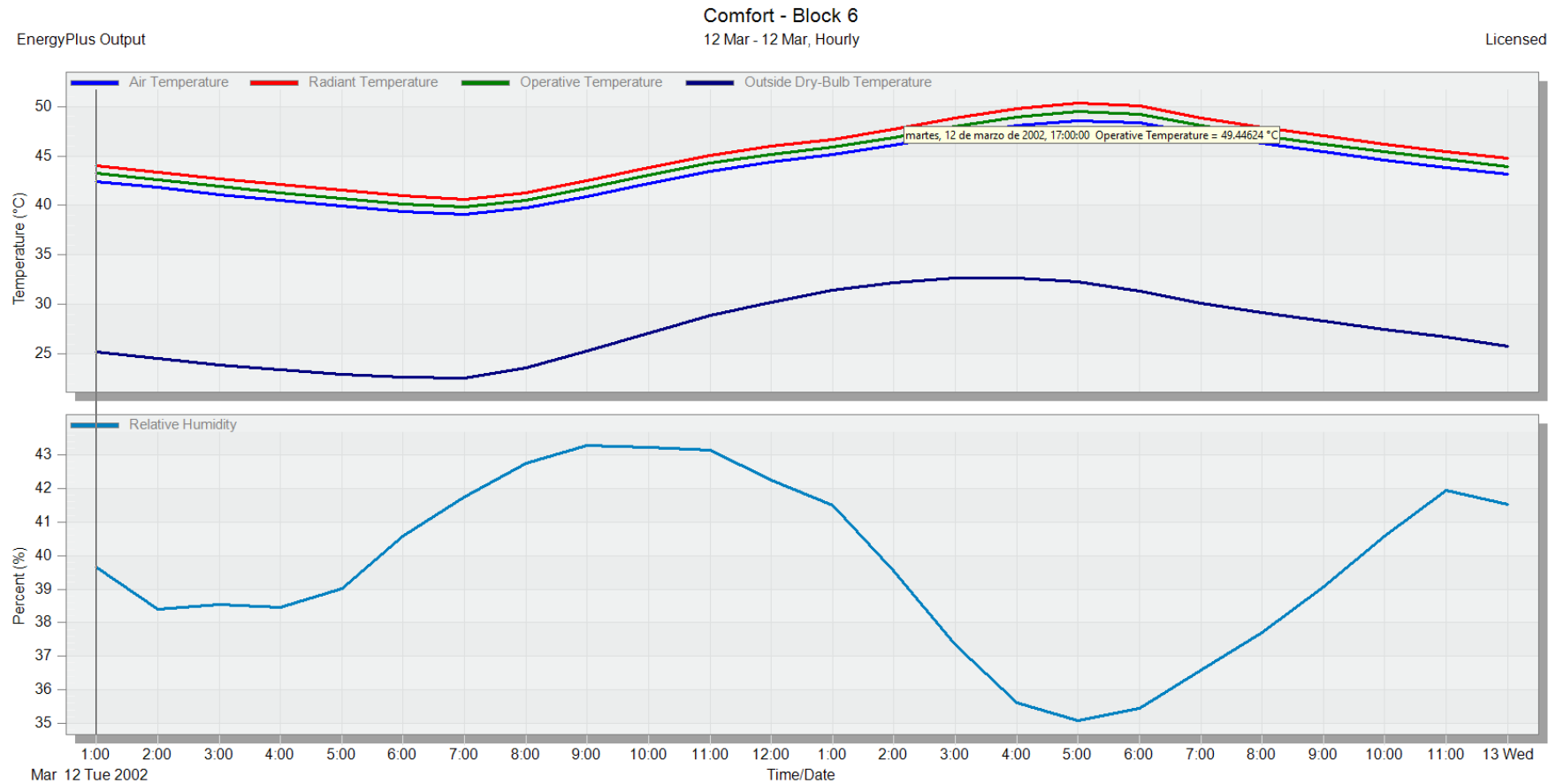


Se lleva a cabo la simulación térmica correspondiente al día de máxima intensidad térmica. En dicho período, se observa el punto culminante de la temperatura a las 17:00 horas, alcanzando un valor de **34.25 °C**. Sería relevante resaltar que las estrategias aplicadas concuerdan con la aplicación de una fachada ventilada en conjunto con quebrasoles en la fachada frontal.

## Sin estrategia pasivas

Figura37: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Quinta planta alta  
Sin estrategias pasivas  
Temp. max = **49.45 °C**

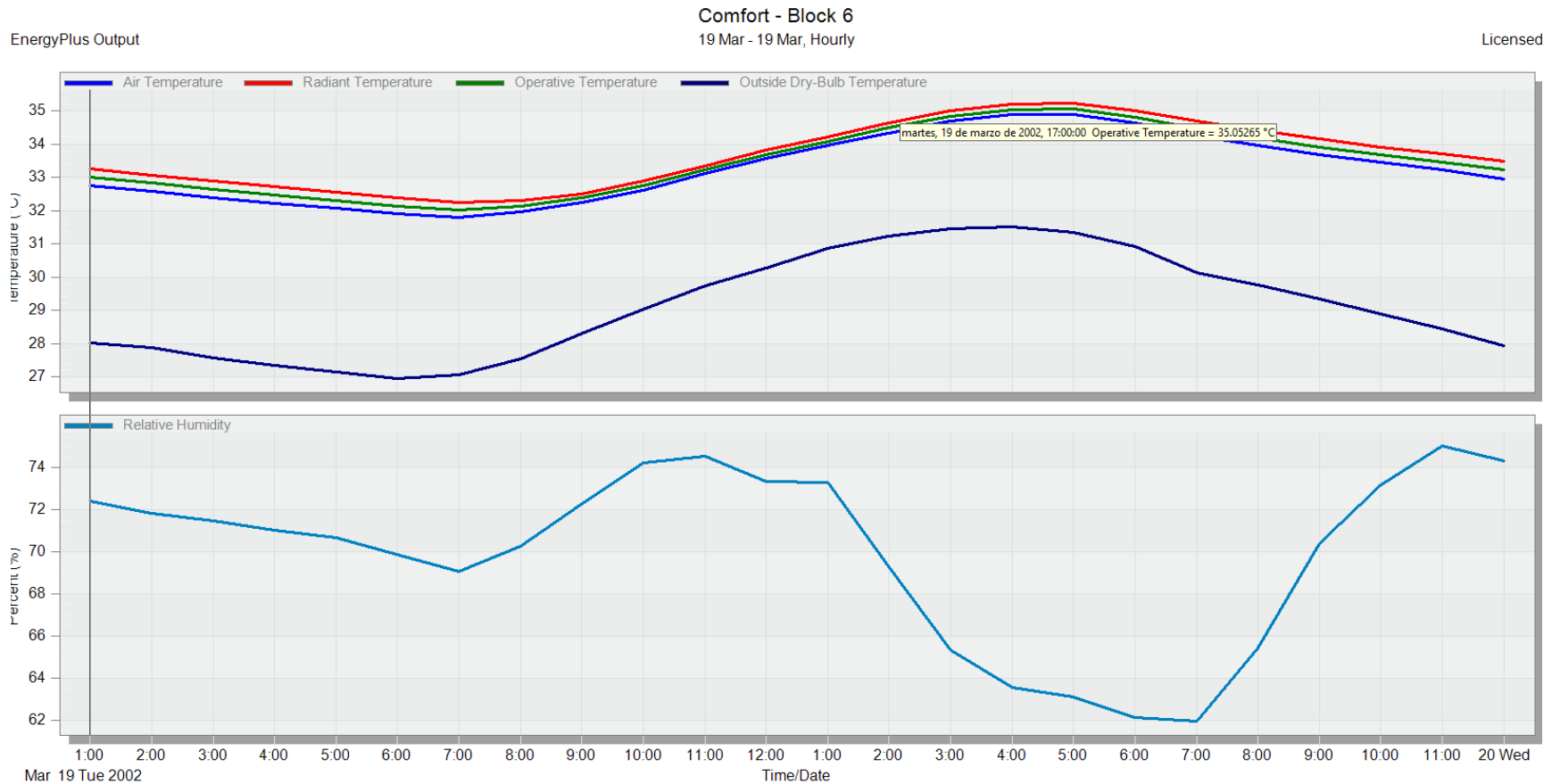


Se procede a realizar una simulación térmica durante el período de máxima intensidad térmica. En este lapso temporal, se documenta la temperatura más elevada, que asciende a **49.45 °C** a las 17:00 horas. Es necesario resaltar que este nivel está expuesto directamente a la radiación solar por su posición en la edificación.

## Con estrategias pasivas

Figura38: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

TEMPERATURA INTERIOR °C	SIN ESTRATEGIAS	CON ESTRATEGIAS	Quinta planta alta Con estrategias pasivas Temp. max = <b>35.05 °C</b>
5TA PLANTA ALTA	49.45 °C	35.05 °C	



Se ejecuta la simulación térmica en el momento de máxima intensidad térmica. Durante este intervalo, se identifica el punto álgido de la temperatura a las 17:00 horas, con un valor de **34.25 °C**. Es relevante subrayar que las estrategias aplicadas están en concordancia con la utilización de una fachada ventilada y quiebrasoles en la fachada frontal, además de añadir un patio interior.



### 3.9.3 Conclusiones de análisis térmico.

La evaluación térmica revela la importancia crucial de las estrategias pasivas para lograr el confort térmico interno. Sin embargo, es esencial señalar que no todas las estrategias, como el patio interior y los quiebrasoles, se implementan de manera uniforme en todos los niveles, mientras que la estrategia de fachada ventilada se limita a la fachada posterior y los antepechos de la fachada frontal. En el desglose de los resultados, la planta baja, donde se materializa la estrategia de fachada ventilada, manifiesta una reducción térmica de 2.32 °C. Contrastando, la primera planta alta, con la integración de dos estrategias (quiebrasoles y fachada ventilada), arroja una disminución térmica más sustantiva, alcanzando los 9.68 °C en comparación con la planta precedente. Culminando en la quinta planta alta, donde convergen de manera integral las tres estrategias pasivas, se registra una reducción térmica significativa de 15.7 °C. Este patrón de resultados enfatiza la eficacia manifiesta del enfoque holístico en las estrategias, acentuándose de manera más acentuada en el nivel superior.

No obstante, resulta imperativo resaltar que, a pesar de las reducciones térmicas identificadas, ninguna de las plantas logra alcanzar el espectro de confort térmico delineado por la NEC, cuyo umbral ideal oscila entre 18 °C y 26 °C. Este discernimiento insta a considerar ajustes o la posible inclusión de estrategias tanto pasivas como activas para garantizar la plena satisfacción de los estándares de confort térmico en todas las plantas de la estructura edificada.

Figura 39: Gráfico comparativo de simulaciones térmicas (Elaboración propia, 2023).

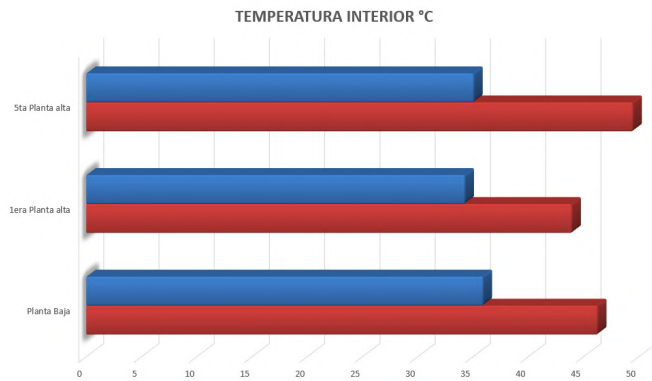


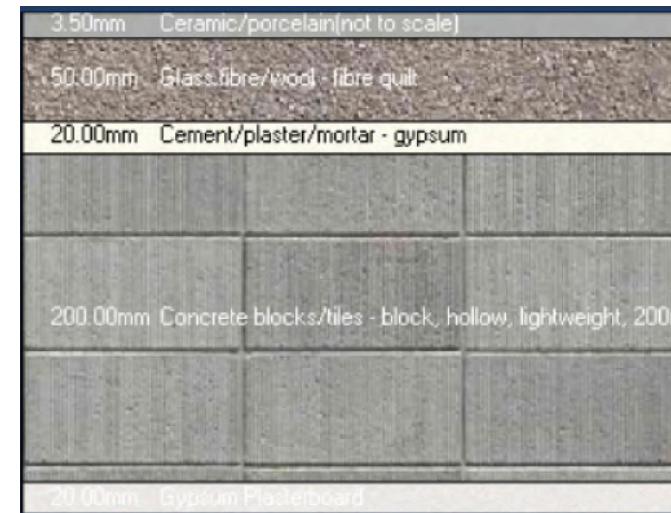
Tabla 3 Comparación de resultados de simulaciones térmicas (Elaboración propia, 2023).

	Planta Baja	1era Planta alta	5ta Planta alta
■ Con estrategias	35.89	34.25	35.05
■ Sin estrategias	46.25	43.93	49.45

### 3.9.4 Conclusiones de propuesta de materiales.

En esta propuesta (figura 40), se sugirieron materiales específicos para las paredes de la edificación con el objetivo de evaluar el impacto en el confort térmico interior. Se optó por la utilización de lana de vidrio como material aislante. No obstante, al llevar a cabo las simulaciones correspondientes, se evidenció un aumento en la temperatura interior en la primera y quinta planta alta, en el cual presento un aumento de temperatura 0.10 °C y 8.94°C respectivamente . Mientras, que en la planta baja, la temperatura pasó de 43.93 a 42.72, experimentando una leve reducción. Este resultado indica que la estrategia implementada no es recomendable en un entorno cálido-húmedo.

Figura40: Propuesta de materiales (Elaboración propia, 2023)

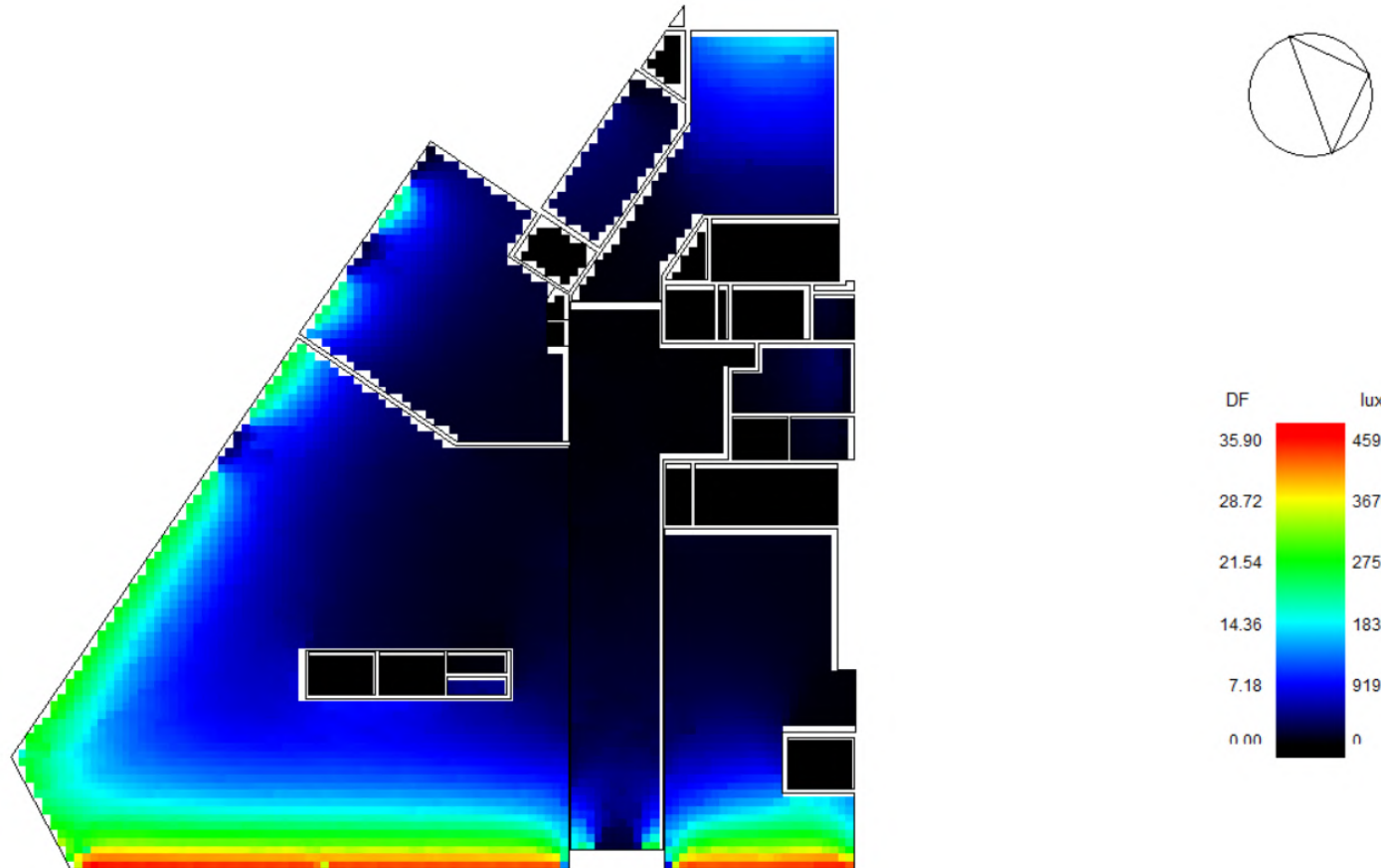


## 3.9.5 Simulación lumínica en planta baja

### Sin estrategia bioclimáticas

Figura41: Simulación lumínica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Planta baja  
Sin estrategias pasivas  
Rango de iluminación = **919 - 4595 luxes**

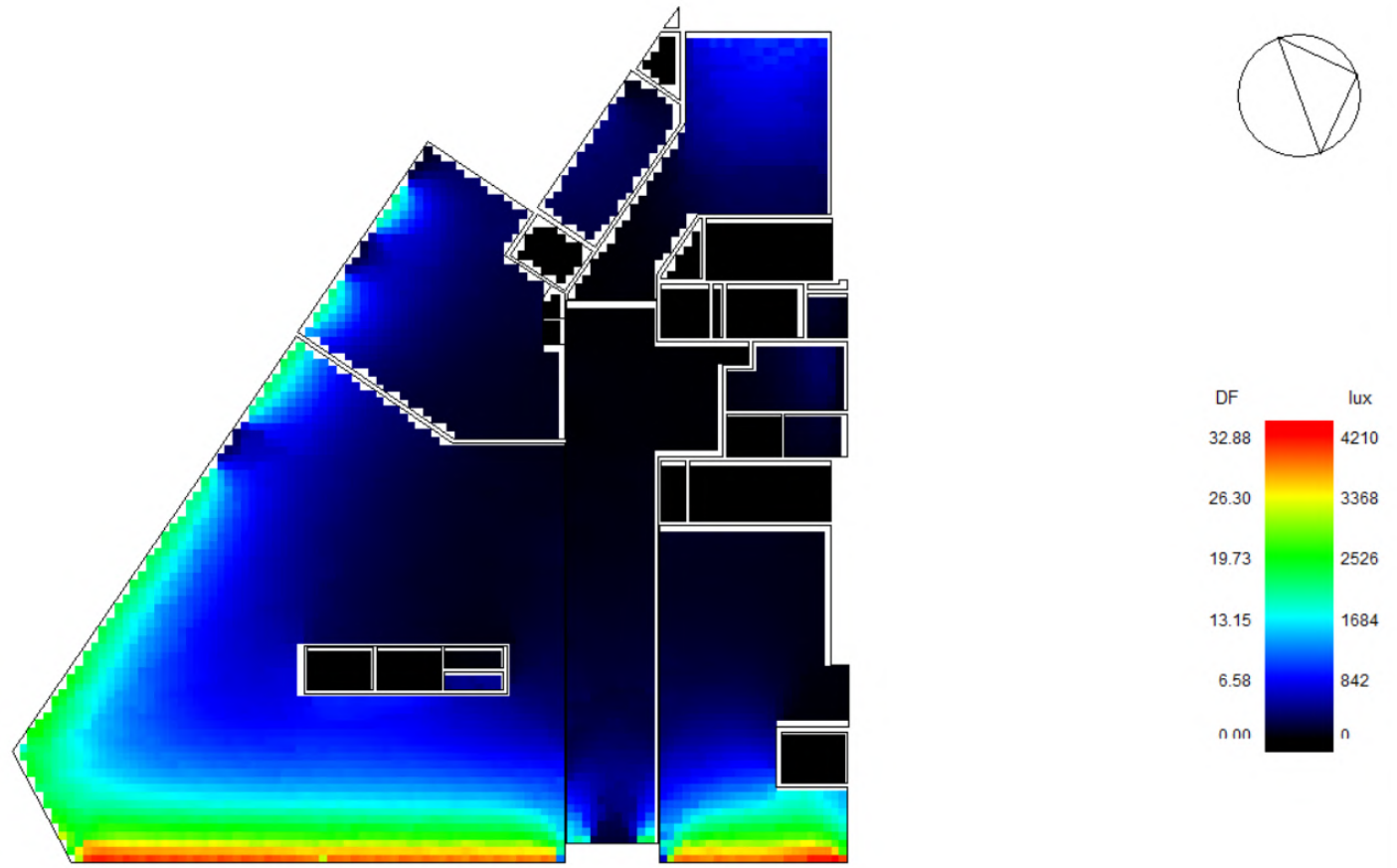


Se procede a llevar a cabo una simulación lumínica en el nivel que alberga locales comerciales, y se evidencia una variabilidad en la iluminación en las zonas de mayor afluencia, oscilando entre **4595 y 919 luxes**. No obstante, es relevante señalar que la zona de circulación exhibe una ausencia total de iluminación.

## Con estrategia bioclimáticas

Figura 42: Simulación lumínica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Planta baja  
Con estrategias pasivas  
Rango de iluminación = **842 - 4210 luxes**

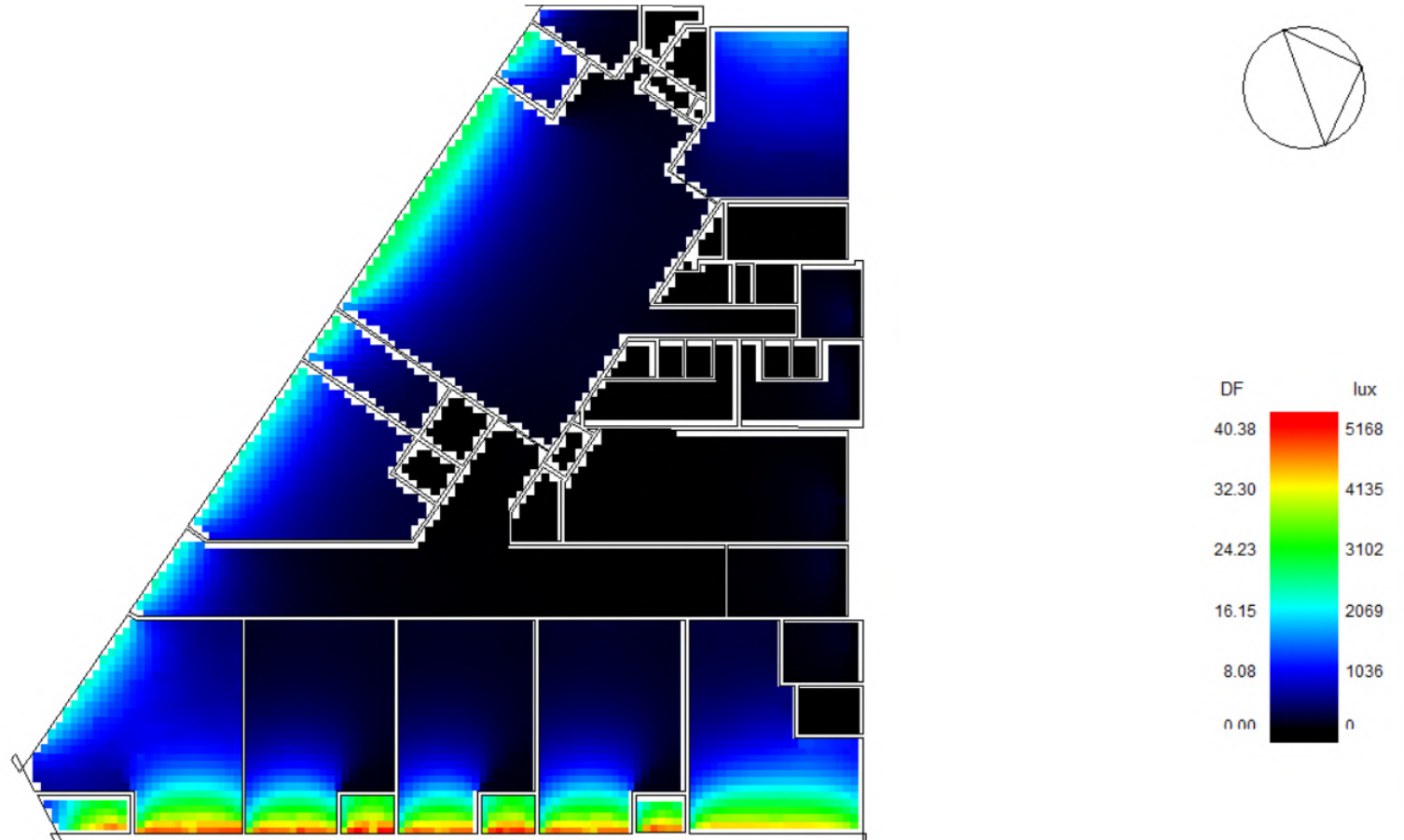


Se lleva a cabo una simulación lumínica en la planta baja, aplicando únicamente la estrategia de fachada ventilada. Observamos que se obtiene un rango de iluminación entre 842 y 4210 lux.

## Sin estrategia pasivas

Figura 43: Simulación lumínica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Primera planta alta  
Sin estrategias pasivas  
Rango de iluminación = **1035 - 3102 luxes**

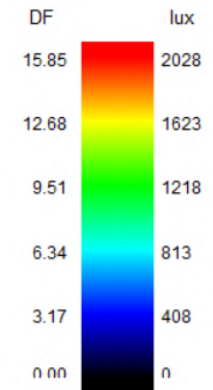
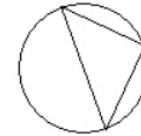
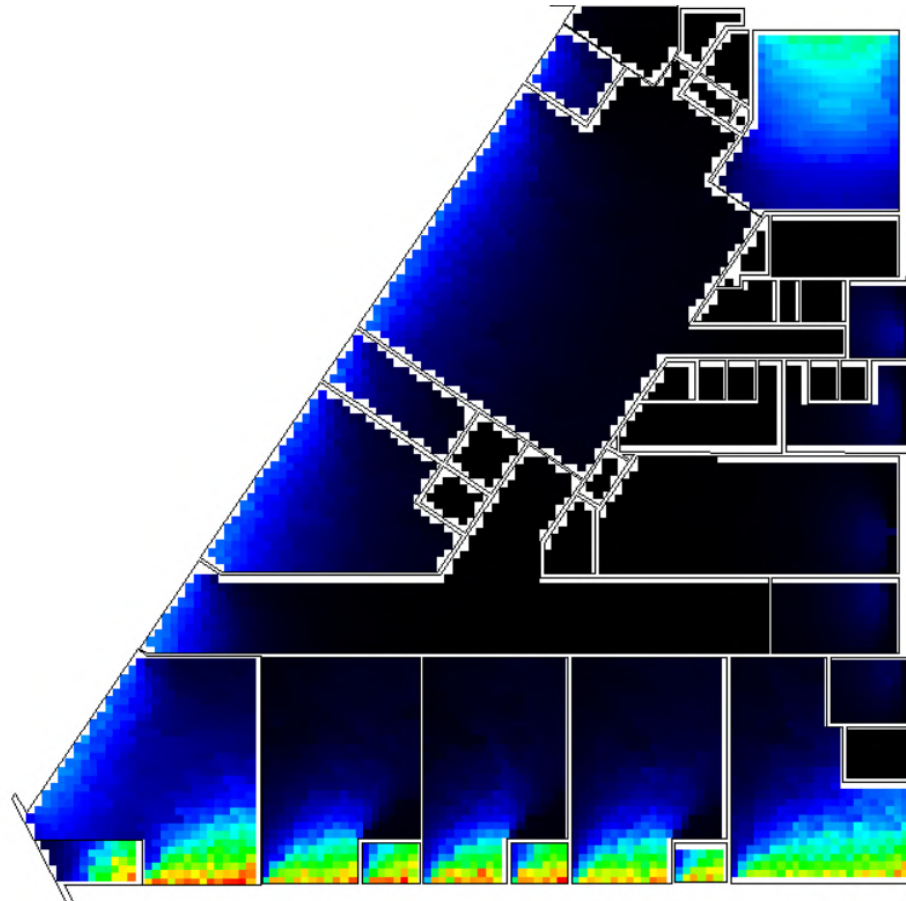


El diagrama presenta una simulación lumínica, evidenciando que en este nivel, la zona oriental experimenta la mayor incidencia solar, fluctuando entre 5168 y 1035 luxes, lo cual impacta especialmente en la zona destinada a consultorios. Por otro lado, en la fachada frontal, a pesar de una incidencia solar menor, se observa una iluminación en las extensas áreas que varía entre **3102 y 1035 luxes**.

## Con estrategia pasivas

Figura 44: Simulación lumínica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Primera planta alta  
 Con estrategias pasivas  
 Rango de iluminación = **408 - 2028 luxes**

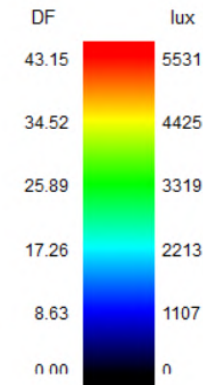
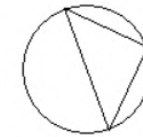
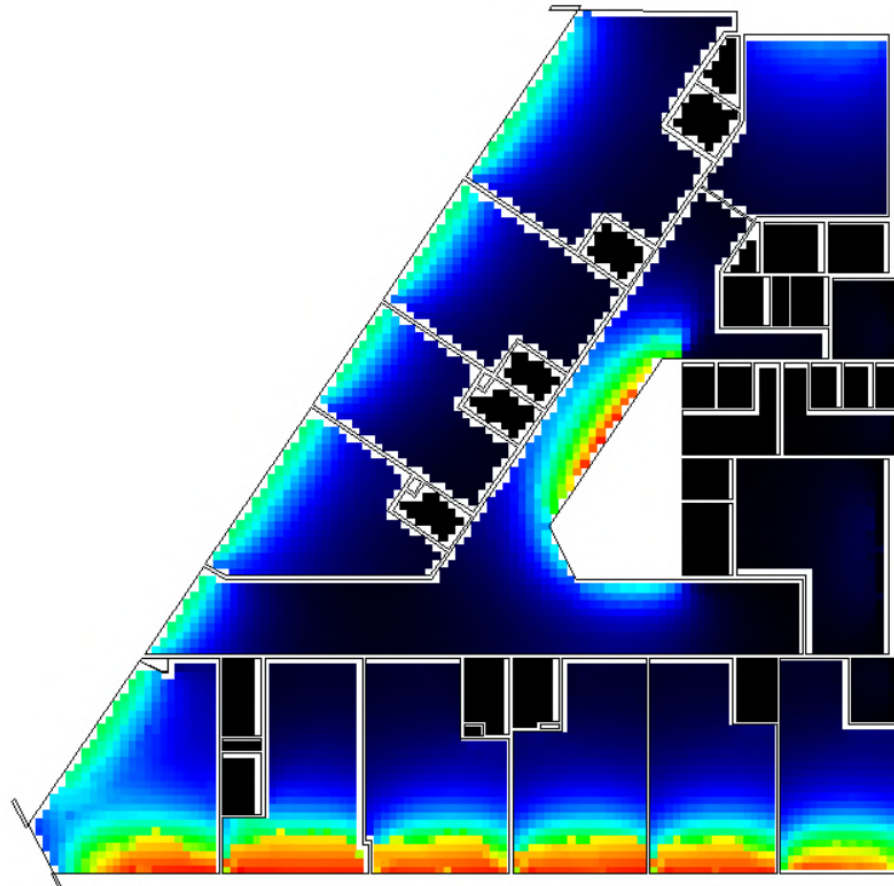


Después de la implementación de quebrasoles, se aprecia una disminución significativa de la incidencia solar en este nivel. La región que previamente recibía mayor iluminación ahora exhibe una variación entre **2028 y 408 luxes**. En la fachada frontal, específicamente en la sala de espera y la oficina, se observa una iluminación que se mantiene alrededor de los 408 luxes.

## Sin estrategia pasivas

Figura 45: Simulación lumínica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Quinta planta alta  
Sin estrategias pasivas  
Rango de iluminación = **1137 - 6631 luxes**

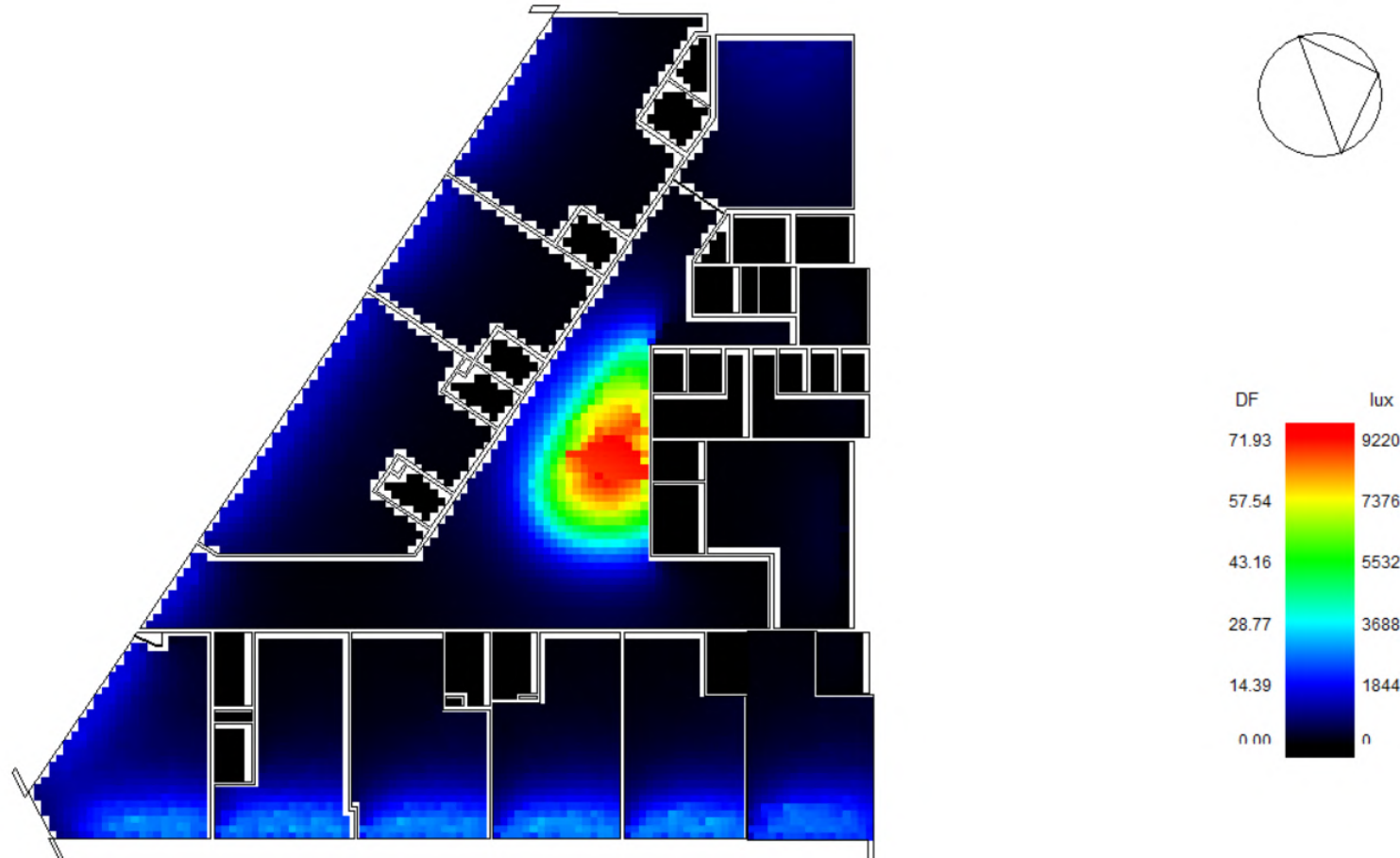


El gráfico ilustra una simulación lumínica, indicando que en esta planta, la región oriental experimenta la máxima irradiación solar, oscilando entre 6631 y 1107 luxes. En contraste, en la fachada frontal, a pesar de una incidencia solar menos significativa, se registra una iluminación que varía entre 3102 y 1035 luxes, ambas secciones destinadas a consultorios oftalmológicos.

## Con estrategia bioclimáticas

Figura 46: Simulación lumínica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

Quinta planta alta  
 Con estrategias pasivas  
 Rango de iluminación = **1844 - 3688 luxes**



En este nivel, las estrategias arquitectónicas como patios interiores, fachadas ventiladas y quebrasles han reducido la iluminación de **3688 a 1844 luxes** en la zona más expuesta. En la fachada frontal, se mantiene alrededor de 1844 luxes, mientras que una fuente adicional en el centro contribuye con la misma cantidad a la iluminación del espacio.

### 3.9.6 Conclusiones de análisis lumínico.

- Las simulaciones lumínicas en diferentes plantas indican condiciones que afectan el confort de los espacios. En la planta baja, destinada a locales comerciales con requisitos de iluminación entre 300 y 750 lux, las simulaciones sin estrategias muestran espacios mayoritariamente superiores a 919 lux. Las áreas junto a los ventanales alcanzan hasta 4595 lux, generando deslumbramiento por la mañana, mientras que la falta de iluminación en las áreas de circulación contribuye al discomfort. La implementación de la estrategia pasiva de fachada ventilada en la simulación lumínica de la planta baja no logra alcanzar niveles de confort, con un rango de 842 a 4210 lux en las zonas cercanas a los ventanales, también encontrándose en discomfort. Se concluye que la simple aplicación de una fachada ventilada no es suficiente para lograr los niveles de confort deseados.
- Simulación en primera planta alta: Destinada a consultorios con requisitos de iluminación entre 500 y 750 lux, esta planta muestra, sin estrategias, espacios mayoritariamente superiores a 1035 lux. En la fachada frontal, los consultorios expuestos directamente a la luz solar alcanzan hasta 5160 lux, generando deslumbramiento y discomfort. La aplicación de estrategias pasivas, como fachada ventilada y quebrasoles, mejora la situación. Sin embargo, en la fachada lateral izquierda, donde están la sala de espera y la oficina, la iluminación desciende ligeramente por debajo del nivel de confort, registrando 408 lux. Aunque los quebrasoles reducen el exceso de iluminación en otros consultorios, aún no se alcanzan niveles óptimos de confort. Además, la iluminación más alta frente a los ventanales por las mañanas llega a los 2028 lux debido a la mayor incidencia solar.
- Simulación en la quinta planta alta: Destinada a consultorios, esta planta muestra, en simulaciones sin estrategias, una mayoría de espacios con niveles superiores a 1107 lux, alcanzando hasta 6631 lux en las zonas de consultorios directamente expuestas a la luz solar frontal, causando encandilamiento, especialmente durante las horas matutinas. En la fachada lateral izquierda, a pesar de una menor incidencia solar, se registra una iluminación fluctuante entre 3102 y 1035 lux, generando un ambiente incómodo en toda la planta. Al incorporar estrategias pasivas como fachada ventilada, quebrasoles y un patio interior en las

simulaciones lumínicas, se logra reducir la intensidad lumínica en las áreas de consultorios, situándose por debajo de los 1844 lux y eliminando el encandilamiento frente a los ventanales. Sin embargo, surge un nuevo problema en la zona de circulación, especialmente en el área donde se implementa el patio interior, con niveles elevados de iluminación que alcanzan los 3688 lux, generando un ambiente incómodo en esa área específica.

En conclusión, las estrategias pasivas aplicadas muestran mejoras significativas al reducir el exceso lumínico en los consultorios y eliminar el encandilamiento frente a los ventanales. Sin embargo, persiste un desafío en el control de la iluminación en la zona de circulación, donde la implementación del patio interior resulta en niveles de luz demasiado elevados, evidenciando la necesidad de ajustes adicionales para garantizar el confort lumínico en todos los espacios de la planta.

Tabla 4: Comparación de resultados de simulaciones lumínicas (Elaboración propia, 2023).

RANGO DE ILUMINACIÓN (LUXES)	SIN ESTRATEGIAS	CON ESTRATEGIAS
1RA PLANTA ALTA	919 - 4595	842 - 4210
1RA PLANTA ALTA	1035 - 3102	408 - 2028
5TA PLANTA ALTA	1137 - 6631	1844 - 3688





## 3.10 Eficiencia de estrategias pasivas

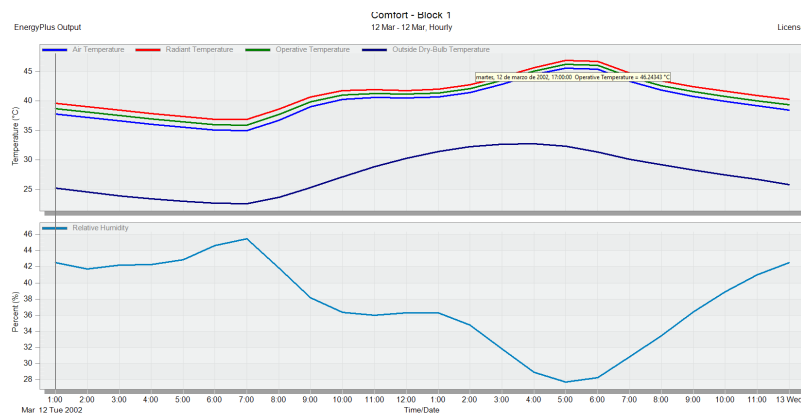
### 3.10.1 Eficiencia de fachada ventilada

En los gráficos presentados en esta sección, se muestra la temperatura máxima alcanzada en cada nivel durante el día más caluroso del año. Tras analizar los resultados, se evidencia la disparidad de temperaturas en tres niveles distintos al aplicar la estrategia de fachada ventilada en comparación con la ausencia de la misma, especialmente durante el día más cálido. Se seleccionaron tres niveles para el análisis, los cuales incorporan la fachada ventilada como una estrategia pasiva. A través de simulaciones térmicas, se ha determinado que la reducción de temperatura mediante la implementación de fachada ventilada varía entre 0.2 y 3.65 grados Celsius.

Es relevante destacar que el nivel menos favorecido por esta estrategia es la planta baja, presentando solo una reducción de temperatura de 0.2 °C. En contraste, se observa una diferencia significativa en la última planta del edificio, con una variación de temperatura de 3.65°C. Estos resultados revelan el nivel de eficacia de la fachada ventilada, evidenciando su impacto diferencial en los distintos niveles de la edificación y cuánto puede aportar en edificaciones en climas cálido-húmedo.

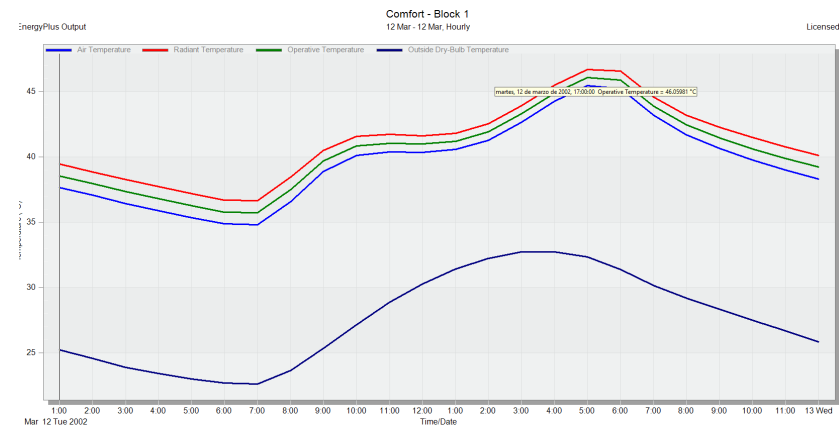
Planta baja **sin** fachada ventilada (máxima temperatura es **46.25 C°**)

Figura 47: Simulación térmica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



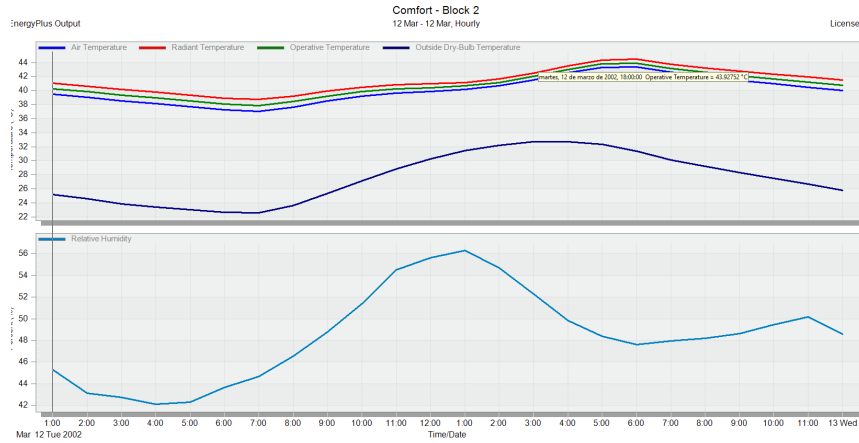
Planta baja **con** fachada ventilada (máxima temperatura es **46.05 C°**)

Figura 48: Simulación térmica en planta baja, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



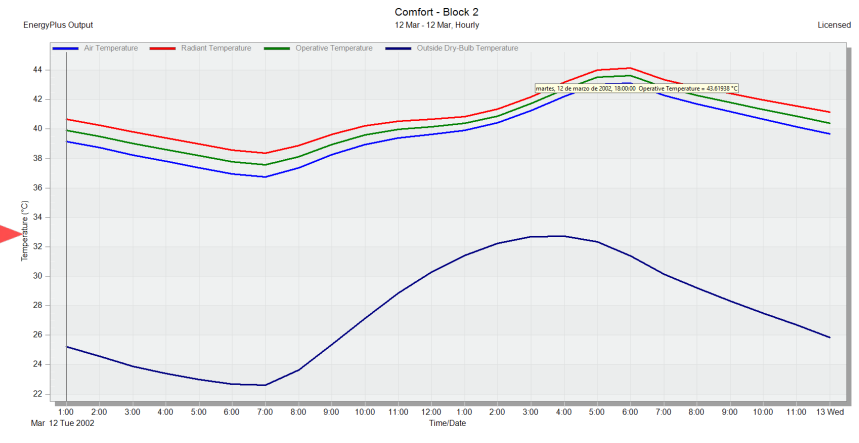
Primera planta alta **sin** fachada ventilada (máxima temperatura es **43.93 C°**)

Figura 49: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



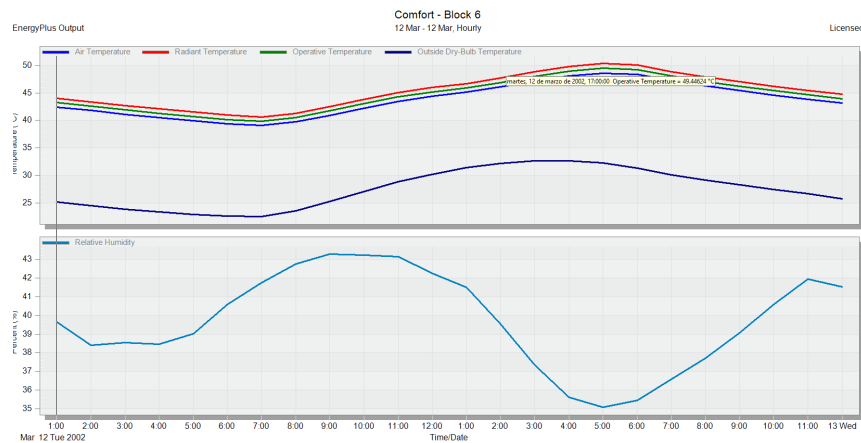
Primera planta alta **con** fachada ventilada (máxima temperatura es **43.61 C°**)

Figura 50: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



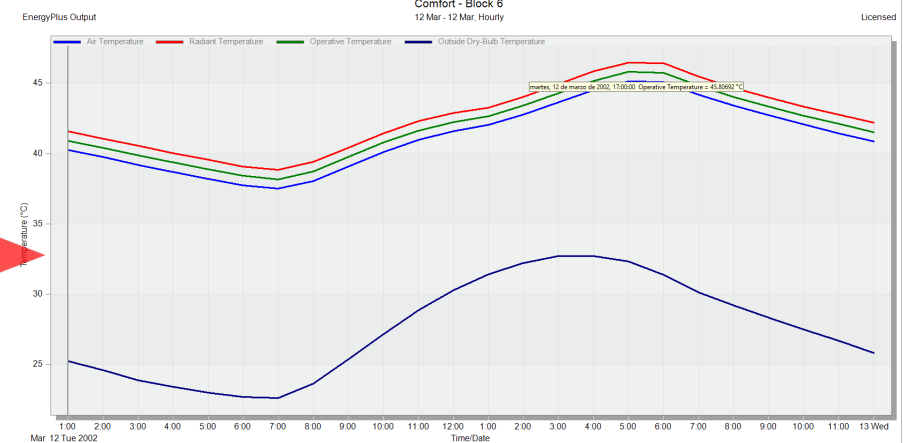
Quinta planta alta **sin** fachada ventilada (máxima temperatura es **49.5 C°**)

Figura 51: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



Quinta planta alta **con** fachada ventilada (máxima temperatura es **45.80 C°**)

Figura 52: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



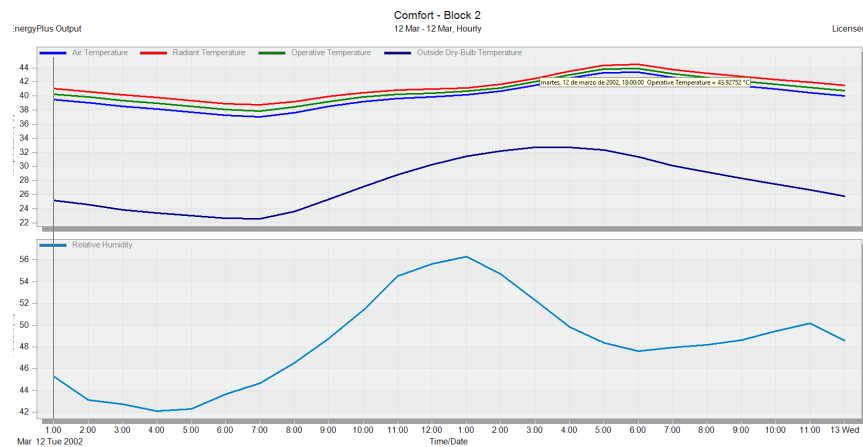
## 3.10.2 Eficiencia de quiebrasoles

En esta sección, se realiza un análisis detallado de la estrategia pasiva de los quiebrasoles, implementada exclusivamente en dos niveles específicos que han sido objeto de un minucioso escrutinio. Al examinar los gráficos de la temperatura máxima durante el día más caluroso, se observa que los quiebrasoles tienen un impacto significativo en la variación térmica. Entre los dos niveles analizados, se registra una notable disminución térmica que oscila entre los 9.71 y los 14.36 grados Celsius.

Estos resultados subrayan la eficacia de los quiebrasoles como estrategia pasiva, evidenciando su contribución sustancial en la gestión de la variación térmica diurna en los niveles específicos de interés. En conclusión, la implementación de quiebrasoles emerge como una solución efectiva para la regulación térmica, proporcionando valiosa información para el diseño de estructuras orientadas a optimizar el confort térmico en entornos particulares.

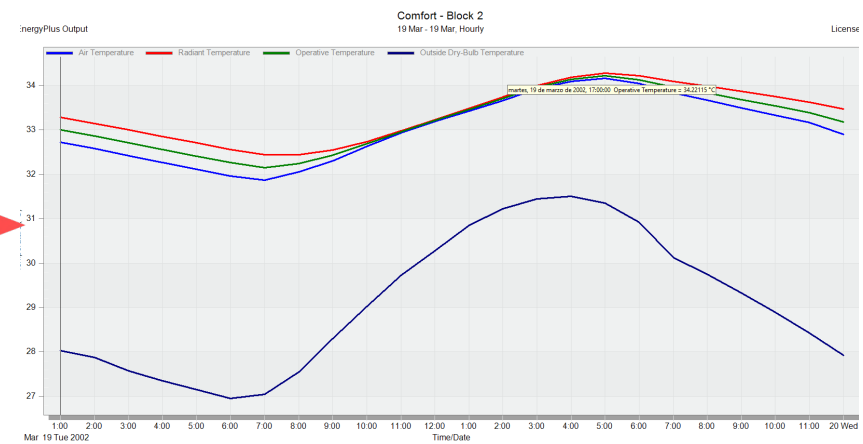
Primera planta alta **sin** quiebrasoles (máxima temperatura es **43.93 C°** )

Figura 53: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



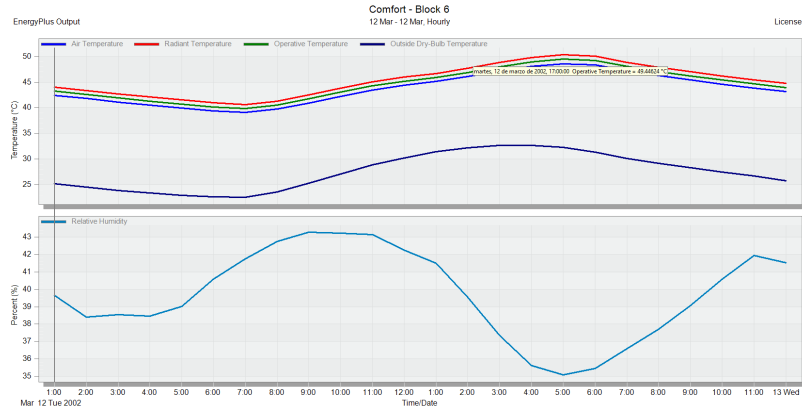
Primera planta alta **con** quiebrasoles (máxima temperatura es **34.22 C°** )

Figura 54: Simulación térmica en primera planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



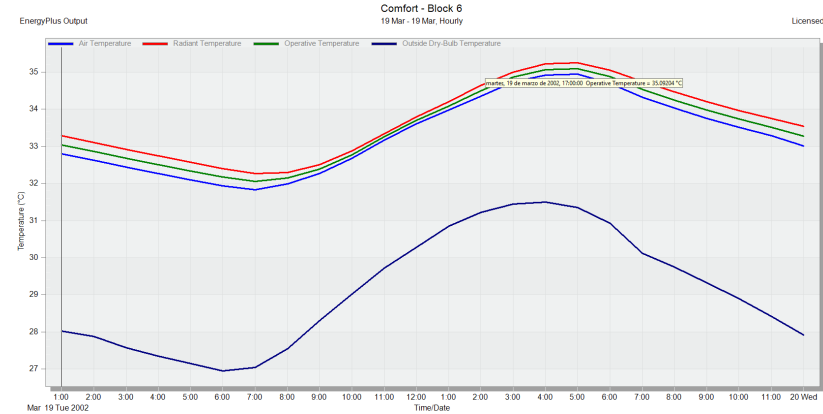
Quinta planta alta **sin** queiebrasoles (máxima temperatura es **45.95 C°**)

Figura 55: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



Quinta planta alta **con** queiebrasoles (máxima temperatura es **35.09 C°**)

Figura 56: Simulación térmica en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)

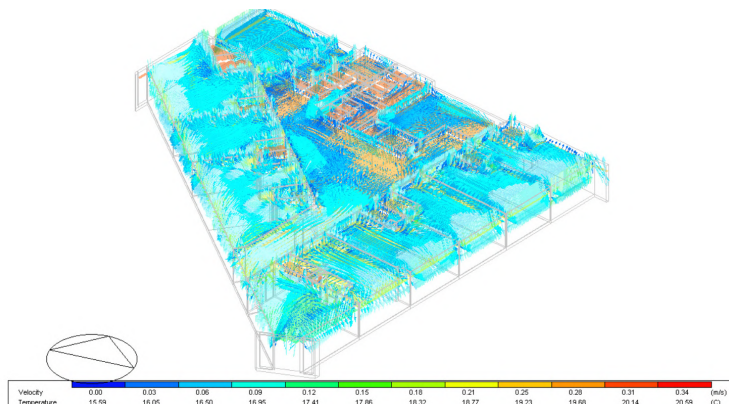


### 3.10.3 Eficiencia de patio interior

Se analiza el patio interior como estrategia exclusiva, presente solo en el nivel superior, evaluado específicamente en esta instancia mediante un CFD. Confirmado en la sección 9.3.2, se observa en los gráficos cómo esta estrategia favorece la reducción de temperatura al permitir que el aire caliente ascienda, contribuyendo al confort térmico.

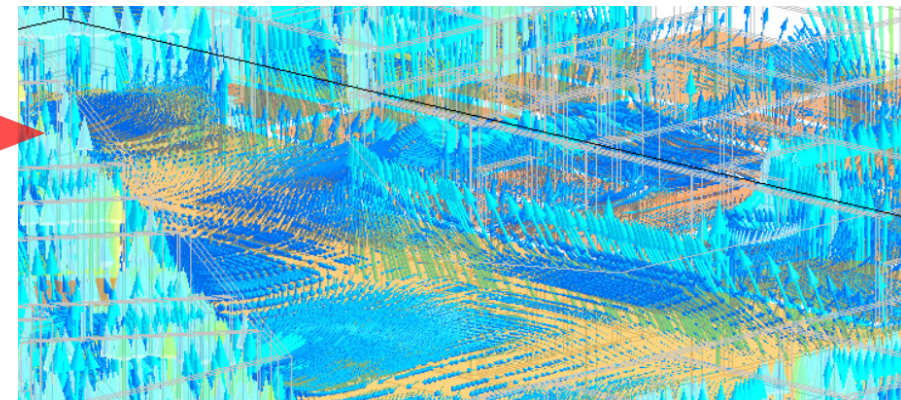
Quinta planta alta **sin** patio interior

Figura 57: Simulación CFD en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



Quinta planta alta **con** patio interior

Figura 58: Simulación CFD en quinta planta alta, día más caliente (Elaboración propia, 2023)



### 3.11 Simulación para determinar efectividad de estrategias activas.

#### 3.11.1 Descripción de estrategias activas en “Medicenter”

En esta fase, se procederá a describir detalladamente la estrategia activa seleccionada, que consiste en la implementación de paneles solares. Se llevará a cabo una exhaustiva exploración de las características clave de esta tecnología, con énfasis en aspectos como eficiencia y capacidad de generación, así como en los factores distintivos que la singularizan. La ejecución de esta estrategia se realizará mediante el uso de software especializado, en este caso, Design Builder. El enfoque se centrará especialmente en parámetros críticos tales como la orientación y eficiencia de los paneles solares.

Estas acciones culminarán en la realización de simulaciones energéticas detalladas, las cuales proporcionarán una evaluación cuantitativa precisa de la producción anual de energía y su capacidad para cubrir las demandas energéticas específicas del edificio en cuestión. Posteriormente, se llevará a cabo una verificación de la producción de energía en kilovatios por hora (Kwh) de los paneles solares, comparando esta cantidad con la producción real del edificio con el fin de presentar resultados precisos.

Una vez obtenidos estos datos, se calculará el porcentaje del total de energía consumida por el edificio que es suministrado por las estrategias activas implementadas, proporcionando así una medida clara de la eficacia y contribución de la estrategia de paneles solares en el contexto de las necesidades energéticas del edificio.

Figura 59: Sección arquitectónica de paneles solares (Zalamea, 2021)

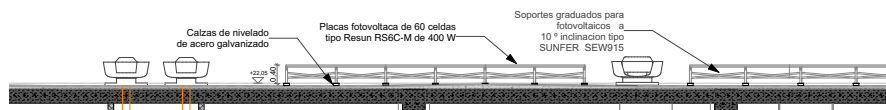


Figura 60: Sección 2 arquitectónica de paneles solares (Zalamea, 2021)

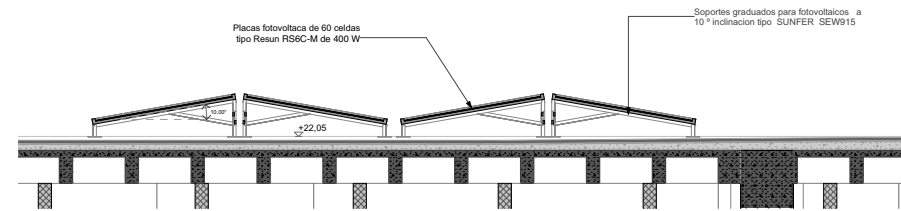
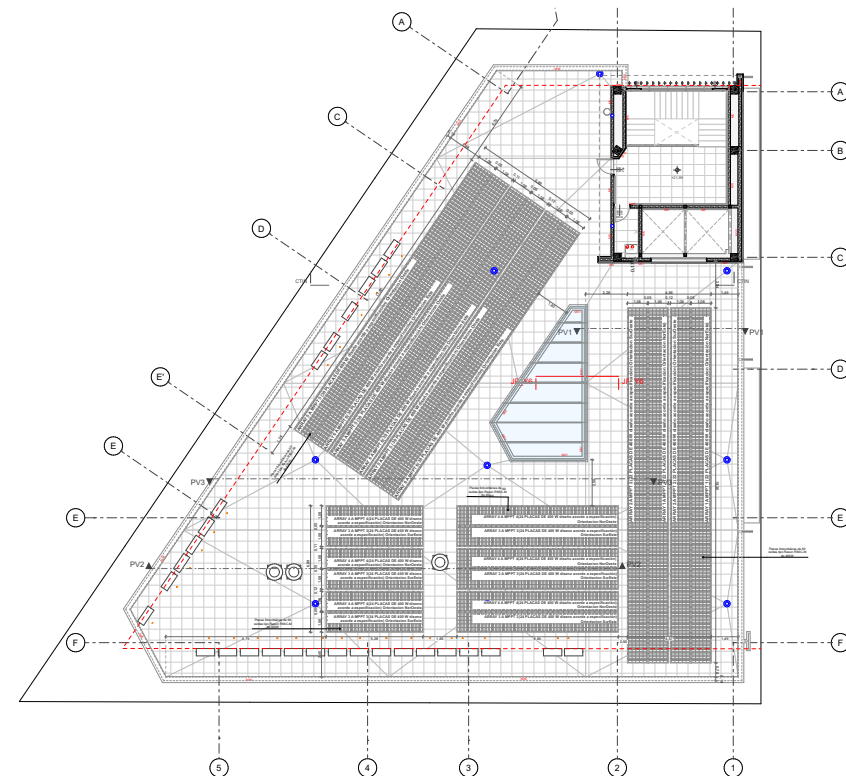


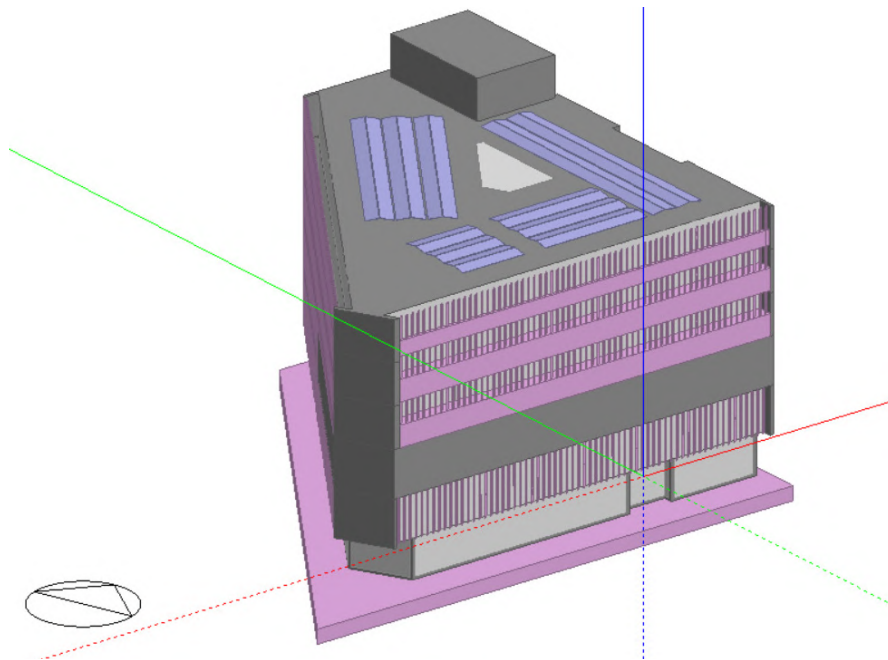
Figura 61: Planta arquitectónica de sexta planta alta, con distribución de paneles solares (Zalamea, 2021)



### 3.11.2 Proceso de implementación de paneles solares en Design Builder

Se modelan los paneles solares con las medidas indicadas en los planos arquitectónicos en este caso se colocan paneles de 1,08 m x 1,76 m y se le agrega una inclinación de 10 °. Se puede visualizar en la figura 62 la colocación y distribución de los paneles solares en el edificio mediante el programa Design Builder.

Figura 62: Vista 3D de edificio “Medicenter” a través de Design Builder (Elaboración propia, 2023)



A continuación se colocaron las características de los paneles, tales como: celdas secuenciales en un circuito eléctrico, potencia eléctrica nominal, corriente eléctrica máxima, corriente del módulo en máxima potencia, coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito, etc. Estas características se las encuentra en la ficha técnica de los paneles a utilizar, en este caso RS6C- M (figura 63).

Figura 63: Cuadro de características de paneles solares (Elaboración propia, 2023)

Photovoltaic Generator - One-Diode - RESUN RS6C-M	
Performance Model	
<b>General</b>	
Name	RESUN RS6C-M
Cell type	1-Crystalline Silicon
Cells in series	60
Active area (m2)	1.63
Transmittance absorptance product	0.9000
Semiconductor bandgap (eV)	1.12
Shunt resistance (ohms)	1000000.00
Reference temperature (°C)	25.00
Reference insolation (W/m2)	1000.00
Module heat loss coefficient (W/m2-K)	30.00
Total heat capacity (J/m2-K)	50000.00
Rated electric power output per module (W)	320.00
Availability schedule	PV panel efficiency: Always 0.15
<b>Current</b>	
Short circuit current (A)	9.94
Module current at max power (A)	9.47
Temperature coefficient of short circuit current (A/K)	0.00497
<b>Voltage</b>	
Open circuit voltage (V)	40.9
Module voltage at max power (V)	33.8
Temperature coefficient of open circuit voltage (V/K)	-0.131
<b>Nominal Operating Cell Temperature</b>	
NOCT ambient temperature (°C)	20.00
NOCT cell temperature (°C)	45.00
NOCT insolation (W/m2)	800

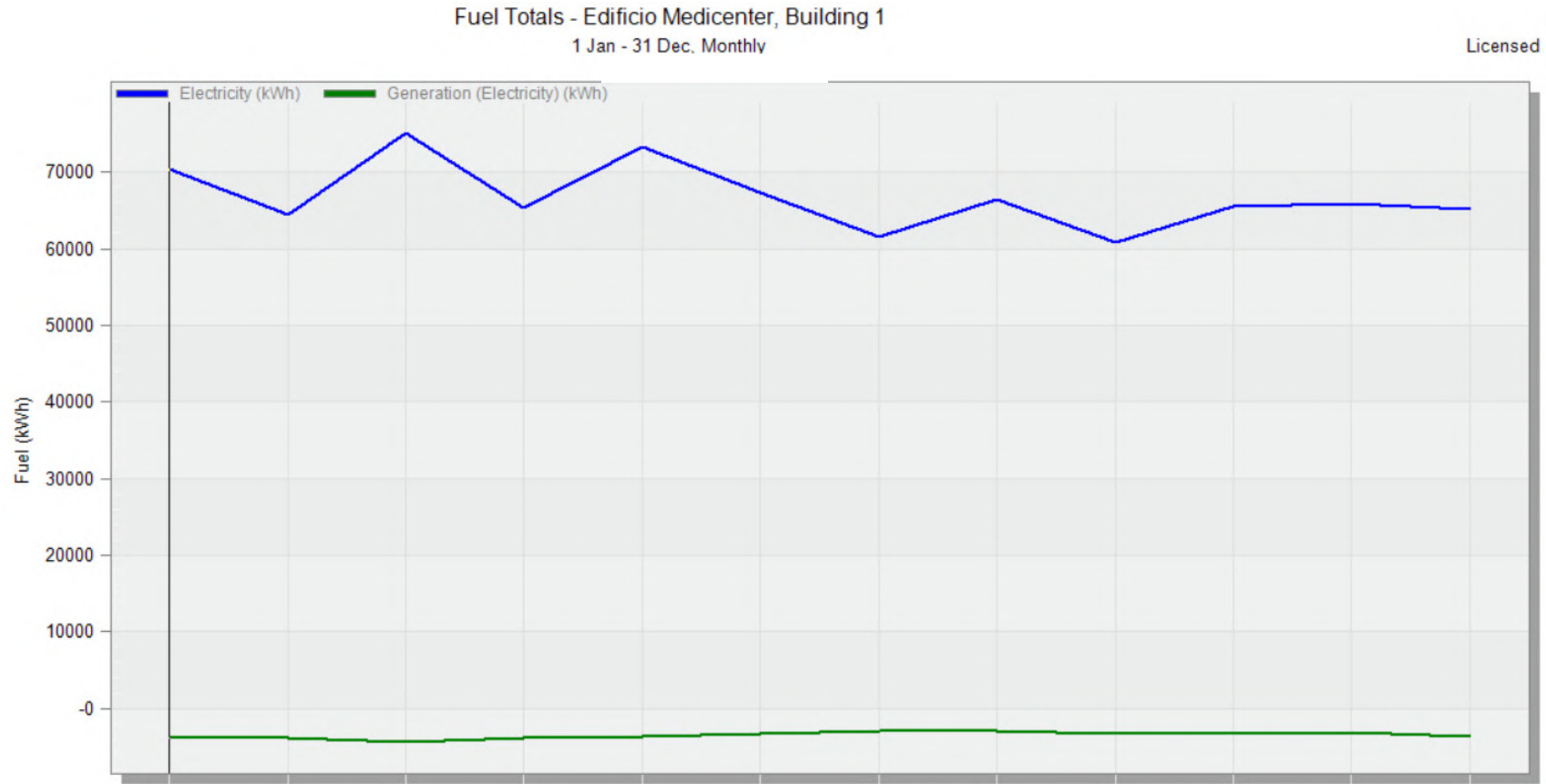
Figura 64: Cuadro de cantidad de paneles solares en “Medicenter” (Elaboración propia, 2023)

Electric load centre	
Generator List	
Number of generators	22
Generator 1	1-Photovoltaic
DC generator type	PV solar collector
	Solar collector 1

Posteriormente, se procede a definir la cantidad de tipos de energía que se desarrollarán, siendo en este ejemplo un total de 1, así como determinar la cantidad de paneles que se instalarán, que en este caso asciende a 22 (figura 64).

### 3.11.3 Simulación energética de estrategias activas.

Figura 65: Simulación de producción energética de paneles solares (Elaboración propia, 2023)



Los propietarios del edificio oftalmológico anticipan que la generación anual de energía oscilará entre 66,310 y 78,000 kilovatios-hora (Kwh). La Figura 65 proporciona una representación visual de esta producción de energía anual, utilizando el software Design Builder. En el eje y, se presenta la cantidad de Kwh generados mediante las estrategias activas implementadas en la edificación. La simulación realizada proyecta una producción estimada que se sitúa entre 64,000 y 73,000 Kwh a lo largo del año, en consonancia con las previsiones iniciales. Asimismo, al calcular un promedio mensual, se estima que se generarán alrededor de 5,333 a 6,083 Kwh por mes. Estos valores se compararán con la recolección de datos en tiempo real obtenida mediante Growatt.



Resulta relevante obtener información sobre el consumo energético del edificio. Basándonos en una planilla de consumo energético y los datos recopilados por el programa Growatt sobre la producción de energía, se confirma que el consumo en el mes de agosto asciende a **14,584.82** kilovatios-hora (Kwh). Se escoge este mes, debido a que el edificio ha incorporado paneles solares en su funcionamiento desde hace aproximadamente un año. No obstante, fue a partir del mes de agosto cuando el sistema comenzó a operar de manera normalizada. Desde ese punto en adelante, se logró estabilizar el rendimiento del sistema, obteniendo así datos precisos acerca de la contribución efectiva de los paneles solares al funcionamiento global del edificio.

Figura 66: Producción energética de paneles solares (Zalamea, 2023)



La figura 66 presenta es una visualización detallada de la producción de energía a lo largo de todo el año, utilizando datos reales recopilados por el programa Growatt. Se ha elegido tomar como punto de referencia el mes de agosto, donde se observa una producción aproximada de 6179 Kwh. Es crucial destacar que esta cifra representa una instantánea de la producción en ese mes específico y que la cantidad de energía generada puede variar considerablemente debido a diversos factores, como las condiciones climáticas locales y la incidencia solar. Resulta fundamental considerar que la variabilidad en la producción de energía está intrínsecamente vinculada a la influencia del clima en la región. Tras conocer el consumo energético del edificio respaldado con este gráfico y una planilla, se pudo deducir que los paneles solares implementados cubren el 42.37 % de energía consumida.

Tabla 5: Tabla comparativa de resultados de producción eléctrica (Elaboración propia, 2023).

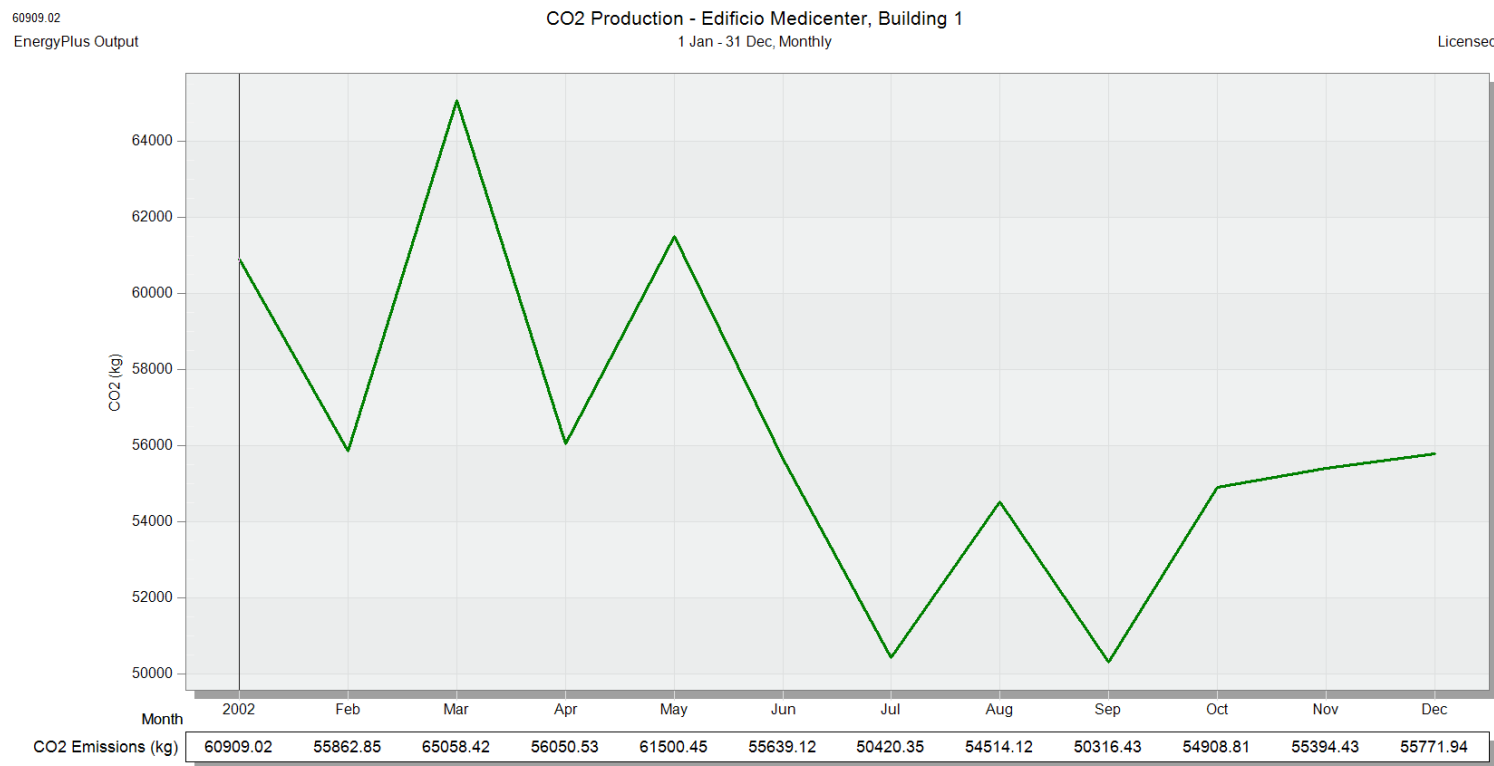
	DESIGN BUILDER	GROWATT
ELECTRICIDAD GENERADA (KWH)	6584.53	6179

### 3.12 Emisiones de CO2 del objeto de estudio

El ciclo de vida se puede cuantificar a través de la evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés), que analiza el impacto ambiental de un producto o servicio desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En este análisis, se puede medir la cantidad de CO2 emitida durante todas las etapas del ciclo de vida para evaluar su impacto en el cambio climático.

#### Simulación de emisiones de CO2 de la edificación sin estrategias bioclimáticas.

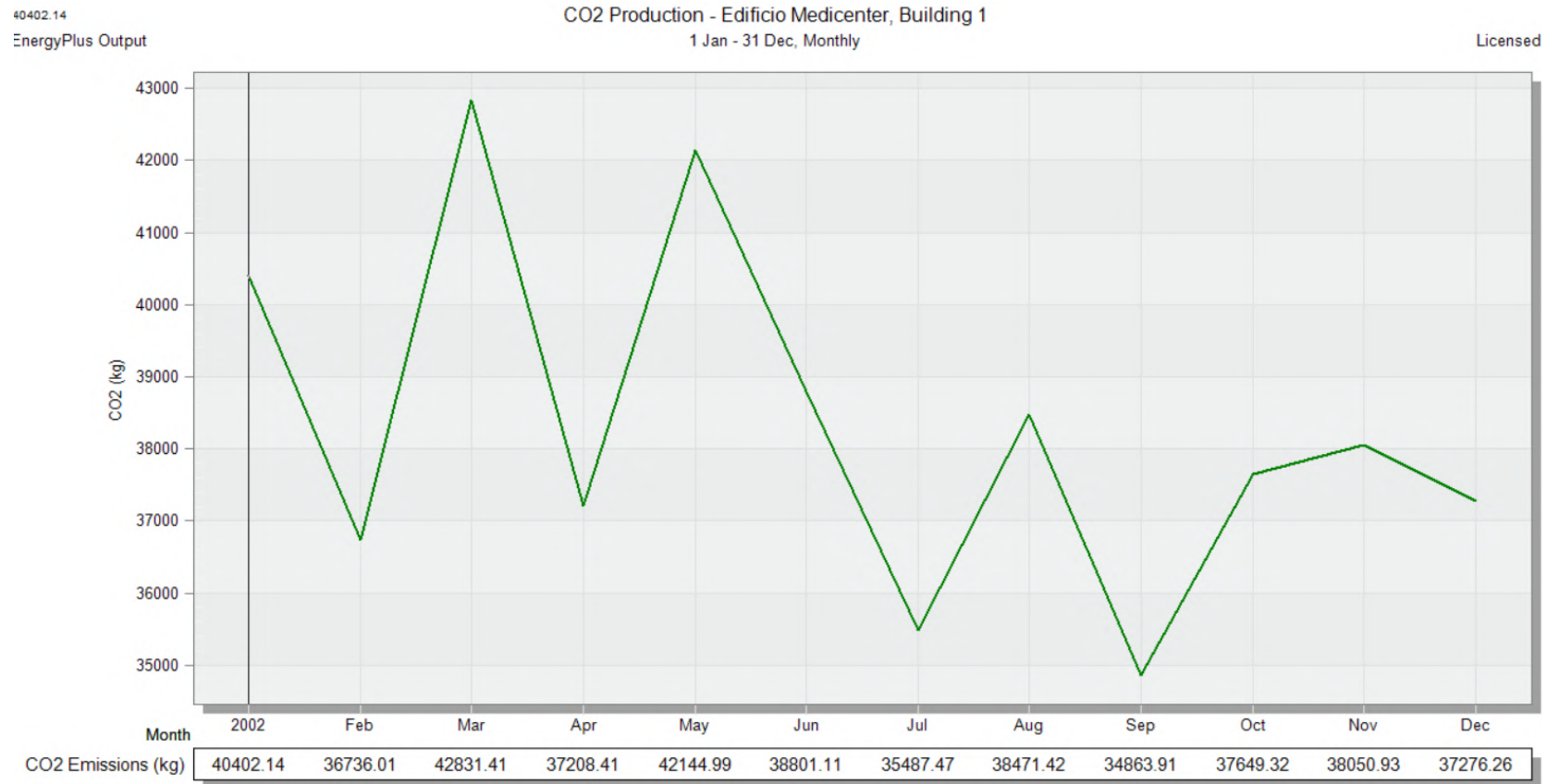
Figura 67: Simulación de producción de Co2 en Kg, sin estrategias bioclimáticas (Elaboración propia, 2023)



El gráfico representa la emisión de dióxido de carbono (CO2) en kilogramos generada por el edificio “Medicenter” a lo largo de los diferentes meses del año. Se evidencia que marzo exhibe la mayor producción de CO2, con un total de 65,058.42 kg, mientras que septiembre presenta la menor producción con un valor de 50,316.43 kg. Estos datos resaltan las diferencias mensuales en las emisiones de CO2 del edificio, proporcionando una visión clara de los periodos de mayor y menor impacto ambiental a lo largo del año.

## Simulación de emisión CO2 de la edificación con estrategias bioclimáticas.

Figura68: Simulación de producción de Co2 en Kg, con estrategias bioclimáticas (Elaboración propia, 2023)



El gráfico ilustra la cantidad de dióxido de carbono (CO2) emitida por el edificio “Mediacenter” en kilogramos a lo largo de los diversos meses del año. Se destaca que en marzo se observa la emisión máxima de CO2, alcanzando un total de 42,831.41 kg, mientras que en septiembre se registra la emisión mínima, con 34,863.91 kg. Estos datos subrayan las variaciones mensuales en las emisiones de CO2 del edificio, ofreciendo una perspectiva clara de los períodos de mayor y menor impacto ambiental a lo largo del año.

***CAPÍTULO III***  
***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES***

## 4.1 Resultados

Tras llevar a cabo un análisis energético al objeto de estudio, los resultados derivados de las simulaciones implementadas proporcionan una visión integral. En el ámbito de las simulaciones térmicas, donde se incorporaron estrategias pasivas como la fachada ventilada, el patio interior y los quiebrasoles, se observó una significativa reducción de la temperatura, variando entre 2.32 °C y 15.2 °C. La variabilidad en la disminución de grados por planta se vincula con la aplicación selectiva de estas estrategias, siendo importante destacar que la reducción no alcanza los estándares de confort térmico estipulados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

En cuanto al análisis lumínico, las simulaciones lumínicas revelaron que las plantas desprovistas de estas estrategias presentan una incidencia lumínica sustancialmente superior a los niveles recomendados para sus funciones específicas. Sin embargo, al implementar estas estrategias, se logró atenuar esta intensidad lumínica, aproximándose así a los parámetros de confort lumínico requeridos para los usuarios.

Al profundizar en el análisis individual de cada estrategia, se determinó que los quiebrasoles destacan como la estrategia más influyente en la reducción térmica, alcanzando un pico de 14.36 °C. Además, es crucial destacar que los resultados individuales de las estrategias muestran un impacto menos significativo en comparación con la implementación integral en el diseño edificio.

Dentro del ámbito de las estrategias activas, al evaluar la producción de los paneles solares, se concluyó que estos contribuyen con un 42.37% de la energía consumida en el Medicenter, lo que resulta en una disminución notable de los costos energéticos asociados, reflejándose en un ahorro sustancial de \$387.42. Esta cifra representa una fracción del total a abonar en el mes de agosto, que asciende a \$914.37.

En relación al impacto ambiental, específicamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, se constató una reducción sustancial al implementar estrategias bioclimáticas. En el mes con mayor emisión se registró una disminución de 22,227.01 kg de CO<sub>2</sub> mientras que en el mes con menor emisión, la reducción fue de 15,452.52 kg. Estos resultados refuerzan la importancia de adoptar estrategias sostenibles en el entorno construido, no solo en términos de eficiencia energética, sino también en la mitigación del impacto ambiental.

## 4.2 Conclusiones

Las estrategias resaltadas en este estudio se implementan con eficacia en el edificio analizado. Sin embargo, es crucial reconocer que estas, no son la única opción para climas similares. Otros criterios y enfoques pueden contribuir significativamente al confort térmico y lumínico, así como a la elección adecuada de materiales. Este reconocimiento refuerza la necesidad de considerar de manera integral diversas variables en el diseño arquitectónico.

Por otro lado, una detallada evaluación del estudio energético realizado en el edificio “Medicenter” revela que la dependencia exclusiva de estrategias pasivas resulta insuficiente para garantizar el confort térmico en climas cálido-húmedos. Aunque las estrategias pasivas son fundamentales, su eficacia se ve limitada, lo que resalta la necesidad imperativa de incorporar estrategias adicionales, especialmente activas, para lograr una sinergia óptima entre eficiencia energética y calidad ambiental en entornos construidos. Este discernimiento impacta no solo en el diseño arquitectónico para climas específicos, sino que también subraya la importancia de enfoques holísticos que trasciendan soluciones puramente bioclimáticas. Este avance enriquece la academia y propulsa la evolución hacia una planificación edificatoria más integral y sostenible.

Al analizar las estrategias implementadas en el edificio “Medicenter”, se constata una eficiencia significativa tanto en las estrategias pasivas como activas, contribuyendo de manera notable al nivel de sostenibilidad de la edificación. La combinación de estrategias pasivas logró reducciones térmicas sustanciales, mientras que la estrategia activa demostró la capacidad de generar energía y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este contexto, el Edificio Medicenter no solo se destaca como objeto de estudio, sino que aporta al desarrollo de un manual de estrategias sostenibles para edificios de consultorios. Estrategias como el patio interior, queiebrasoles, fachada ventilada y paneles solares, respaldadas por eficiencia verificada mediante simulaciones energéticas, ofrecen un enfoque concreto y aplicable para la construcción sostenible en oficinas, enriqueciendo sustancialmente el desarrollo del manual. La aplicabilidad de este manual se sugiere no solo en el contexto específico del edificio “Medicenter” sino también en otras edificaciones con contextos climáticos similares. Se subraya la importancia de realizar análisis locales detallados y de adaptar las estrategias según la función del edificio y los niveles de confort deseados. La colaboración interdisciplinaria se erige como crucial para un enfoque holístico y efectivo.

### 4.3 Limitaciones

Una limitación sustancial en este trabajo de investigación reside en la incertidumbre respecto a los cambios climáticos futuros, presentando un desafío considerable para la efectividad a largo plazo de las estrategias bioclimáticas propuestas. La dinámica naturaleza del clima introduce la posibilidad de que las estrategias diseñadas con base en datos y tendencias actuales no sean plenamente adaptables ni óptimas ante variaciones climáticas futuras.

Por otra parte, el análisis del edificio constituye el punto de partida esencial para este manual; no obstante, es imperativo reconocer que no se han abordado exhaustivamente todas las estrategias potenciales aplicables a este clima específico. Esta limitación resalta la necesidad de una consideración más amplia de las estrategias disponibles para optimizar el rendimiento del edificio en el contexto climático en cuestión. El presente trabajo reconoce la importancia de futuras investigaciones que profundicen en la identificación y aplicación de estrategias adicionales.

### 7. Recomendaciones

En el contexto ecuatoriano, donde la certificación de edificaciones es limitada, se propone vigorizar la incentivación de estrategias bioclimáticas mediante la implementación de beneficios adicionales. Además, se aboga por el fortalecimiento de las normativas ligadas a la construcción sostenible y la facilitación de capacitación profesional gratuita. Estas medidas no solo contribuirán a la creación de un entorno propicio, sino que también impulsarán la exitosa implementación de prácticas sostenibles en el ámbito de la construcción en Ecuador.

Simultáneamente, se sugiere llevar a cabo investigaciones detalladas que analicen los costos y beneficios a largo plazo de las estrategias bioclimáticas en edificios de oficinas y consultorios en zonas cálido-húmedas. Esta propuesta se fundamenta en el estudio de caso del Edificio Medicenter. La investigación se enfocará en la cuantificación de ahorros energéticos, el análisis de eficiencia operativa y la evaluación del impacto en el valor de la propiedad. Estos datos, provenientes de un análisis meticuloso, serán fundamentales para respaldar decisiones sostenibles en proyectos futuros, contribuyendo a la optimización de la eficiencia energética en el sector de la construcción.

En la evaluación crítica de la investigación, se destaca como área de mejora la necesidad de expandir los casos de estudio a analizar, así como las estrategias propuestas en el manual. La ampliación de estos casos garantizará una representatividad más robusta, mientras que la inclusión de un espectro más amplio de estrategias dotará al manual de una versatilidad y aplicabilidad superiores. Estos ajustes permitirán al manual abordar con eficacia las complejidades específicas de cada entorno, consolidándolo como una guía integral y adaptable.

En conjunto, estas recomendaciones forman un marco integral que busca impulsar estrategias bioclimáticas en la planificación y construcción de edificaciones. La implementación de estas medidas no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental, sino que también promoverá el desarrollo de prácticas constructivas innovadoras y eficientes en el país.

# *REFERENCIAS*

## Referencias

- Albatayneh, A., Jaradat, M., AlKhatib, M. B., Abdallah, R., Juaidi, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2021). The significance of the adaptive thermal comfort practice over the structure retrofits to sustain indoor thermal com fort. *Energies*, 14(10), 2946.
- Alvear Calle, Ing. Alexandra, Sánchez, Arq. José Hernán, Tapia Abril, Arq. Emilia, Ordoñez Alvarado, Gabriela, Aragón, Marcela, Flores, Cristian, & Heredia, Estefanía. (2016). Declaraciones consensuadas del Semina rio-Taller: "Arquitectura Sostenible" Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectu ra y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 5(9), 151-172. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.1>
- Ashrae (2005). *ASHRAE Handbook - Fundamentals. Refrigerating American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers.*
- Barranco Arévalo, O. (2015). *La arquitectura bioclimática. Módulo Ar quitectura CUC.*
- Borja, J. (2011). *Revolución urbana y derecho a la ciudad.* Quito, Ecuador: Editorial Olacchi.
- Castelo, C. V. (2008). ¿ Qué sostenibilidad?: una lectura desde la Filosofía Práctica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*,(101), 13-26.
- Castilla, M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Pérez, M., Rodríguez, F., & Guzmán, J. L. (2010). Técnicas de control del confort en edificios. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(3), 5-24.
- Cortés Rojas, S. (2010). Condiciones de aplicación de las estrategias bio climáticas. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 0(69). Recupera do de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/344/344>
- D. Castro, J. Sefair, L. Florez, A. Medaglia, Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia, *ELSEVIER, Building and Environmet.* 2009. p. 9.
- Diez, R. (2020). *Gbce.es.* Recuperado el 18 de diciembre de 2023, de <https://gbce.es/documentos/Agenda-de-la-UE-para-la-edificacion-sostenible.pdf>
- EADIC (2013,09). Tema 3: *Arquitectura Bioclimática.* Recuperado de <http://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Tema-3-Confort-Ambiental.pdf>
- Escardó, A. L. (2010, February). (Revista del Aficionado a la Meteorología. *Clima y Cambio Climático.* Retrieved July 17, 2023,.
- Fanger, P.O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine* 30, 313–324.
- Farfán, F. P. (2018). *Agroclimatología del ecuador.* Unspecified.
- Franco, J. T. (2021, abril 24). Confort y sustentabilidad en la arquitectura: Tendencias 2021. *ArchDaily en Español.* [https://www.archdaily.cl/cl/958725/confort-y-sustentabilidad-en-la-arquitectura-tendencias-2021?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.cl/cl/958725/confort-y-sustentabilidad-en-la-arquitectura-tendencias-2021?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all)
- Fuentes, V. (2010). *Arquitectura Bioclimática.* México DF, p.58-64
- Garzón, B. (2021). *Arquitectura sostenible: Bases, soportes y casos.* Nobuko.
- Gavilanes, P. (2018, May 10). 13 proyectos eco-eficientes tienen un sello internacional. *Elcomercio.com.* <https://www.elcomercio.com/cons truir/13-proyectos-eco-eficientes-sello.html>
- Givoni, B. (1969). *Hombre, clima y arquitectura.* Ámsterdam: Elsevier Pub.
- González Sato, J. (2018). *Análisis y Evaluación de la tecnología (BIM)*
- Guerra, M. (2013). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones.* In *ING-NOVACIÓN (Vol. 5).*



- Guerra, M. (2013). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones*.
- Guillen, V. (2014). Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador. [www.conama2014.org](http://www.conama2014.org)
- Gutiérrez González, S. (2023). *Estrategias bioclimáticas en la arquitectura de Ruiz-Larrea*.
- Horrillo, L. A. H. (2017). *Metodología de diseño y análisis de soluciones de eficiencia energética para la consecución de edificios de consumo casi nulo (NZEB) (Doctoral dissertation, Universidad de Extremadura)*
- Jiménez Torres, E. (2008). *Estrategias de diseño para brindar confort térmico en vivienda en la ciudad de Loja. (Trabajo de fin de titulación de Arquitecto)*. UTPL. Loja. 134pp.
- Liang, J. y R. Du (2005). Thermal comfort control based on neural network for hvac application. In: *Proceedings of the 2005 IEEE Conference on Control Applications, Toronto, Canada*
- Malaver Jaramillo, N. P., & Ortiz Esguerra, N. F. (2018). *Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia*.
- Medina Porrás, P. M. (2023). *Adaptación de un edificio de oficinas a un edificio de energía casi cero (NZEB): aplicación de tecnologías inteligentes para el rendimiento energético y el confort (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)*.
- Mercado Martín, L. (2020). *Economía circular en la arquitectura. Cómo proyectar de manera circular*.
- Mínguez Martínez, E., Vera Moure, M., & Meseguer García, D. (2016). *Análisis de estrategias pasivas para el incremento de la eficiencia en la arquitectura sostenible*.
- Minguez, E. *Plan Estratégico de Intervención en la Travesía Urbana de Pliego (Murcia)*, Pliego: Ayuntamiento de Pliego, 2011
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili
- Osma Pinto, G. A., & Ordoñez Plata, G. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. *Revista UIS Ingenierías*, 9(1), 103–121. Recuperado a partir de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/1060>
- Pawar, B. S., & Kanade, G. N. (2018). Energy optimization of building using design builder software. *International Journal of New Technology and Research*, 4(1), 263152.
- Pinto, G. A. O., & Plata, G. O. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. *Revista UIS ingenierías*, 9(1), 103-121.
- R. Pulselli, E. Simoncini, N. Marchettini, Energy and emergy based costbenefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate, *ELSEVIER. Building and Environment*, 2009, p. 9.
- Rojas Tavera, K. M. (2018). *Confort ambiental basado en los principios de una arquitectura bioclimática en un centro educativo básico especial para niños de 0-14 años en la provincia de Cajamarca*.
- Tristancho Carvajal, M. (2019). *Predicción de la demanda energética basada en el confort adaptativo aplicado al sector terciario considerando el cambio climático*.
- United Nations Environment Programme, UNEP, 2009. *Submission of the United Nations Environment Programme (UNEP) Sustainable Building Initiative (SBCI) to the Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA) [en línea]*. [Consulta 04 abril 2009]. Disponible en internet:
- Vivanco Román, D. L. (2021). *Análisis higrotérmico de las tipologías de viviendas contemporáneas de la Parroquia de San Pedro de la Bendita, Cantón Catamayo, provincia de Loja/Ecuador, mediante el software de Designbuilder*.
- World Meteorological Organization (ed.) (2020) *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019*.

***ANEXOS***

# MANUAL DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA ZONAS HÚMEDAS MUY CALUROSAS

DOMÉNICA ARAUJO  
MAYLEN SALAZAR



# CONTENIDO

- 01** Introducción
- 02** Entendiendo el clima local
- 03** Estrategias bioclimáticas
- 04** Estrategias pasivas
- 05** Estrategias activas
- 06** Conclusiones



# 01 INTRODUCCIÓN



El manual de estrategias bioclimáticas para zonas húmedas muy calurosas servirá de guía para adaptarse al clima local y crear espacios habitables más confortables. Se necesitan aplicar estrategias pasivas y activas que ayuden a alcanzar los niveles óptimos de confort.



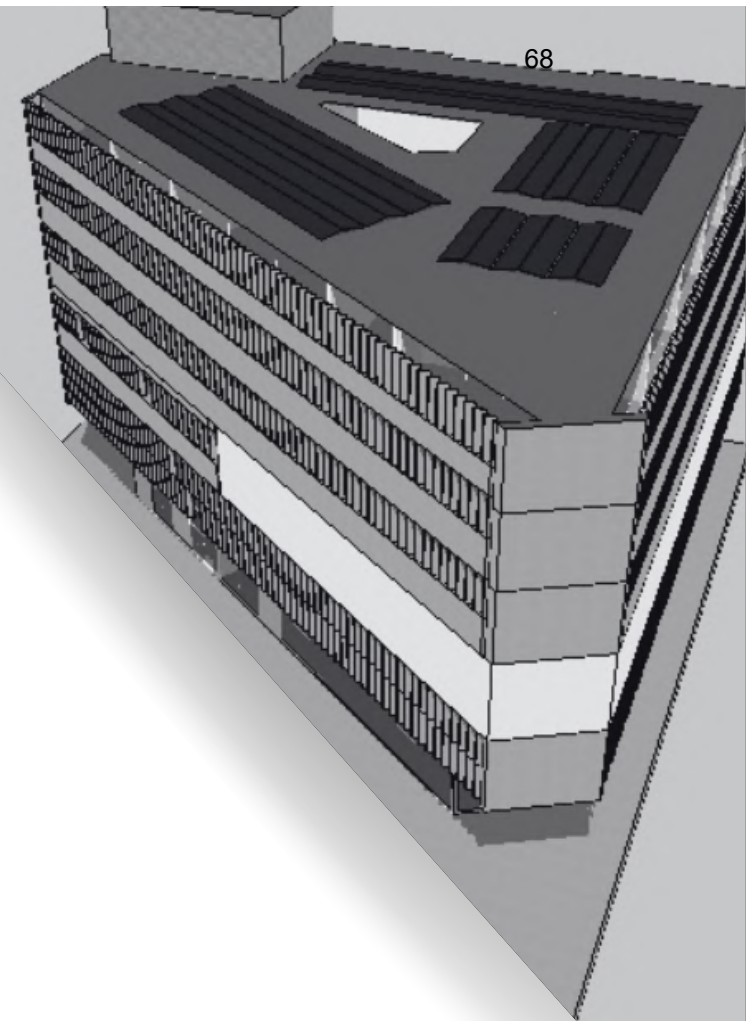
Está destinado a arquitectos, diseñadores, ingenieros y profesionales del sector interesados en comprender, aplicar y maximizar las estrategias bioclimáticas.



Este manual se realiza en base al análisis de las estrategias bioclimáticas implementadas en el edificio Mediacenter ubicado en la ciudad de Machala, Ecuador.

El manual ofrece conocimientos teóricos y herramientas prácticas para aplicar en proyectos reales, mejorando el medio ambiente y promoviendo el uso sostenible de los recursos.

**¡Bienvenidos a un viaje hacia el diseño consciente y sostenible en zonas húmedas y muy calurosas!**



## 02 ENTENDIENDO EL CLIMA



La región Costa, en la cual se encuentra la ciudad de Machala se experimenta un clima tropical o ecuatorial, dentro del piso climático, húmedo muy caluroso. Basado en la información meteorológica se obtuvo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la temperatura promedio oscila entre 23 y 28 °C, y la humedad relativa se mantiene alrededor del 77%.



Machala experimenta dos estaciones: La estación lluviosa se extiende de enero a mayo, con precipitaciones abundantes. La estación seca, de junio a diciembre, registra un clima más seco. La radiación solar es alta durante todo el año, el sol es intenso, lo que puede generar un calentamiento en las superficies expuestas y contribuir al aumento de la temperatura en interiores.

# 03 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

70

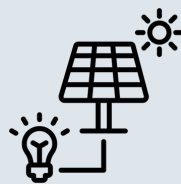
Son aquellas que abarcan un conjunto de enfoques de diseño que se centran en los sistemas pasivos y activos para alcanzar el confort térmico y lograr ahorro de energía.

## ESTRATEGIAS PASIVAS

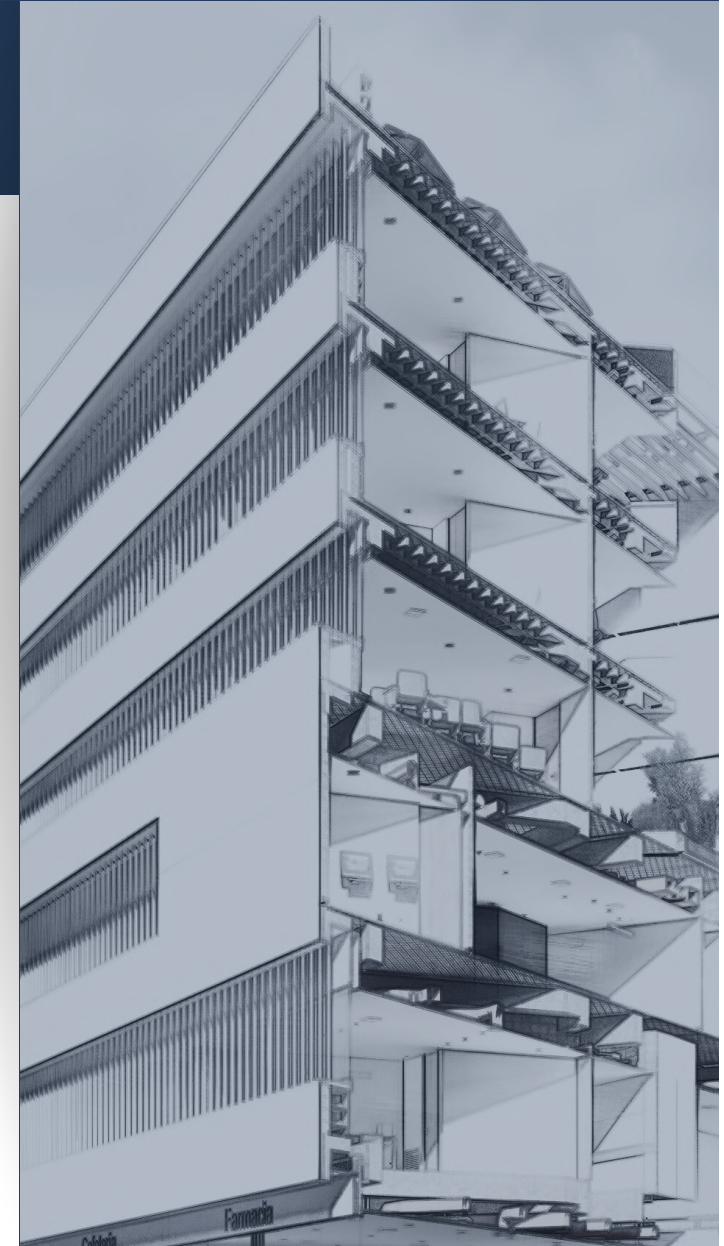


Estas estrategias tienen como objetivo principal aprovechar las condiciones del entorno, con el fin de obtener una edificación más autónoma en términos energéticos.

## ESTRATEGIAS ACTIVAS

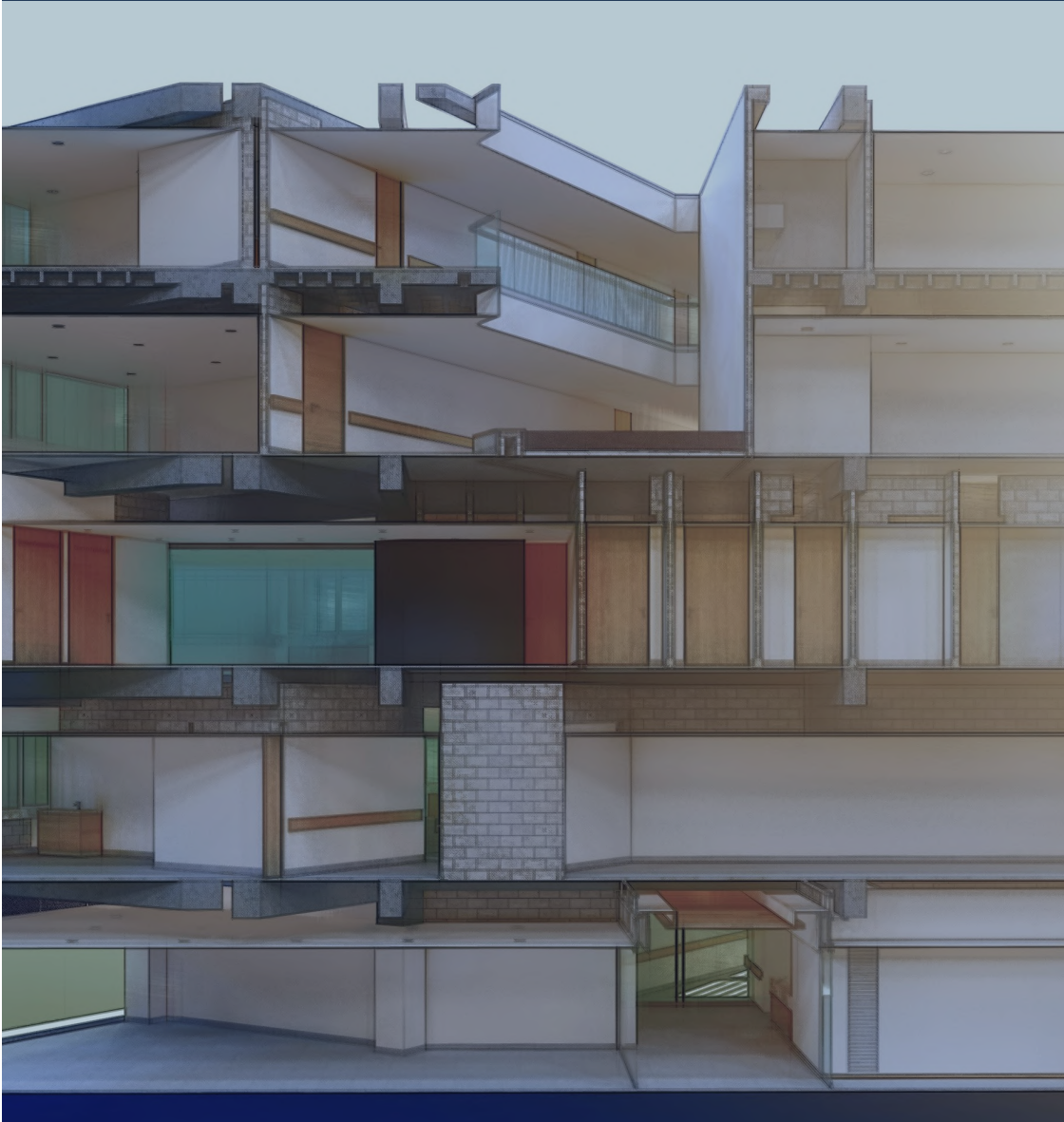


Las estrategias activas consisten en las instalaciones necesarias para alcanzar los niveles de confort deseados, debido a que, las estrategias pasivas por sí solas pueden no ser suficientes.



# 04 ESTRATEGIAS PASIVAS

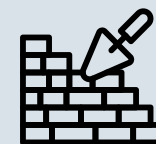
Entre las estrategias pasivas más utilizadas para climas cálidos, se encuentra la selección de materiales naturales. Además, se recomienda la construcción de patios interiores, estrategias para una adecuada ventilación, y sombreado.



**PROTECCIÓN  
RADIACIÓN  
SOLAR**



**VENTILACIÓN**



**MATERIALES**



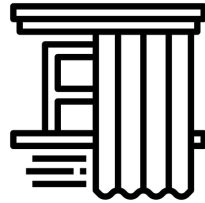
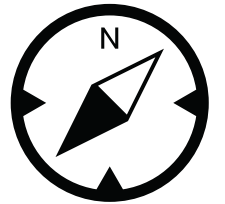
# PROTECCIÓN SOLAR

Hay varias estrategias efectivas para proteger los espacios interiores de la radiación solar excesiva. Aquí tienes algunas:

- Sistemas Externos de Protección Solar como: persianas y lamas
- Elementos Arquitectónicos: Aleros y voladizos
- Control Solar Pasivo: orientación del edificio

01

**Orientación del Edificio:** Diseñar la orientación del edificio para aprovechar la luz solar y reducir la exposición directa a la radiación solar más intensa.

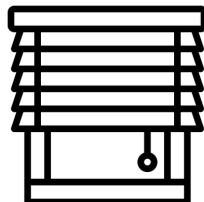
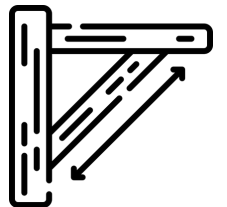


**Lamas y Celosías:** Permiten un control más preciso de luz, dirigiendo la entrada solar y proporcionando sombra sin obstruir la visión al exterior.

02

03

**Aleros y Voladizos:** Proporcionan sombra en las ventanas y fachadas, reduciendo la cantidad de luz solar directa que ingresa al interior del edificio.



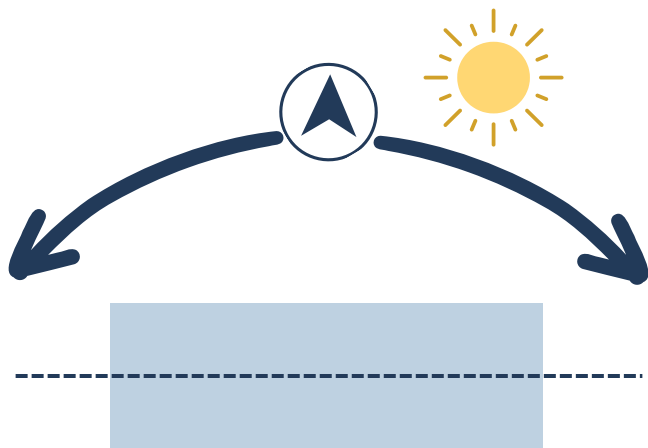
**Persianas y Toldos:** Son eficaces para bloquear la luz solar directa y reducir el calor al permitir el control manual o automático de la entrada de luz.

04

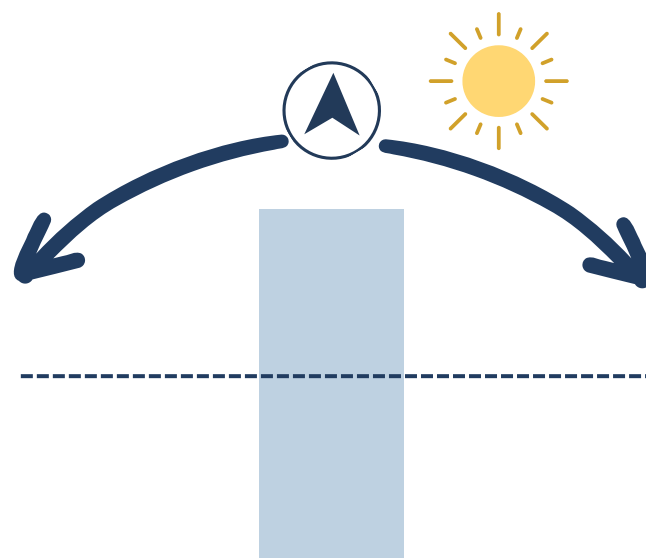
# ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO

La orientación de un edificio se refiere a la dirección en la que está construido, incluyendo su fachada principal, ventanas y entrada principal. Este factor puede tener varias implicaciones en cuanto a la luz solar, eficiencia energética y diseño arquitectónico.

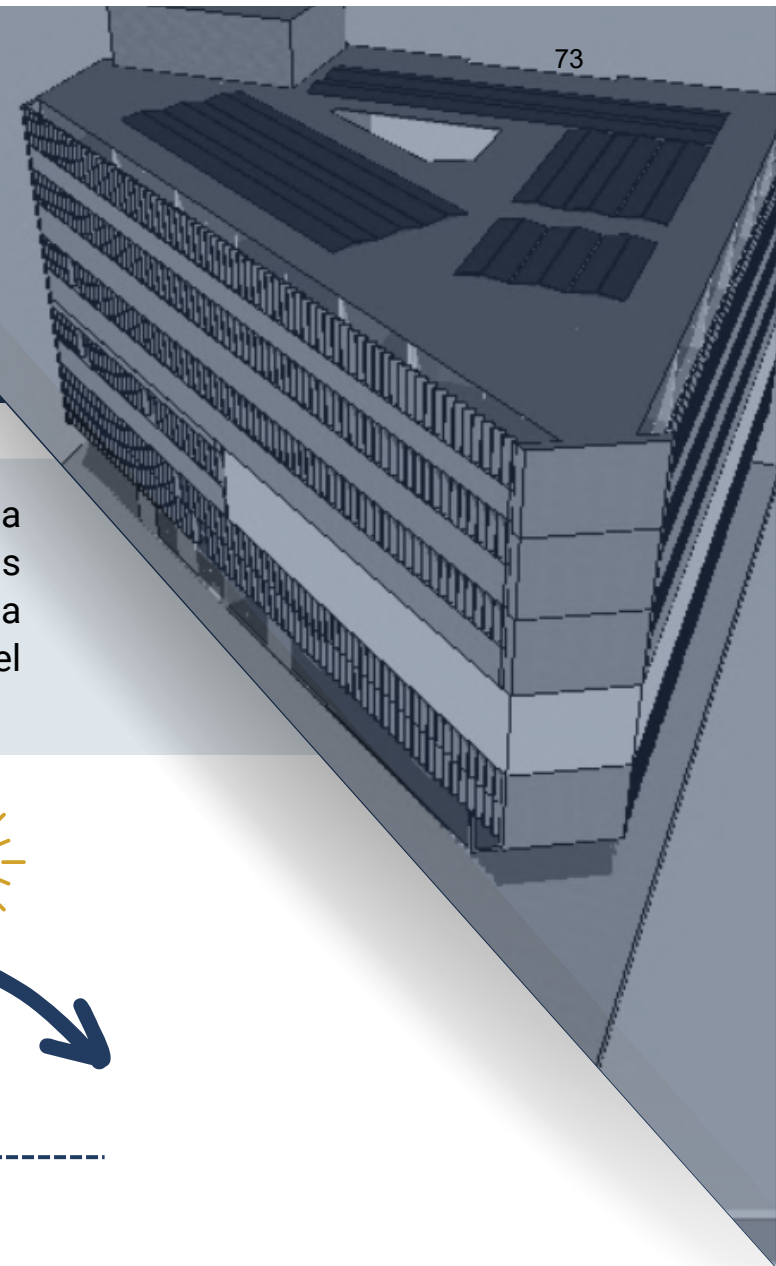
En áreas con climas cálidos, es esencial buscar una orientación que reduzca la exposición directa al sol en áreas específicas del edificio. Esto se logra ubicando las partes del edificio que reciben más luz solar directa hacia el sur, esto resulta beneficioso para minimizar la ganancia de calor durante las horas más calurosas del día.



**RECOMENDABLE**



**NO RECOMENDABLE**



# LAMAS

La elección entre lamas horizontales o verticales para protección contra la radiación solar depende de varios factores, incluyendo la ubicación geográfica, la orientación del edificio y las necesidades específicas de control solar. Aquí te presento algunas consideraciones para cada tipo:

## Lamas verticales

Las persianas bloquean, pero no del todo. la radiación solar, evitando una ganancia de calor excesiva en el interior del edificio y proporcionando una iluminación uniforme y agradable, especialmente en fachadas orientadas hacia el sur.



## Lamas horizontales

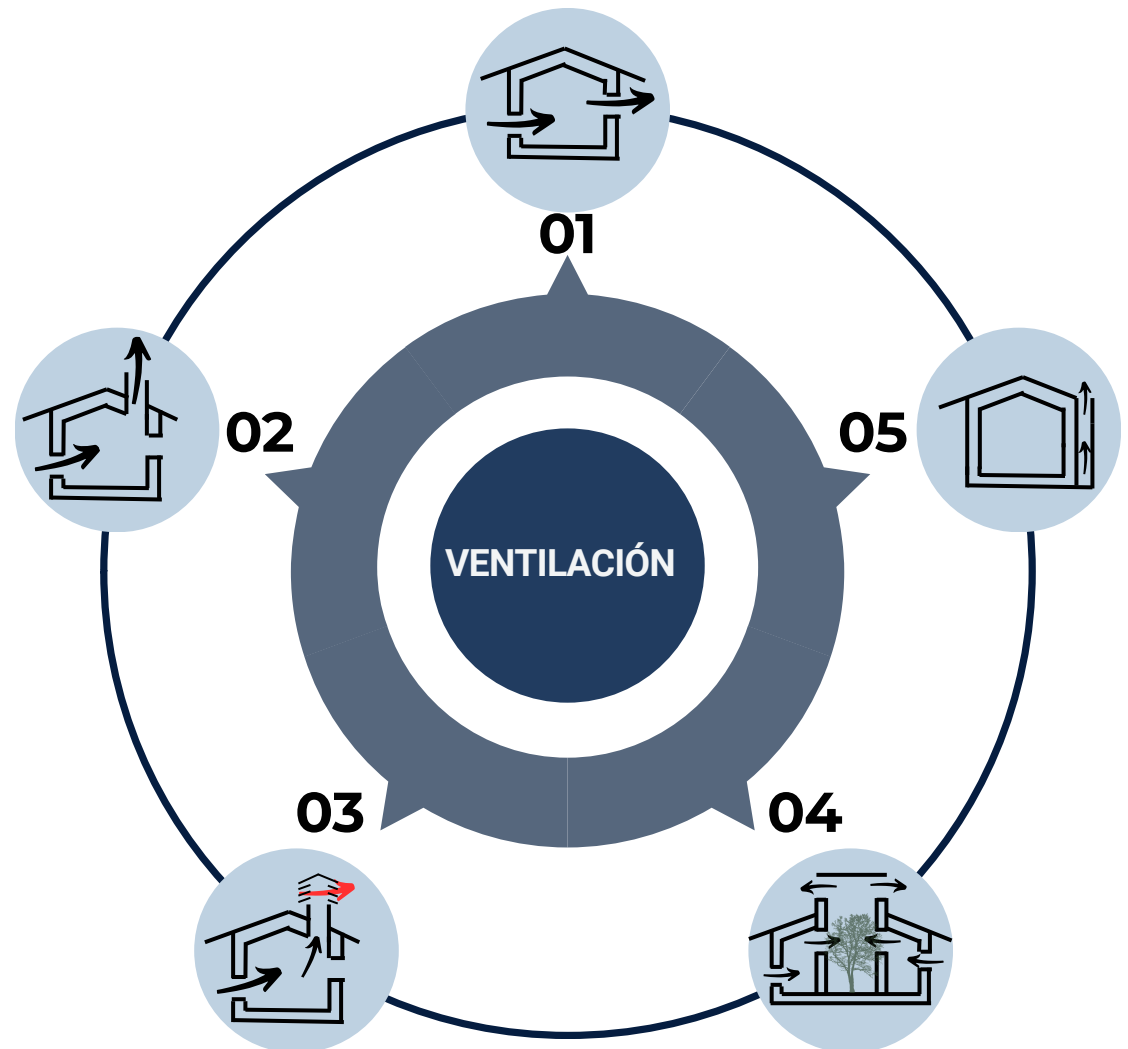
Tienen múltiples beneficios, incluyendo una menor ganancia de calor al bloquear la radiación solar en horas específicas del día, mejor control de luz en orientaciones este/oeste y mayor privacidad por su diseño y disposición

**Sin embargo, las lamas verticales en esta latitud no pueden proteger al 100 % de la incidencia solar a través del año. Para que esto suceda se debe trabajar en el tamaño de las lamas o que estas sean móviles. En contraste, las lamas horizontales no necesitan movimiento, protegiendo así de la incidencia solar durante todo el año. La elección entre estas dos lamas dependerá de la orientación del edificio, la intensidad y el ángulo de incidencia de la radiación solar en cada zona.**

# VENTILACIÓN

En Machala, una ciudad con un clima húmedo muy caluroso, la ventilación es crucial para mitigar el calor y la humedad. Aquí tienes algunas estrategias de ventilación efectivas para esta zona:

- 01** VENTILACIÓN CRUZADA
- 02** EFECTO CHIMENEA
- 03** ASPIRADORES ESTÁTICOS
- 04** PATIO INTERIOR
- 05** FACHADA VENTILADA



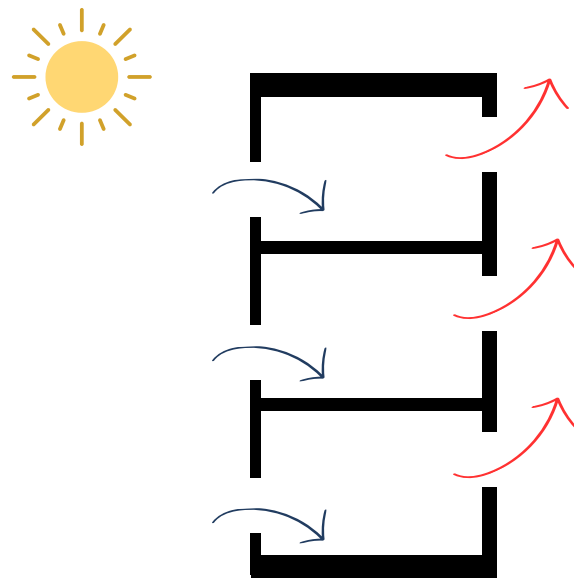
# VENTILACIÓN

En Machala, una ciudad con un clima húmedo muy caluroso, la ventilación es crucial para mitigar el calor y la humedad. Aquí tienes algunas estrategias de ventilación efectivas para esta zona:

## Ventilación cruzada

Colocar ventanas, puertas y aberturas en posiciones opuestas o en lados opuestos del edificio para fomentar el flujo de aire, permitiendo la entrada de aire fresco y la salida del aire caliente.

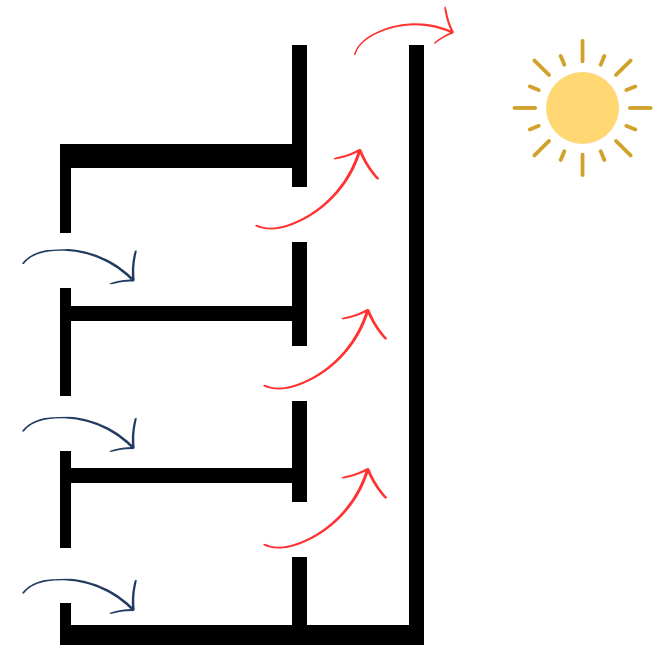
01



02

## Efecto chimenea

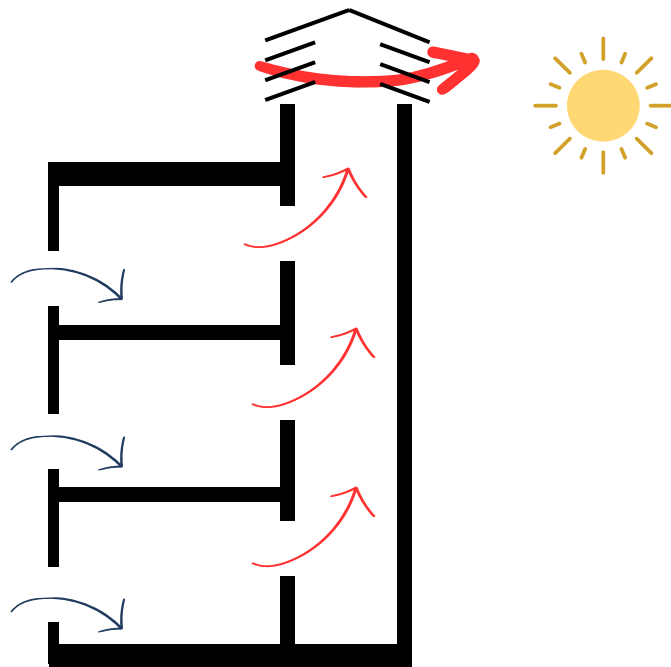
Ocurre cuando se crea una salida de aire conectada a un conducto de extracción vertical y el aire caliente sale por las aberturas superiores debido a la diferencia de densidad del aire según la temperatura.



### Aspiradores estáticos

Producen una depresión interior en el edificio debida a la succión generada por efecto Venturi en un dispositivo estático situado en la cubierta, favoreciendo la salida del aire caliente y la entrada de aire fresco desde el exterior.

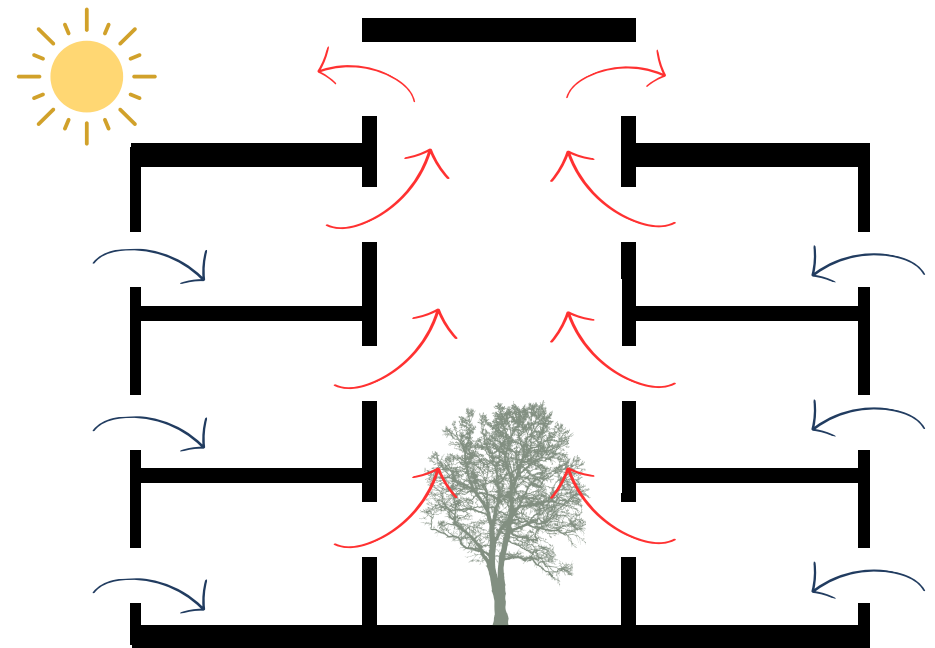
03



04

### Patio interior

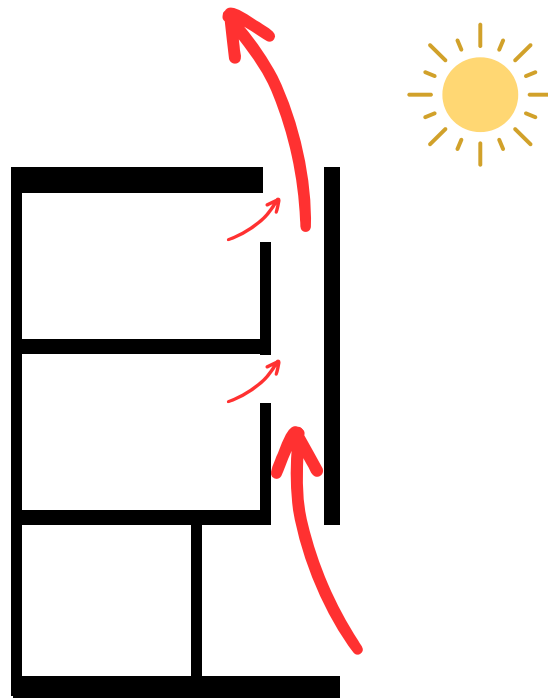
Integrar patios interiores o jardines que actúen como pozos de ventilación, permitiendo que el aire fresco ingrese al edificio y mejore la circulación del aire. También actúa de otras formas, protegiendo su ámbito de la radiación solar directa, manteniendo así más baja la temperatura del aire.



# 05

## Fachada ventilada

La fachada ventilada es un sistema constructivo que consiste en una capa externa separada de la estructura principal del edificio, creando un espacio de aire entre ambas capas. En zonas húmedas y muy calurosas, la radiación solar incide sobre la fachada exterior. Al haber un espacio entre esta capa y la estructura principal, el calor se disipa más fácilmente, evitando que el edificio absorba tanto calor y manteniendo las temperaturas interiores más frescas.



# MATERIALES

Los materiales desempeñan un papel clave en las estrategias pasivas de diseño de edificios, especialmente en relación con la ventilación y la regulación térmica. En climas calurosos, el uso de materiales permeables en estrategias pasivas puede ser crucial para mantener el confort térmico y reducir la dependencia de sistemas de enfriamiento activos.

## 01

### Materiales permeables

- **Paredes con materiales porosos o ventilados:** El uso de materiales porosos como ladrillos o bloques huecos permite la circulación de aire y la evaporación del agua, lo que ayuda a mantener las paredes más frescas.
- **Techos reflectantes y permeables:** Los techos reflectantes reducen la absorción de calor en los edificios, lo que disminuye la temperatura en el interior. Al combinar esta característica con techos permeables, como los techos verdes o los materiales que permiten la evaporación del agua, se puede mantener fresco el ambiente interior.

## 02

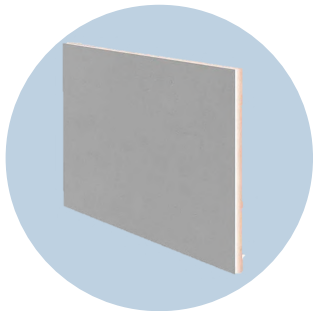
### Materiales con cámara de aire y aislamiento

- **Material con cámara de aire:** El aire que circula entre la fachada y la estructura se calienta y asciende, creando un efecto de convección que permite la eliminación del calor acumulado., creando así una fachada ventilada que permita refrescar los materiales que no son permeables.
- **Materiales de aislamiento térmico adecuados:** Aunque la idea es utilizar materiales permeables, es importante seleccionar aislantes que sean eficaces en climas cálidos que permitan la circulación de aire, ayudando a mantener el calor fuera del edificio.



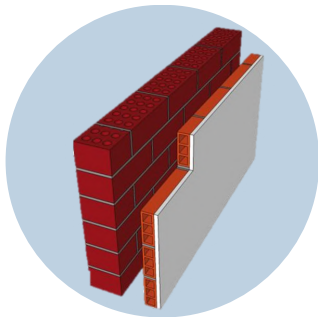
# MATERIAL CON CÁMARA DE AIRE

**Capa 1**



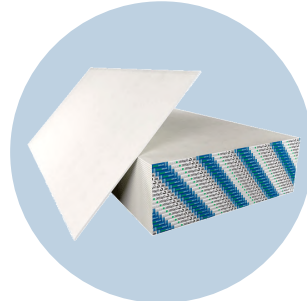
Fachada cerámica

**Capa 2**

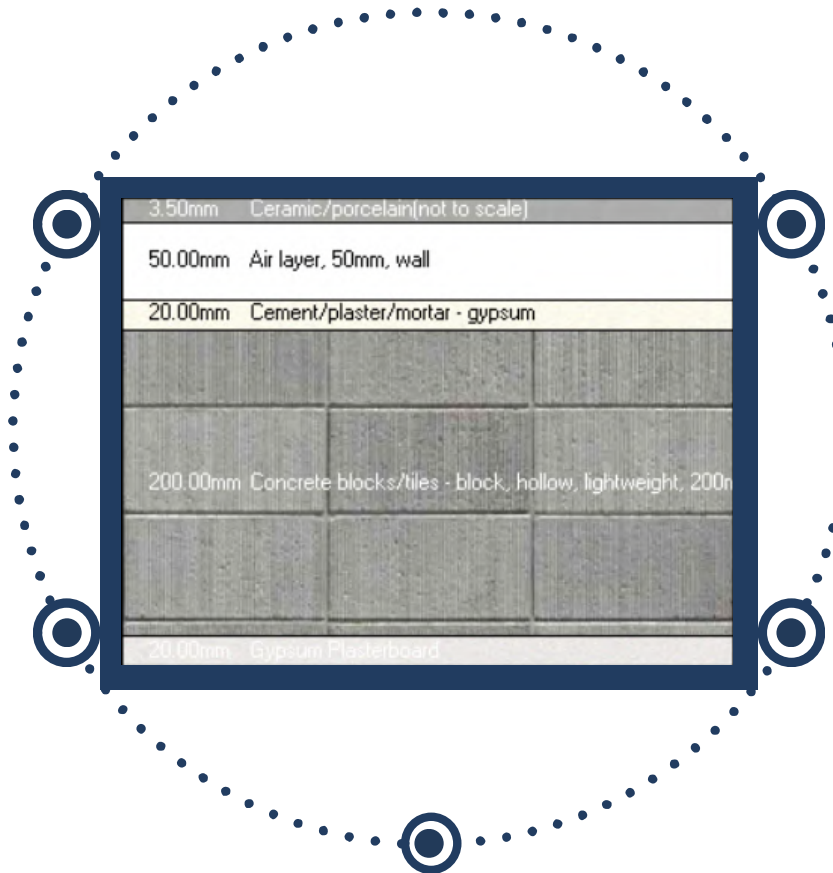


Cámara de aire

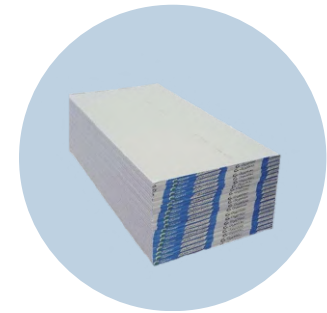
**Capa 3**



Cartón yeso 2 cm



**Capa 5**



Enlucido 2 cm

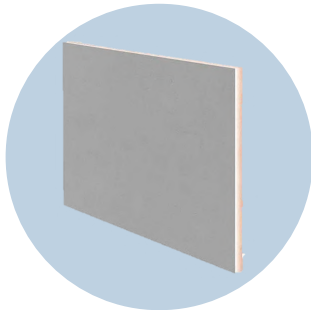
**Capa 4**



Bloque de hormigón 15 cm

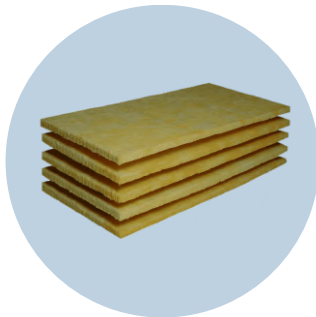
# MATERIAL CON AISLAMIENTO

**Capa 1**



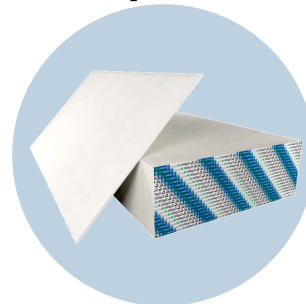
Fachada cerámica

**Capa 2**

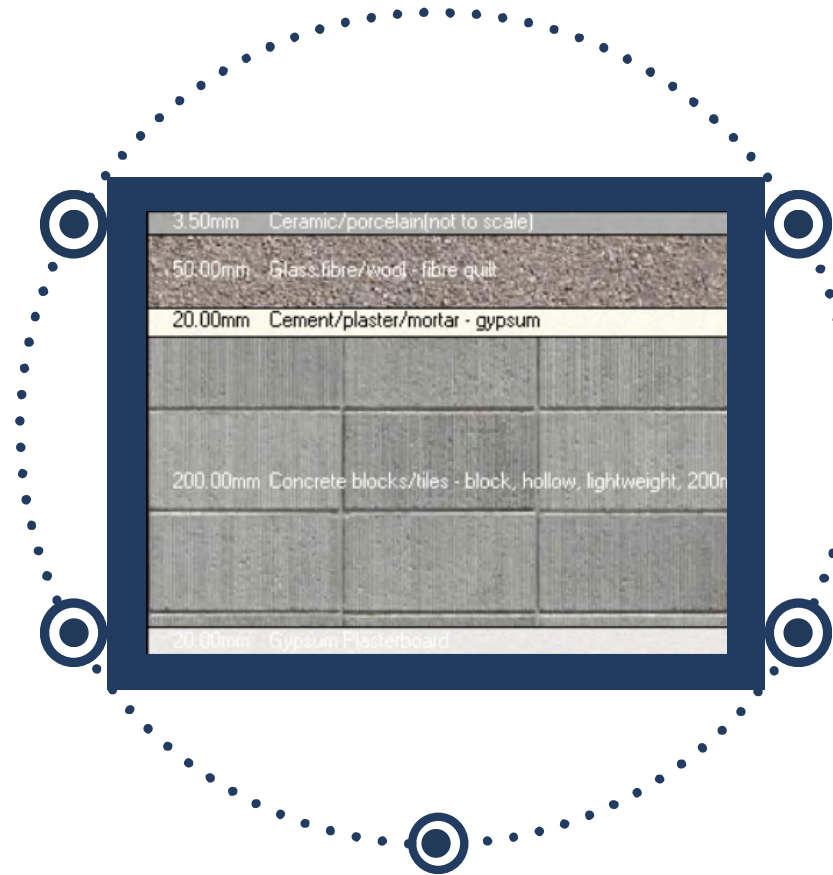


Aislamiento lana de vidrio

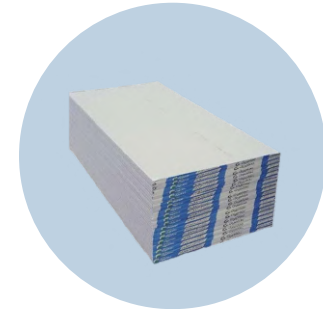
**Capa 3**



Cartón yeso 2 cm



**Capa 5**



Enlucido 2 cm

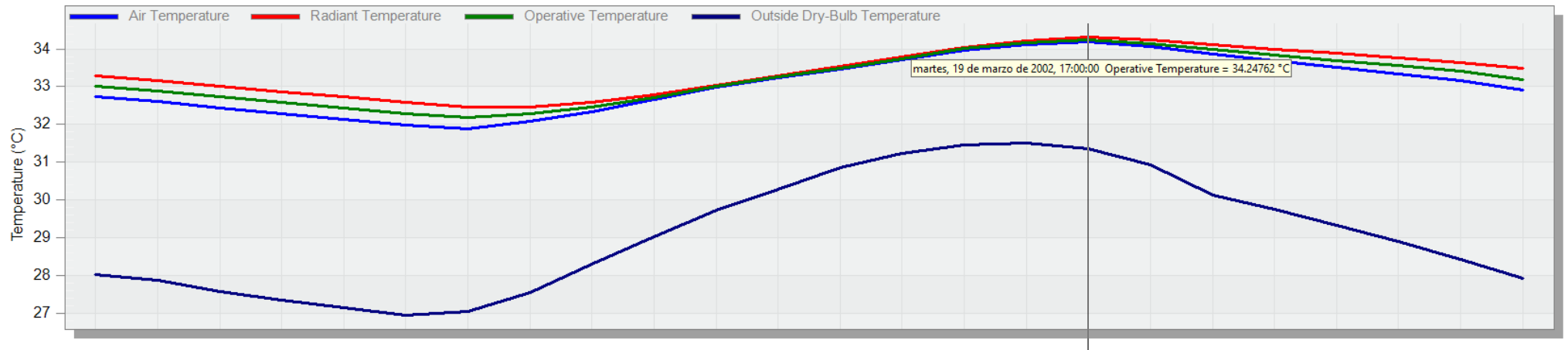
**Capa 4**



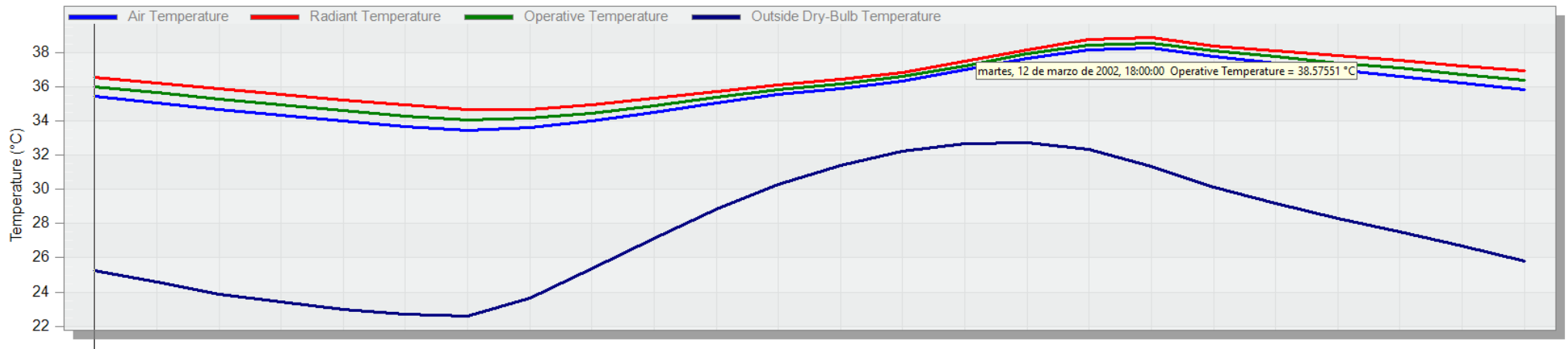
Bloque de hormigón 15 cm

# SIMULACIONES CON CÁMARA DE AIRE Y AISLAMIENTO

## CÁMARA DE AIRE



## AISLAMIENTO

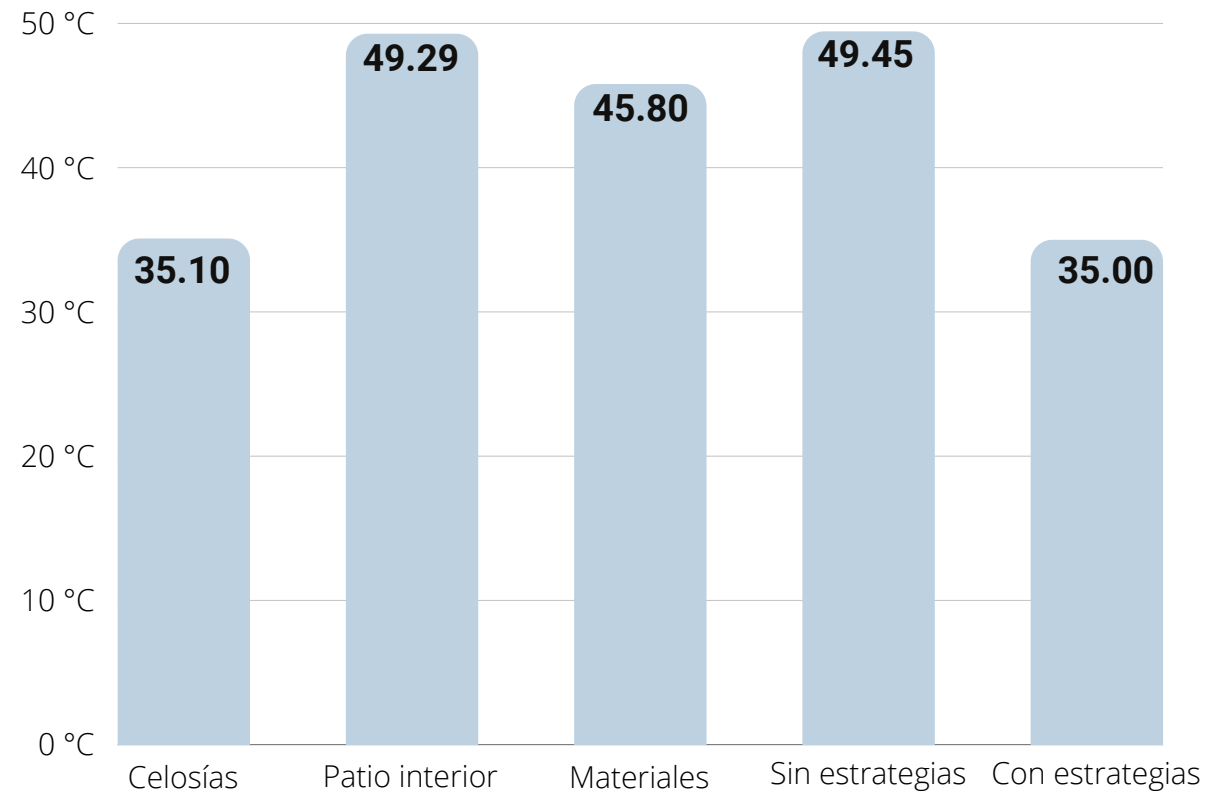
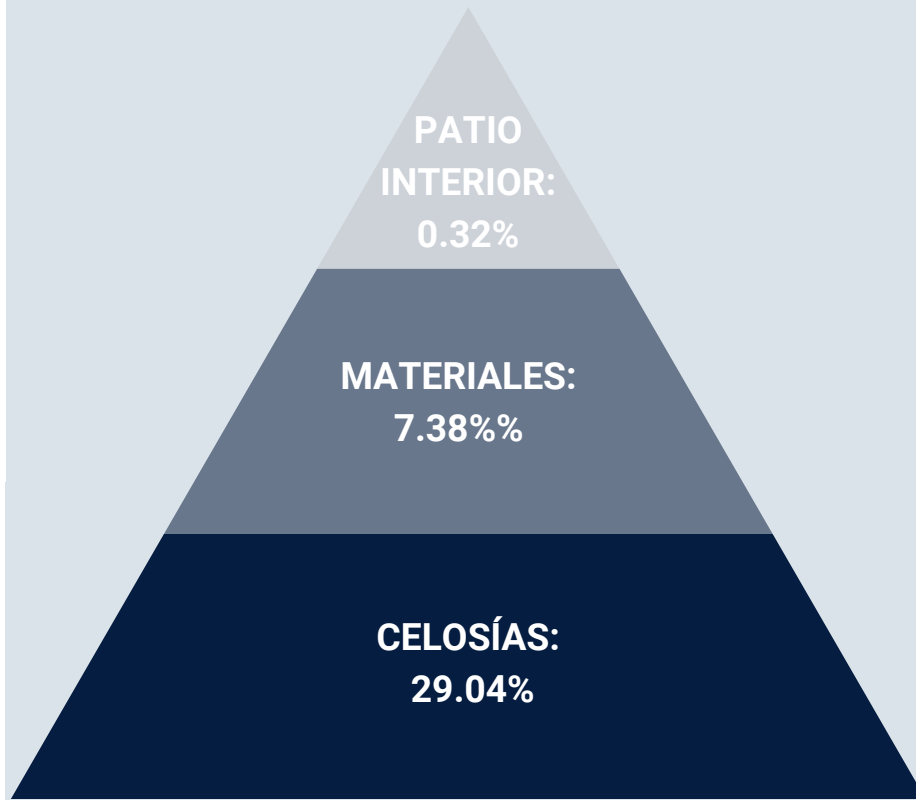


En las simulaciones realizadas, los resultados sugieren que es preferible usar cámara de aire debido a que reduce de mejor manera la temperatura ambiental que con aislamiento.

# ESTRATEGIAS PASIVAS

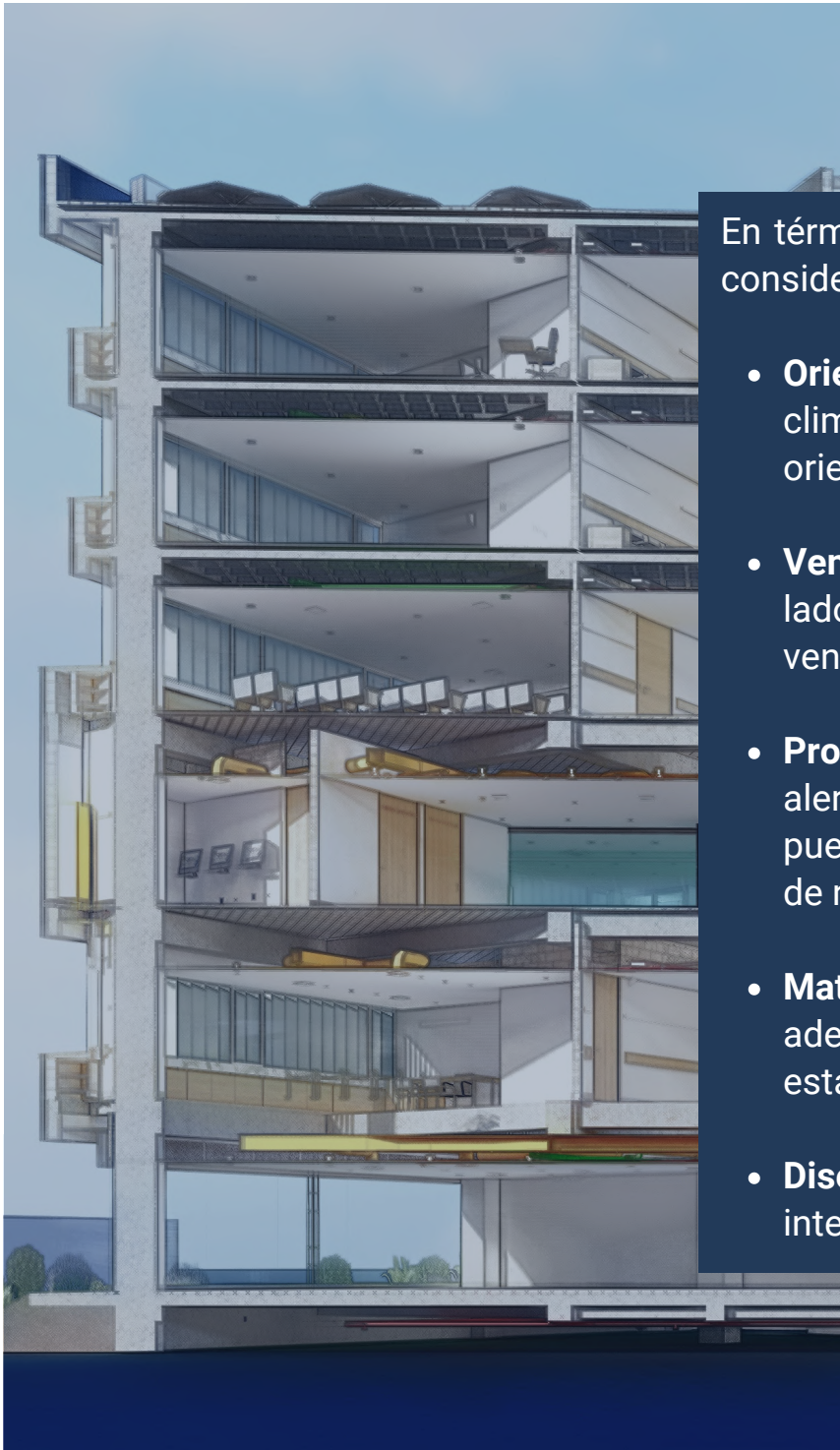
Las estrategias pasivas implementadas en el objeto de estudio, Edificio Medcenter, ubicado en la ciudad de Machala, son:

- Celosías
- Patio interior
- Materiales para crear una fachada ventilada



En las simulaciones realizadas con cada una de estas estrategias, se obtienen estos datos en su día con temperatura ambiental más caliente, el 12 de Marzo. Como resultados se observa que:

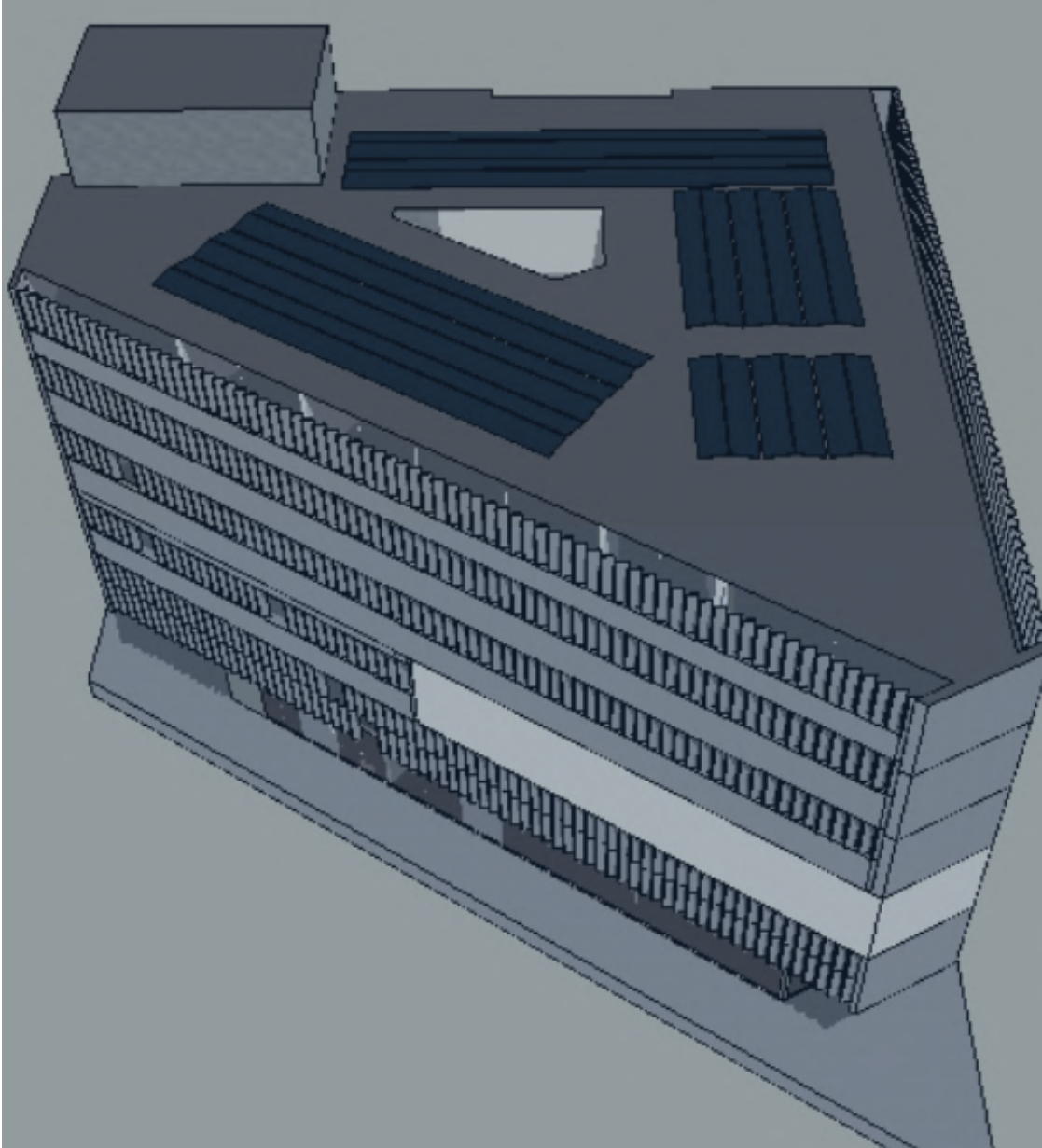
- El patio interior reduce un 0.32% la temperatura ambiental
- Los materiales para crear una fachada ventilada, reducen un 7.38% la temperatura interior
- Y las celosias reducen un 29.04% la temperatura ambiental, siendo las estrategias pasivas mas eficientes



En términos de estrategias pasivas para este tipo de clima existen algunas consideraciones clave:

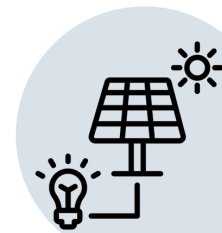
- **Orientación para reducir la ganancia de calor:** Como Machala tiene un clima cálido, puede ser beneficioso para reducir la ganancia de calor, orientar las partes del edificio que reciben luz solar directa hacia el sur.
- **Ventilación cruzada:** Esto implica colocar ventanas estratégicamente en lados opuestos del edificio para permitir la circulación del aire y la ventilación natural.
- **Protección solar:** La incorporación de elementos arquitectónicos como aleros y voladizos para proteger las ventanas de la luz solar directa puede ayudar a controlar la temperatura interior y reducir la necesidad de refrigeración artificial.
- **Materiales de construcción:** Usar los materiales de construcción adecuados puede ayudar a mantener una temperatura ambiente más estable.
- **Diseño de patios internos o jardines:** Introducir áreas verdes o patios internos proporciona áreas frescas.

# 05 ESTRATEGIAS ACTIVAS



La función de la arquitectura en el contexto en el que vivimos, el diseño que se plantee para cualquier edificación debe tratar de generar el menor gasto energético y el confort térmico. Las estrategias activas serán un complemento una vez que se hayan aplicado las estrategias pasivas.

La implementación de estrategias activas junto con las pasivas puede mejorar el control y gestión del confort térmico en espacios interiores.



**PANELES  
FOTOVOLTAICOS**

El gráfico proporciona una representación visual de esta producción de energía anual, utilizando el software Design Builder. En el eje y, se presenta la cantidad de Kwh generados mediante las estrategias activas implementadas en la edificación. La simulación realizada proyecta una producción estimada que se sitúa entre 64,000 y 73,000 Kwh a lo largo del año, en consonancia con las previsiones iniciales. Asimismo, al calcular un promedio mensual, se estima que se generarán alrededor de 5,333 a 6,083 Kwh por mes.

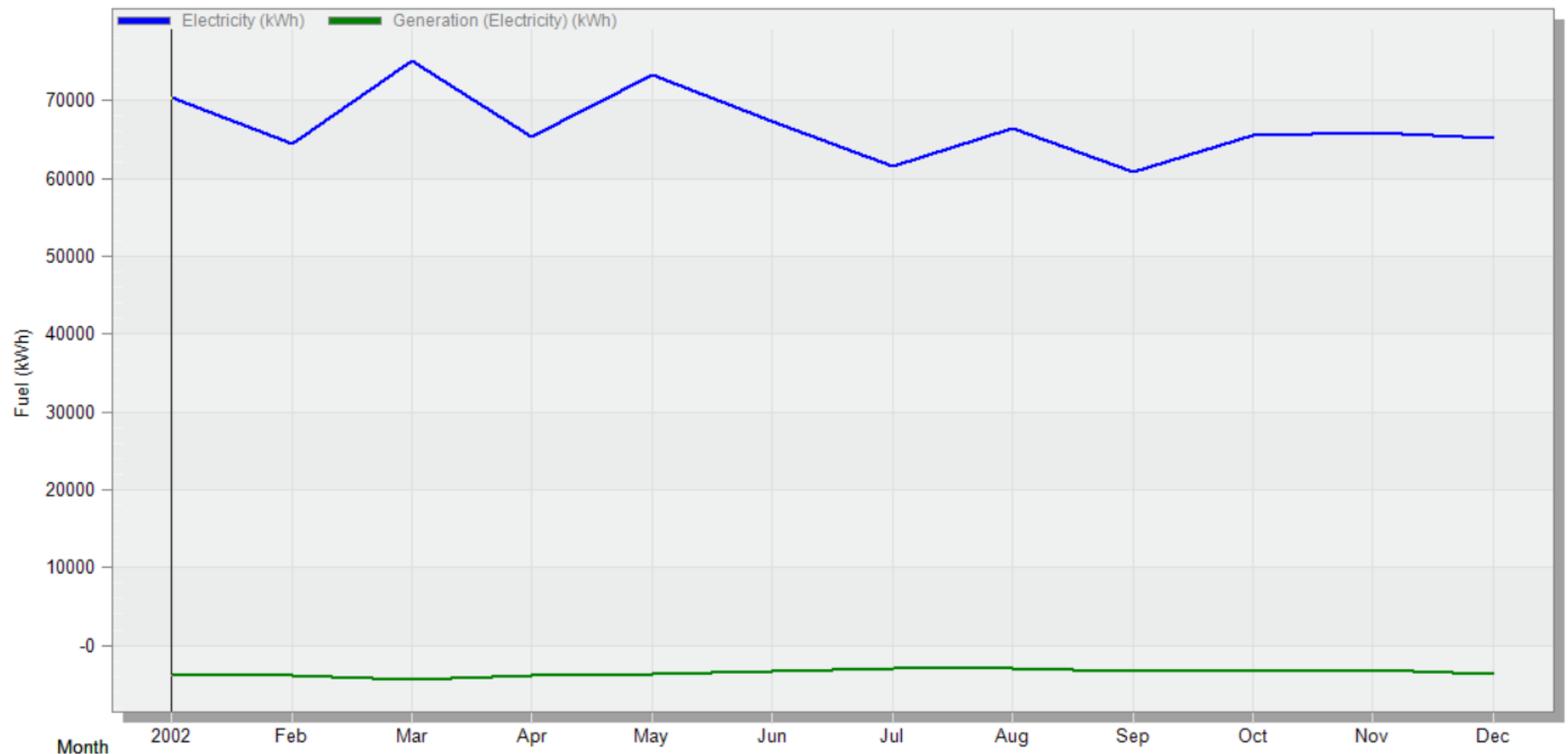
70469.07

EnergyPlus Output

## Fuel Totals - Edificio Medicenter, Building 1

1 Jan - 31 Dec, Monthly

Licensed



Electricity (kWh)	70469.07	64409.07	75168.09	65318.52	73294.33	67334.02	61559.65	66378.49	60900.41	65431.30	65845.38	65111.73
Generation (Electricity) (kWh)	-3798.81	-3788.53	-4489.14	-3918.44	-3748.07	-3305.71	-2999.41	-2894.24	-3369.14	-3303.65	-3054.99	-3599.69

# 06 CONCLUSIONES

Tras evaluar exhaustivamente los resultados del análisis energético, se revela que la dependencia exclusiva de estrategias pasivas no es suficiente para garantizar el confort térmico en climas cálido-húmedos. Aunque las estrategias pasivas son fundamentales, su eficacia se ve limitada. Por lo tanto, es imperativo incorporar estrategias activas, para lograr una sinergia óptima entre eficiencia energética y calidad ambiental.

En el estudio realizado, se examinaron tanto las estrategias pasivas como activas en la edificación analizada y se demostró que ambas tienen una eficiencia significativa en términos de sostenibilidad. La implementación de las tres estrategias pasivas logró una reducción térmica de 3 a 15°C. Por otro lado, la estrategia activa generó una cantidad específica de energía, lo que permitió una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub>.



Código QR

¡Diviértete!

**Realiza un manual interactivo**