



**Influencia de la geometrización de los patios en el desempeño higrotérmico de los espacios  
adyacentes a ellos.**

**Sara María Grimaldos Echavarría**

**Arquitecto**

**Verónica Henriques, Magister en Bioclimática**

**Luis Felipe Lalinde, PhD en Ingeniería de la Construcción**

**Universidad Pontificia Bolivariana  
Escuela de Arquitectura y Diseño**

**Arquitectura**

**Medellín, Antioquia, Colombia**

**2024**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a todas las personas que me han estado acompañando en este proceso de formación, las cuales me han apoyado y guiado para lograr el resultado de esta investigación.

---

## Agradecimientos

En este paso más para cumplir uno de los propósitos más grandes de mi vida, le quiero dar gracias incondicionales y más importantes a mi familia, la cual han sido el motor más grande y el acompañamiento constante en este crecimiento personal y profesional.

Este camino de investigación me ha dejado grandes aprendizajes y conocimientos antes no tenidos, que siempre fueron guiados por grandes profesores, por ende, también quiero agradecer el apoyo de mi asesora la profesora Verónica Henriques, por todas sus sugerencias tan dalladas y llenas de dedicación y tiempo que proporcionaron una dirección muy gratificante y amena para alcanzar el resultado de esta investigación



**TABLA DE CONTENIDO**

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 12

2. JUSTIFICACIÓN ..... 14

    2.1 A quién interesa esta investigación ..... 15

3. OBJETIVOS ..... 16

    3.1 Objetivo general ..... 16

    3.2 Objetivos específicos ..... 16

4. MARCO CONTEXTUAL ..... 18

    4.1 Contexto geográfico ..... 18

    4.2 Contexto social-cultural..... 20

    4.3 Contexto normativo y regulaciones ..... 21

5. MARCO CONCEPTUAL ..... 24

6. DISEÑO METODOLÓGICO..... 30

    6.1 Recursos, actividades y tiempos ..... 32

    6.2 Procedimientos..... 32

    6.3 Especificaciones y configuración de herramienta ..... 34

        6.3.1 Configuraciones de los patios ..... 34

        6.3.2 Configuración simulaciones ..... 37

    7.1 Resultados simulación diseño actual ..... 50

    7.2 Resultados simulación configuración 1 ..... 52

    7.3 Resultados simulación configuración 2 ..... 54

    7.4 Resultados simulación configuración 3 ..... 56

    7.5 Resultados simulación configuración 4 ..... 58

    7.6 Resultados simulación configuración 5 ..... 60

    7.7 Resultados simulación configuración 6 ..... 62

    7.8 Comparaciones..... 64

8. CONCLUSIONES ..... 78



**TABLA DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Sección por los patios subterráneos de la clínica CISAFM. Fuente (taller síntesis, s.f)..... 13

Ilustración 2. Localización del hospital CISAFM (Google Maps)..... 18

Ilustración 3.Gráfica temperaturas en Medellín. Fuente: IDEAM. (2000). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos [Archivo PDF] ..... 19

Ilustración 4.Gráfica humedad promedio en Medellín.) Fuente: IDEAM. (2000). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos [Archivo PDF] ..... 19

Ilustración 5.Render propuesta clínica de la mujer. Fuente: (taller síntesis,s.f)..... 21

Ilustración 6.clínica CISAFM realidad construida..... 21

Ilustración 7.Mapa mental conceptos a relacionar. ilustración propia ..... 24

Ilustración 8.Estratificación según profundidad. Fuente:( Rojas Fernández 2014; Borrego 2019) ..... 27

Ilustración 9.Fenómeno de convección en el patio. Fuente (Rojas Fernández 2014; Borrego 2019) ..... 28

Ilustración 10.Patrones de flujo de aire en función de la profundidad. Fuente: (Rojas Fernández 2014; Borrego 2019) ..... 28

Ilustración 11.Matriz de fases estructuración del trabajo. ilustración propia ..... 30

Ilustración 12.mapa diseño metodológico, recursos, actividad y tiempo. Ilustración propia ..... 32

Ilustración 13.Procedimientos por objetivos. Ilustración propia..... 33

Ilustración 14.Ubicación patio de estudio. ilustración propia..... 34

Ilustración 15.Planta esquemática zonificación espacio de estudio sótano clínica CISAFM.ilustracion propia..... 39

Ilustración 116. mapa conceptual diseño metedológico. ilustración propia..... 50

Ilustración 17.Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con en el diseño actual ..... 50

Ilustración 18.Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con en el diseño actual..... 50

Ilustración 19.grafica de comportamiento térmico del patio con en el diseño actual ..... 51



Ilustración 20. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 1..... 52

Ilustración 21. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 1..... 52

Ilustración 22. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento de altura..... 53

Ilustración 23. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 2..... 54

Ilustración 24. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 2..... 54

Ilustración 25. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento de largo..... 55

Ilustración 26. Tabla promedio de horas en el rango de Temperatura de las zonas térmicas con configuración 3..... 56

Ilustración 27. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 3..... 56

Ilustración 28. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración geometría cuadrada..... 57

Ilustración 29. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 4..... 58

Ilustración 30. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 4..... 58

Ilustración 31. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento el ancho ..... 59

Ilustración 32. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 5..... 60

Ilustración 33. Tabla promedio de horas en el rango de Humedad de las zonas térmicas con configuración 5..... 60

Ilustración 34. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de disminuir ancho y largo ..... 61



Ilustración 35. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 6..... 62

Ilustración 136. mapa mental diseño metodológico. Ilustración propia..... 62

Ilustración 37. Tabla promedio de horas en el rango de Humedad de las zonas térmicas con configuración 6..... 62

Ilustración 38. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de cambio ..... 63

Ilustración 39. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 1 aumento de la altura ..... 64

Ilustración 40. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 2..... 65

Ilustración 41. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 3..... 66

Ilustración 42. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 4..... 67

Ilustración 43. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 5..... 68

Ilustración 44. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de Patio original vs configuración 6..... 69

Ilustración 45. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de inicial del patio vs las diferentes configuraciones formales ..... 70

Ilustración 46. Sección patio configuración formal 1 (aumentar la altura) comportamiento térmico identificado. ilustración propia..... 71

Ilustración 47. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia..... 71

Ilustración 48. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia..... 72

Ilustración 49. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia..... 72

Ilustración 50. Sección patio configuración formal 4 (aumentar el ancho) comportamiento térmico identificado. ilustración propia..... 73



---

Ilustración 51. Comparativas patio configuración formal 4 (aumentar el ancho) vs configuración 5 comportamiento de convección identificado. ilustración propia.....	74
Ilustración 52. Comparativa de los Patrones de flujo de aire en función de la profundidad-ancho de la configuración 4 vs configuración 5 del patio. Ilustración propia .....	75
Ilustración 53. Comparativa de los Patrones de flujo de aire en función de la profundidad-ancho de la configuración 5 vs configuración 6 del patio. Ilustración propia .....	76
Ilustración 54. mapa diseño metodológico. elaboración propia .....	80





**RESUMEN**

Esta investigación procura ser un sustento teórico y experimental sobre la incidencia de la geometrización de los patios en su desempeño higrotérmico por medio del estudio de los patios de la clínica de la mujer CISAMF. Se realizan simulaciones digitales de diferentes configuraciones de este espacio que permiten un análisis de la variable de tamaño, con el fin de valorar su comportamiento en diferentes condiciones, y determinar pautas de diseño necesarias a tener en consideración para la implementación de este espacio. Donde se comprobó que el diseño cuidadoso del patio pueda maximizar, repotenciar y optimizar beneficios al espacio como control de la temperatura, aislamiento o ganancias térmicas, microclimas y reducir la dependencia de sistemas de ventilación y climatización artificial, lo que contribuye a una eficiencia energética sostenible, y al bienestar de los usuarios.

**PALABRAS CLAVE**

Patios, desempeño higrotérmico, ventilación natural, temperatura, humedad, eficiencia energética, sostenibilidad, bioclimática, arquitectura.



## INTRODUCCION

En la actualidad la arquitectura se ha destacado por incluir en la mayoría de sus diseños el uso de energías artificiales como el aire acondicionado que están generando grandes consumos energéticos que representa una gran impacto en el ambiente, por lo tanto el uso de estrategias pasivas en la arquitectura que tengan en cuenta la conciencia sobre las condiciones del contexto y aprovechan de recursos naturales para la regulación térmica de una espacio como la ventilación natural, es un gran reto de hoy en día de esta profesión.

El patio es un elemento utilizado desde hace mucho tiempo en la arquitectura y el cual responde de una manera eficiente y sostenible a la regulación de las temperaturas interiores, gracias a su comportamiento físico y termodinámico puede generar condiciones micro climáticas al interior siendo un embudo que retiene el aire frio a la vez que puede expulsar el caliente. Por ende, el patio es una opción de estrategia pasiva importante de implementación en la arquitectura actual.

Por consiguiente, es esencial aprender sobre su funcionamiento y los factores que inciden en su comportamiento térmico como lo puede ser su geometría. Por medio de softwares digitales como open studio, se alcanza un estudio de estos para lograr unas pautas de diseño eficiente y acordes al contexto de cada edificio.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Laura de la Plaza Hidalgo (2019) arquitecta urbanista y coautora del libro "Elements of Sustainable Architecture", sostiene que, en el siglo XXI, la arquitectura se ha enfocado en diseñar edificios como entidades separadas de su entorno, lo que ha resultado en una falta de énfasis en el estudio de los componentes de la arquitectura bioclimática, degradando la implementación y el valor de esta. Por consiguiente, hoy en día se evidencia el poco uso de las estrategias pasivas en los diseños de edificios para una regulación climática sostenible y una mayor predominancia de la utilización de herramientas artificiales que aumenta el consumo energético y contaminación.

Frente a esto, la concientización acerca del diseño pasivo de los edificios por medio de investigaciones e información sobre la arquitectura bioclimática es necesaria según José Marc González (2004) el estudio sobre las estrategias pasivas que responden a las condiciones del contexto y a las necesidades de confort del espacio actual son escasos y es imprescindible el uso de estos estudios para la implementación de la construcción de un entorno construido más sostenible.

Por lo tanto, este trabajo de investigación pretende rescatar de la arquitectura bioclimática, la temática de los patios, enfatizando su influencia térmica como elemento espacial arquitectónico sostenible, el cual en la actualidad no se aplican completamente sus beneficios por falta de conocimiento. Al comprender el funcionamiento de estos y, cuáles son los factores que hacen posible la optimización y mejoramiento de su comportamiento climático, permite definir pautas para el diseño de patios que funcionen con las nuevas dinámicas formales de la arquitectura contemporánea e impulsar el uso de estos (Galan, 2017).

En la actualidad se pueden identificar casos de estudio donde se realizan dinámicas diferentes sobre el uso de este elemento arquitectónico, tal es el caso de la clínica de la mujer CISAFM, ubicada en Medellín, Colombia. Por medio de este, se reconoce como carácter arquitectónico principal los patios, los cuales tienen un planteamiento de la ubicación y forma diferente, ya que se encuentran de manera subterránea en el área de consulta externa. Por ende, esta situación trae consigo una serie de incógnitas y motivaciones acerca del estudio de la eficiencia, confort y satisfacción térmica del lugar por parte de la influencia de las variaciones formales en los patios planteados, y las cuales



pueden implicar en una optimización en el funcionamiento y diseño futuro de estos en otras situaciones.

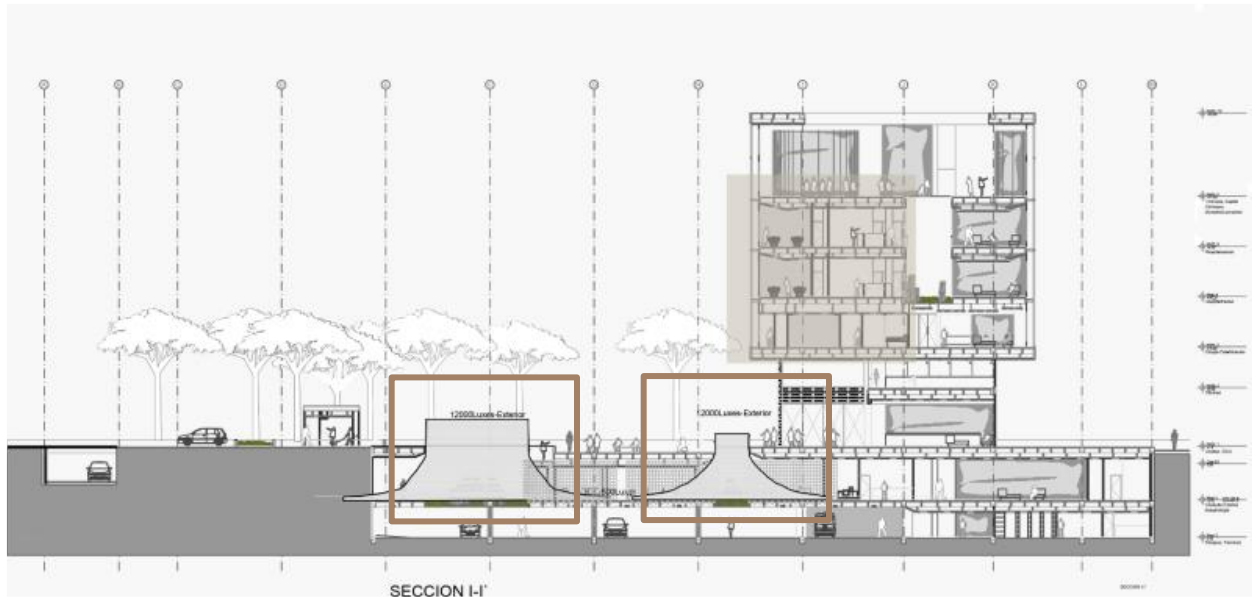


Ilustración 1. Sección por los patios subterráneos de la clínica CISA FM. Fuente (taller síntesis, s.f)

Por ende, es un caso de estudio idóneo para analizar y comprender el comportamiento de los patios por medio de preguntas guía sobre su funcionamiento térmico.

### **Pregunta guía de la investigación**

¿Cómo influye el tamaño y la ubicación de los patios en el desempeño higrotérmico del área de consulta externa de la clínica de la mujer CISA FM?

#### **- Subpreguntas**

¿En qué medida se cumple con las necesidades reales de confort higrotérmico en el área de consulta externa por medio del diseño planteado de los patios?

¿Cómo identificar pautas y variables a tener en cuenta en el diseño de la geometría de futuros patios las cuales influyan en las características térmicas?



## 2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la concientización frente al cambio climático ha aumentado debido a la contaminación acumulada que está experimentando la tierra, la mayor parte de esta es debido al consumo de las principales fuentes energéticas como petróleo, gas natural y combustibles, es decir, el consumo energético generado en la mayoría de los sectores profesionales, tales como la construcción, en América Latina los edificios son responsables de la mayor parte del consumo energético, por ende, es importante la sustitución de estas fuentes de energía por fuentes renovables o estrategias pasivas para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Según la Agencia Internacional de Energía, las edificaciones consumen más del 30% de la energía en todo el mundo. Además, para el 2050, Centroamérica y América del Sur serán responsables de casi el 6% del uso mundial de energía en edificaciones: un 40% más de lo que se consume actualmente, por consiguiente, el hablar de eficiencia energética y ahorrar energía en las construcciones es fundamental para mitigar el impacto del cambio climático (Distrito térmico Colombia, 2018).

Frente a estas condiciones de reducción del consumo de energía de los edificios, se debe implementar diseños que favorezcan el control térmico mediante estrategias pasivas, como el uso del patio dentro de los edificios. Según Javier Neila, el patio es una estrategia de diseño de la arquitectura tradicional, el cual consigue crear unas condiciones micro climáticas en su interior, logrando reducir las necesidades energéticas de refrigeración, siendo este un elemento importante y clave para mejorar el funcionamiento y disminución energética de los edificios (González, 2004).

Empero, el patio ha perdido su implementación y estudio debido a las nuevas estrategias de climatización de alto consumo energético como los aires acondicionados, dejando de lado este como componente esencial para el control climático de los espacios. Por consiguiente, este trabajo es importante, ya que analiza y estudia los principales factores y pautas técnicas de la geometrización de los patios que se deben tener en cuenta en sus diseños futuros para mejorar su desempeño higrotérmico, por medio de análisis de simulaciones digitales, otorgando así una reflexión y bases sobre las cualidades y beneficios cualitativas y cuantitativas sobre el diseño técnico cuidadoso de este frente a su tamaño, vegetación, ubicación y comportamiento térmico para lograr ser una estrategia sostenible y optimizar su capacidad para mejorar las condiciones y



necesidades climáticas del edificio y motivar el uso de este elemento en diferentes proyectos de la arquitectura actual.

En definitiva, la brecha y falta de investigaciones sobre el comportamiento de los patios especialmente la relación de la geometrización con su desempeños térmicos o lumínico deja en claro la necesidad de trabajos enfocados en estas temática sobre la importancia de un entorno construido más sostenible, el cual aproveche y potencie las características bioclimáticas de un espacio y el bienestar del ocupante, al final esta investigación busca más que recopilar un conocimiento académico pretende ser una base para futuras aplicaciones prácticas en el diseño de edificios más eficientes energéticamente.

## **2.1 A quién interesa esta investigación**

Esta investigación pretende ilustrar acerca de las características y potencialidades de los patios como estrategia pasiva y sostenibles para un buen desempeño higrotérmico. Por lo tanto, se fomenta el análisis de patios existentes con el fin de exponer a partir de estos hallazgos puntos de interés clave como son: estrategias y variables de diseño de patios, historia del patio, confort y bioclimática, por ende, se dirige a instituciones y personas interesadas en la arquitectura bioclimática del patio.

### *Universidades y estudiante, profesionales dedicadas al tema*

La investigación sería un aporte tanto para diseñadores profesionales o en proceso de formación, pues se impulsa el valor de estrategias de constructivas y de diseño de patios en pro del mejoramiento sostenible de la arquitectura actual, por ende, el comprender las variables que afectan el desempeño bioclimático de los patios desde su diseño hasta su implantación impulsa la innovación y sostenibilidad de este elemento arquitectónico tradicional en su uso en los diferentes tipos de edificios.

### *Usuarios*

El trabajo también es un aporte para los usuarios del espacio a diseñar, ya que se pretende sensibilizar acerca de esta estrategia pasiva para mejorar el confort y la habitabilidad del espacio



### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la influencia de las variaciones en tamaño, ubicación y forma de los patios en el desempeño higrotérmico en el área de consulta externa de la clínica de la mujer, con el fin de identificar estrategias de diseño que optimicen la ventilación natural, la reducción o ganancia de calor en el espacio.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Valorar las variaciones de temperatura, viento y humedad en el área de consulta externa de la clínica CISAFM en condiciones actuales
- Comparar el desempeño higrotérmico de diferentes configuraciones y parámetros formales (tamaño) de los patios.
- Definir las principales variables o pautas que deben considerarse al diseñar patios internos en relación con su desempeño higrotérmico.





## MARCO CONTEXTUAL



## 4. MARCO CONTEXTUAL

### 4.1 Contexto geográfico

#### Caso de estudio: clínica CISAFM

La Clínica de la Mujer, actualmente conocida como CISAFM (Centro Integral de Servicios Ambulatorios para la Mujer y la Familia) se encuentra ubicada en Colombia, en el sector norte de la ciudad de Medellín, barrio Sevilla, dentro de su contexto urbano se encuentra determinada por la carrera 51d entre las calles 71 y 73, la zona se caracteriza por contar con una mixtura de usos donde se encuentra: Universidad de Antioquia, Jardín



Ilustración 2. Localización del hospital CISAFM. fuente (Google Maps)

Botánico, Parque de los Deseos, Parque Explora, con acceso por Autopista Regional, Avenida Carabobo y Línea de Metro

Asimismo, su ubicación geográfica representa unas condiciones ambientales y climáticas promedio, sus temperaturas oscilan entre los 17°C y los 28°C y la ciudad se caracteriza por un clima cálido con humedades entre 43% y 70%. Según el informe del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2000) la temperatura promedio de Medellín es 21 °C, al mediodía alcanza las mayores temperaturas entre 26 y 28, en la noche y mañana se oscilan las menores temperaturas entre 17 y 18. Respecto la humedad relativa está fluctúa entre el 63% y el 73% en promedio a lo largo del año.



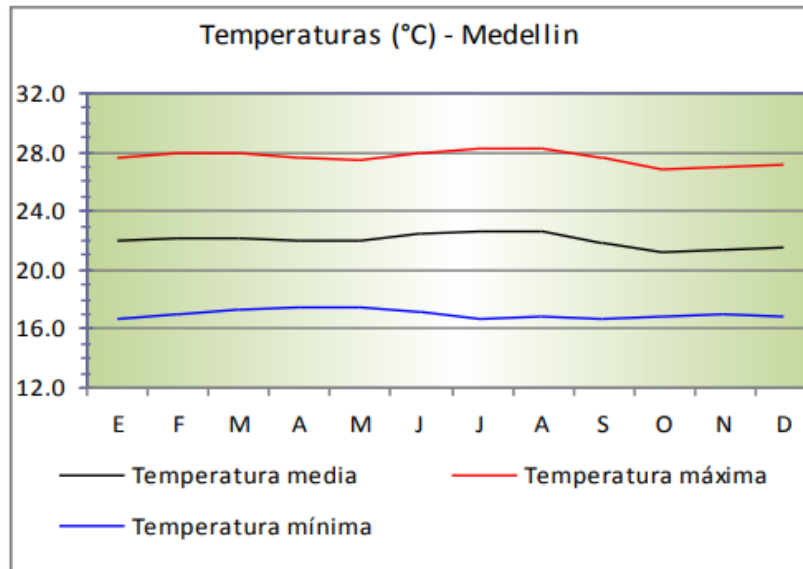


Ilustración 3. Gráfica temperaturas en Medellín. Fuente: IDEAM. (2000). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos [Archivo PDF]

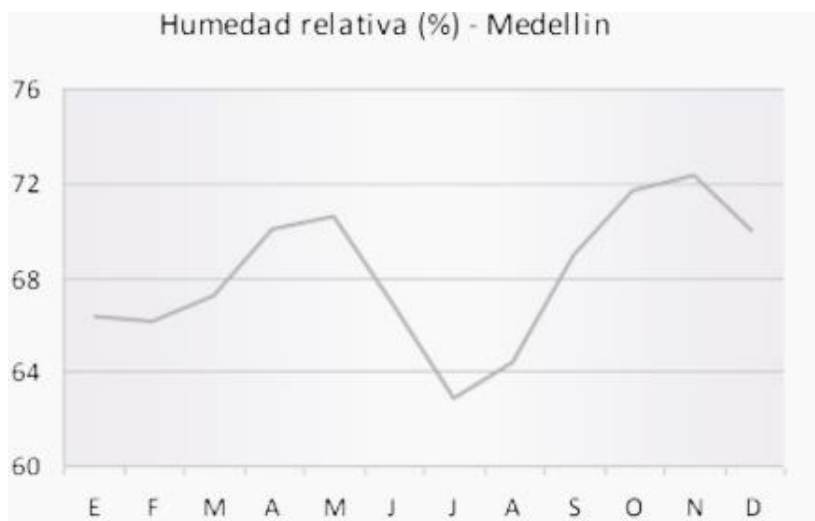


Ilustración 4. Gráfica humedad promedio en Medellín. Fuente: IDEAM. (2000). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos [Archivo PDF]



## 4.2 Contexto social-cultural

La clínica de la mujer tiene un contexto social que marco una diferencia notoria en su proceso de construcción, todo comienza en el año 2006 cuando según la organización de Mujeres Confiar hubo un incremento en el diagnóstico de cáncer de mama, según los datos del Boletín epidemiológico de 2008, siendo este como la “tercera causa de muerte en las mujeres menores de 60 años residentes en Medellín”. Con base a esto, se dio a conocer situaciones sociales en la atención medica en Medellín, pues se percibió una degradación en los programas de prevención y detección temprana de estas enfermedades, lo cual impulso a la médica Martha Lucía Correa Escobar, sobre la idea de la construcción de una clínica para las mujeres, la cual tuvo su ejecución en el Plan de Desarrollo Municipal Medellín es Solidaria y Competitiva 2008 - 2011 como un proyecto de salud (Valoyes,2018)

Sin embargo, a pesar de la consolidación de la clínica en el mismo año 2006, la Corte Constitucional, en su Sentencia C-355, admitió la interrupción voluntaria del embarazo (IVE) como una opción del derecho a la salud e integridad de las mujeres, lo que implicó una mala interpretación de la comunidad sobre la clínica percibiéndola como un lugar de muerte, generando grandes tensiones sociales que significo en la cancelación del proyecto (Valoyes,2018)

Posteriormente, muchas mujeres hicieron una protesta pacífica sobre la necesidad de esta clínica en la ciudad, lo cual llego a manos de Aníbal Gaviria Correa, quien incorporó el centro médico en su plan de desarrollo 2012- 2015 “Un hogar para la vida”. Empero, durante esta administración el proyecto sufrió algunas modificaciones, empezando por el cambio de nombre a Centro Integral de Servicios Ambulatorios para la Mujer y la Familia (CISAMF), desapareció el servicio de IVE del proyecto y en su construcción el presupuesto se redujo trayendo consigo unas modificaciones notorias en el diseño principalmente planteado en el año 2009 (Valoyes,2018)

En el año de 2009 la Alcaldía de Medellín abrió el concurso público nacional para el diseño de este proyecto, los Arquitectos Farhid Maya Ramírez y Johan Quintero Posada pretendían crear una clínica que se adaptará al contexto social y cultural proponiendo un espacio para la atención de los problemas de salud exclusivamente de las mujeres, enfocándose primordialmente en las familias y mujeres de menores ingresos económicos y generando un gran espacio público como puntos de encuentro para la comunidad. Finalmente tuvo un resultado diferente a lo diseñado inicialmente y se finalizó su construcción en el 2017. (Taller síntesis, s.f.)





*Ilustración 5. Render propuesta clínica de la mujer. Fuente: (taller síntesis, s.f).*



*Ilustración 6. clínica CISAFM realidad construida*

### 4.3 Contexto normativo y regulaciones

#### Normas sobre regulaciones del confort térmico

- La norma española UNE-EN ISO 7730: es un marco normativo sobre regulaciones acerca de la ergonomía del ambiente térmico, el documento proporciona pautas para evaluar y diseñar condiciones de confort térmico en un edificio. Por consiguiente, esta norma se convierte en un punto de referencia crucial diseñadores de oficinas y fábricas hasta viviendas y centros de salud, asimismo, de gran relevancia teórica en esta investigación, pues este documento presenta a consideración métodos de evaluación para determinar si las condiciones térmicas en un espacio cumplen con los requisitos de confort térmico, lo cual es necesario para el proceso de análisis sobre la satisfacción térmica de los patios según su geometrización. Algunas variables para considerar según esta norma son:

Mediciones de las variables ambientales como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación solar

- La norma ASHRAE Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, es un marco normativo sobre regulaciones para crear condiciones ambientales térmicas cómodas para las personas . En el contexto de este trabajo de investigación, es esencial destacar la influencia de las condiciones ambientales en el desempeño térmico de un espacio, por lo tanto, este marco normativo es un referente contextual fundamental que proporciona pautas científicas y estándares para diseñar y mantener entornos térmicos y de calidad del aire



interior óptimos. Se toma en cuenta las pautas de diseño basados en criterios como la temperatura, la humedad, la velocidad del aire, la radiación solar, y la eficiencia energética, la sostenibilidad y el bienestar de los ocupantes en edificios.

### **Normas técnicas para hospitales**

- Norma Técnica Colombiana NTC 4513, presenta requerimientos sobre la calidad del aire interior en centros de atención médica, incluyendo los sistemas de ventilación, filtración del aire y pautas para tener un ambiente interior cómodo.
- Resolución 1564 de 2005, establece las normas de construcción de clínicas en Colombia, se presenta requisitos sobre la ventilación, renovaciones y el acondicionamiento de aire.

Estos documentos tienen una relevancia con la investigación ya que define las renovaciones y necesidades de ventilación requeridas en espacios hospitalarios, el cual es el centro de estudio de este trabajo, por ende, es una base normativa importante sobre las condiciones a cumplir para el funcionamiento correcto de las actividades en este tipo de edificio.

### **Normas técnicas sobre patios**

Código de Construcción Colombiano (NSR-10): es un código sobre las regulaciones más importantes para la construcción en Colombia. Este documento contiene pautas y requisitos necesarios para los patios, como dimensiones mínimas, distancias entre edificios y características estructurales, lo cual es importante a considerar en la investigación ya que es de relevancia tener las cualidades estándares requeridas en la norma de los patios con el fin de contrastar su funcionalidad y eficiencia térmica frente a estas regulaciones.



## MARCO CONCEPTUAL



### 5. MARCO CONCEPTUAL

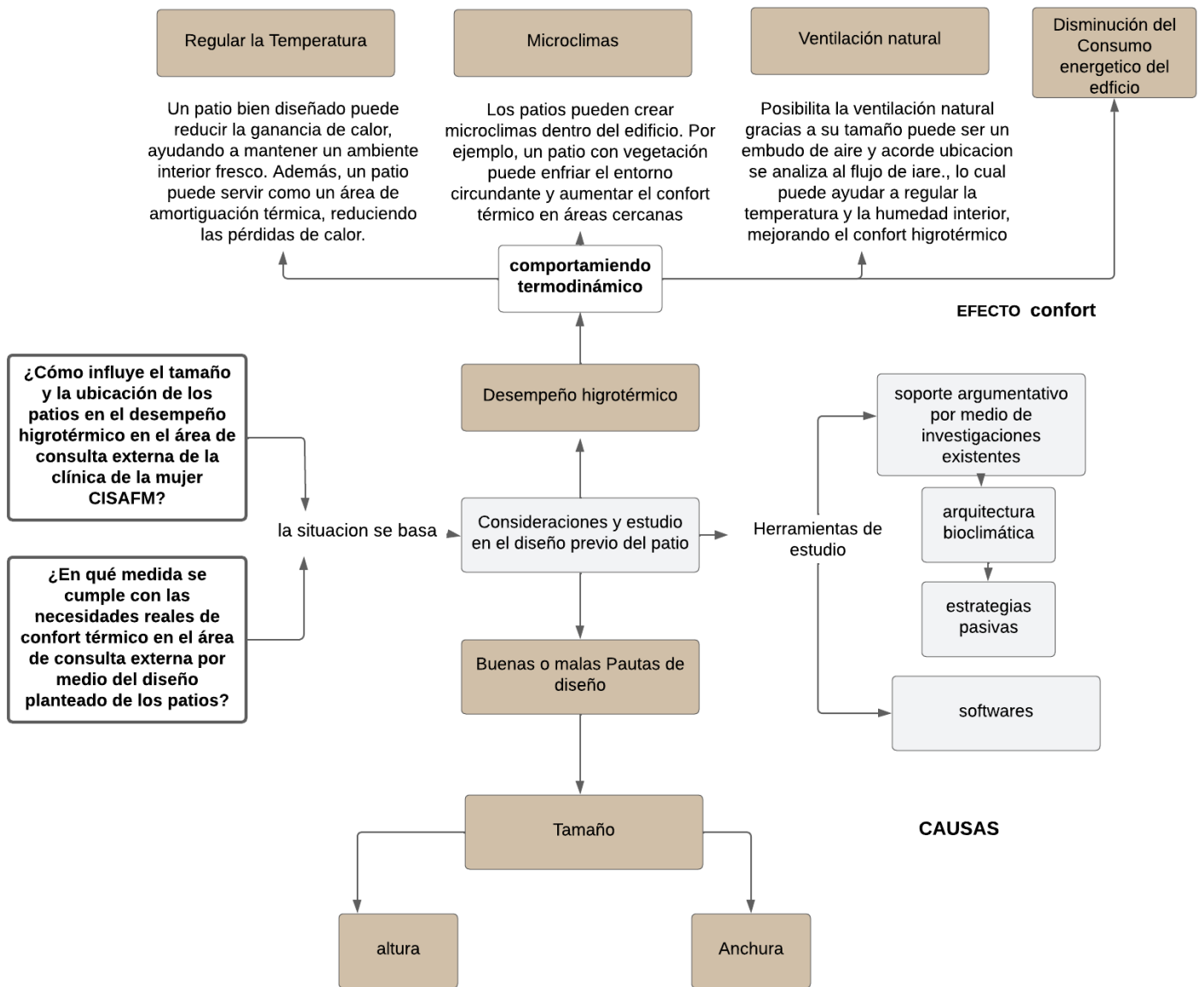


Ilustración 7. Mapa mental conceptos a relacionar. ilustración propia





Para el entendimiento de la investigación se tuvieron en cuenta una serie de conceptos, partiendo desde **la arquitectura bioclimática** definida como *"el arte de construir teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar, con el fin de proporcionar condiciones de bienestar térmico a sus habitantes, minimizando el consumo energético en calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación"* (Olgay, 2020). Lo que significa que la arquitectura bioclimática por medio de estrategias maximiza el confort del espacio al mismo tiempo que disminuye el consumo energético de los edificios, ya que se fundamenta en el entendimiento y uso de principios claves como son la iluminación natural, ventilación natural y materiales que proporcionan una comodidad para las personas, por lo tanto este concepto desliga al **confort higrotérmico** el cual se entiende como un estado de satisfacción con entorno ya que el cuerpo percibe un equilibrio térmico con su alrededor, es decir, se siente cómodo y no tiene la necesidad de regular su temperatura corporal con otras herramientas de climatización como puede ser el aire acondicionado (ASHRAE, 2017). Sin embargo, el confort térmico parte en gran medida de unos estándares que establecen unos rangos de humedad y temperatura para determinar la comodidad del espacio, pero también es esencial tener en consideración que las personas varían sus sensaciones y adaptación en el lugar, lo cual influye en la percepción y cambio del confort, reconociendo esto como el **confort adaptativo**. (Godoy, 2012)

Con base en estas definiciones, se resalta la importancia de crear un espacio con cualidades térmicas en donde las personas se sientan satisfechas y no experimenten sensaciones de frío o calor extremo acorde al uso del lugar. El confort térmico implica que la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y otros factores ambientales estén dentro de un rango en el cual las personas pueden realizar sus actividades sin sentirse incómodas, y lo cual puede implicar el uso no medido de estrategia de climatización artificial, por ende, es necesario a considerar las **estrategias pasivas**, las cuales se ligan de la arquitectura bioclimática, pues se entiende estas como el conjunto de técnicas de diseño que aprovechan las condiciones naturales del entorno para lograr un confort térmico y visual óptimo en el interior de los edificios, sin depender de sistemas de climatización que aumentan el consumo energético del edificio. Estas se basan principalmente en pautas de diseño como la orientación del edificio, la selección de materiales, el uso de luz natural, y la ventilación cruzada, entre otros. (Thierfelder, 2019).



Por lo tanto, la reducción del **consumo energético de los edificios** se da por medio de estas pautas de diseño pasivo, pues este concepto se entiende como la cantidad de energía que un edificio utiliza en sistemas con calefacción, refrigeración e iluminación, los cuales influyen en gran medida en la contaminación del medio ambiente.

Por consiguiente, es necesario determinar estrategias que influyen en la satisfacción térmica del espacio de una manera sostenible como el **patio**; entendido como un espacio interior, que varía su forma y tamaño, que proporciona una ventilación e iluminación natural al edificio, y siendo así un elemento de transición espacial que puede contribuir a la sostenibilidad y al bienestar de las personas. Además, *“En climas cálidos y templados, puede generar unas condiciones microclimáticas en el interior debido a su capacidad para almacenar el aire fresco, este funcionamiento está íntimamente relacionado con las características de diseño y termodinámica, especialmente, con los muros que delimitan el patio y con las corrientes de viento que en él se producen”* (Rajapaksha, 2003), es decir los patios configuran unos **microclimas** que se entiende como microentornos conformados dentro de estos espacios expuestos a las condiciones externas, donde diferentes factores como la **ventilación natural** y la **temperatura, asolamiento y vegetación** interactúan entre sí y crean espacios climáticos distintas y distintivas a condiciones en áreas más amplias. Por medio de este concepto se empieza a entender el **comportamiento térmico** del patio, según Juan Manuel Borrego (2019) el comportamiento termodinámico de un patio depende en gran medida de las interacciones del aire en su interior, determinando fenómenos físicos esenciales como la estratificación, convección y patrones de flujo, que permiten que un patio funcione correctamente como “depósito” de aire frío o contenedor de calor, y los cuales están relacionados con la geometrización del patio. Por ende, es necesario entender la **geometrización** de los patios está definido en gran medida por su largo, anchura, altura y cómo esta influye en el **comportamiento termodinámico** el cual se entiende como el *“fenómeno donde el aire fresco, más denso, tiende a descender hasta el suelo del patio. Mientras, el aire exterior caliente actúa como “tapón” del mismo evitando que el aire fresco se escape, es decir, la termodinámica demuestra que el calor se transmite desde un foco caliente hasta un foco frío, generando un intercambio térmico”*, es decir los patios tienen una lógica termodinámica que se basa en el intercambio térmico que ocurre entre el interior con el exterior, que permite mantener el aire frío o calor al interior de estos patios para regular las temperaturas, empero, esto puede variar según



las condiciones climáticas y la geometrización del patio (Araujo Armero 2009; Rojas et al. 2012; borrego, 2019).

Como se mencionó anteriormente, se resalta tres fenómenos que determinan el comportamiento térmico de los patios, primero se define **la estratificación** como el “fenómeno donde si las paredes del patio tienen una temperatura inferior a la de la temperatura ambiente, el aire que se encuentra en contacto con las mismas se enfría pasando a una capa inferior, debido a su mayor densidad. Así, desplaza el aire caliente hacia arriba hasta alcanzar una situación de equilibrio, quedando el aire frío confinado en las partes más bajas del patio”, es decir, al tener el aire interior una temperatura más fría (mayor densidad) el aire caliente (menor densidad) del exterior desplaza la temperatura inferior hacia abajo del patio logrando mayor **regulación térmica** en el patio y evitando el sobrecalentamiento del interior. Además, se puede ligar este comportamiento a **la altura** del patio que influye en el desplazamiento térmico del aire acorde a la densidad (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019).

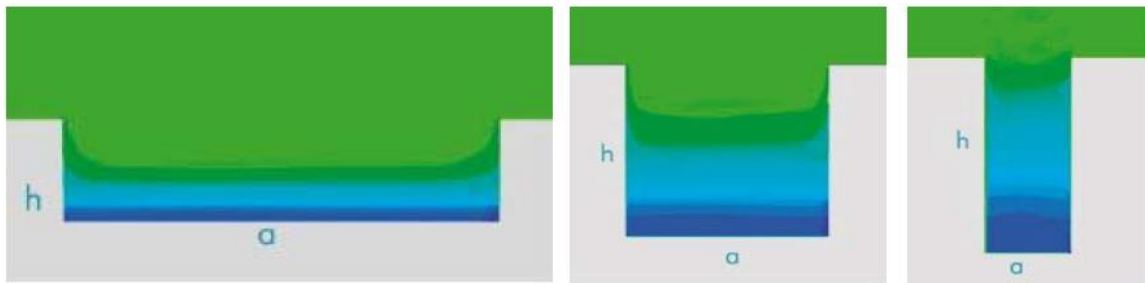


Ilustración 8. Estratificación según profundidad. Fuente: (Rojas Fernández 2014; Borrego 2019)



Como segundo concepto se abarca la **convección** definida como “fenómeno donde los muros tienen una temperatura superior a la del ambiente, debido por ejemplo al efecto de la radiación solar, el aire en contacto con los mismos se calentará de igual manera, provocando una corriente de aire ascendente. Mientras que el aire caliente se eleva, el aire frío, al ser más denso, desciende al centro del patio, generando una circulación o “remolino” de aire. Si el patio es muy ancho, en los paramentos se forman dos remolinos de recirculación que permiten que el aire frío

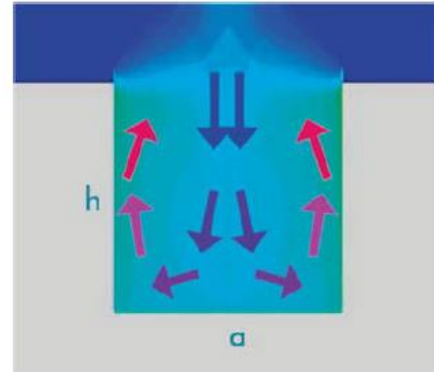


Ilustración 9. Fenómeno de convección en el patio. Fuente (Rojas Fernández 2014; Borrego 2019)

descienda por la parte central del patio sin problemas”, es decir, al interior del patio se genera un **intercambio térmico** pues al tener el exterior una temperatura menor a la interior A, logra que el aire caliente se desplace al exterior y el frío entre generando una corriente de aire circundante en el espacio, esto podría entablar una relación en **la anchura** del patio que puede influir en el ingreso y salida del aire (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019).

Por último, los **patrones de flujo** determinado por las corrientes de aire del patio que influyen en su comportamiento termodinámico, es el factor que más depende de la forma del patio, especialmente de **la relación entre su altura y su anchura**. En función de esta relación se producen unas líneas de corriente de aire, denominadas “patrones de flujo” (Rojas Fernández 2014; Borrego, 2019).

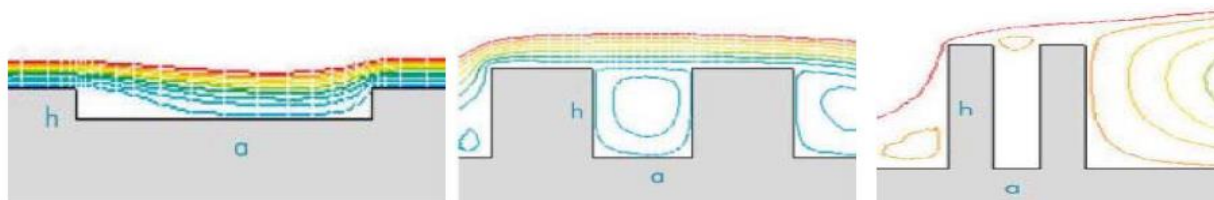


Ilustración 10. Patrones de flujo de aire en función de la profundidad. Fuente: (Rojas Fernández 2014; Borrego 2019)



## DISEÑO METEDOLÓGICO



## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

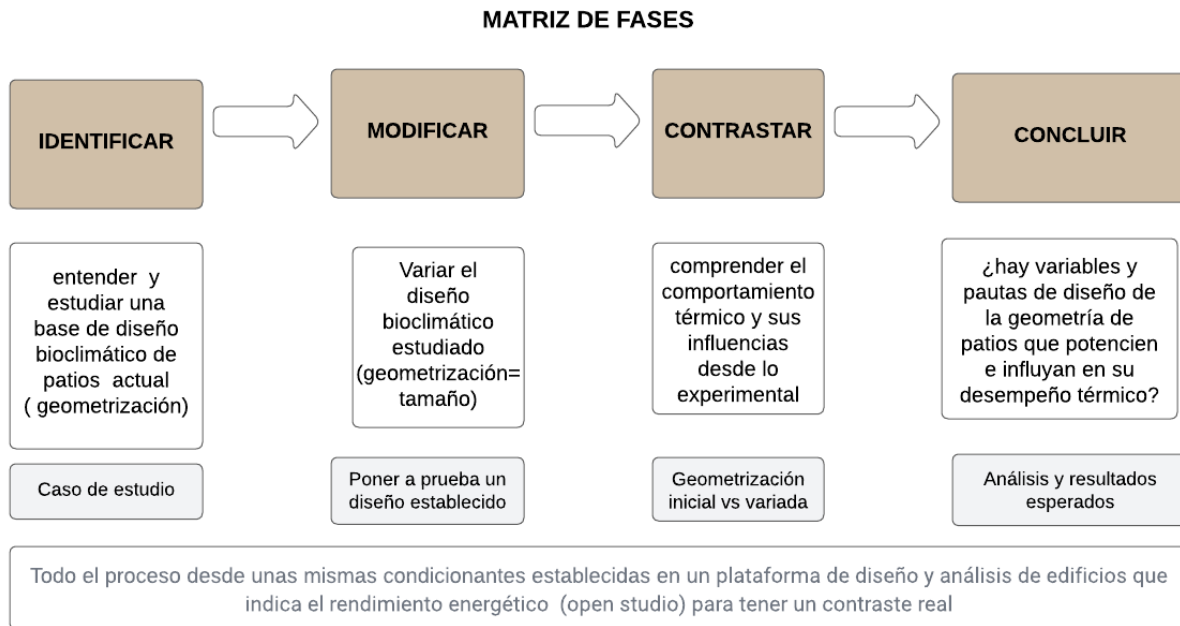


Ilustración 11. Matriz de fases estructuración del trabajo. ilustración propia

Para lograr los objetivos mencionados, se desarrolla una metodología mixta la cual combina el análisis crítico de investigaciones existentes, y análisis de datos experimentales por medio de simulaciones digitales sobre el desempeño higrotérmico de los patios según su variación en la geometrización.

- Análisis de trabajos investigativos sobre la sostenibilidad y eficiencia energética de la estrategia bioclimática del patio. Se determina la relevancia bioclimática de este espacio a lo largo de la historia para entender este como un elemento arquitectónico esencial en el proyectar de edificios en la actualidad.
- Estudio y recopilación de información de la relación entre las características geométricas de patios ya existentes y su contexto climático, especialmente su tamaño, para entender las características de adaptación y la comparación con otros entornos climáticos.



- Se realiza una primera simulación con Open studio para la toma de datos experimentales sobre patios existentes para diagnosticar su comportamiento y desempeño higrotérmico. Se estudia como caso central la clínica de la mujer que cuenta con patios subterráneos, para comprender adecuadamente una base y condición real de las cualidades térmicas y potencialidades de una geometrización inicial del patio.
- Simulaciones sobre variaciones geométricas hipotéticas de los patios de CISAFM, usando Open Studio. Se simula diferentes fenómenos de patio modificando su tamaño, variando su profundidad, anchura y altura, para así entender bien el efecto de cada una de ellas, analizarlas y comprar su comportamiento e influencia en el desempeño higrotérmico de un proyecto.
- Finalmente se desarrolla y define unas pautas críticas a considerar en el futuro diseño de patios, por medio del análisis comparativo de los resultados de las variaciones de las condiciones formales (geometrización), y la acumulación de insumos de información, las cuales determinan una influencia sobre su desempeño térmico y suponen la mejora del confort higrotérmico en un edificio y el ahorro energéticos de proyectos naturalmente ventilados.



### 6.1 Recursos, actividades y tiempos

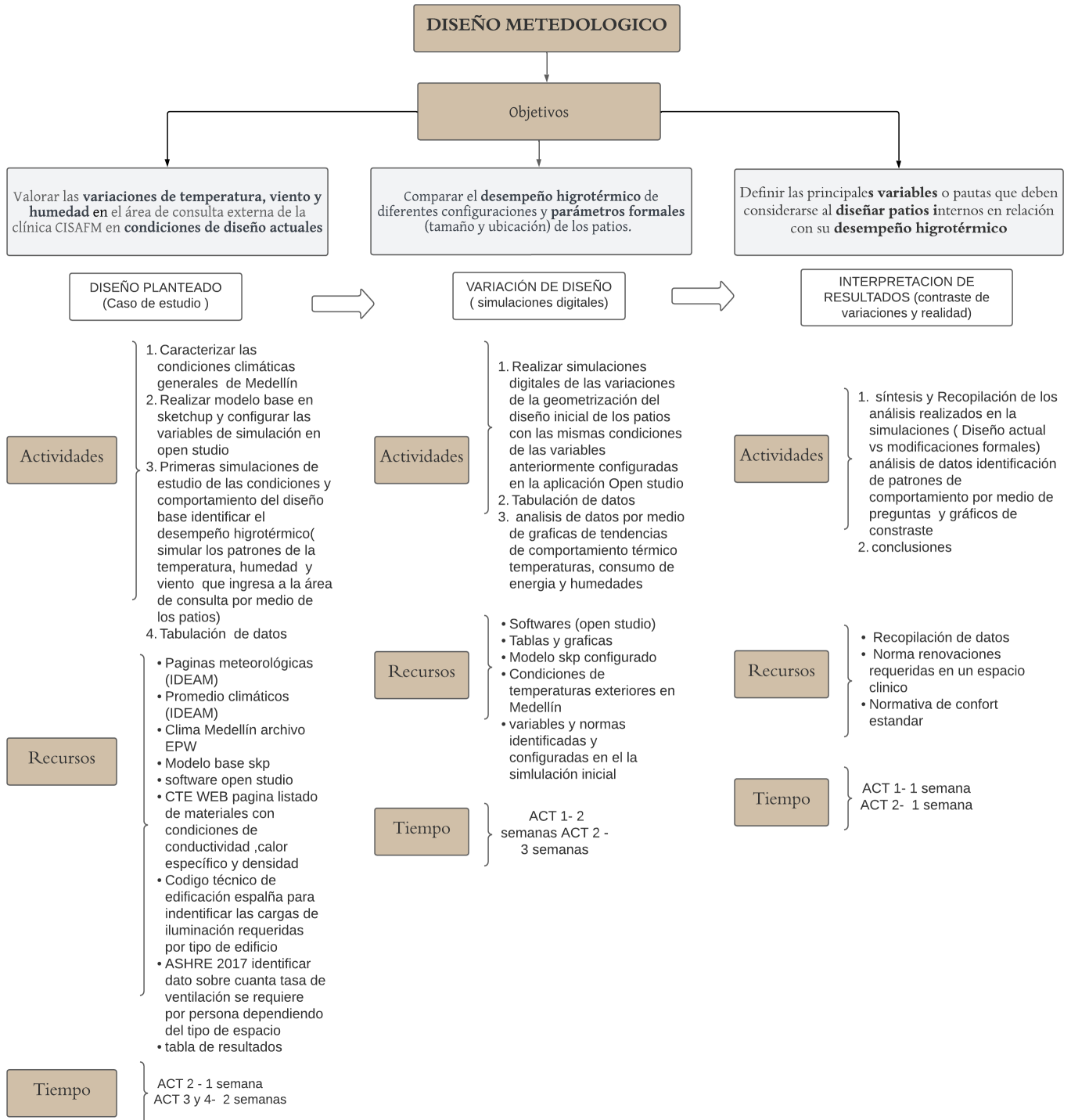


Ilustración 12. mapa diseño metodológico, recursos, actividad y tiempo. Ilustración propia





**OBJETIVO 1**

**Formulación plan de medición**

1. Identificación zonas de estudio
  - limitación a un patio de la area de consulta de la clínica de la mujer
2. Realizar modelo base en sketchup del caso de estudio
  - Definir las características bases que influye en el desempeño térmico como la geometría base, elementos que proporcionen sombra como el modulo superior de la clínica, colores en las superficies y materiales basicos.
3. Configuración de la simulación
  - Condiciones Climáticas Medellín ( archivo epw)
  - Modelos de ocupación de los espacios
  - Definición materialidad del edificio ventanas, puertas, muros interiores y exteriores, placa de techo y piso ( sistema constructivo)
  - Cargas por persona, luces y elementos electricos - Configurar las zonas termicas de acuerdo a su tipo de espacio planteado anteriores puntos (materialidad, cargas y ocupacion)
4. Ejecutar la simulación
5. Tabulación de resultados de indicadores térmicos obtenidos en la simulación
  - Consumo de energía total del periodo de análisis
  - Temperaturas interiores y exteriores ( variación térmica del edificio)
  - Índice de confort térmico en los espacios adyacentes a los patios
  - Condiciones de humedad
  - Eficiencia energética y consumo energético
6. Conclusiones iniciales

**OBJETIVO 2**

**Formulación plan de medición**

1. Conocimiento claro de las condiciones y comportamiento del diseño base de los patios
2. Configuración de modelo con las variaciones propuestas forma con las mismas condiciones climáticas actuales e igual configuración de condiciones del edificio a la simulación inicial.
  - Modelo con Variación de las alturas del patio inicial.
  - Aumentar la anchura del patio
  - Aumentar el largo del patio
  - geometria cuadrada unificar ancho y largodel patio
  - Disminuir ancho y largo del patio
3. Tabulación de resultados de indicadores térmico obtenidos en cada una de las simulaciones
  - Consumo de energía total del periodo de análisis
  - Temperaturas interiores y exteriores ( variación térmica del edificio)
  - índice de confort térmico
  - condiciones de humedad
  - eficiencia energética y consumo energético
4. Observar y detallar el comportamiento termodinámico de estos patios configurados.
5. Graficas de comportamiento de cada espacio generar un contraste
6. conclusiones de cada caso planteado

**OBJETIVO 3**

1. Procesar los datos por medio de los cuadros resumen y conclusiones generales de cada fase de la investigación ( recopilación general de información)
2. Analizar los resultados a través de gráficas comparativas entre las variaciones y el comportamiento actual del patio ¿ hay congruencias o diferencias entre estos dos comportamientos? ¿Existen diferencias notables en el comportamiento térmico entre los diferentes tamaños de patio ?
3. Relacionar los resultados por medio de interrogantes sobre que espero obtener ¿Cómo varía la temperatura dentro de los patios de diferentes tamaños a lo largo del día? ¿ la configuración formal si influye en el desempeño higrotérmico de los patios? ¿ como influye la altura y la anchura en el ingreso de ventilación al interior y circulación del aire? ¿ como influye la temperatura exterior en el intercambio térmico del interior de los patios, hay una relacion? ¿ Qué principales cambios se observa en cada diseño de patio?¿ , conclusiones generales sobre el comportamiento termodinámico
4. preguntas sobre los resultados a esperar , ¿ la modificación de alguna variable de diseño si influye en el desempeño higrotérmico?¿ Qué pautas hay que tener en cuenta para el diseño de patios? ¿Hay recomendaciones específicas para el diseño de patios en función de su desempeño higrotérmico según los resultados obtenidos? ¿Qué impacto tienen los diferentes tamaños de patio en el consumo energético para regular la temperatura interna?
5. conclusiones finales

Ilustración 13. Procedimientos por objetivos. Ilustración propia



## 6.3 Especificaciones y configuración de herramienta

### 6.3.1 Configuraciones de los patios

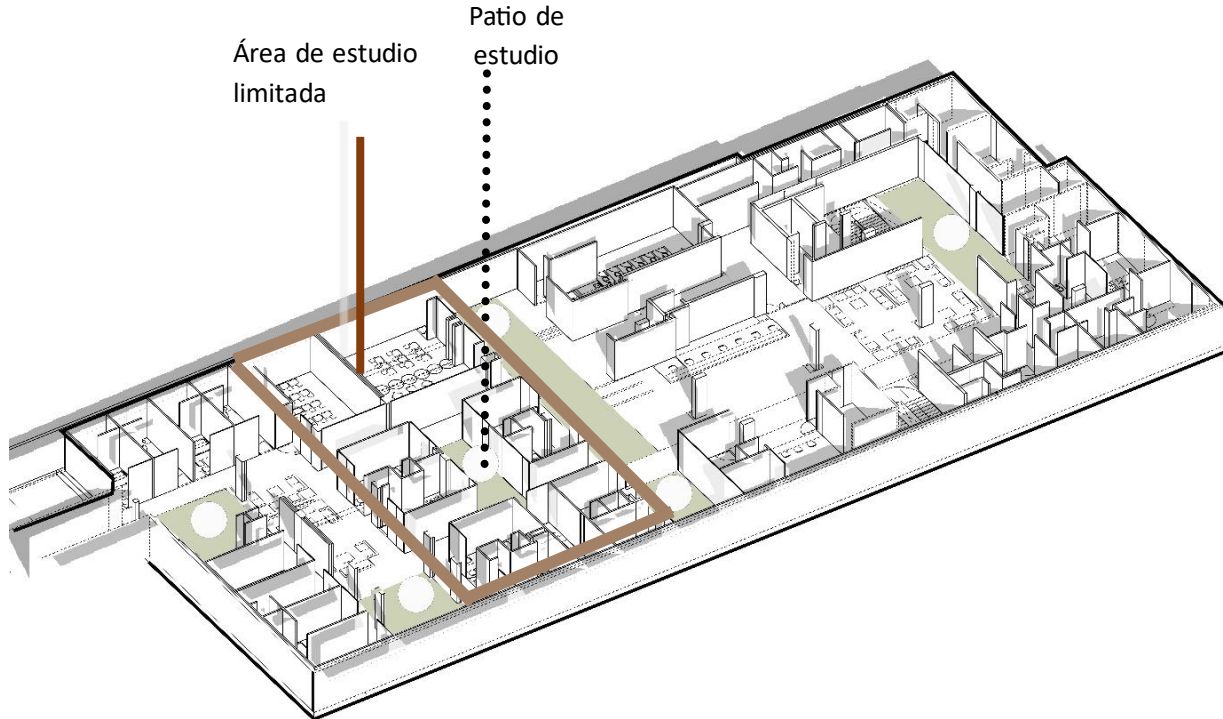
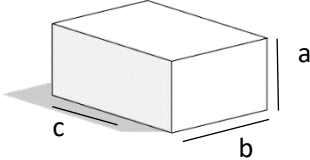
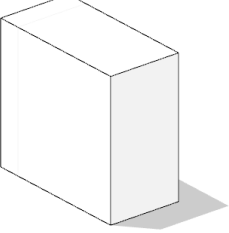
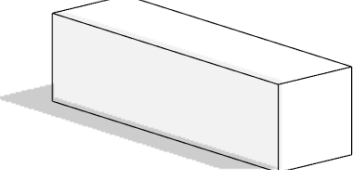
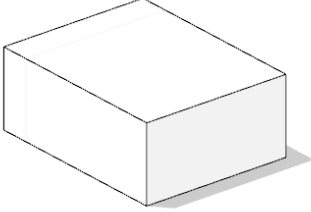


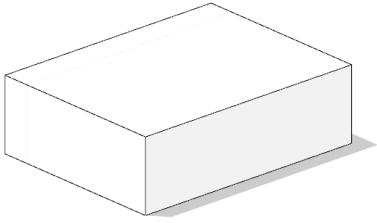
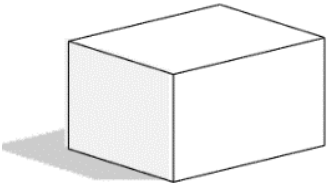
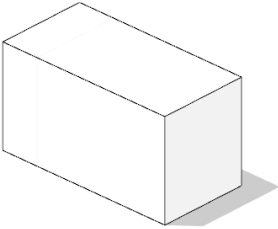
Ilustración 14. Ubicación patio de estudio. ilustración propia

Se identifica el patio de estudio con sus condiciones y espacios adyacentes a este, se percibe que se encuentra constituido entre varios espacios, por lo tanto, se clasifica estos espacios como diferentes zonas térmicas en la simulación con el fin de ver el comportamiento de cada uno de estos y como el patio influye en su estado térmico. Además, se observa que hay posibilidad en la variación del tamaño de este patio, por su centralidad con varios lugares de la clínica, que posibilita un mejor análisis de comportamiento térmico de este variando esta variable de tamaño, por ende, se plantea como configuración de estudio el tamaño.



PATIO	Dimensión actual ( $A \times b \times c$ )
<p>1</p> 	<p>3mx3.50m x 7.20m</p>
<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 1 (aumentar la altura)</b></p>
<p>2</p> 	<p>7mx 3.5mx 7.20m</p>
<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 2 (aumentar el largo)</b></p>
<p>3</p> 	<p>3mx 5.9m x 11m</p>
<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 3 (conformación de geometría cuadrada)</b></p>
<p>4</p> 	<p>6m x 7.20 x 7.20m</p>



<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 4 (aumentar el ancho)</b></p>
<p>5</p> 	<p>3m x 9.50m x 7.20m</p>
<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 5 (tamaño pequeño, disminuir ancho y largo)</b></p>
<p>6</p> 	<p>3m x 3m x 3m</p>
<p><b>Patio</b></p>	<p><b>Configuración 6</b></p>
	<p>5m x 2.5m x 5m</p>

Se realizan estas variaciones formales para comprobar y esperar unos resultados de patrones de comportamiento de un patio influenciado por sus condiciones de diseño formales, se identifican tres casos hipotéticos y teóricos que influyen en el porqué del estudio de la variable del tamaño de un patio y como este influye en su desempeño y comportamiento higrotérmico.

- ¿A mayor profundidad del patio se descende la temperatura del interior en momentos donde la temperatura exterior es mayor a la interna?, y ¿patios muy profundos si cuentan con un constante patrón de flujo de aire al interior?

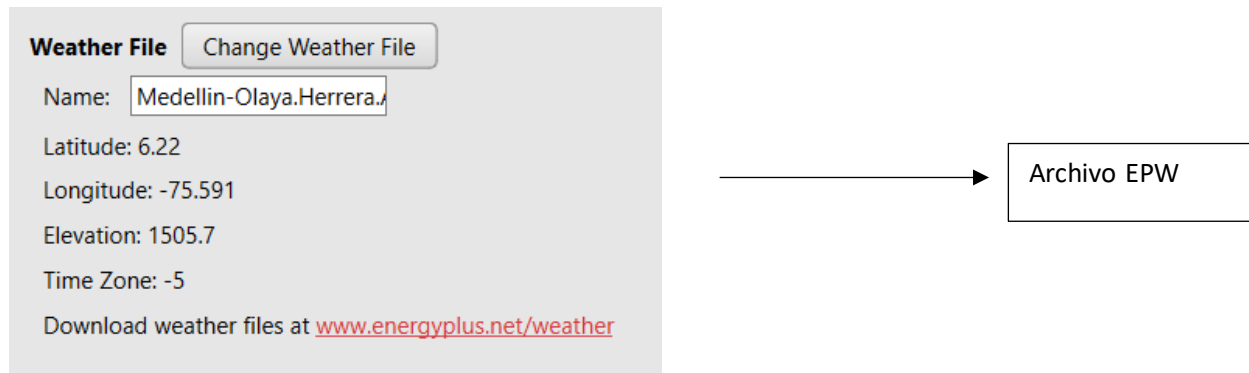


- ¿Si el patio es muy estrecho en anchura si permite circula mejor el aire? o es mejor un patio más ancho para generar remolinos de aire si se tiene temperaturas interiores mayores a las exteriores ¿entre más ancho permite que el aire frio descienda a diferencia si es menos ancho genera que a aire al interior ingrese con mayor dificultad provocando que la temperatura del patio aumente?
- ¿En patios poco profundos pero anchos (rectángulo) si se logra producir patrones de flujo? o ¿si tiene un ancho altura casi igual (cuadrado) los patrones de flujo ocupan todo el espacio? Entonces ¿un patio más cuadrado renueva el aire mucho mejor? (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019).

### 6.3.2 Configuración simulaciones

Por medio de esta configuración base se simula todas las configuraciones y diseño inicial de los patios con el fin de tener las mismas condiciones en cada caso y solo modificar la variable de comparación (tamaño).

#### 1. Condiciones climáticas de la ubicación del caso de estudio



Es importante establecer las condiciones climáticas reales del entorno con el fin de tener un impacto preciso en el rendimiento térmico en la simulación y entender mejor los patrones de intercambio térmico del espacio interior con el exterior para un diseño formal del espacio más adecuado acorde al contexto que responda a las cargas térmicas externas y potencie la eficiencia térmica.



## 2. Modelos de ocupación

Establecer los perfiles de ocupación es esencial para modelar de manera más real el comportamiento térmico del edificio para mejorar y evaluar la eficiencia energética por las estrategias de diseño óptimo de los espacios.

### - **Perfiles de ocupación por espacio (uso, iluminación y actividad metabólica)**

Se constituyen 7 perfiles que agrupan las condiciones comunes de los espacios, pues es importante identificar la actividad y el calor generado por el uso de cada espacio ya que es una variable influyente en el comportamiento térmico e indica la necesidad de una constante renovación de aire para responder a la carga térmica interna generada por las personas.

### - **Perfiles de actividad metabólica**

Asimismo, la actividad de las personas varía según el uso del espacio, por ende, se agrupa dos comportamientos para generar dos perfiles metabólicos, donde en los espacios de mayor trabajo como consultorios y aulas de taller tienen una actividad más energética y activa a diferencia de los espacios de espera y menos concurridos como baños, patios y circulación. Es esencial este perfil metabólico ya que es una variable que influye significativamente en la carga interna de los espacios pues las personas que están de pie, caminando, trabajando en computador, etc. impactan en la temperatura por medio del calor corporal lo cual afecta en el confort y la demanda de ventilación.

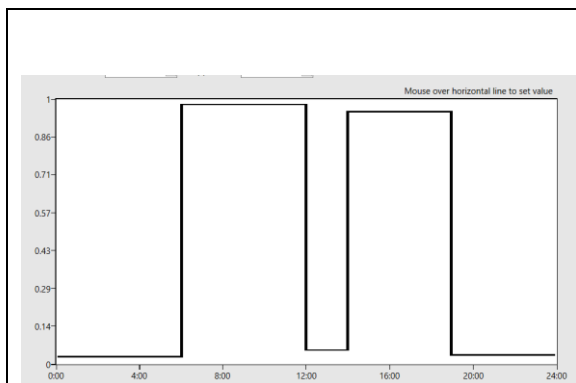




Espacios	Convenciones
Consultorios	
Aulas talleres	
Baños	
Patio y circulación	

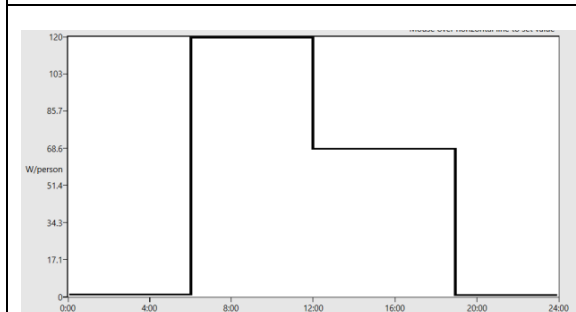
Ilustración 15. Planta esquemática zonificación espacio de estudio sótano clínica CISA FM.

- **Perfiles - Consultorios**



Perfil uso

Los consultorios al ser uno de los espacios más concurridos debido a que todo el horario laboral 7am-7pm se encuentra en uso, se establece un perfil de ocupación donde en las horas de la mañana 7am-12pm y en la tarde 1pm-7 pm se encuentra en un continuo uso



Perfil actividad metabólica activa

Los espacios donde se requiere de un constante uso como consultorios, recepción, espacios médicos donde sus actividades son constantes en computadores etc. tienen a lo largo del horario laboral una constante actividad metabólica



**- Perfiles -Baños**

	<p><b>Perfil uso</b></p> <p>Espacios como baños son lugares menos concurridos, por ende, su perfil de ocupación es menos activo en los horarios de uso del edificio</p>
	<p><b>Perfil actividad metabólica baja</b></p> <p>Los espacios donde su uso es menor o donde las actividades requieren de menos esfuerzos como auditorios, baños y circulación tienen una actividad irregular y menor</p>

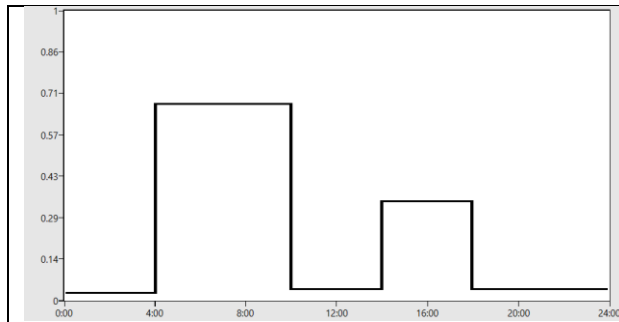
**- Perfiles - Patio y circulación**

	<p><b>Perfil uso</b></p> <p>El patio junto a la circulación tiene una ocupación mínima, pero con continuo uso para circular, por lo tanto, su perfil es constante pero mucho menor que un espacio en uso constante.</p>
	<p><b>Perfil actividad metabólica baja</b></p> <p>Los espacios donde su uso es menor o donde las actividades requieren de menos esfuerzos como auditorios, baños y circulación tienen una actividad irregular y menor</p>



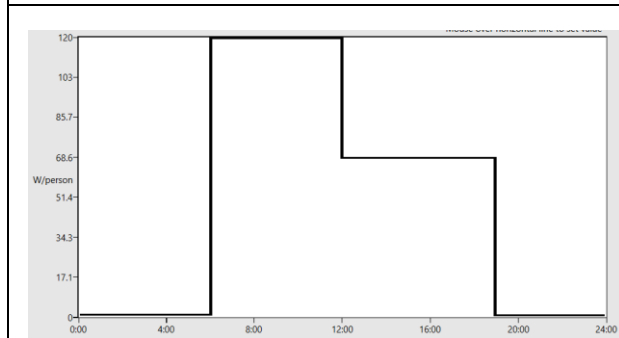


**- Perfiles - Salas y talleres**



**Perfil uso**

Estos espacios como las aulas de talleres tienen de igual manera una ocupación a lo largo del horario laboral. Sin embargo, son zonas que no tienen un uso constante y donde se utilizan mayormente en horarios de la mañana.

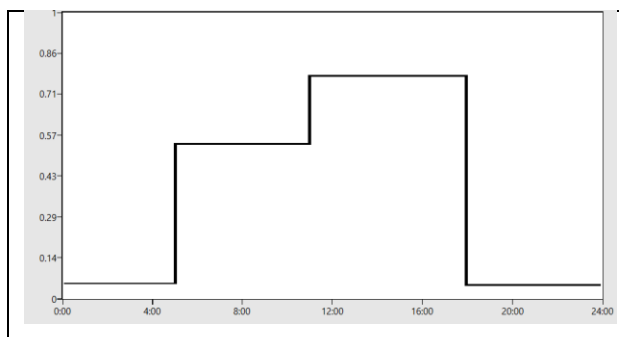


**Perfil actividad metabólica activa**

Los espacios donde se requiere de un constante uso como consultorios, recepción, espacios médicos donde sus actividades son constantes en computadores etc. tienen a lo largo del horario laboral una constante actividad metabólica

**- Perfil de ocupación iluminación**

Se define un solo perfil de uso de la iluminación igual en todos los espacios ya que al ser un edificio de salud las instalaciones siempre están prendidas en los horarios laborales

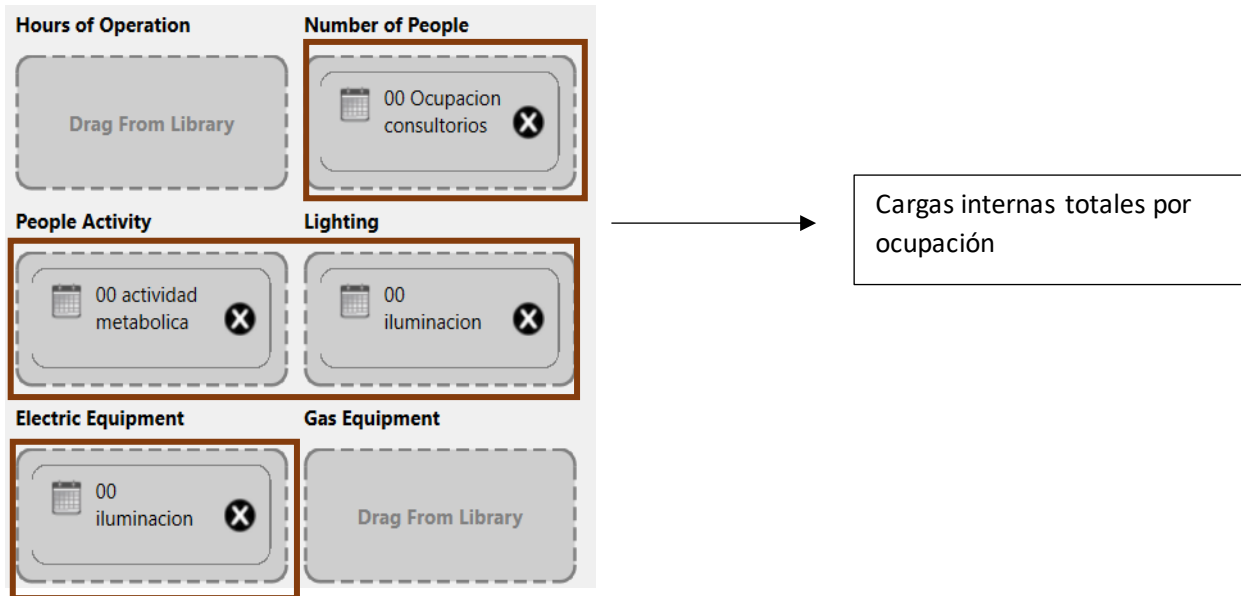


Debido a que el tipo de edificio es una clínica hay un horario laboral, el uso de luz artificial es constante a lo largo de este periodo, pero tampoco es constante en las horas que haya mayor luz natural.



- **Modelo de ocupación por espacio**

Por medio de las cargas configuradas anteriormente se realiza el modelo de ocupación total de cada zona con el fin de calcular las cargas internas totales acorde al espacio.



**3. Sistema constructivo**

Es importante a la hora de realizar las simulaciones tener unas propiedades de los materiales constituidos en el proyecto ya que su acabado, densidad y calor especifico influye en los comportamientos térmicos de un espacio, por ende, se realiza tres pasos para construir el sistema constructivo sencillo de este sector de la clínica.



- **Materialidad**

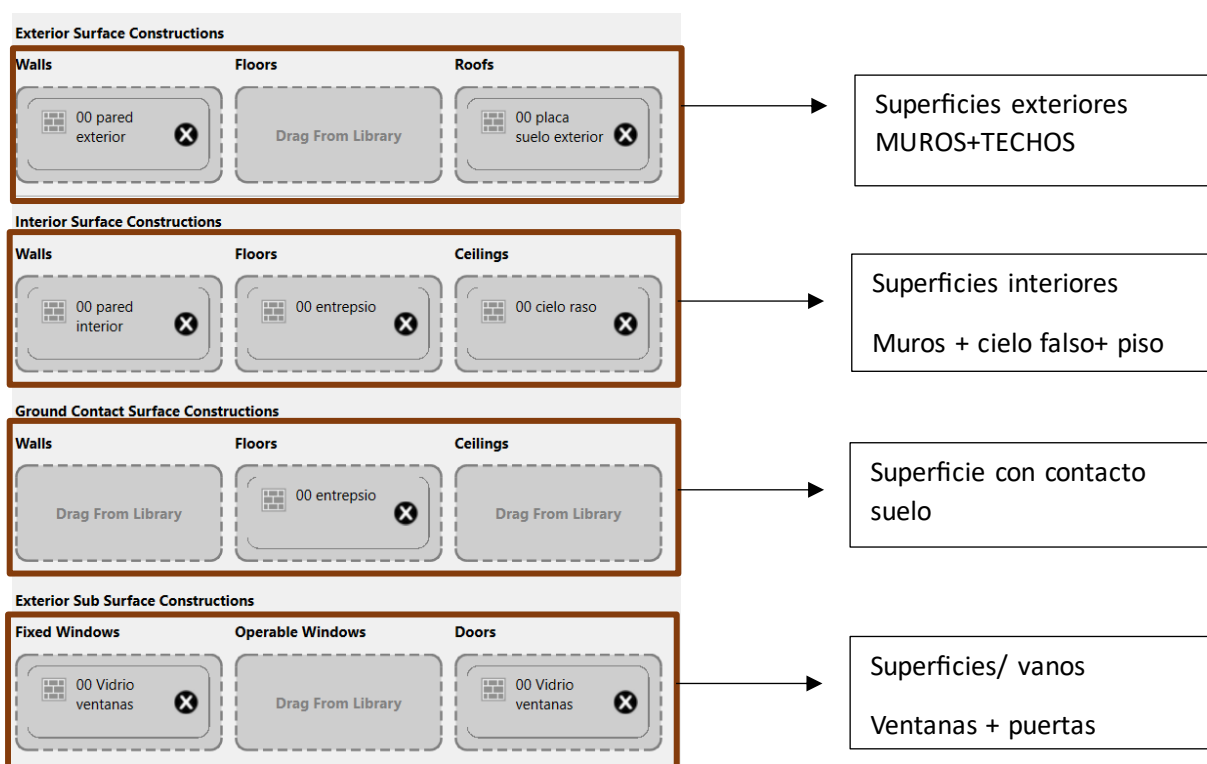
Se identifica los materiales usados en el proyecto y por medio de CTE WEB una base de datos en España de propiedades de materiales se especifica la conductividad, calor específico, grosor y densidad.

<p><b>Baldosa cerámica</b></p> <p><b>Roughness:</b> Smooth  <b>Thickness:</b> 0.100000 m  <b>Conductivity:</b> 1.300000 W/m-K  <b>Density:</b> 2300.000000 kg/m<sup>3</sup>  <b>Specific Heat:</b> 840.000000 J/kg-K  <b>Thermal Absorptance:</b> 0.900000  <b>Solar Absorptance:</b> 0.700000  <b>Visible Absorptance:</b> 0.700000</p>	<p><b>Concreto (muro)</b></p> <p><b>Roughness:</b> MediumRough  <b>Thickness:</b> 0.200000 m  <b>Conductivity:</b> 1.729600 W/m-K  <b>Density:</b> 2243.000000 kg/m<sup>3</sup>  <b>Specific Heat:</b> 837.000000 J/kg-K  <b>Thermal Absorptance:</b> 0.900000  <b>Solar Absorptance:</b> 0.650000  <b>Visible Absorptance:</b> 0.650000</p>
<p><b>drywall</b></p> <p><b>Roughness:</b> Smooth  <b>Thickness:</b> 0.100000 m  <b>Conductivity:</b> 0.370000 W/m-K  <b>Density:</b> 800.000000 kg/m<sup>3</sup>  <b>Specific Heat:</b> 1000.000000 J/kg-K  <b>Thermal Absorptance:</b> 0.900000  <b>Solar Absorptance:</b> 0.400000  <b>Visible Absorptance:</b> 0.400000</p>	<p><b>Revoque</b></p> <p><b>Roughness:</b> Smooth  <b>Thickness:</b> 0.025300 m  <b>Conductivity:</b> 0.691800 W/m-K  <b>Density:</b> 1858.000000 kg/m<sup>3</sup>  <b>Specific Heat:</b> 837.000000 J/kg-K  <b>Thermal Absorptance:</b> 0.900000  <b>Solar Absorptance:</b> 0.920000  <b>Visible Absorptance:</b> 0.920000</p>
<p><b>Concreto (placa de suelo)</b></p> <p><b>Roughness:</b> MediumRough  <b>Thickness:</b> 0.150000 m  <b>Conductivity:</b> 1.729600 W/m-K  <b>Density:</b> 2243.000000 kg/m<sup>3</sup>  <b>Specific Heat:</b> 837.000000 J/kg-K  <b>Thermal Absorptance:</b> 0.900000  <b>Solar Absorptance:</b> 0.650000  <b>Visible Absorptance:</b> 0.650000</p>	<p><b>Vidrio ventanas</b></p> <p><b>Thickness:</b> 0.005000 m  <b>Back Side Visible Reflectance At Normal Incidence:</b> 0.000000  <b>Solar Transmittance At Normal Incidence:</b> 0.837000  <b>Infrared Transmittance at Normal Incidence:</b> 0.000000  <b>Front Side Solar Reflectance At Normal Inc</b> 0.075000  <b>Front Side Infrared Hemispherical Emissivity:</b> 0.840000  <b>Back Side Solar Reflectance At Normal Inci</b> 0.000000  <b>Front Side Infrared Hemispherical Emissivity:</b> 0.840000  <b>Visible Transmittance At Normal Incidence</b> 0.898000  <b>Back Side Infrared Hemispherical Emissivity:</b> 0.840000  <b>Front Side Visible Reflectance At Normal Ir Conductivity:</b> 0.081000  <b>Conductivity:</b> 0.900000 W/m-K</p>



**- Configuración de la totalidad del sistema constructivo del edificio**

Se estructura cada sistema muro exterior e interior, entrepiso, placa de suelo, cielo raso, ventanas y puertas de acuerdo con las capas de materialidad, anteriormente configuradas, que este requiera



#### 4. Cargas

Luego, se determina las cargas por cantidad de personas, equipamientos eléctricos y cargas imprescindible acorde a las normas como ventilación, iluminación acorde al uso y el edificio, con el fin de tener una precisión sobre todas las variables externas que son necesarias e influyen para alcanzar un espacio confortable.

**- Cantidad de personas**

<b>Consultorios</b>		<b>Baños</b>	
<b>Number of People:</b> <input type="text" value="3.000000"/> <b>Fraction Radiant:</b> <input type="text" value="0.300000"/>	Al ser un espacio delimitado de uso se determina que en promedio su uso cuanta con una cantidad de personas casi fija	<b>Number of People:</b> <input type="text" value="1.000000"/> <b>Fraction Radiant:</b> <input type="text" value="0.300000"/>	Al ser un espacio delimitado de uso se determina que en promedio su uso cuanta con una cantidad de personas casi fija
<b>Salas y talleres</b>		<b>Patio y circulación</b>	
<b>Number of People:</b> <input type="text" value="10.000000"/> <b>Fraction Radiant:</b> <input type="text" value="0.300000"/>	Al ser un espacio delimitado de uso se determina que en promedio su uso cuanta con una cantidad de personas casi fija	<b>People per Space Floor Area:</b> <input type="text" value="0.107639"/> people/m <sup>2</sup> <b>Sensible Heat Fraction:</b> <input type="text"/>	Se define cuantas personas hay los patios por su metro cuadrado al no ser un espacio con uso definido y más de circulación

**- Iluminación**

Por medio del código técnico de construcción de España se especifica la potencia de instalación de iluminación requerida en un hospital.

Hospital	15W/m <sup>2</sup>
----------	--------------------



### - Equipamientos eléctricos

A través de la base ya establecida en el software Open studio se utiliza los datos de equipamientos eléctricos acorde al tipo de espacio.

Consultorios / espacios médicos	7 W/m <sup>2</sup>
Talleres	4 W/ m <sup>2</sup>

### - Tasas de ventilación

Con base de la normativa del ASHRE 2007 se define las cifras de ventilación necesarias por tipo de espacio.

Laboratorio /consultorios	5 L/persona
Salones multiusos	3.8 L/ persona
Áreas de recepción/espera	2.5 L/persona
Bodegas	5.3 L/m <sup>2</sup>



### 5. Espacios y zonas térmicas

Posteriormente se configura cada uno de los espacios acorde a los parámetros anteriormente planteados (sistema constructivo+ modelo de ocupación + cargas internas).

- **Tipos de espacio**

Space Type Name	All	Rendering Color	Default Construction Set <small>Apply to Selected</small>	Default Schedule Set <small>Apply to Selected</small>	Design Specification Outdoor Air <small>Apply to Selected</small>	Space Infiltration Design Flow Rates <small>Apply to Selected</small>
00 Talleres	<input type="checkbox"/>	<span style="color: green;">■</span>	00 paredes clinica	00 Ocupación talleres	00 Ventilacion talleres y sal	00 infiltracion 2
00 Baños	<input type="checkbox"/>	<span style="color: pink;">■</span>	00 paredes clinica	00 Ocupación baños	00 ventilacion	00 infiltracion 4
00 Consultorios	<input type="checkbox"/>	<span style="color: magenta;">■</span>	00 paredes clinica	00 Ocupación consultorio	00 ventilacion consultorios	00 infiltracion
00 Patio y circulación	<input type="checkbox"/>	<span style="color: black;">■</span>	00 paredes clinica	00 Ocupacion patio	00 Ventilacion talleres y sal	00 infiltracion 3

Sistema constructivo

Modelo de ocupación

Tasa ventilación

Dato estándar



**- Zonas térmicas**

Se determina que en las zonas térmicas de análisis no aplicar los sistemas de ventilación eléctricos (aires acondicionados) con el objetivo de tener un análisis total del desempeño de la ventilación natural por medio de los patios.

Name	All	Rendering Color	Turn On Ideal Air Loads	Air Loop Name	Zone Equipment	Cooling Thermostat Schedule	Heating Thermostat Schedule
Patio y circulación	<input type="checkbox"/>	<span style="color: green;">■</span>	<input type="checkbox"/>				
Consultorios	<input type="checkbox"/>	<span style="color: pink;">■</span>	<input type="checkbox"/>				
Aulas talleres	<input type="checkbox"/>	<span style="color: green;">■</span>	<input type="checkbox"/>				
Baños	<input type="checkbox"/>	<span style="color: orange;">■</span>	<input type="checkbox"/>				

**6. Variables de estudio y comparación**

Por último, se define las variables de análisis a comparar en cada uno de los casos formales de patios

<input checked="" type="checkbox"/> Site Outdoor Air Drybulb Temperature, *	Temperatura exterior
<input checked="" type="checkbox"/> Zone Air Relative Humidity, *	Humedad relativa en cada zona térmica
<input checked="" type="checkbox"/> Zone Air Temperature, *	Temperatura en cada zona térmica



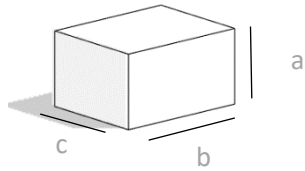


## RESULTADOS



## 7. RESULTADOS

### 7.1 Resultados simulación diseño actual

PATIO	Dimensión actual (A x b x c)
1 	3mx3.50m x 7.20m

### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23 °C	23 °C -24 °C	24 °C -25 °C	24 °C -28 °C	28 °C -31 °C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	594	2180	1286	950	656	558	953	708	507	368
CONSULTORIOS	495	2379	1231	1053	822	681	1147	678	247	27
PATIOS Y CIRCULACION	577	2278	1105	859	650	571	1045	934	570	171

Ilustración 17. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con en el diseño actual

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante. Con base a lo anterior se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, sin embargo, estos espacios en algunas temporadas del año cuentan con temperaturas altas y bajas fuera de un rango de confort deseable de 20 °C -24 °C, pero en una relación constante los espacios a lo largo del año si están en grado térmico óptimo y agradables para la ciudad.

Finalmente, a lo largo del año su temperatura no baja 17 °C y supera los 30 °C.

### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	2	28	140	322	417	470	540	639	847	1270	4085
CONSULTORIOS	9	23	111	292	494	734	972	1191	1479	1718	1737
PATIOS Y CIRCULACION	4	42	311	603	710	754	656	1078	1266	1378	1758

Ilustración 18. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con en el diseño actual



En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante. Se identifica que en promedio los espacios están mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, empero, estos espacios en algunas temporadas del año se encuentran con humedades mucho más bajas y acordes a un rango más de confort deseable de 40 % - 60%. Al final, a lo largo del año su humedad no baja 45 %.

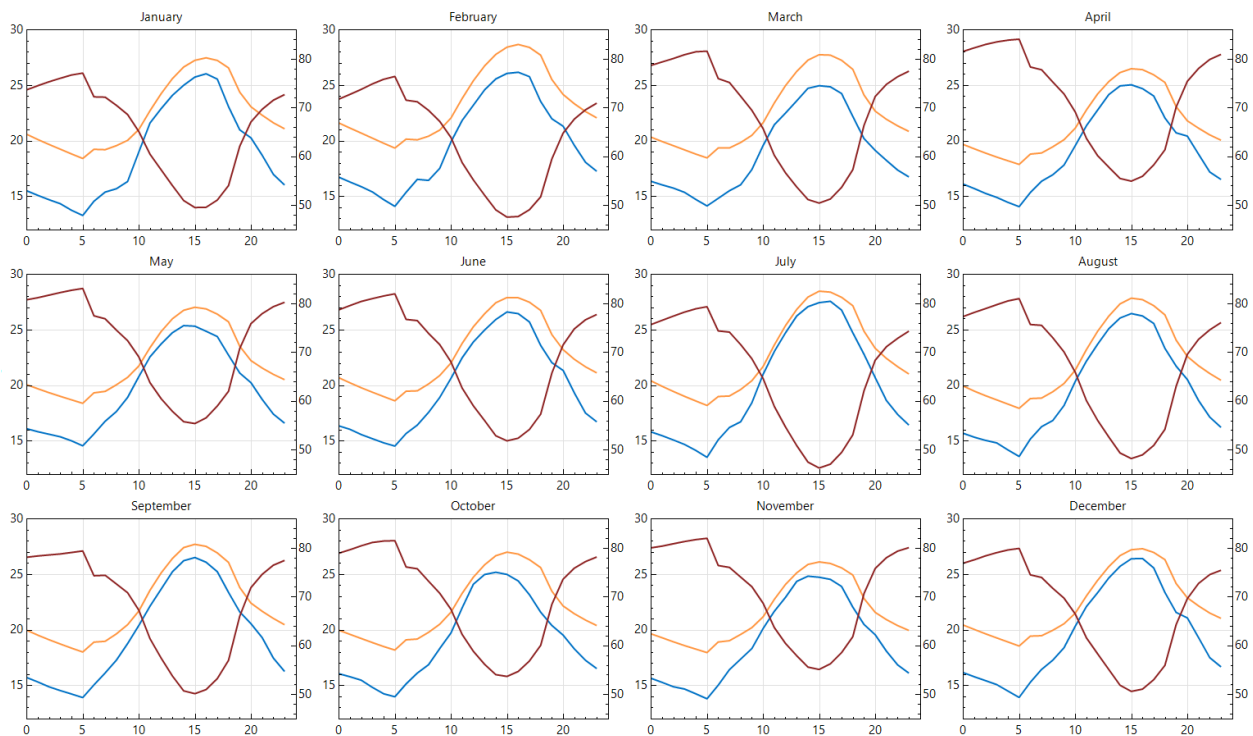


Ilustración 19. grafica de comportamiento térmico del patio con en el diseño actual

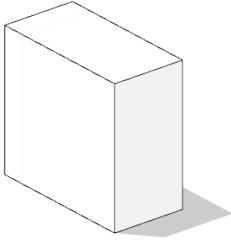
Espacio (patio)	Convenciones
Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

En la anterior grafica se visualiza los resultados de temperatura interior patio a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. En las grafica se puede apreciar como la tasa de comportamiento de la humedad es contraria a las de las temperaturas interior y exterior.

Respecto a la temperatura el patio tiende siempre a tener una temperatura mayor a la exterior llegando en algunos meses a temperaturas casi de 30 °C, siendo muy caluroso según los rangos de confort deseables de 20 °C -25 °C



## 7.2 Resultados simulación configuración 1

Patio	Configuración 1 (aumentar la altura)
2 	7mx 3.5mx 4.30m

### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23 °C	23 °C -24 °C	24 °C -25 °C	24 °C -28 °C	28 °C -31 °C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	569	2196	1327	968	682	540	968	720	514	276
CONSULTORIOS	459	2455	1302	1122	857	746	1088	569	157	5
PATIOS Y CIRCULACION	507	2410	1182	1075	876	792	1194	597	127	0

Ilustración 20. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 1

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas, se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante. Se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, sin embargo, estos espacios en algunas temporadas del año se encuentran con temperaturas altas hasta 28 °C y bajas 17 °C fuera de un rango de confort deseable de 20 °C - 24 °C y en promedio a lo largo del año los espacios tienen una temperatura de 18 °C – 22 °C.

### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	0	20	106	298	426	474	529	637	852	1339	4079
CONSULTORIOS	5	16	86	228	422	731	958	1224	1564	1764	1762
PATIOS Y CIRCULACION	5	21	116	365	635	883	1073	1129	1395	1576	1562

Ilustración 21. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 1



En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante. Se observa que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C especialmente las aulas donde su humedad en promedio es mayor del 76%, sin embargo, estos espacios buen tiempo del año su humedad oscila entre los 55%-75% un rango más acorde al confort deseable de 40 % - 70%. Finalmente, a lo largo del año su humedad no baja 50 %.

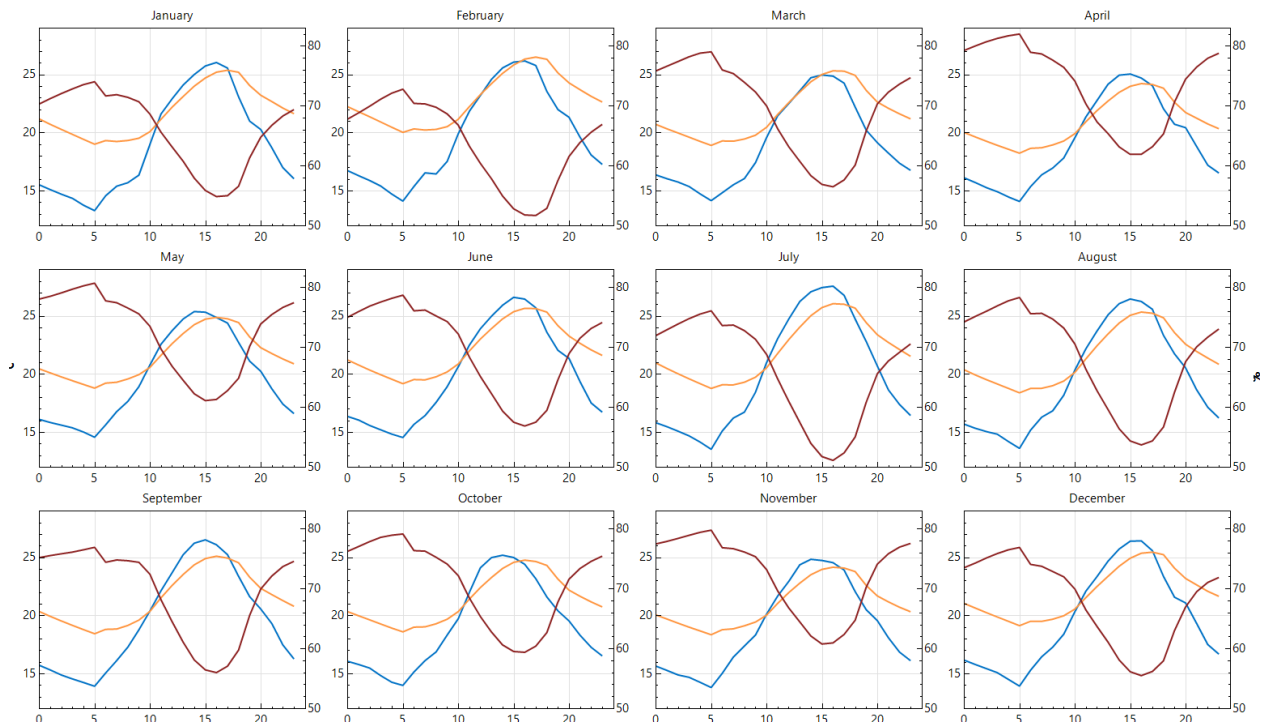


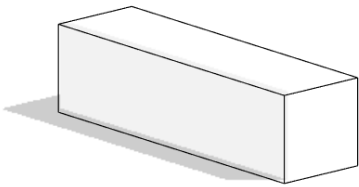
Ilustración 22. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento de altura

Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

En la anterior grafica se muestra los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio configurado a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. En la gráfica se puede apreciar como la temperatura del interior en los puntos de mayor calor en el exterior son menores, donde en las mayorías de los meses siempre oscila en un rango de 20-25°C y las humedades no baja del 50 %.



### 7.3 Resultados simulación configuración 2

<b>Patio</b>	<b>Configuración 2 (aumentar el largo)</b>
3 	3mx 5.9m x 11m

#### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23 °C	23 °C -24 °C	24 °C -25 °C	24 °C -28 °C	28 °C -31 °C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	599	2163	1273	937	654	579	939	693	518	405
CONSULTORIOS	492	2366	1215	1055	815	685	1139	695	267	31
PATIOS Y CIRCULACION	829	2180	942	742	577	489	923	813	687	574

Ilustración 23. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 2

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, sin embargo estos espacios en algunas temporadas del año están mayormente con temperaturas altas que bajas, especialmente se distingue que el patio en algunas tiempos del año se encuentra con un grado térmico muy alto desde los 30 °C. Finalmente, a lo largo del año su temperatura no baja 17 °C y supera los 33 °C.

#### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	3	39	153	327	418	477	528	648	848	1269	4050
CONSULTORIOS	9	26	120	291	499	734	987	1199	1478	1718	1699
PATIOS Y CIRCULACION	8	124	488	644	687	647	709	968	1093	1289	2103

Ilustración 24. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 2

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la



menos constante, se percibe que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, sin embargo estos espacios en algunas temporadas del año se encuentra con humedades más bajas, especialmente el patio que llega hasta humedades del 45% y en promedio el rango más constante a lo largo del año oscila entre 70% - 85% .

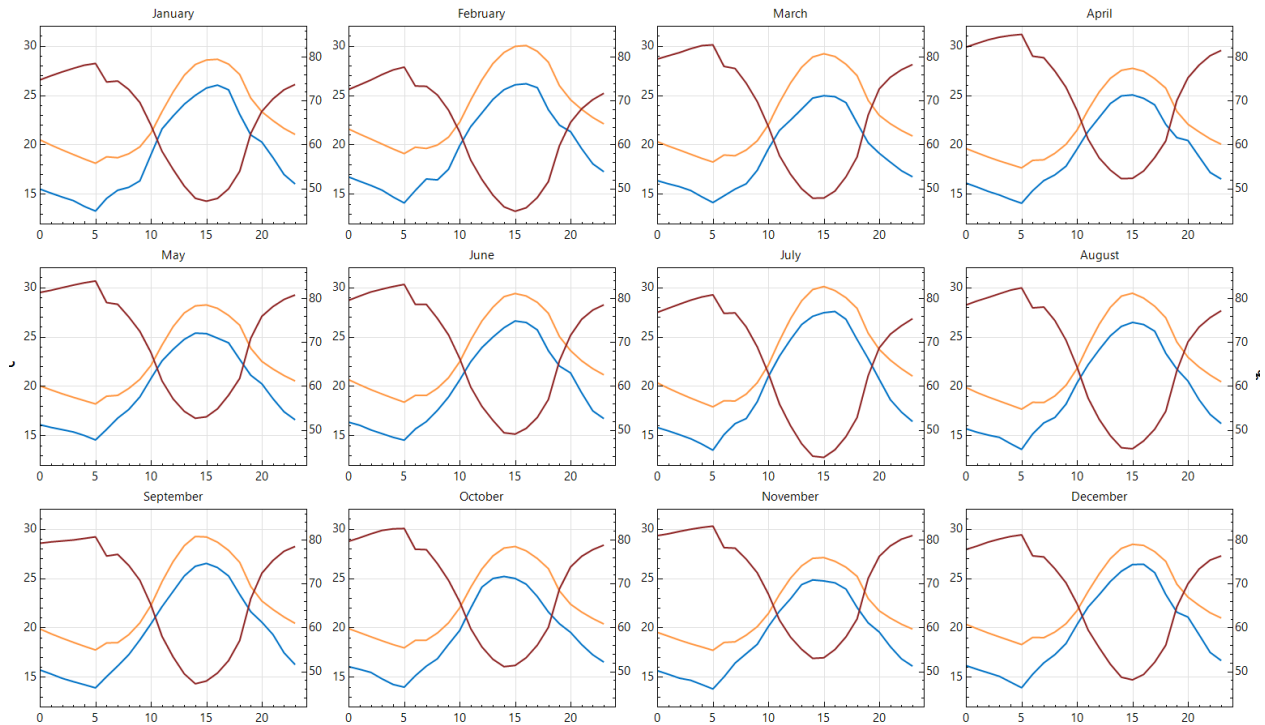


Ilustración 25. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento de largo

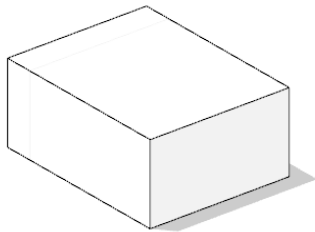
Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

En la anterior grafica se visualiza los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio configurado a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. Se observa, que la temperatura interior en los puntos donde el exterior es más caluroso el patio tiene más grado térmico llegando en puntos algunos meses de casi 30 °C.



### 7.4 Resultados simulación configuración 3

<b>Patio</b>	<b>Configuración 3 (conformación de geometría cuadrada)</b>
4	6m x 7.20 x 7.20m



### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21°C -22 °C	22 °C -23°C	23 °C -24°C	24 °C -25°C	24 °C -28°C	28 °C -31°C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	571	2192	1311	963	676	541	969	711	504	322
CONSULTORIOS	459	2416	1298	1103	850	724	1109	608	184	9
PATIOS Y CIRCULACION	599	2241	1053	874	708	599	1138	945	501	103

Ilustración 26. Tabla promedio de horas en el rango de Temperatura de las zonas térmicas con configuración 3

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se percibe que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, empero con las demás constantes de horas a lo largo del año se distingue que los espacios mayormente están en un rango de temperatura va de los 18°C - 22°C, teniendo un punto del año donde los dos espacios se encuentra en temperaturas de 24 °C – 25 °C.

### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	1	20	120	316	418	469	528	634	857	1331	4066
CONSULTORIOS	6	18	97	245	442	739	959	1228	1552	1751	1723
PATIOS Y CIRCULACION	7	63	330	618	751	783	862	1068	1191	1327	1760

Ilustración 27. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 3





En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, sin embargo estos espacios en algunas temporadas del año cuentan con humedades más bajas y acordes a un rango de confort deseable de 40 % - 60%. Finalmente, a lo largo del año su humedad no baja 45 %.

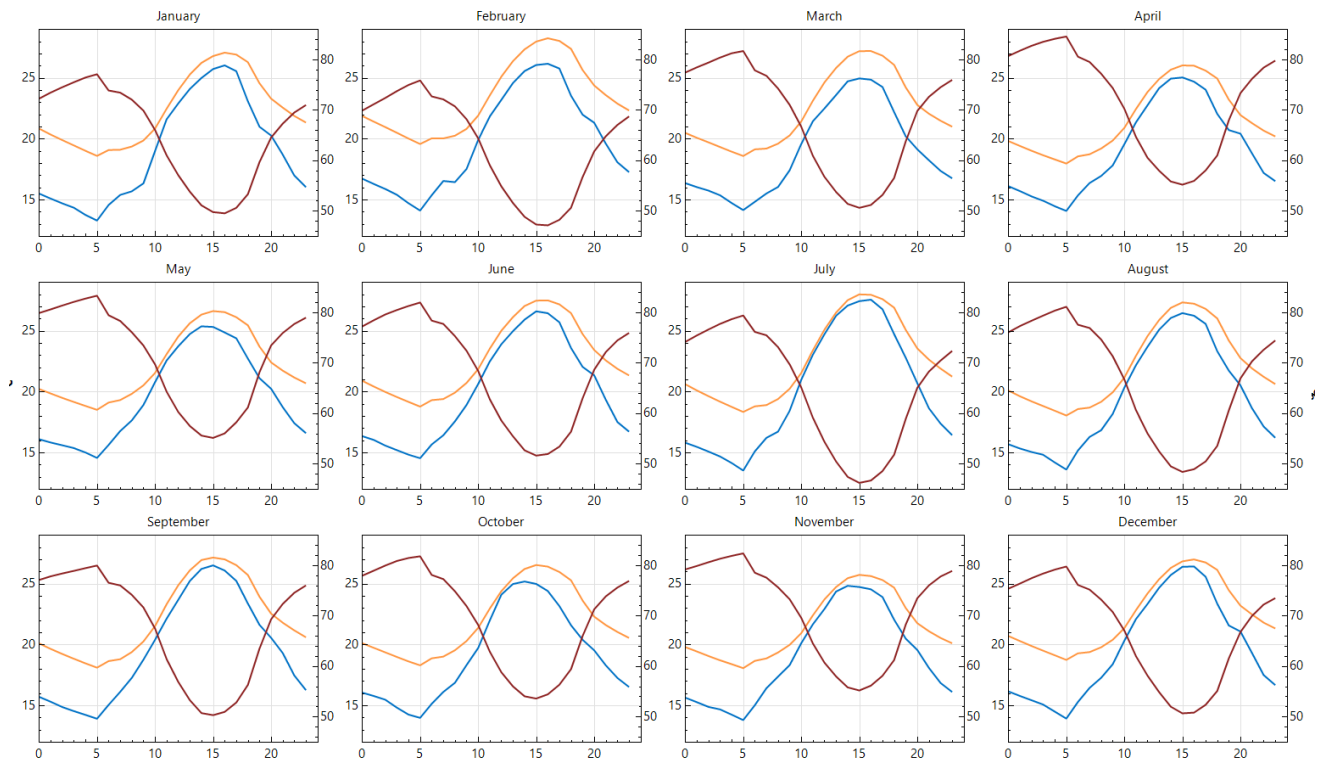


Ilustración 28. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración geometría cuadrada

Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

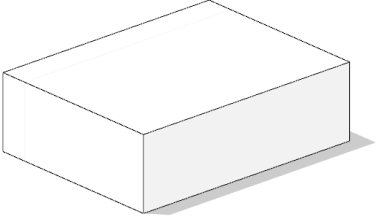
En la anterior grafica se muestra los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. Se percibe que al interior las temperaturas son mayores respecto a las del exterior, en puntos donde el clima es menor el interior es mayor y así también con los otros picos de mayor grado térmico al exterior ya que la temperatura interna es casi siempre mayor a



24 °C, pero en el resto de la curva de comportamiento su temperatura oscila entre los 20 °C – 25 °C.

### 7.5 Resultados simulación configuración 4

Patio	Configuración 4 (aumentar el ancho)
5	3m x 9.50m x 7.20m



#### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23 °C	23 °C -24 °C	24 °C -25 °C	24 °C -28 °C	28 °C -31 °C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	624	2316	1339	967	703	541	1011	715	423	116
CONSULTORIOS	486	2532	1283	1094	810	724	1087	574	159	6
PATIOS Y CIRCULACION	1037	2151	849	629	465	433	700	713	692	1085

Ilustración 29. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 4

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, sin embargo se evidencia que el patios en algunas temporadas del año se encuentra con temperaturas altas mayores de 30 °C siendo muy caluroso y bajas fuera de un rango de confort deseable de 20 °C -24 °C, así como también se percibe que en un buen tiempo del año se encuentra con temperaturas de 18°C a diferencia de las aulas y consultorios donde la mayoría del tiempo se encuentra en un rango de confort.

#### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	0	5	46	222	424	487	564	688	878	1329	4117
CONSULTORIOS	6	16	88	233	447	702	948	1189	1539	1771	1821
PATIOS Y CIRCULACION	2	161	570	671	657	563	545	567	680	913	3431

Ilustración 30. Tabla promedio de horas en el rango de humedad de las zonas térmicas con configuración 4



En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, sin embargo estos espacios en algunas temporadas del año cuentan con humedades más bajas, especialmente en el patio que el porcentaje baja hasta 40 %, a diferencia de los otros espacios se mantienen entre el rango 65%- 80%.

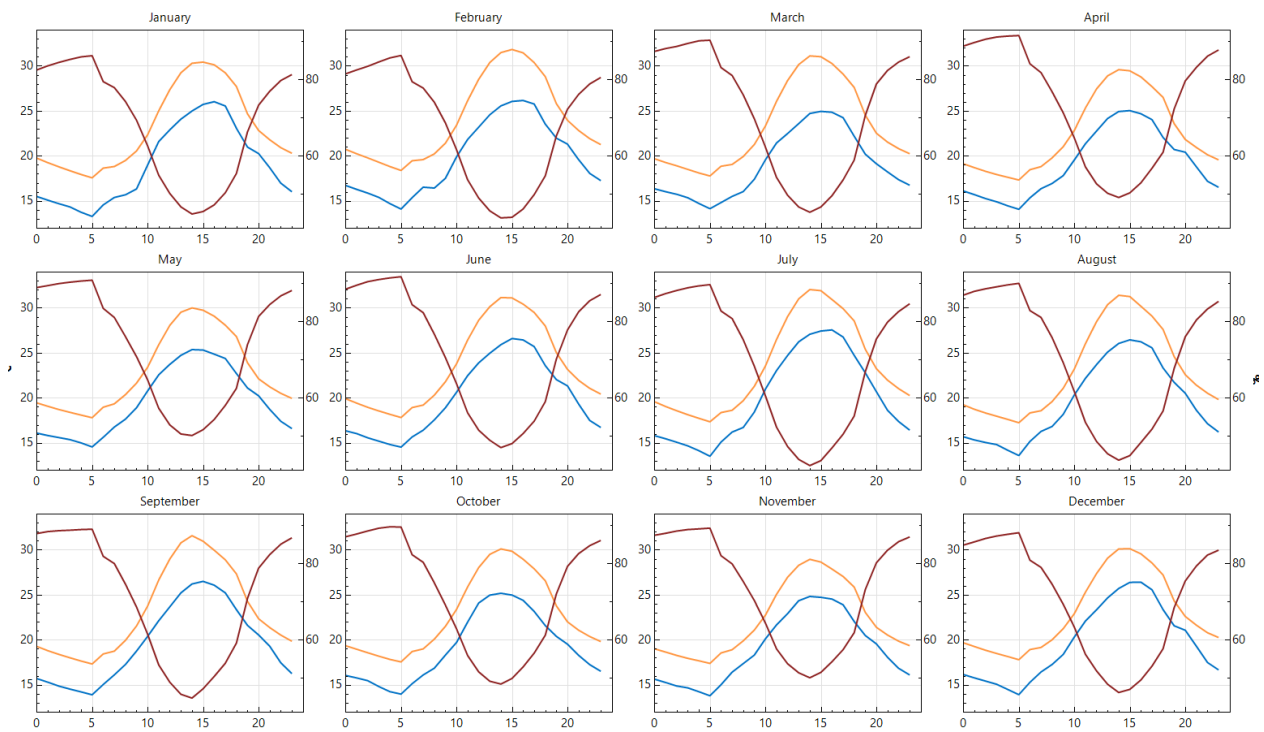


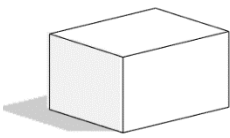
Ilustración 31. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de aumento el ancho

Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

En la anterior grafica se muestra los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. En la gráfica se puede apreciar como las temperaturas del patio tienden en algunos meses a tener grado térmico muy caluroso casi mayores del 30 °C, mucho mayor a las condiciones de clima del exterior.



### 7.6 Resultados simulación configuración 5

<b>Patio</b>	<b>Configuración 5 (tamaño pequeño, disminuir ancho y largo)</b>
6 	3m x 3m x 3m

#### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23 °C	23 °C -24 °C	24 °C -25 °C	24 °C -28 °C	28 °C -31 °C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	618	2322	1337	975	708	538	1019	712	419	112
CONSULTORIOS	492	2546	1295	1103	827	729	1061	559	145	3
PATIOS Y CIRCULACION	501	2430	1223	1003	785	643	1164	735	253	23

Ilustración 32. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 5

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, empero, se identifica que los tres espacios oscilan en rangos de 20 °C -25 °C y menos frecuencia mayores de 25 °C , por lo tanto en buen tiempo del año tiene un rango de confort deseable de 20 °C -25 °C.

#### Humedad

Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	0	4	44	210	412	490	555	682	880	1282	4201
CONSULTORIOS	5	14	83	219	418	714	934	1181	1535	1739	1918
PATIOS Y CIRCULACION	3	22	156	407	645	790	1024	1131	1427	1522	1633

Ilustración 33. Tabla promedio de horas en el rango de Humedad de las zonas térmicas con configuración 5



En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, sin embargo estos espacios en frecuencia a lo largo del año tienen humedades desde los 65% hasta mayores de 80%, donde el patio tiene el porcentaje más bajo de 50%.

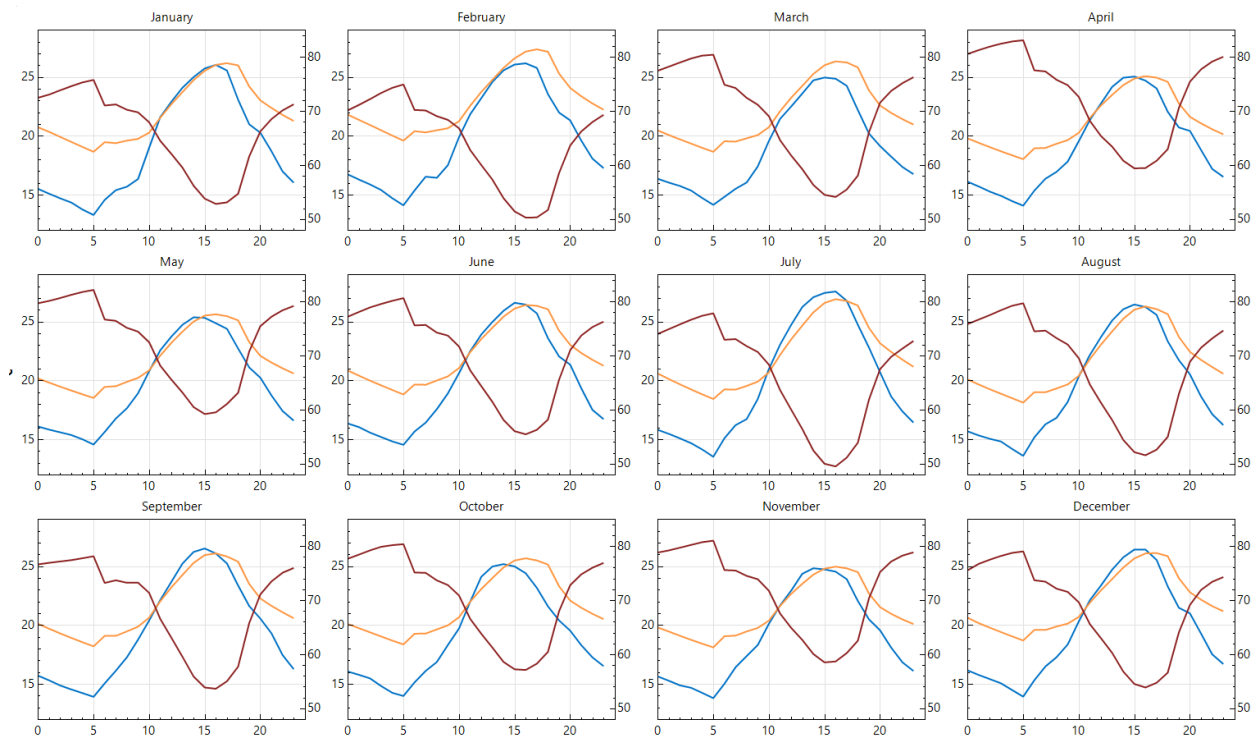


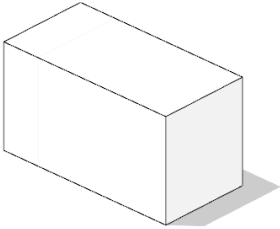
Ilustración 34. grafica de comportamiento térmico del patio con configuración de disminuir ancho y largo

Temperatura exterior	
Temperatura interior del espacio	
Humedad relativa del espacio	

En la anterior grafica se visualiza los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio configurado a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. Se identifica que las temperaturas del interior tienden a tener un rango de 20 °C -25 °C igual que la exterior, solo en meses como febrero, septiembre, noviembre y diciembre, en los picos de mayor calor del al interior es también se alcanzan estas temperaturas mayores de 25 °C



### 7.7 Resultados simulación configuración 6

<b>Patio</b>	<b>Configuración 6</b>
	5m x 2.5m x 3m

#### Temperatura

Zone	17 °C -18 °C	18 °C -20 °C	20 °C -21 °C	21 °C -22 °C	22 °C -23°C	23 °C -24°C	24 °C -25°C	24 °C -28°C	28 °C -31°C	mayor 31 °C
AULAS TALLERES	592	2313	1407	968	708	555	1012	711	412	82
CONSULTORIOS	466	2583	1367	1135	841	745	1036	494	93	0
PATIOS Y CIRCULACION	471	2591	1319	1149	899	764	1039	466	62	0

Ilustración 35. Tabla promedio de horas en el rango de temperatura de las zonas térmicas con configuración 6

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio configurado y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de temperatura establecidos en el cuadro, se puede percibir en café oscuro la predominante a lo largo del año, café la media y beige la menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una temperatura en un rango de 18 °C - 20 °C, empero, se percibe que este diseño de patio en frecuencia del año su rango casi siempre es desde 20°C a 25 °C teniendo en cada espacio un confort deseable de 20 °C -24 °C.

#### Humedad

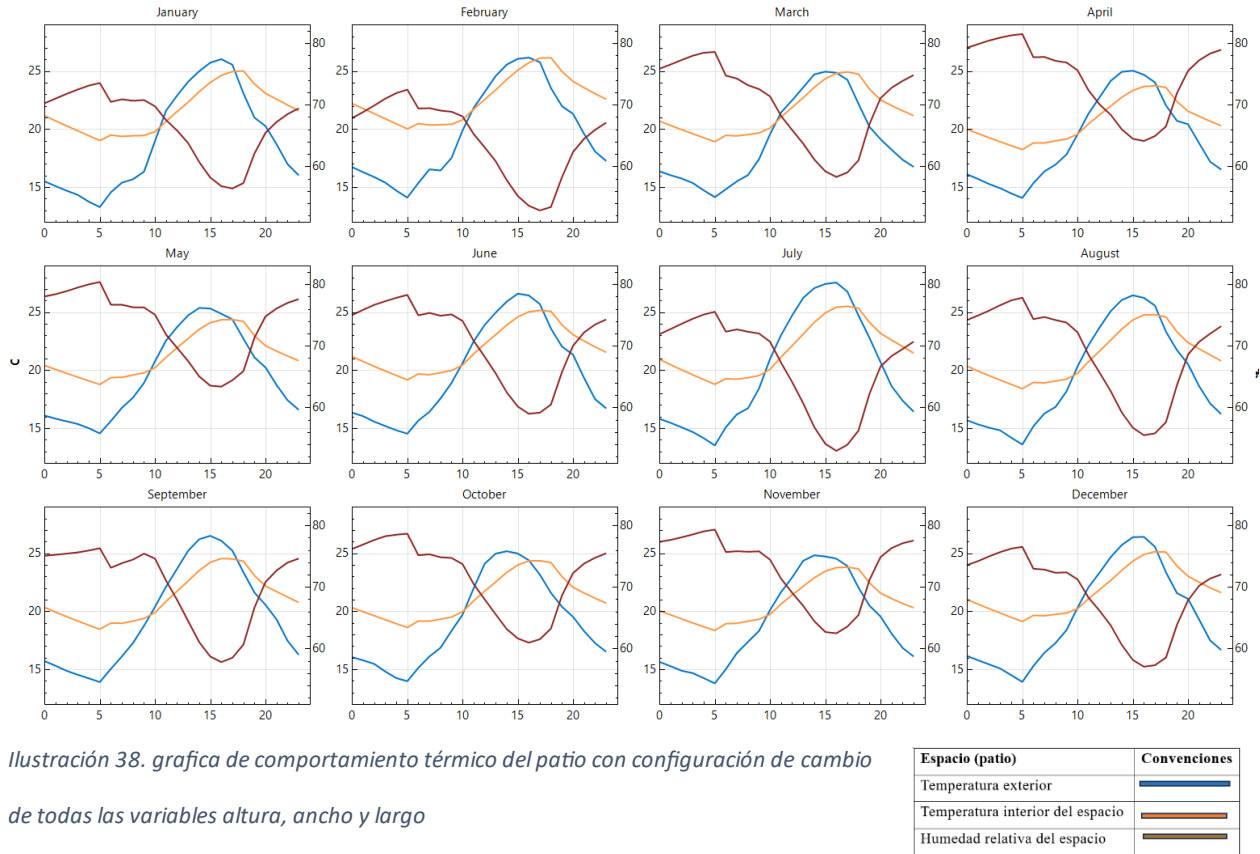
Zone	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	Mayor 80 (%)
AULAS TALLERES	0	4	33	205	400	486	558	676	894	1332	4172
CONSULTORIOS	4	14	66	192	384	701	927	1206	1556	1788	1922
PATIOS Y CIRCULACION	4	15	77	263	510	845	1078	1206	1479	1656	1627

Ilustración 37. Tabla promedio de horas en el rango de Humedad de las zonas térmicas con configuración 6

En la tabla se puede apreciar el promedio de horas en el cual el patio y sus espacios adyacentes consultorios y aulas se encuentra en estos rangos de humedad establecidos en cuadro, se puede percibir en café oscuro el porcentaje predominante a lo largo del año, café la media y beige la



menos constante, se identifica que en promedio los espacios se encuentran mayormente a una humedad en un rango mayor al 80% °C, se percibe que a lo largo del año los espacios cuentan con humedades desde los 60 % hasta mayores de 80%.



En la anterior grafica se muestra los resultados de temperatura interior y exterior, y humedad del patio a lo largo de un periodo de un año obtenidos de la simulación sobre el diseño original de este espacio de la clínica. En las grafica se puede apreciar como la temperatura del interior siempre está en un rango de confort de 20°C -25°C y sus humedades no bajan del 50%





### 7.8 Comparaciones

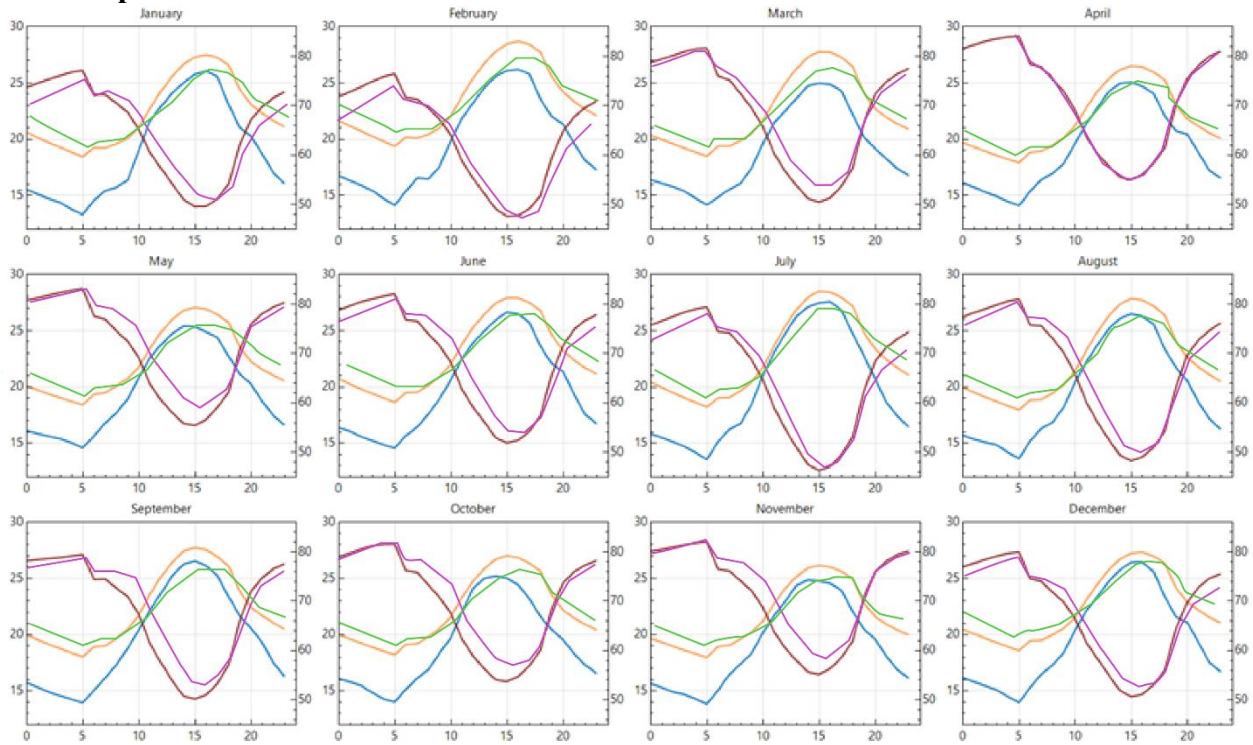


Ilustración 39. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 1 aumento de la altura

Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 1	
Humedad configuración 1	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 1 (aumentar la altura) con el diseño inicial, se puede identificar el comportamiento de estos patios a pesar de tener una tendencia parecida, los valores respecto a la temperatura del lugar varían entre configuración ya que la temperatura de la configuración 1 tiende a tener un mayor equilibrio con la temperatura exterior pues sus picos son casi iguales , además casi siempre oscila entre rango de 20 °C-25°C es decir en confort, a diferencia del diseño inicial el cual tiende a subir su temperatura mucho mayor casi a los 28 °C a la exterior que oscila entre 18 °C -25 °C. Sin embargo, se evidencia que el tiempo donde la temperatura exterior es mucho menor entre 17 °C el patio tiene una temperatura mayor más cálida. Finalmente, respecto a la humedad el comportamiento es casi similar casi sin diferencia manteniéndose en un rango de 55%-85%.





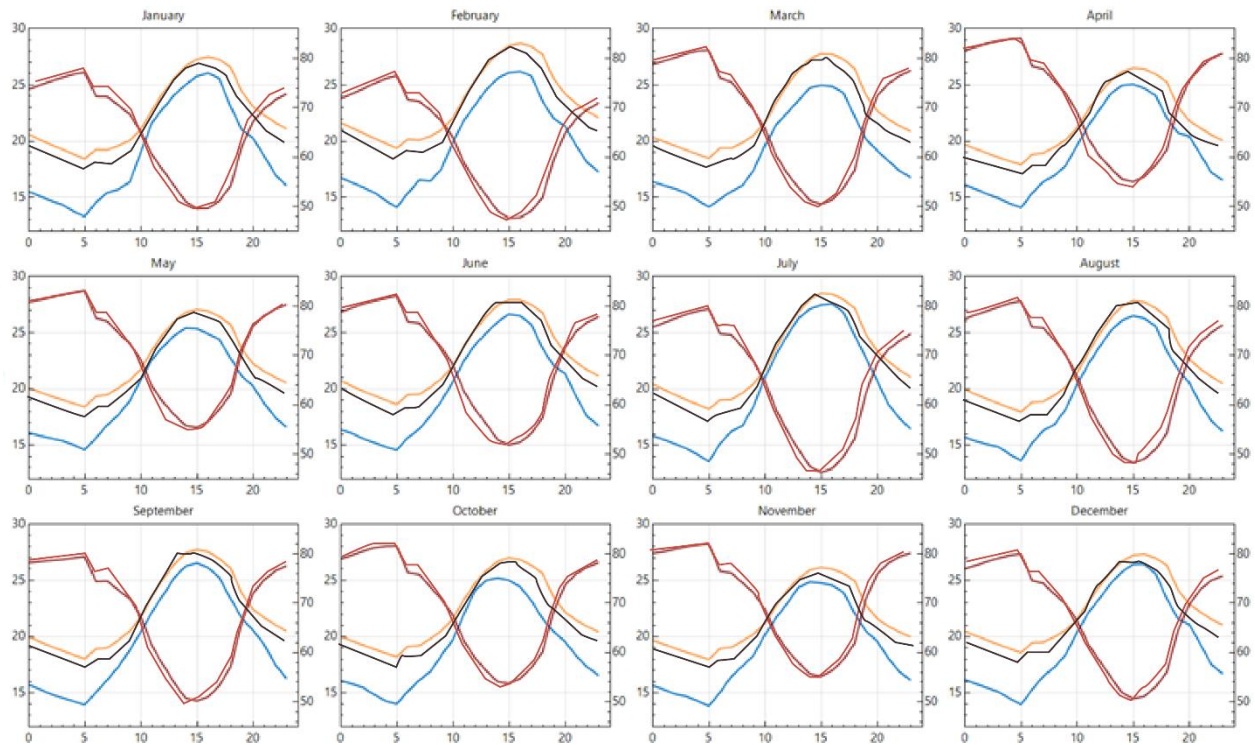


Ilustración 40. gráfica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 2

Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 2	
Humedad configuración 2	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 2 (aumentar el largo) con el diseño inicial, se puede percibir que el comportamiento de estos patios tiene una tendencia casi igual con muy mínimas diferencias, ya que su temperatura en los puntos de mayor grado térmico en el exterior al interior es mayor pues tiende a estar en un rango de 25 °C - 30 °C y las humedades oscilan entre 45%-85%.



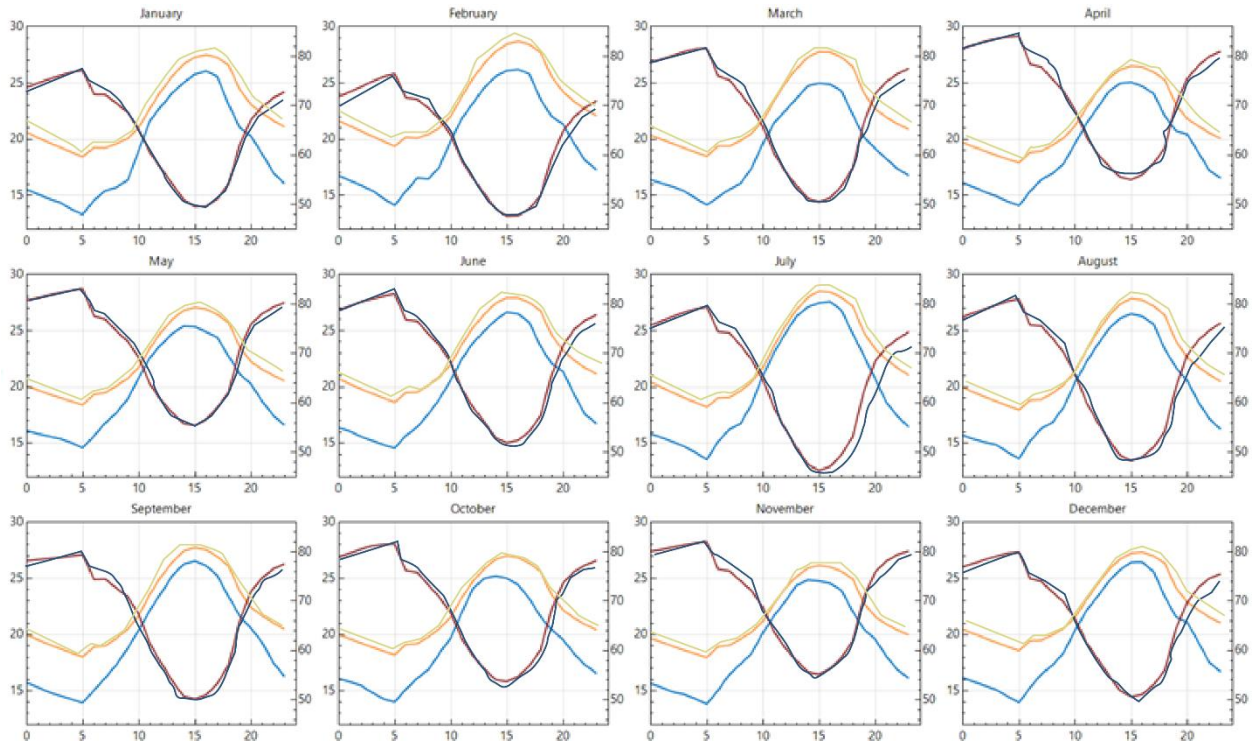


Ilustración 41. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 3

Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 3	
Humedad configuración 3	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 2 (geometría cuadrada) con el diseño inicial, se puede identificar que estos dos patios cuentan con un mismo patrón de comportamiento en relación con el clima exterior, ya que su temperatura al interior es mayor casi a los 30 °C cuando en el exterior se encuentra en su grado térmico mayor aproximadamente a los 26 °C, asimismo en toda la curva de temperatura la del patio siempre es mayor, lo cual tiene una tendencia a ser un lugar con mayores ganancias de calor y las humedades oscilan entre 50%-85% en los dos casos.



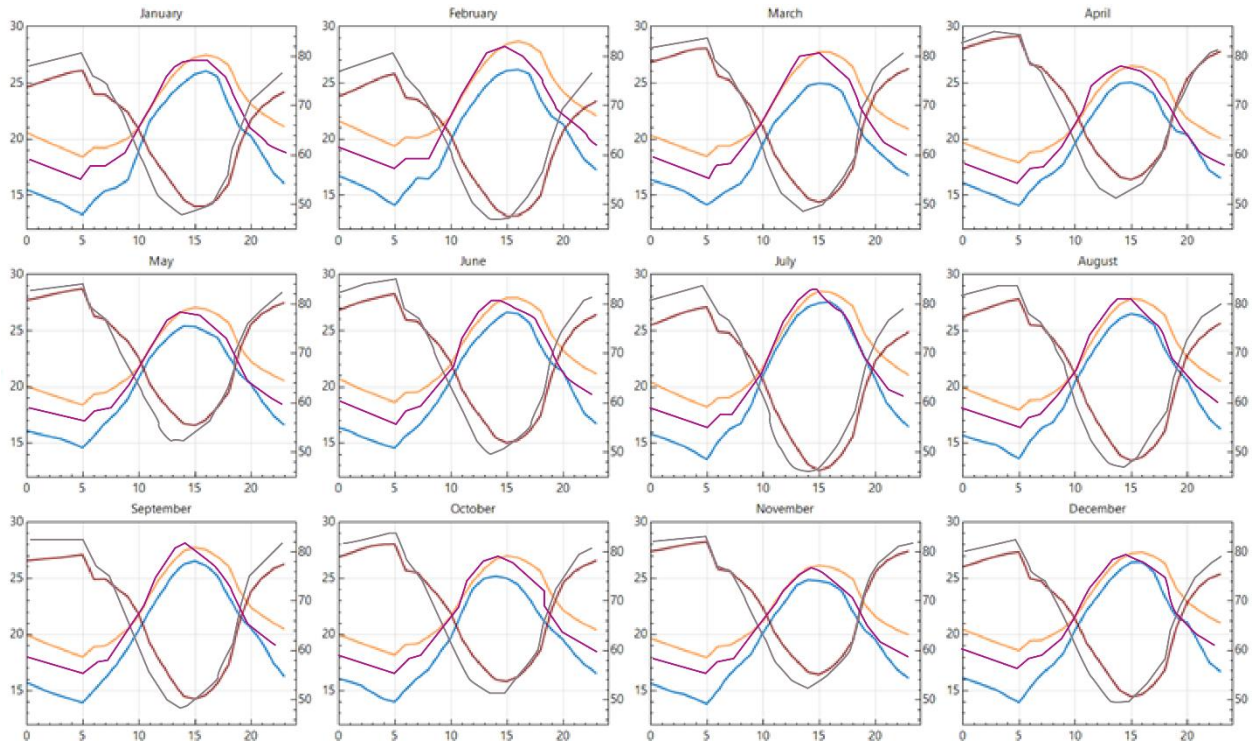


Ilustración 42. gráfica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 4

Espacio (patio)	Convenciones
Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 4	
Humedad configuración 4	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 1 (aumentar el ancho) con el diseño inicial, se distingue que su curva de comportamiento térmico es casi igual, donde siempre al interior del espacio la temperatura es mayor a la exterior, debido a que en los tiempos donde la temperatura exterior es menor 17 °C al interior es mayor 18°C -20°C, pero cuando el clima exterior es mayor 25 °C al interior es mayor llegando casi a los 28 °C.



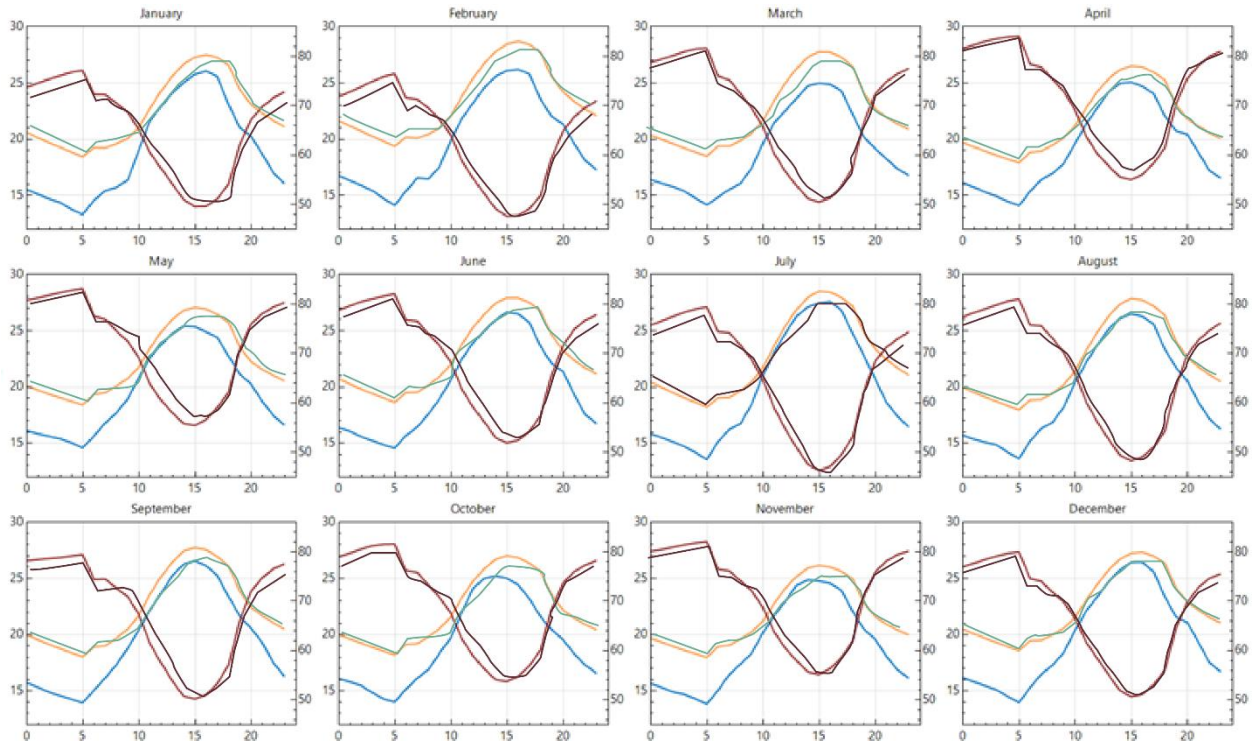


Ilustración 43. gráfica comparativa del comportamiento térmico del diseño de patio original vs configuración 5

Espacio (patio)	Convenciones
Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 5	
Humedad configuración 5	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 1 (disminuir ancho y largo) con el diseño inicial, se puede apreciar que la curva de comportamiento del patio configurado esta casi siempre intermedia a la de temperatura exterior y la del diseño original, por lo tanto, se percibe un mejor equilibrio de intercambio térmico con el diseño modificado debido a que en la mayoría de meses su grado térmico oscila entre un intervalo de 20°C -26 °C, y en los meses donde la temperatura exterior es mayor al interior es igual a diferencia del diseño inicial que tiende siempre a una curva térmica siempre mayor, es decir, tiene mayor ganancia térmica al interior. Finalmente, sus rangos de humedades son casi igual pues no bajan de 50 %.





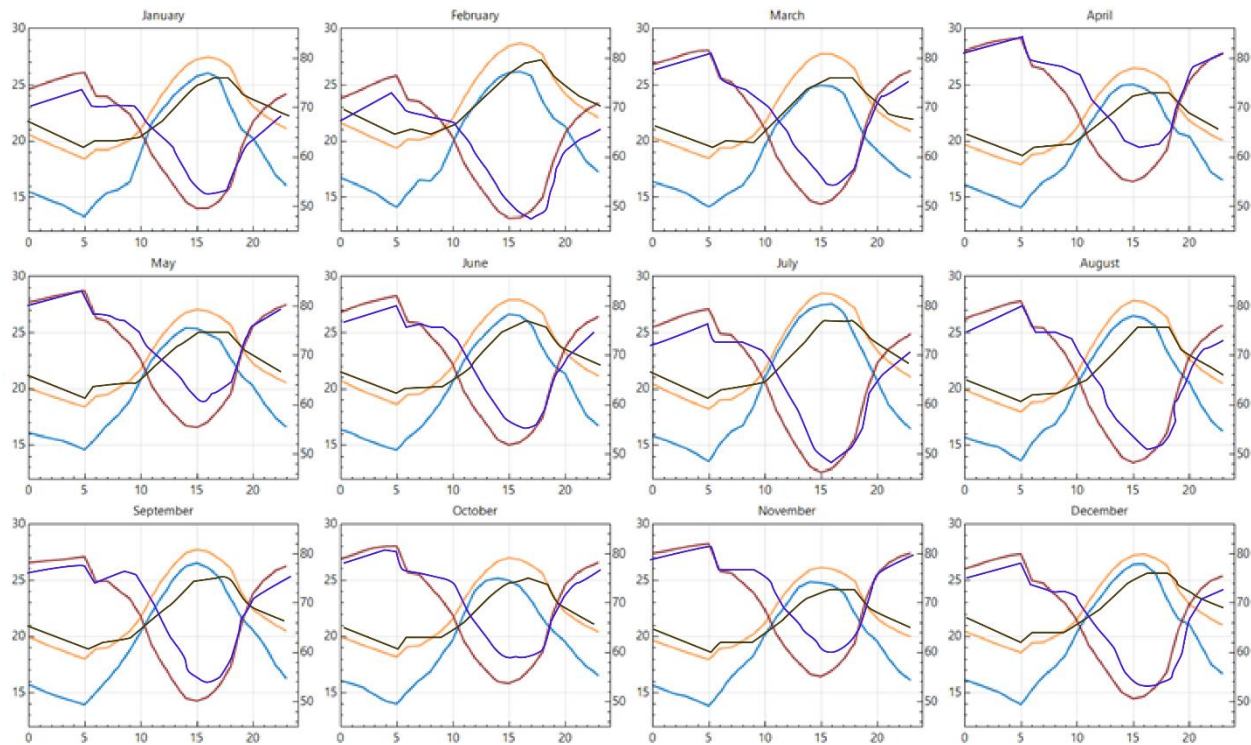


Ilustración 44. gráfica comparativa del comportamiento térmico del diseño de Patio original vs configuración 6

Espacio (patio)	Convenciones
Temperatura exterior	
Temperatura configuración inicial	
Humedad configuración inicial	
Temperatura configuración 6	
Humedad configuración 6	

A partir de la gráfica se puede identificar la comparación del desempeño higrotérmico de la configuración 6 con el diseño inicial, se puede identificar el comportamiento de estos patios a pesar de tener una tendencia parecida los valores respecto a la temperatura del lugar varían entre configuración ya que la temperatura de la configuración de la forma del patio su temperatura siempre oscila entre 20 °C – 25 °C un rango de temperatura de confort de un espacio, es decir tiene un intercambio térmico equilibrado, a diferencia del diseño inicial donde la temperatura tiende a subir más en los tiempos del mes que la temperatura es mayor, casi llegando a los 30 °C. Asimismo la humedad del patio configurado se mantiene entre un rango de 50 % a 80%.



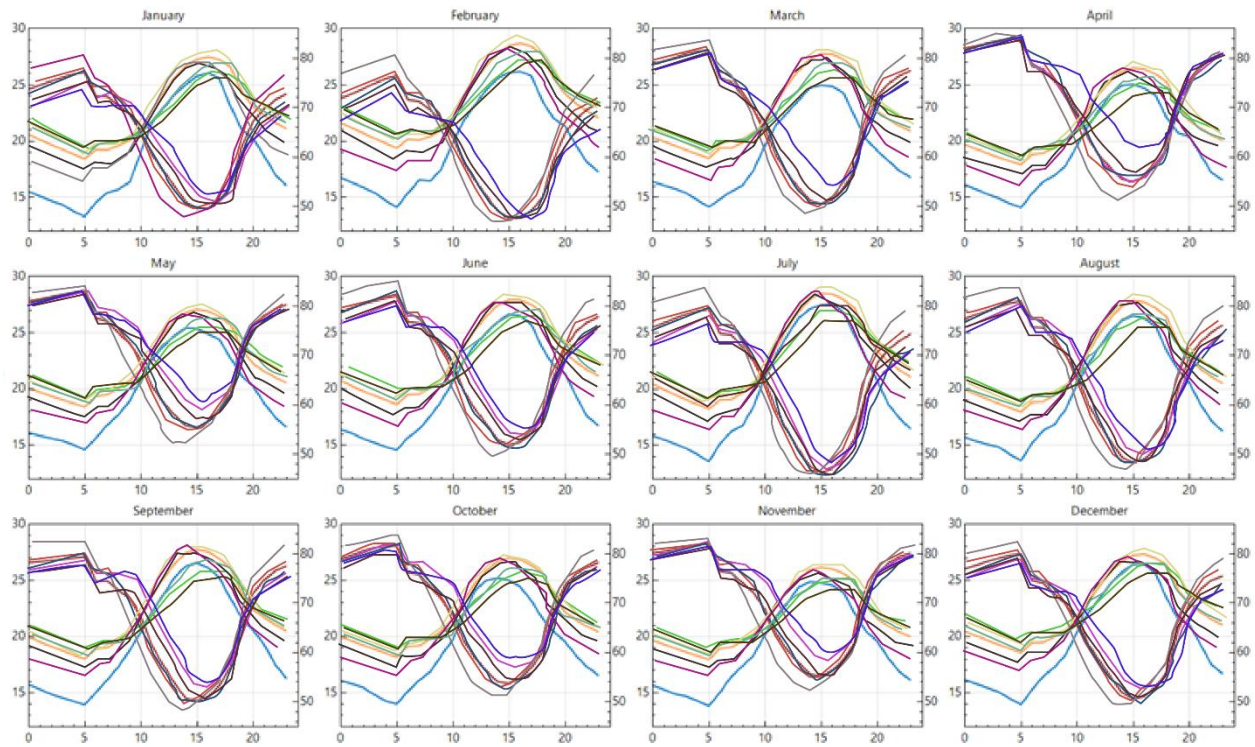


Ilustración 45. grafica comparativa del comportamiento térmico del diseño de inicial del patio vs las diferentes configuraciones formales

Por medio de la gráfica se visualiza la comparación del desempeño higrotérmico de cada una de las configuraciones con el diseño inicial, se puede identificar el comportamiento de estos patios a pesar de tener una tendencia parecida los valores en relación con la temperatura del lugar varían entre configuración, lo que permite percibir los patrones de comportamiento acorde a la modificación en la geometría y así definir las principales pautas o variables de diseño a considerar en el diseño de patios que potencien su desempeño higrotérmico.



Interrogantes propuestos

¿A mayor profundidad del patio se descende la temperatura del interior en momentos donde la temperatura exterior es mayor a la interna?, y ¿patios muy profundos si cuentan con un constante patrón de flujo de aire al interior? (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019)

- Al aumentar la altura del patio, configuración 1, se percibe que la temperatura del interior se disminuye y queda casi en equilibrio con la temperatura exterior, por lo tanto, estos patios tienden a tener un equilibrio de intercambio térmico del interior al exterior, lo que quiere decir que, los patios más profundos si presentan con un patrón de flujo aire menor pero que permite equilibrar las ganancias de calor ganadas de la temperatura exterior, debido a que al tener mayor altura tiende a generar más sombra y así absorber menos calor, por ende no tiende a descender más los grados térmicos del interior al tener temperaturas exteriores mayores.

Finalmente, con base a estos resultados se determina que esta pauta de diseño de patios profundos se utiliza cuando se requiera de un espacio al interior que tenga las mismas condiciones térmicas que las exteriores, además sirven muy bien en climas templados donde su temperatura no es muy fría o calurosa.

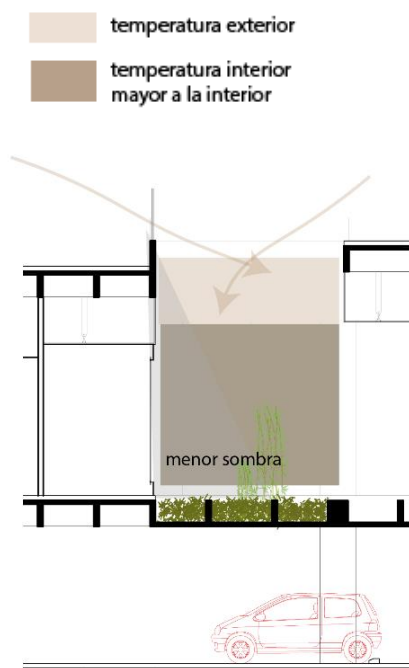


Ilustración 47. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia



Ilustración 46. Sección patio configuración formal 1 (aumentar la altura) comportamiento térmico identificado. ilustración propia



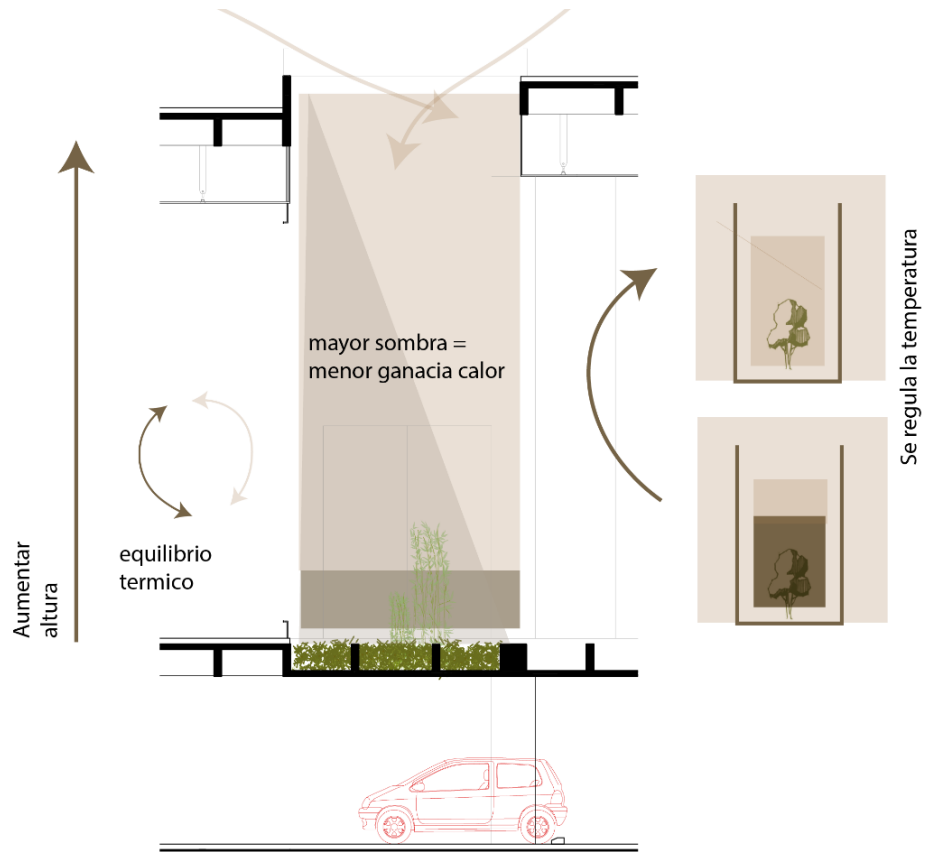


Ilustración 48. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia

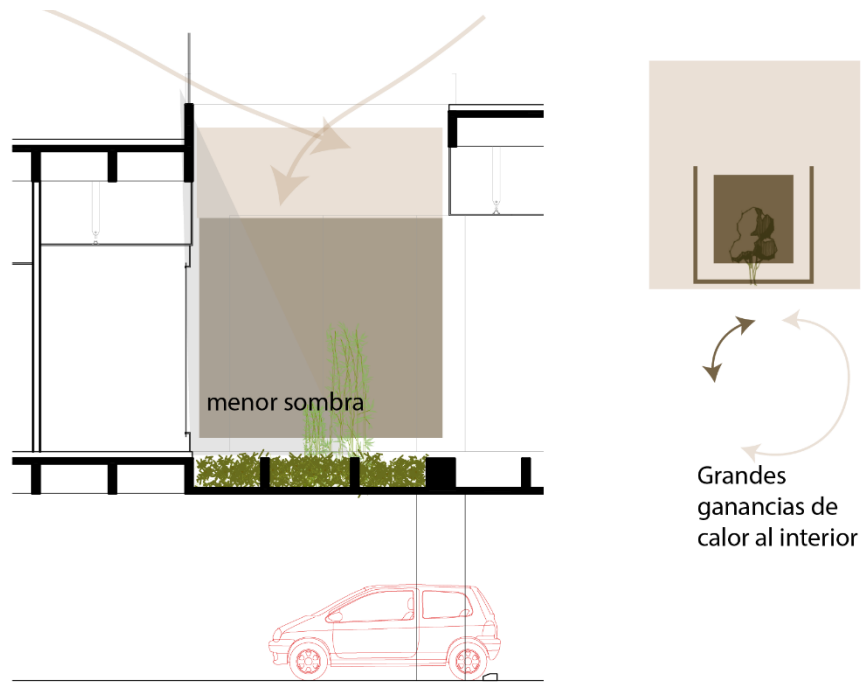


Ilustración 49. Sección patio configuración formal original comportamiento térmico identificado. ilustración propia





¿Si el patio es muy estrecho en anchura si permite circula mejor el aire? o es mejor un patio más ancho para generar remolinos de aire si se tiene temperaturas interiores mayores a las exteriores ¿entre más ancho permite que el aire frio descienda a diferencia si es menos ancho genera que a aire al interior ingrese con mayor dificultad provocando que la temperatura del patio aumente? (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019)

- Si se requiere que un patio tenga una temperatura mayor a la exterior para tener ganancias de calor en temporadas de fríos los patios más anchos y largos son mejores ya que al observar el resultado de las configuraciones 2 y 4 se percibe que la temperatura al interior era mucho mayor, incluso, es a veces muy caluroso y sale de una zona de confort de frio que se establece casi hasta los 27°C.

Por lo tanto, la configuración de estos grandes patios representa una mayor ganancia de calor al interior y falta de corrientes de convección y estratificación que circulen el aire caliente hacia afuera, por ende, se recomienda mejores patios con una ancho medio o menor si se requiere temperaturas menores y más frescas.

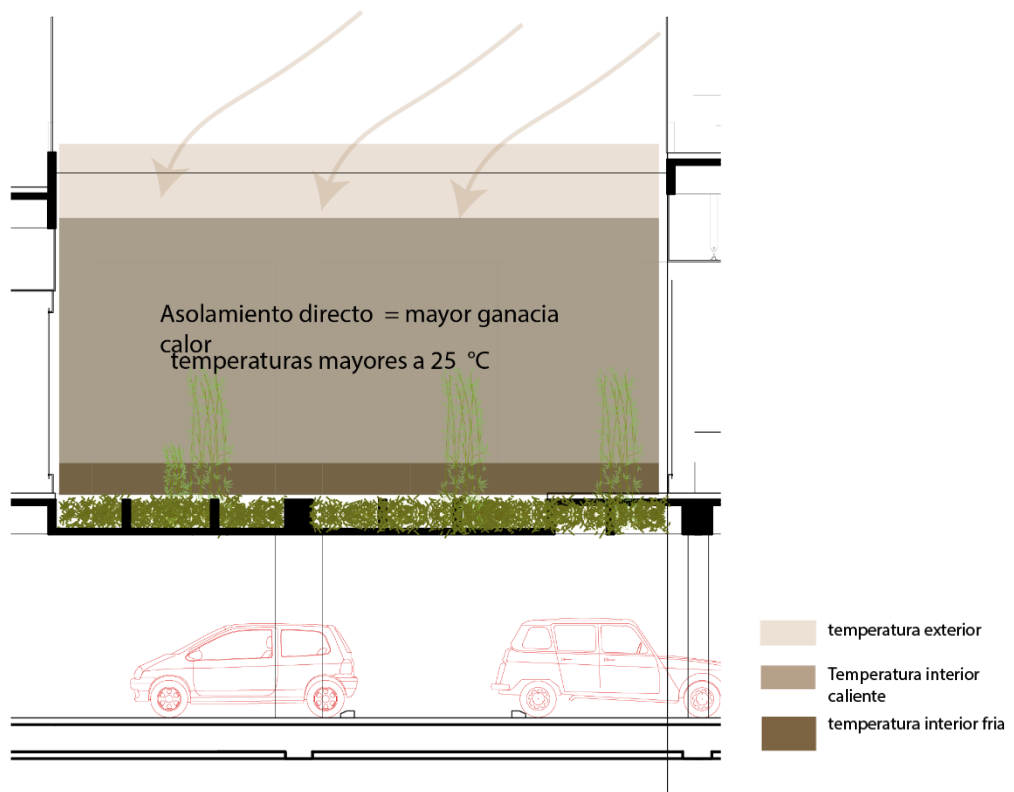


Ilustración 50. Sección patio configuración formal 4 (aumentar el ancho) comportamiento térmico identificado. ilustración propia



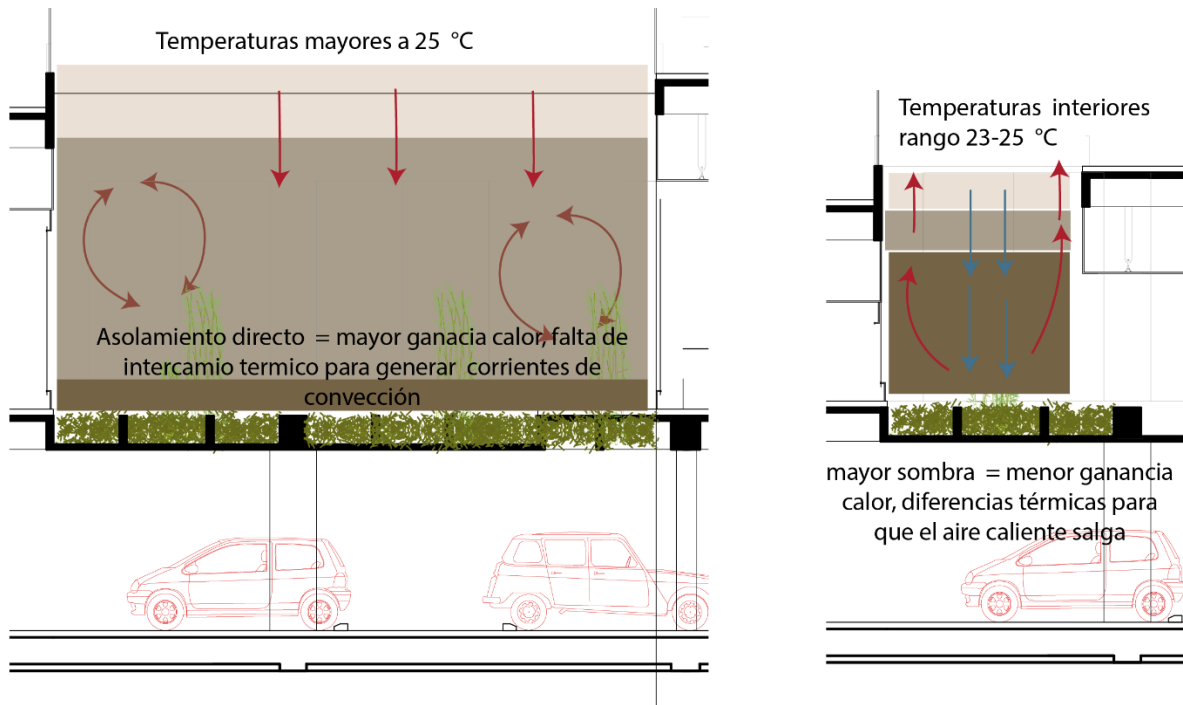
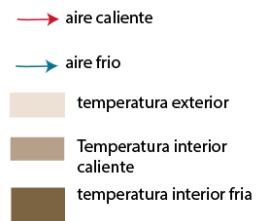


Ilustración 51. Comparativas patio configuración formal 4 (aumentar el ancho) vs configuración 5 comportamiento de convección identificado. ilustración propia



¿En patios poco profundos pero anchos (rectángulo) si se logra producir patrones de flujo? o ¿si tiene un ancho altura casi igual (cuadrado) los patrones de flujo ocupan todo el espacio? Entonces ¿un patio más cuadrado renueva el aire mucho mejor? (Araujo Armero 2009; Rojas, 2012; Borrego, 2019).

- Los patios que tienen una geometría más rectangular y pocos profundos (configuración 4), y aquellos que tienen una geometría cuadrada pero pocos profundos (configuración 3), se puede decir que sus renovaciones del aire son menores a configuraciones de total cubo (configuración 5), pues las temperaturas de la modificación formal 4, y 3 tienden a alcanzar temperaturas muy altas casi mayores de los 33 °C a diferencia de la 5 el cual tiende a estar en un rango de confort casi todos los meses de 20 °C -25 °C, por lo tanto el



tener un patio con las variables de largo, ancho y alto iguales renueva mucho mejor el aire ya que el grado térmico al interior se mantiene en rangos de confort deseable.

Por ende, la relación entre el ancho y la profundidad es esencial en el diseño de patios para tener un buen patrón de flujo que renueven el aire al interior, con base a los resultados anteriores y a la ilustración 45 se percibe que el tener una relación más proporcional de estar variables el patio presenta mejores condiciones térmicas que potencian el confort y la ventilación natural de los espacios.

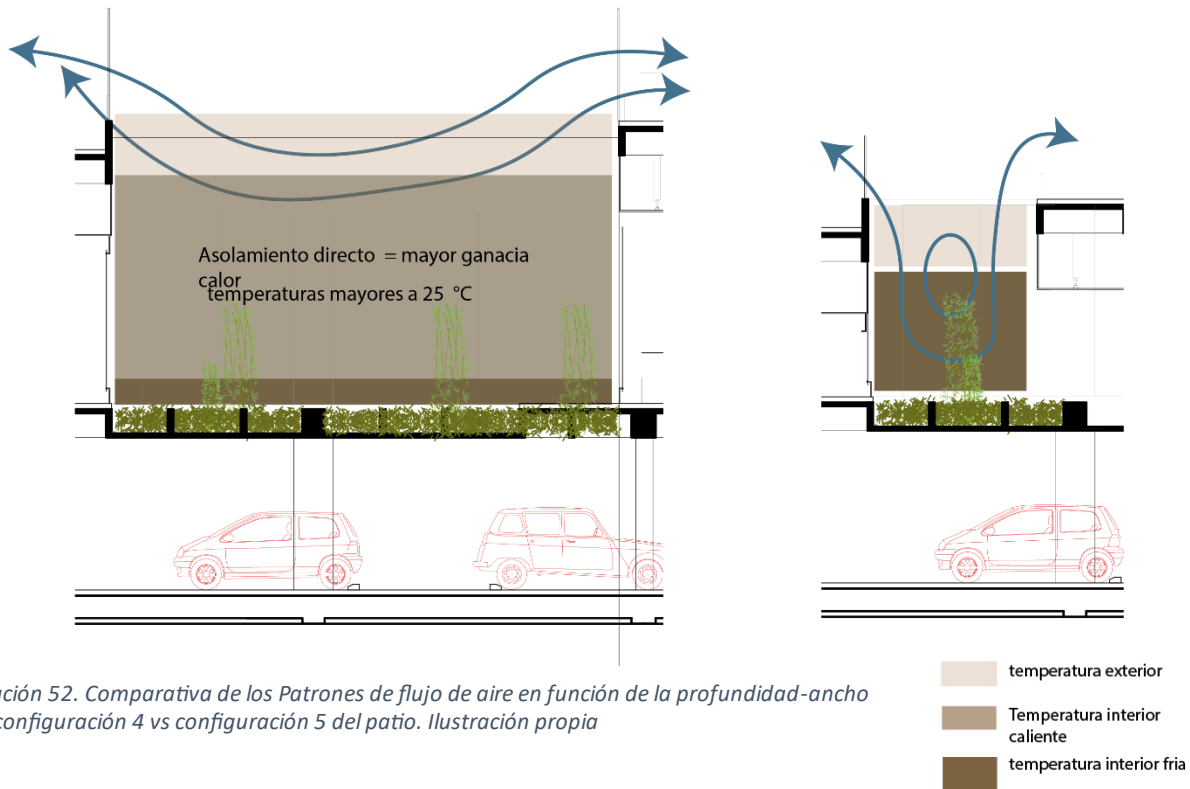


Ilustración 52. Comparativa de los Patrones de flujo de aire en función de la profundidad-ancho de la configuración 4 vs configuración 5 del patio. Ilustración propia

En relación con las tres variables de tamaño, largo, ancho y profundidad, acorde a la última modificación 6, donde se configura un patio poco ancho y largo casi cuadrado y con mayor profundidad, este es el patio con mejor desempeño higrotérmico, pues en todo el año su rango térmico no sobresale de los rangos de confort establecidos 20°C -25 °C, además los espacios adyacentes a este también se mantienen en este rango de temperatura.



En definitiva, respecto a la altura se recomienda patios con alturas medias, y en el ancho y largo una geometría más cuadrada donde sean casi iguales y no muy grandes, se mantiene así una relación proporcional de estas tres variables de tamaño. Por medio, de estas pautas base se puede diseñar un patio que tengan temperaturas al interior entre rangos de 20 °C -25 °C, además que sus espacios adyacentes también estarán entre esos intervalos, logrando una mejor eficiencia energética con ventilación natural en el edificio y un confort del usuario.

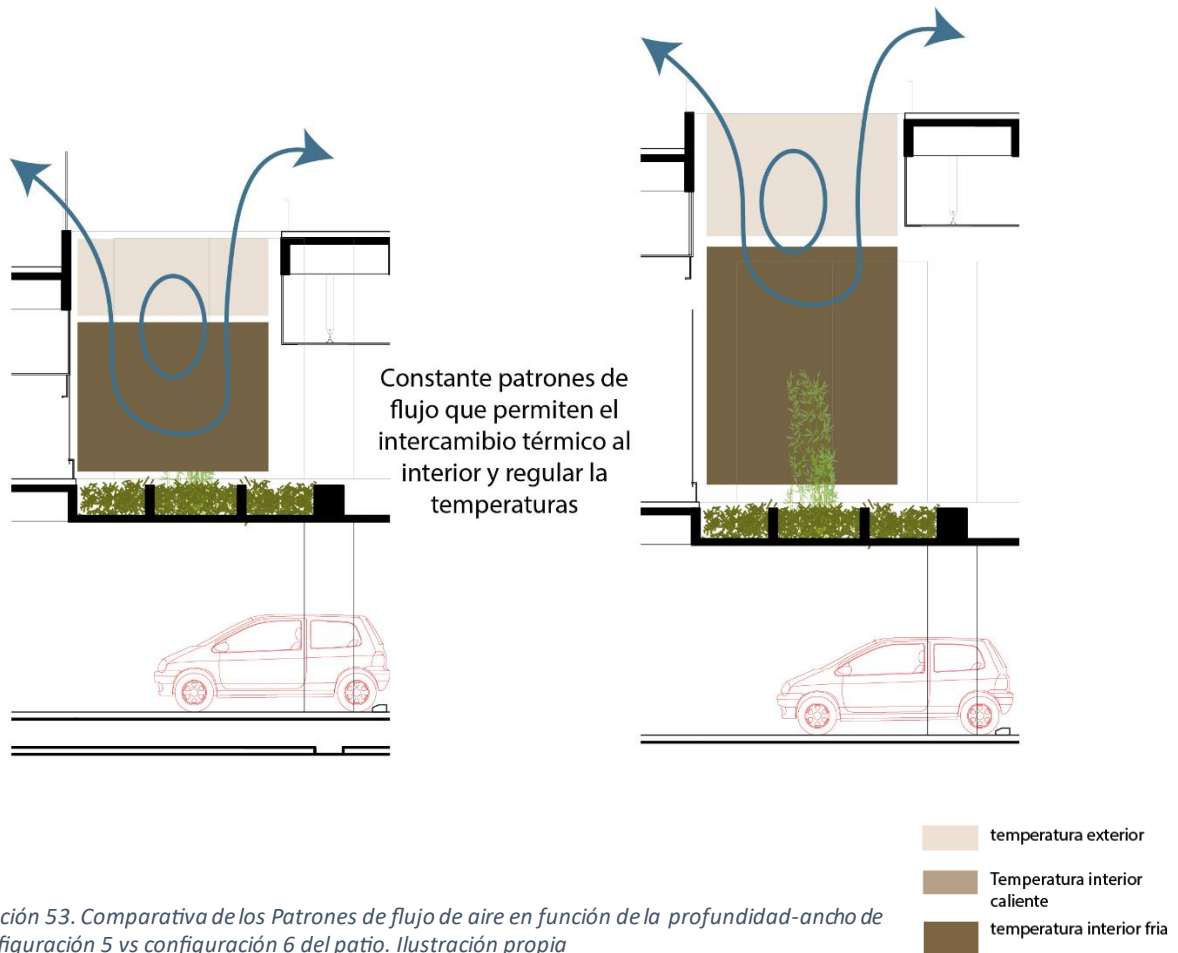


Ilustración 53. Comparativa de los Patrones de flujo de aire en función de la profundidad-ancho de la configuración 5 vs configuración 6 del patio. Ilustración propia



## CONCLUSIONES



## 8. CONCLUSIONES

Finalmente, después del análisis de diferentes configuraciones de tamaño del patio y su desempeño higrotérmico en cada uno de estos y la investigación sobre el comportamiento y fenómenos termodinámico que produce este espacio, se puede concluir que:

- Los patios son una estrategia pasiva de la arquitectura bioclimática versátil, óptima frente a las regulaciones de temperatura en el interior, su diseño pensado permite el uso adecuado de recursos naturales como la ventilación e iluminación natural, lo cual promueve una mejor eficiencia energética sostenible al reducir la dependencia de sistemas de climatización artificiales.
- El comportamiento termodinámico de los patios está ligado en gran medida por fenómenos físicos como estratificación, convección y patrones de flujo que se ven influenciados por el diseño de la geometría de estos espacios, pues la variación del tamaño permite tener un manejo del funcionamiento del patio acorde a la necesidad que se requiera al interior si tener una capsula de calor o de grado térmico menor.
- Al diseñar los patios es importante tener unas pautas de diseño establecidas a partir de conclusiones experimentales que me permitan definir como cada variable de tamaño modifica el comportamiento del espacio y así tener una base teórica sobre qué tipo de patio necesita el edificio para responder a las condiciones exteriores y mejore su eficiencia energética y confort del usuario.
- El aprovechamiento de las herramientas digitales como lo son los softwares de simulación térmica es primordial en el estudio de espacios y estrategias pasivas como los patios, ya que tienen una tasa de predicción del comportamiento y la influencia de este sobre el consumo energético del edificio y el confort al interior que permite establecer pautas de diseño que mejoran el rendimiento y el diseño sostenible.
- El comportamiento de cada uno de estos patios se ve influenciado por las condiciones de clima del exterior, por ende, estas definiciones de las variables de diseño de patios se acomodan mayormente en climas más templados.



## BIBLIOGRAFIA



## 9.BIBLIOGRAFIA

### Libros

Olgay, V., Frontado, J. & Clavet, L., 1998. Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Barcelona [etc.]: Gustavo Gili.

Neila González, F.J., 2004. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias

### Artículos

Rojas, J.M., Galán-Marín, C. & Fernández-Nieto, E.D., 2012. "Parametric study of thermodynamics in the mediterranean courtyard as a tool for the design of eco-efficient buildings." *Energies*, 5(7), pp.2381-2403

Rajapaksha, I., Nagai, H. & Okumiya, M., 2003. "A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics." *Renewable Energy*, 28(11), pp.1755-1778

Fernández Rojas, Juan Manuel. "Termodinámica del Patio Mediterráneo: Cuantificación y aplicación al diseño de arquitectura Ecoeficientes".

Grisolía, S., 2008. Cambio climático, cambio cultural. Cuenta y razón, ISSN 1889-1489, No 2, 2008, págs. 29-31, (2), pp.29-31.

Jinesta, M.A. (2016). Patios: Análisis homológico, Reflexión y Herramientas Proyectuales [en línea] disponible en [https://www.academia.edu/36200822/Patios\\_An%C3%A1lisis\\_Reflexi%C3%B3n\\_y\\_Estrategias](https://www.academia.edu/36200822/Patios_An%C3%A1lisis_Reflexi%C3%B3n_y_Estrategias)

Barrientos, J.C. (2017). Patios arquetipos. [en línea] disponible en <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5044>





Godoy, A.(S. F).El confort térmico adaptativo Aplicación en la edificación en España. [en línea] disponible en [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18763/TFM\\_Alfonso%20Godoy%20Munoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18763/TFM_Alfonso%20Godoy%20Munoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Aakrouti,L.(2017-2018). "Análisis de un espacio de transición como herramienta pasiva de confort, el patio." ("Análisis de un espacio de transición como herramienta pasiva de ... - us") [en línea] disponible en <https://idus.us.es/handle/11441/79557>

Borrego, J.M. (2017). Comportamiento termodinámico del patio, su contribución al diseño eficiente. [en línea] disponible en <https://idus.us.es/handle/11441/67688>

Alarcón,C.(2022). Calidades Espaciales en El Patio: Medición y percepción del Bienestar de Distintos Grupos Etarios. [en línea] disponible en <https://www.proquest.com/openview/1ba32b0895d5bc507306c0af4a70b01a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Guerri,J.(2018-2019). ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA: RETOS PARA UN FUTURO CERCANO. [en línea] disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/135813/Guerri%20-%20PRA-F0222%20Arquitectura%20bioclim%20c3%a1tica.%20Retos%20para%20un%20futuro%20cercano%20%283%5%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bastida,O.(S.F). Influencia de geometría y sombreado de las condiciones térmicas del patio mediterráneo. Cuatro patios en Mérida. [en línea] disponible en <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/79492/aotfgets163.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



## Páginas web

Mujeres confiar, SV, 2018. Clínica de la mujer: una crónica en tres actos. Recuperado de <https://mujeresconfiar.com/clinica-de-la-mujer-de-medellin/>

TALLER SINTESIS, 2018. Clínica de la mujer. Recuperado de <https://tallersintesis.com/portfolio/pr-clinica-de-la-mujer/>

Distrito térmico Colombia, 2018. Eficiencia energética en edificaciones para el desarrollo urbano sostenible. Recuperado de <https://www.distritoenergetico.com/eficiencia-energetica-en-edificaciones-para-el-desarrollo-urbano-sostenible/#:~:text=En%20Am%C3%A9rica%20Latina%20los%20edificios,del%20agua%20y%20para%20cocinar.>

IDEAM. (Año). *Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos* [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

