



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y HÁBITAT SOSTENIBLE

**TEMA: MATERIALES TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA Y SU INCIDENCIA
EN EL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO PARROQUIA
HUACHI CHICO- AMBATO.**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magister en Arquitectura y
Hábitat Sostenible.

Autora: Karen Elizabeth Arias Cáceres

Tutor: Arq. Msc. Lucía Cristina Pazmiño Viteri

AMBATO – ECUADOR

2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Karen Elizabeth Arias Cáceres, declaro ser autora del Trabajo de Investigación con el nombre MATERIALES TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA Y SU INCIDENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO PARROQUIA HUACHI CHICO - AMBATO, como requisito para optar al grado de Magister en Arquitectura y Hábitat Sostenible y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 08 días del mes de agosto de 2023, firmo conforme.

Autor:

Firma:

Número de Cédula: 1804420865

Dirección: Ambato

Correo Electrónico: karenarias@indoamerica.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Titulación MATERIALES TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA Y SU INCIDENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO PARROQUIA HUACHI CHICO – AMBATO presentado por Karen Elizabeth Arias Cáceres, para optar por el Título Magister en Arquitectura y Hábitat Sostenible,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 05 de Octubre de 2023

.....

Arq. Msc. Lucía Cristina Pazmiño Viteri

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Arquitectura y Hábitat Sostenible, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora.

Ambato, 05 de Octubre 2023

.....
Karen Elizabeth Arias Cáceres
1804420865

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MATERIALES TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA Y SU INCIDENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO PARROQUIA HUACHI CHICO – AMBATO, previo a la obtención del Título de Magister en Arquitectura y Hábitat Sostenible, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 05 de Octubre de 2023

Arq. Javier Jacinto Cardet García, Msc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Arq. Luis Enrique Soria Pazmiño, Msc.
EXAMINADOR

Arq. Lucía Cristina Pazmiño Viteri, Msc.
TUTOR

DEDICATORIA

A aquella niña que aún sueña con cambiar el mundo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fortaleza y sabiduría.

A mi familia, por apoyarme e impulsarme a llegar más allá.

A mi esposo por ser mi lugar seguro y creer en mí.

A mi tutora Lucía por aceptar este reto y guiarme en el proceso.

And last but not least, I want to thank me.

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
Contextualización.....	2
Justificación	8
Árbol de problemas	10
Crítica	10
Planteamiento del Problema	11
Preguntas de Investigación	11
Pregunta de investigación general.....	11
Preguntas de investigación específicas.....	11
Objetivos.....	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	13
Fundamento conceptual.....	13
Fundamento teórico.....	24
Estado del arte.....	28
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	35
Diseño metodológico.....	35
CAPÍTULO III APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	41
Parámetros análisis del confort térmico. OE1.....	41
Delimitación espacial OE2	45
Estructura política	45
Estructura geográfica.....	46
Estructura climática.....	47
Zona de estudio	49
Caso de estudio (Diagnóstico) OE2	60
Descripción de la vivienda.....	60
Configuración general del software	61
Resultados diagnóstico	68
Propuesta.....	76
Propuesta arquitectónica.....	76
Configuración del software.....	77
Comparativa estado actual y propuesta	81
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES.....	88

REFERENCIAS 90

ANEXOS 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones interiores de diseño	19
Tabla 2 Configuración de análisis en Design Builder.....	22
Tabla 3 Zonas climáticas de Ecuador	25
Tabla 4 Tasa metabólica de actividades en vivienda.....	27
Tabla 5 Valores de aislamiento de la vestimenta para conjuntos típicos	28
Tabla 6 Diseño tabla de síntesis de normativa sobre eficiencia energética en vivienda	37
Tabla 7 Diseño de tabla de elementos constructivos desglosados por vivienda.....	39
Tabla 8 Diseño de tabla comparativa de transmitancia térmica (U) valores de la norma y vivienda.....	39
Tabla 9 Métodos técnicas e instrumentos a aplicar en la investigación.....	40
Tabla 10 Aislamiento de la vestimenta.....	41
Tabla 11 Comparativa de variables analizadas en las parroquias	52
Tabla 12 Comparación de normativa en los PIT de la parroquia Huachi Chico.	55
Tabla 13 Factor U en zona climática de Tungurahua según la NEC.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Materialidad de la mampostería en las edificaciones de la Región Sierra	6
Figura 2 Materialidad de la mampostería en las edificaciones de la provincia de Tungurahua	8
Figura 3 Árbol de problemas	10
Figura 4. Mapa de zonas climáticas del Ecuador.....	26
Figura 5 Ficha de observación.....	38
Figura 6 Configuración de zona de confort de acuerdo a un modelo adaptativo (Climate consultant)..	42
Figura 7 Zona de confort térmico en junio (invierno).....	43
Figura 8 Zona de confort térmico en junio (invierno), mejores estrategias pasivas aplicables.....	43
Figura 9 Zona de confort térmico en Noviembre (Verano)	44
Figura 10 Zona de confort térmico en junio (invierno), mejores estrategias pasivas aplicables	44
Figura 11 División parroquias urbanas del cantón Ambato.	45
Figura 12 División parroquias urbanas del cantón Ambato.	46
Figura 13 Topografía del área urbana del cantón Ambato	47
Figura 14 Rango de temperatura en Ambato	48
Figura 15 Humedad relativa	48
Figura 16 Rueda de vientos	49
Figura 17 Llenos y Vacíos.....	50
Figura 18 Edificaciones por parroquia	51
Figura 19 Cantidad de edificaciones por parroquia – Área urbana Ambato	51
Figura 20 Perímetro parroquia Huachi Chico	53
Figura 21 Polígonos de intervención territorial en la parroquia urbana Huachi Chico.....	55
Figura 22 Comparación entre viviendas de acuerdo a elementos de cerramiento de la edificación	59
Figura 23 Distribución de la vivienda	60
Figura 24 Orientación vivienda en estudio	61
Figura 25 Datos de cerramiento y acristalamiento	62
Figura 26 Datos de ganancias	62
Figura 27 Configuración de sincronización	63
Figura 28 HVAC	63

Figura 29 Ventilación natural.....	63
Figura 30 Plantilla de ubicación.....	64
Figura 31 Plantilla de cerramientos	64
Figura 32 Muros exteriores	65
Figura 33 Muros interiores.....	65
Figura 34 Cubierta plana.....	66
Figura 35 Piso	66
Figura 36 Entrepiso.....	67
Figura 37 Ventanas.....	67
Figura 38 Análisis solar en semana de verano.....	68
Figura 39 Análisis solar en semana de invierno.....	69
Figura 40 Resultado confort térmico en caso de estudio (Invierno).....	70
Figura 41 Resultado confort térmico en caso de estudio (Verano).	71
Figura 42 Resultado confort térmico en caso de estudio (invierno), mampostería de tierra e:20cm.....	73
Figura 43 Resultado confort térmico en caso de estudio (verano), mampostería de tierra e:20cm.....	74
Figura 44 Resultado confort térmico en caso de estudio (invierno), mampostería de tierra e:30cm.....	74
Figura 45 Resultado confort térmico en caso de estudio (verano), mampostería de tierra e:30cm.....	75
Figura 46 Incidencia de la materialidad en la temperatura de la vivienda (invierno).....	75
Figura 47 Incidencia de la materialidad en la temperatura de la vivienda (verano).....	76
Figura 48 Propuesta arquitectónica con mampostería tradicional	77
Figura 49 Mampostería exterior.....	77
Figura 50 Detalle escantillón de propuesta de mampostería.	78
Figura 51 Mampostería interior propuesta	79
Figura 52 Resultado confort térmico propuesta (invierno).....	80
Figura 53 Resultado confort térmico propuesta (verano).....	80
Figura 54 Comparativa estado actual y propuesta. Implementación mampostería de tierra (invierno)	81
Figura 55 Comparativa estado actual y propuesta. Implementación mampostería de tierra (verano)..	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	<i>Tabla de extracción de lineamientos Norma ISO 7730</i>	95
Anexo 2	<i>Tabla de extracción de lineamientos de la norma internacional ISO 6946</i>	96
Anexo 3	<i>Tabla de extracción de lineamientos de la NEC-HS-EE</i>	97
Anexo 4	<i>Tabla de extracción de lineamientos de la Normativa ASHRAE 55</i>	98
Anexo 5	<i>Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 01</i>	99
Anexo 6	<i>Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 02</i>	100
Anexo 7	<i>Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 03</i>	101
Anexo 8	<i>Levantamiento arquitectónico Vivienda 01</i>	102
Anexo 9	<i>Levantamiento arquitectónico Vivienda 02</i>	103
Anexo 10	<i>Levantamiento arquitectónico Vivienda 03</i>	106

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y HÁBITAT SOSTENIBLE

TEMA: MATERIALES TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA Y SU INCIDENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO PARROQUIA HUACHI CHICO – AMBATO

AUTORA: Karen Elizabeth Arias Cáceres

TUTORA: Arq. Msc. Lucía Cristina Pazmiño Viteri

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, la eficiencia energética y la sostenibilidad se han convertido en un tema crucial en la construcción. La búsqueda de soluciones arquitectónicas que den un confort térmico óptimo sin comprometer el equilibrio ambiental es un desafío. En la presente investigación se propuso explorar una alternativa a la construcción contemporánea: El objetivo principal fue analizar las propiedades térmicas de los materiales, enfocándose en la mampostería, y proponer su incorporación en la construcción de viviendas contemporáneas para mejorar el confort térmico en la ciudad de Ambato. En el capítulo inicial, se desglosó conceptos esenciales del acondicionamiento ambiental, el confort térmico y la materialidad en la arquitectura. Se generó fichas de levantamiento arquitectónico y tablas comparativas como herramientas que respalden la investigación a partir del análisis de la información necesaria y el diagnóstico de la construcción actual de la vivienda. Se realizó un análisis en el que se caracterizó la vivienda en Ambato y se obtuvo resultados preliminares en cuanto a la respuesta térmica de la materialidad en mampostería. Como resultado preliminar, al haber analizado de forma cuantitativa los valores U y de conductividad térmica de tres viviendas, se determinó que ninguna de ellas alcanza los estándares de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción, Sección Eficiencia energética. Posteriormente se realizó el análisis a partir de la simulación en Design Builder del caso de estudio seleccionado: en su estado actual a modo de diagnóstico y a continuación en la propuesta con el fin de evaluar el resultado. Se presentó la implementación de la tierra cruda como una alternativa sostenible a materiales industrializados en la mampostería de la vivienda. En los resultados obtenidos a partir de la simulación se comprobó que, si existe una mejora en la temperatura y humedad relativa de la vivienda únicamente generando un cambio de la materialidad, por lo que se realiza una propuesta ejecutiva de implementación de la nueva mampostería adaptándola a la vivienda contemporánea y las necesidades actuales.

DESCRIPTORES: Ambato, Confort térmico, mampostería, simulación, vivienda.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y HÁBITAT SOSTENIBLE**

**THEME: TRADITIONAL MASONRY MATERIALS AND THEIR IMPACT ON
THERMAL COMFORT IN DWELLINGS. A CASE STUDY, HUACHI CHICO
PARISH- AMBATO CITY.**

AUTHOR: Karen Elizabeth Arias Cáceres

TUTOR: Arq. Lucía Cristina Pazmiño Viteri, Msc.

ABSTRACT

Nowadays, energy efficiency and sustainability have become a crucial issue in construction. It is worth noting that the search for architectural solutions to provide optimal thermal comfort without compromising environmental balance is a challenge. This research aimed to explore an alternative approach to carry out contemporary constructions. The main objective was to analyze the thermal properties of materials, focusing on masonry and incorporating them on contemporary homes construction. In this way the thermal comfort in the city of Ambato highly increases. The initial chapter of this study presents essential concepts for environmental conditioning, thermal comfort, and materiality in an architecture scheme. The research tools were architectural surveys, data-collection forms, and comparative tables, which supported the development of this study, allowing to analyze information and assess the current state of the house's construction. Additionally, this study assessed the attributes of housing in Ambato city, determining thermal features of the masonry materiality. As an initial result, after a quantitative assessment of 'U' values and thermal conductivity in three houses, it was established that none of them complies with the standards outlined in the Ecuadorian Construction Regulations, specifically in the Energy Efficiency Section. Hence, in this research, an examination was conducted using the Design Builder simulation of the selected case study. The use of raw earth was employed as an eco-friendly alternative to industrialized materials in masonry for housing construction. The results obtained from the simulation indicate that there is an enhancement in the home's temperature and relative humidity by solely modifying the building materials. Therefore, this study proposes an executive proposal to implement new masonry, adapting it to contemporary housing and current needs.

KEYWORDS: Ambato City, housing, masonry materials, simulation, thermal comfort.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el poder analizar las propiedades térmicas de los materiales enfocándose en la mampostería para poder proponer la incorporación de materialidades tradicionales que mejoren el confort térmico en la vivienda contemporánea de Ambato.

En el Capítulo I, marco teórico se detalla el desarrollo de conceptos y teorías sobre el acondicionamiento ambiental, el confort térmico de la vivienda y la materialidad. Se realiza una revisión técnica sobre la metodología de análisis del confort térmico con lo cual se realizará la investigación en los capítulos subsiguientes.

En el Capítulo II se desarrolla teóricamente la metodología con la cual se realiza la investigación, corresponde a una investigación mixta, cuantitativa cualitativa, para lo que se empleará fichas de levantamiento arquitectónico y tablas comparativas.

En el capítulo III se desarrolla la aplicación de la metodología, se define los parámetros de análisis del confort térmico, se determina una zona y se elige un caso de estudio para generar un diagnóstico del estado actual del confort térmico en la vivienda.

En el capítulo IV, se generan las conclusiones de la investigación respecto al proceso, metodología y resultados obtenidos en la simulación en el cual se detalla como la implementación de la materialidad de tierra cruda en mampostería si produce una mejora en el comportamiento térmico de la vivienda.

Contextualización

El origen de la arquitectura se remonta a los inicios del ser humano, pues la necesidad de cobijo y protección se traduce en la adaptación de espacios naturales y la creación de un lugar que pueda proteger a su usuario, principalmente de las incomodidades que se provoquen por el clima. Con el paso del tiempo y el aprendizaje empírico que se va obteniendo, se llega a generar técnicas y sistemas de construcción, que permiten que las viviendas se adapten de mejor manera a las condiciones climáticas específicas del entorno, y de igual manera a las necesidades y actividades del ser humano.

De esta manera, la vivienda representa el principal hábitat en el que las personas pueden desarrollarse, por lo cual, es necesario que presente características que, además de satisfacer sus necesidades básicas de protección del clima, brinden una sensación de confort y una buena calidad de vida. Las técnicas constructivas que se van desarrollando con el paso del tiempo, generalmente van en busca de mejorar las deficiencias existentes, es así, que el ser humano pasa de habitar en una cueva, a generar viviendas con materiales a los que podían acceder según el entorno, ramas de árboles, hojas secas, pieles de animales, piedras, entre muchos otros eran los materiales utilizados para crear un espacio seguro.

Conforme avanza el conocimiento humano y el desarrollo de las herramientas manuales las técnicas y sistemas de construcción se complejizan, en las décadas de 1.820 a 1.840 con el fin de la primera revolución industrial, el ámbito de la construcción se transforma. Sin embargo, es en la segunda revolución industrial en donde la aplicación de la nueva energía y la aparición de nuevos materiales pasan a dejar de lado el conocimiento constructivo que se fue heredando de generación a generación y es reemplazado por el ahorro de costos y tiempo de construcción. Este desarrollo se determina como globalización, al extenderse rápidamente por el mundo

considerando la revolución que también se dio en el transporte, lo que facilitó el intercambio de conocimientos.

Esta normalidad que se extiende por el mundo es transformada cuando inicia el proceso de construcción del concepto de sostenibilidad o sustentabilidad, en el cual se determina, en parte, cómo la avanzada industrialización compromete los recursos naturales y el abastecimiento para las futuras generaciones. En el año de 1.972 en la conferencia “El ambiente y el Hombre”, la cual se realizó en Estocolmo organizada por Naciones Unidas, se establece el derecho del ser humano a vivir en un ambiente sano y el derecho a protegerlo y mejorarlo para las futuras generaciones. Próximamente en el año de 1.987, se establece el concepto de desarrollo sustentable en el documento “Nuestro futuro común” creado por la comisión de Brundtland. Y a partir de los años 90’s, con la Conferencia de Río o Cumbre de la tierra este concepto empieza a tomar relevancia. En la arquitectura se empiezan a abordar temas de desarrollo sostenible, se plantean conceptos de sostenibilidad y se inicia una campaña para crear conciencia sobre la responsabilidad medio ambiental. En esta conferencia se genera el documento Agenda 21, que consiste en un plan de acción para lograr que el planeta tenga un desarrollo sustentable. (Rendón Blacio, 2016, págs. 55-56)

En el año 2005 se pone en acción el protocolo de Kioto, que fue desarrollado y aprobado en 1977 el fin de reducir gases de efecto invernadero en el período 2008-2012. En el año 2020 se da la conferencia de las Naciones Unidas Río +20, en esta conferencia se plantean algunas iniciativas relevantes, entre las que podemos destacar: acceso universal a la energía, duplicar la eficiencia energética y duplicar la participación de energía renovable en la matriz energéticas. Gracias a este impulso generado por las diferentes resoluciones a nivel internacional, el diseño arquitectónico empieza a contemplar estrategias pasivas para mejorar el control climático en la vivienda y mantener la optimización de recursos. (Rendón Blacio, 2016, págs. 57-59)

La perspectiva de la arquitectura, a partir de la concepción de un paradigma basado en la sostenibilidad, por consiguiente, nos lleva a hablar del Hábitat. Este hábitat ya sea rural o urbano debe presentar características que promuevan el desarrollo del individuo. En el año 2016 la Organización de Naciones Unidas, realiza en la ciudad de Quito la Conferencia de sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible – Hábitat III, en la cual se determinó a partir de la Nueva Agenda Urbana, un plan de acción para los próximos 15 años. Se estableció de igual manera los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales son “principios básicos para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad” (Llamas, 2019), estos 17 objetivos buscan crear un mejor ambiente para el desarrollo del ser humano. Desde el enfoque de la arquitectura los objetivos de desarrollo sostenible también deben ser integrados, para lograr crear un mejor hábitat para el ser humano.

La vivienda constituye el principal hábitat en el cual el ser humano va a desarrollar sus actividades, dependiendo del contexto, este tendrá mayor o menor influencia en su vida. En el ODS 11 se hace referencia a ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, sin embargo, este no es el único ODS al que se vincula con la arquitectura, pues la industria de la construcción es la que genera cerca del 50% de las emisiones de Gases Efecto invernadero (GEI) que se producen en las ciudades, este factor podría relacionarse conjuntamente con el ODS 9 que se refiere a Industria, innovación e infraestructura.

De igual manera, el ODS 3 menciona términos de salud y bienestar, en la pandemia generada por el virus de SARS-COV2, muchas deficiencias a nivel ciudad fueron evidencias en este lapso a nivel mundial. Las personas se vieron sometidas a cuarentenas y períodos de aislamiento, que en su mayor parte fueron efectuados en su vivienda, lo que los ha hecho mucho más conscientes de las problemáticas que surgen alrededor. De aquí que surja una conciencia colectiva, en la que se evidencia que la vivienda no siempre cuenta con las mejores

características de diseño y construcción. Muchas de las viviendas no presentan características de adaptación bioclimática favorable para el normal desenvolvimiento de las personas, lo que está afectando directamente en la calidad de vida del usuario.

En España después de esta época de confinamiento, se han propuesto por parte de los arquitectos, espacios de reflexión respecto hacia cómo debe ser el habitar, y a partir de ello definir las condicionantes que deberían tener las viviendas tales como: acondicionamiento ambiental, orientación, espacios exteriores, eficiencia energética accesibilidad, entre otros (CIC, 2020).

El ser humano, para poder realizar sus actividades normales, de manera productiva, necesita encontrarse en un equilibrio térmico. Este equilibrio se logra al conjugar factores ambientales con las condiciones físicas, fisiológicas y psicológicas del ser humano (Nematchoua, 2014 en (Arrieta & Maristany, Cambiando los paradigmas: revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60' hasta la actualidad, 2018)) El cuerpo humano tiene la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas, para mantener su temperatura interna en un rango de 36 a 38 °C. Para que el confort térmico en el ser humano se dé, se requiere analizar dos condicionantes, debe existir un equilibrio entre la temperatura de la piel y la del centro del cuerpo; y debe existir un balance de energía, en el que, el calor producido por el metabolismo que debe ser igual a la cantidad de calor perdida por el cuerpo.

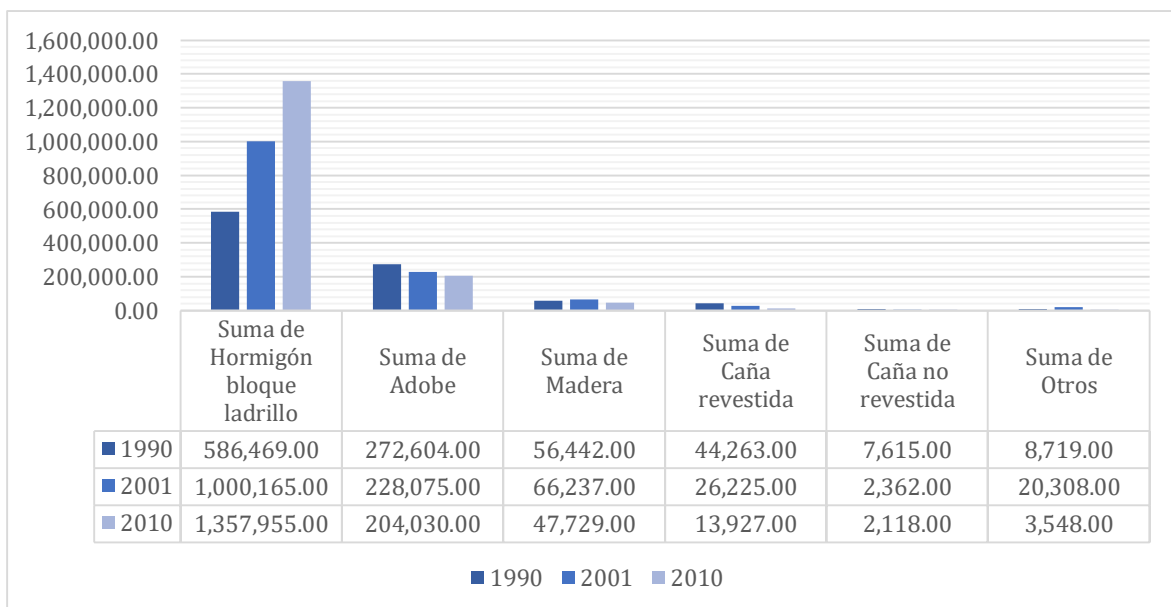
Entre los parámetros físicos del ambiente que intervienen en la sensación de calor de las personas se encuentra: la temperatura del aire, temperatura media radiante, velocidad del aire, humedad. Estos factores intervienen en la sensación térmica, si las viviendas no presentan un adecuado acondicionamiento ambiental requieren de sistemas externos de calefacción y enfriamiento para mantener el confort térmico. Estos sistemas representan un consumo energético, que podría ser nulo si es que se aplicaran estrategias bioclimáticas pasivas.

En Ecuador, un país que posee diferentes pisos climáticos debido a su topografía y ubicación geográfica, se generan 4 regiones: Costa, Sierra Amazonía y región Insular. Esta particularidad ha permitido el desarrollo de distintas culturas que se han adaptado a las condicionantes del lugar, las principales expresiones culturales tradicionales son generadas por etnias nativas denominadas como nacionalidades indígenas por la Constitución Ecuatoriana del 2008. La Región Sierra del Ecuador se caracteriza por su clima templado frío con temperaturas que pueden llegar a ser menores a los 0 °C (INEC, 2010) .Esta condición climática desde la época precolombina ha generado respuestas arquitectónicas que favorecen a que las viviendas puedan adaptarse al clima.

Como se evidencia en la figura 1, los datos estadísticos obtenidos del Instituto Nacional de estadística y Censo, desde el año 1990, se muestra como la tendencia de materialidad en la mampostería ha ido cambiando.

Figura 1

Materialidad de la mampostería en las edificaciones de la Región Sierra



Nota: El gráfico muestra como la materialidad de la mampostería ha ido cambiando en la Sierra ecuatoriana de acuerdo a los censos de los años 1990,2000,2010. Datos tomados del INEC.

El conocimiento ancestral andino permitía que las personas construyan sus viviendas con un mayor confort térmico pues tenían ideas generales de hacia dónde se debían ubicar ventanas, puertas, además el uso de materiales de la zona permitía que el manejo de estos sea más fácil. Al reemplazar estos materiales naturales, por ladrillo, bloque cemento/hormigón, ya no existe conocimiento sobre las nuevas técnicas y sistemas constructivos que se deberían aplicar por lo que existe una deficiencia en la calidad de las viviendas. Sin embargo, en el imaginario colectivo se mantiene que estos elementos industrializados son mejores que los usados en técnicas vernáculas.

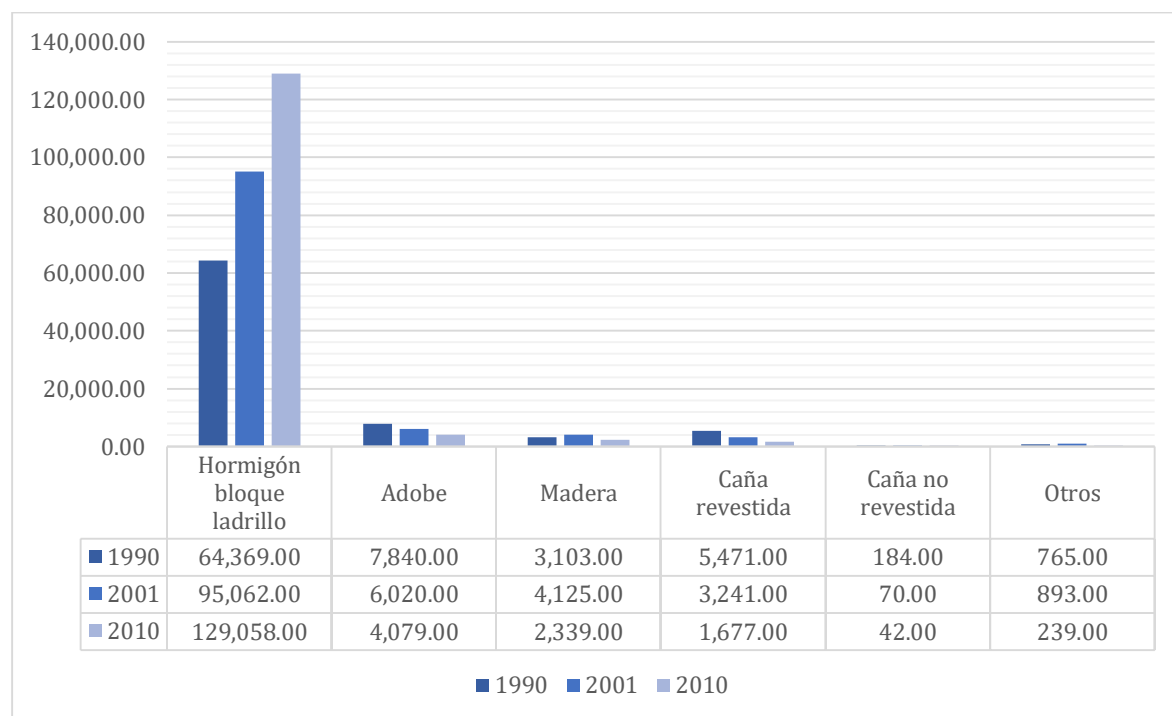
La falta de aplicación de estas características sostenibles provoca un aumento en el consumo de energía, esto depende de varios factores, entre ellos el social, la eficiencia de los sistemas y tecnologías utilizadas, el tamaño familiar, el comportamiento de los ocupantes y de las características propias de cada localidad. De igual manera la energía incorporada en los materiales de construcción aumenta este factor al requerirse transporte y otros aspectos para la industrialización de los materiales, y así lograr generar objetos más elaborados.

Al igual que en la región Sierra, se puede evidenciar como la materialidad de mampostería se ha transformado con el paso del tiempo también en la provincia de Tungurahua (figura 2). En donde la materialidad de tierra cruda (Adobe) decrece con el paso de las décadas y es reemplaza por la mampostería de bloque, ladrillo u hormigón.

Las nuevas alternativas disponibles en el mercado y el fácil acceso, ha provocado una mutación en la vivienda, en donde la mampostería elaborada con técnicas y materiales tradicionales que componen sistemas constructivos como el adobe, tapial y bahareque (Caña revestida) han sido reemplazados por el hormigón, bloque de cemento o ladrillo cocido.

Figura 2

Materialidad de la mampostería en las edificaciones de la provincia de Tungurahua



Nota: El gráfico muestra como la materialidad de la mampostería ha ido cambiando en la sierra ecuatoriana de acuerdo a los censos de los años 1990,2000,2010. Datos tomados del INEC.

Justificación

Esta investigación es relevante porque busca profundizar en las necesidades de confort térmico que se presenta en las viviendas, para de esta manera poder generar estrategias que se puedan aplicar en el diseño de los espacios y fomente una mejora en la calidad de vida de los habitantes de Ambato. Esta investigación puede representar un acercamiento a temas de sostenibilidad para arquitectos y profesionales de la construcción, siendo un aporte a sus conocimientos y permitiéndoles explorar temas relacionados al confort térmico, iluminación natural, manejo de materiales sostenibles, entre otros; para que estos conceptos se puedan aplicar en los diseños y construcción que realicen a futuro.

En el contexto medioambiental actual, es primordial el tener un buen manejo de recursos y la disminución de la huella de carbono. Esta investigación presenta un aporte fundamental en este campo, en primer lugar, en la utilización de energía, ya que se explora estrategias bioclimáticas pasivas que pueden contribuir a la optimización energética de una vivienda, aplicar uso de fuentes de energía alternativas llegando incluso a independizar la vivienda de la red pública. También se busca incorporar en el diseño de la vivienda el uso de materiales locales menos industrializados, que ayudaría a reducir la energía incorporada en la producción y traslado, y que además aportaría en beneficio del confort térmico interno.

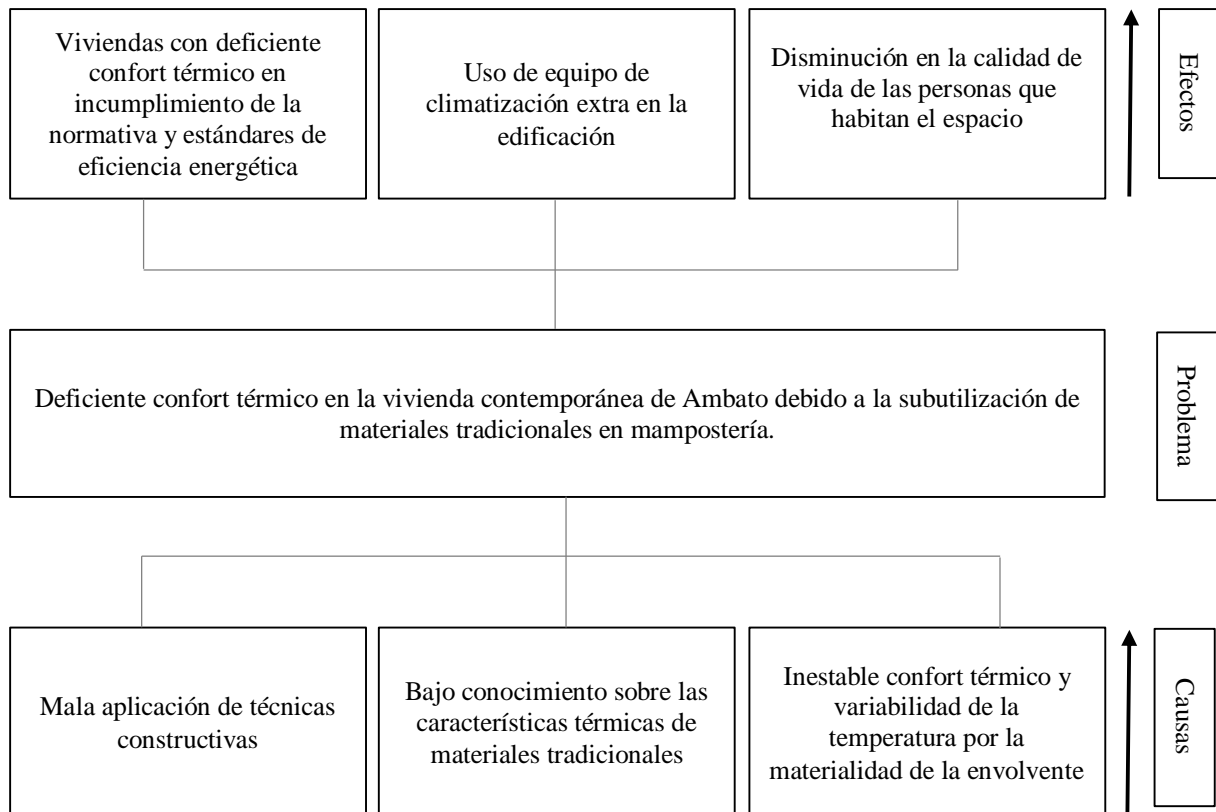
Se plantea que el presente estudio sea integral al analizar las variables físicas que son relevantes para el confort térmico de las viviendas. Esta investigación al realizarse en la ciudad de Ambato, se garantiza el acceso a la información de campo, debido a que es asequible para investigar. Esta investigación se realizará en un período de un año, en el que se analizará la vivienda contemporánea del área urbana de Ambato

Al ser un tema ampliamente tratado en la actualidad debido a las condicionantes ambientales y de cambio climático a las que la humanidad está expuesta, cuenta con una vasta bibliografía tanto en temas arquitectónicos como sociales. Es relevante porque va a permitir que estos conceptos de sostenibilidad puedan ser incorporados al contexto de la ciudad de Ambato, adaptándose al entorno inmediato y dando respuesta a esta problemática que, a pesar de ser común en el mundo, requiere ser especificada y analizada en nuestro entorno inmediato.

Árbol de problemas

Figura 3

Árbol de problemas



Crítica

El problema de confort térmico en la vivienda tiene la incidencia de varios factores, entre ellos el que las técnicas constructivas sean aplicadas de una manera incorrecta lo que puede llevar a que la vivienda tenga una mala calidad constructiva y esto podría derivar en que la vivienda presente deficiencias térmicas.

Al momento de generar vivienda, el diseño y construcción se pueden manejar de manera formal, cuando es realizada por parte de profesionales de la construcción, y de manera informal, cuando se contrata personal semi calificado o con conocimientos empíricos para que realicen esta labor. Como resultado, el espacio habitable generado se ve afectado directamente por la calidad profesional a la que fue sometido. La falta de conocimiento sobre las características

térmicas de los responsables de la construcción deriva, a su vez en viviendas que requieren un sistema de climatización adicional para lograr compensar las deficiencias en el confort térmico de los usuarios. Esto puede llevar a que con el transcurso del tiempo se pueda influenciar directamente en la calidad de vida de las personas que habitan este espacio.

El deficiente confort térmico de las viviendas perjudica la calidad de vida de los usuarios, puede disminuir el rendimiento y perjudicar su salud. Al ser el hábitat directo del ser humano debería cumplir con requisitos de confort térmico.

El problema en cuestión puede también deberse a que los materiales utilizados, no responden a un contexto inmediato. Se usa materiales industrializados que han sido adoptados por la colectividad bajo el imaginario colectivo de representar progreso, sin embargo, no se aplica técnicas constructivas adecuadas, tampoco hay un análisis que permita obtener un beneficio de estos materiales orientado hacia la mejora del confort térmico en las viviendas.

Planteamiento del Problema

La subutilización de materiales tradicionales en la mampostería repercute en un deficiente confort térmico de las viviendas contemporáneas en Ambato.

Preguntas de Investigación

Pregunta de investigación general

¿Cómo puede aportar la incorporación de materialidades tradicionales de mampostería en el confort térmico de la vivienda contemporánea en Ambato?

Preguntas de investigación específicas

- ¿Cuál es la metodología que se debe usar para establecer el confort térmico de una vivienda?

- ¿Con que tipo de material de mampostería se construye la vivienda que existe en la ciudad de Ambato?
- ¿Cómo se puede implementar diferentes materialidades de mampostería en el diseño de vivienda contemporánea existente de manera que mejore el confort térmico interno?

Objetivos

Objetivo General

Proponer la incorporación de materialidades tradicionales en mampostería para mejorar el confort térmico de la vivienda contemporánea en Ambato a partir del análisis de las propiedades térmicas de la mampostería en software de simulación (Design Builder).

Objetivos Específicos

- Identificar conceptos y metodologías de estudio del confort térmico de la vivienda a partir del análisis de documentación conceptual técnica, normativa obteniendo los lineamientos para la aplicación de la normativa.
- Determinar la materialidad de mampostería con la que se construye la vivienda en Ambato definiendo las características térmicas de estos para conocer los materiales apropiados a partir de la aplicación de fichas de observación y tablas comparativas.
- Proyectar estrategias de mejora en mampostería que en base al análisis realizado que se puedan integrar en el diseño de la vivienda en Ambato para mejorar el confort térmico evaluándolo en software de simulación (Design Builder).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Fundamento conceptual

El ser humano desde sus orígenes busca un refugio, que en primera instancia se determina como un refugio natural que con el paso del tiempo y el desarrollo de los saberes se convierte en un refugio artificial el cual se va adaptando a las necesidades que surgen y por lo tanto en este avance se desarrolla técnicas constructivas. Una vez que se logran salvar las necesidades básicas de refugio, las técnicas constructivas avanzan acompañadas de progresos que se basan en el deseo de confort, bienestar y comodidad. En el análisis necesario para que el ambiente cumpla aquellas condiciones de confort, intervienen varios factores de diversa índole como son el metabolismo humano, la actividad que se está realizando, y las condiciones externas del ambiente.

El *acondicionamiento ambiental* se puede definir como el conjunto de condiciones externas que permiten que el ser humano alcance un nivel de confort y bienestar. Los factores que intervienen en el acondicionamiento ambiental son: acústicos, lumínicos, higró-térmicos y de calidad del aire (Sendra & Navarro , 1991). El acondicionamiento ambiental es determinado por la calidad ambiental que se llega a adquirir en un espacio (Real Academia Española, 2021).

Uno de los factores externos influye en el acondicionamiento ambiental de una vivienda es el *confort acústico*. La calidad de audición sonora requerida en una vivienda no es tan exigente en comparación de un teatro o un auditorio, sin embargo, existen dos puntos primordiales a tomar en cuenta los cuales son: aislamiento y acondicionamiento acústico. Para tener un buen aislamiento acústico es necesario tomar en cuenta un análisis previo de los ruidos internos y externos que puedan influir en un espacio determinado; mientras que en el acondicionamiento acústico es necesario analizar el espacio interno de tal manera que se

determine los materiales y superficies que pudiera lograr una buena calidad acústica (Recuero , 1992).

La luz, la cual puede provenir de fuentes naturales como el sol o fuentes artificiales también forma parte del acondicionamiento de una vivienda, en este caso el lograr un *confort lumínico* es relevante para el desarrollo de las tareas diarias. Los seres humanos somos capaces de detectar los fenómenos luminosos de reflexión, absorción y transmisión; y procesar esa información a través del cerebro (Guadarrama & Bronfman, 2015).

La apreciación de bienestar y confort en el ser humano, es un factor subjetivo, el cual puede ser alterado a través de ciertas condiciones internas y externas. Según los estándares establecidos por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, 2004) el *confort térmico* o confort higrotérmico es una condición mental la cual se expresa satisfacción con el ambiente térmico, es la manera en la cual se puede evaluar el acondicionamiento ambiental, pues en resultado de este el confort térmico será satisfactorio o no. En la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2018) se detalla el confort térmico como “una condición mental derivada de la satisfacción con el ambiente térmico”.

Es importante recalcar que el *confort térmico* en la normativa ASHRAE (por sus siglas en inglés American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers) es direccionado a un estado estático, con limitaciones específicas para las variaciones de temperatura en el tiempo. Es así que, si una persona ingresa a cierto espacio que se encuentra dentro de los requerimientos, no necesariamente tendrá esa sensación de confort inmediatamente. Las actividades que se realicen anteriormente pueden influir alrededor de una hora después de haberlas realizado, y esto interviene en la sensación de confort. Es así que se determina que el confort térmico es subjetivo, sin embargo, se puede trabajar bajo ciertos rangos de temperatura y humedad de tal manera que se pueda aproximar los resultados hacia las necesidades reales.

Las condiciones que intervienen para que un ambiente se pueda definir como confortable térmicamente pueden variar de persona a persona, por lo cual se requiere que un porcentaje de los habitantes de ese espacio considere esa sensación de bienestar para que sea estimado confortable. Intervienen diferentes factores y parámetros que pueden ser personales o fisiológicos, cuando se trata de condicionantes propias del ser humano que influyen en como las personas perciben el exterior. Factores ambientales, cuando se trata de las condicionantes climáticas; son: temperatura interior del aire, humedad relativa, temperatura radiante, velocidad del aire) y arquitectónicos (adaptabilidad del espacio) (Chavez del Valle, 2002).

Respecto a los parámetros personales que intervienen en el confort térmico, pueden ser intrínsecos como son: raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física y mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica y experiencia y asociación de ideas. También pueden ser extrínsecos como son: Grado de arropamiento, tipo y color de vestimenta, sumado a los parámetros ambientales. Uno de los principales factores internos para determinar el confort en una persona es el metabolismo, el cuerpo humano produce calor ya que los procesos de formación de tejido, conversión de energía y trabajo muscular son exotérmicos. Este *calor metabólico* se divide en metabolismo basal que representa la energía calorífica que se produce en los procesos automáticos y vegetativos del cuerpo; y también se encuentra el metabolismo muscular que es la energía calorífica que se produce en los músculos y depende directamente de la actividad física. Del total de energía que se produce, el 20% es destinado para solventar las necesidades internas del cuerpo, el restante 80% debe ser disipado hacia el ambiente. El *balance térmico* en el cuerpo se puede alcanzar cuando la totalidad del calor restante es disipada a través de la piel y de los pulmones (Fuentes Freixanet, 2013) .

La *tasa metabólica*, que es la tasa de transformación de la energía química en calor y trabajo mecánico debido a las actividades metabólicas dentro de un organismo, se expresa en unidades met; Esta medida varía de acuerdo a la actividad que se esté realizando.

Por otra parte, dentro de los factores excéntricos está el *grado de arropamiento* o Aislamiento de la vestimenta que se define como la resistencia a la transferencia de calor provisto por el conjunto de vestimenta, se expresa en unidades clo.

Los parámetros ambientales que influyen en el confort térmico se miden al exterior y al interior de las edificaciones. La *temperatura* es un parámetro que establece la transmisión de calor de un cuerpo a otro de manera comparativa a través de una escala. Se puede representar en grados Celsius (°C), Kelvin (°K) o Fahrenheit (°F). Al hablar de términos climatológicos comúnmente se puede encontrar las expresiones de temperatura mínima extrema, mínima, media, máxima y máxima extrema, las cuales por lo general representan los promedios de datos mensuales y anuales. Se puede medir a través de diversos aparatos, llamados termómetros.

Entre los termómetros más usados, especialmente para arquitectura se encuentran: Bulbo seco, bulbo húmedo, de globo, de máximas y mínimas. Existe un factor que, si bien no es climatológico, también influye en el confort térmico de un espacio, este factor es la *temperatura radiante* la cual se refiere a aquella que es irradiada por los elementos de un espacio hacia el interior, en el caso de las edificaciones puede ser el piso, paredes, techos, entre otros (Viqueiro , 2008).

El *termómetro de Bulbo seco*, utilizado para entregar una lectura de la temperatura real del aire, se denomina así debido al método utilizado para su medición. En este caso, se mide en un termómetro de mercurio (Bulbo de mercurio envuelto en cápsula de vidrio al vacío) en cual

es expuesto al aire y protegido de la radiación solar directa. Para este estudio será registrada en grados centígrados (INAHMI).

Por otra parte, el *termómetro de bulbo húmedo*, es similar, pero consta de un bulbo de mercurio saturado de agua promedio de un lienzo húmedo. Sirve para medir la temperatura de saturación del aire, es decir la temperatura en la cual se alcanza el punto de rocío o el punto en el que la humedad contenida en el aire se condensa (Viqueiro , 2008).

El siguiente parámetro que interviene es la humedad que es la cantidad de agua que se puede encontrar en el aire. Para su medición se puede encontrar en las escalas de: Humedad relativa y humedad absoluta, en las cuales la *humedad relativa* se expresa en porcentaje (%) y se caracteriza porque se relaciona la temperatura del aire con la capacidad que tiene para retener mayor contenido de humedad. Se obtiene al relacionar la temperatura alcanzada en un termómetro de bulbo seco, con la del bulbo húmedo o higrómetro (Viqueiro , 2008).

El valor de humedad relativa debe mantenerse entre el 50% y 70% para considerarse que el ambiente es saludable. Niveles menores de humedad pueden causar resequedad en la garganta y en las mucosas, por lo que se afecta la calidad de vida de las personas. Niveles superiores al 70% pueden contribuir a que el usuario tenga una sensación desagradable, esto se da debido a la disminución de la absorción de oxígeno en temperaturas cálido-húmedas. Por otro lado, cuando la humedad relativa está elevada en lugares fríos se ha podido ver un aumento en dolencias reumáticas y hay una mayor propensión a que en espacios cerrados crezcan y se acumulen hongos lo que puede derivar en alergias y enfermedades respiratorias (Minke, 1994).

Por otro lado, el viento es un parámetro de gran importancia, ya que no afecta en sí a la parte térmica, sino a la sensación de las personas. En este caso, la *velocidad del aire* se puede

medir en km/h o m/seg y nos indica la distancia que recorre el flujo de viento (actúa como un fluido) en una fracción del tiempo determinada (Viqueiro , 2008).

La temperatura operativa es la temperatura de un espacio (imaginario, cerrado y oscuro) en el cual los usuarios pueden intercambiar la misma cantidad de calor a través de la radiación más la convección que lo hicieran en un lugar real (ASHRAE, 2004).

Para poder establecer una *zona de confort térmico*, que es un rango de temperatura que se considera aceptable porque brinda condiciones térmicas que son agradables para el ser humano. Existen dos grandes clasificaciones de modelos de confort térmico. El primero es de *balance térmico* del cuerpo, en este método se obtiene las respuestas basándose en la fisiología del organismo, para lo cual el sujeto debe permanecer en estado estable, y se investiga en cámaras climáticas de ambiente controlado. El segundo método se basa en la *adaptación*, se asume que las personas pueden adaptarse a las condiciones térmicas a partir de la modificación de su comportamiento, haciendo ajustes en su arropamiento, postura, horario de actividades, nivel de actividad, en la alimentación, entre otros.

Las variables que intervienen para poder calcular este rango de temperatura son: la tasa metabólica, el grado de vestimenta y el PPD (Porcentaje previsto de insatisfacción).

Voto medio predicho (PMV): un índice que predice el voto medio valor de los votos de un gran grupo de personas en siete puntos escala de sensación térmica. Porcentaje previsto de insatisfechos (PPD): un índice que establece una predicción cuantitativa del porcentaje de calor térmicamente personas insatisfechas determinadas a partir de PMV.

Según la norma ecuatoriana de la construcción – Climatización se determina la temperatura operativa y humedad relativa (Ver tabla 1)

Tabla 1

Condiciones interiores de diseño

Clima local	Temperatura de bulbo seco del aire		Humedad relativa
	°C	°F	%
Cálido, T ≥ 25 °C	23 a 25	73 a 77	45 a 60
Frío, T <18 °C (64 °F)	20 a 23	68 a 73	40 a 50

Nota: Tabla basada en actividad metabólica normal de 0,7 met. a 1,6 met. con grado de vestimenta de 0,5 clo en clima cálido y 1 clo en clima frío y un PPD entre el 0 y el 15 %

En complemento al análisis de los elementos externos que corresponden al clima es necesario tomar en cuenta que la *envolvente arquitectónica* que es un elemento fundamental en el diseño porque incide en el confort térmico interno. Se define como el conjunto de elementos constructivos que conforman la estructura externa de un edificio, incluyendo paredes, techos, suelos, ventanas y puertas.

La envolvente tiene múltiples funciones, entre las que se encuentran el control de la temperatura y humedad interior, la protección contra las inclemencias del clima, la regulación de la entrada de luz natural y el aislamiento acústico. Pueden ser cerramientos opacos o acristalamientos, esto influirá en el las condiciones de confort, de acuerdo a las características físicas de los elementos que la conforman (NEC, 2018).

Para poder analizar la envolvente se considera el intercambio de calor entre el interior y exterior de las edificaciones, esto se denomina *comportamiento térmico* y en él se considera factores como radiación solar, conducción, y ventilación. Según la NEC se determina criterios como: propiedades térmicas de los materiales, los aislamientos térmicos, los factores de transmitancia térmica, las ganancias y pérdidas de calor, entre otros. Estos criterios buscan

garantizar un adecuado control de la temperatura interior, minimizar la demanda energética para calefacción y refrigeración, y evitar condensaciones y problemas relacionados con la humedad (NEC, 2018).

Las propiedades térmicas de los materiales son parámetros necesarios para realizar cálculos manuales o en programas de simulación energética que permiten analizar el comportamiento térmico de una vivienda o edificación. Incluyen la conductividad térmica (λ ó K) mide la capacidad que tienen los cuerpos para transferir el calor, se expresa en $W/m^{\circ}K$; el calor específico (C) es la capacidad calórica por unidad de masa, las unidades $J/kg K$, se puede medir a presión constante (C_p) o a un volumen constante (C_v). La capacidad calórica es la cantidad de calor que hay que aplicar a una unidad de masa, para aumentar su temperatura en un grado, la unidad de medida es $J/mole-Kelvin$; por último, la densidad (d), que es la masa de material que existe por volumen las unidades de medida son kg/m^3 . (CIBSE, 1999)

Dentro de las propiedades de los materiales también se encuentra la resistencia térmica (R) mide la capacidad que tienen los materiales a oponerse al flujo de calor. La resistencia total de un elemento constructivo será la suma de las resistencias térmicas de los diferentes componentes; su unidad de medida es m^2K/W .

El valor U será usado para reflejar la transmitancia general de un elemento constructivo es igual a 1 dividido para el valor de la resistencia térmica $W/m^2 K$. Mientras más bajo sea el valor U significa que menor será la conductividad y por lo tanto la aislación térmica mejorará. Dentro de los elementos que influyen en la temperatura interior de las edificaciones también se encuentran los puentes térmicos, si bien no constituyen un elemento constructivo, más bien representa una falencia en donde conlleva a una disminución de la resistencia térmica. Esta variación de temperatura puede deberse a un cambio de espesor del cerramiento o envolvente,

tipo de materiales utilizados, elementos constructivos que tienen una conductividad diferente, entre otros.

Para poder analizar el confort térmico basándose en todos los parámetros mencionados anteriormente, se han desarrollado muchos tipos de programas o software que permiten cambiar los parámetros, configurarlos y obtener resultados simulando la realidad. Entre otros programas, se encuentra Design Builder el cual es un software de simulación que permite elaborar modelos virtuales de los edificios, a partir de los datos climáticos y las propiedades térmicas de los componentes constructivos brinda información sobre el desempeño térmico, lumínico y energético de edificaciones.

Este programa ha sido seleccionado debido a que se puede obtener una licencia de tipo educativa, además de tener una interfaz accesible. El motor de cálculo con el que trabaja este software es EnergyPlus, un programa desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos, por lo que es compatible con la normativa ASHRAE, permite la modelación tanto del consumo de energía, calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y cargas de enchufes y procesos, como el uso de agua en los edificios.

Para el análisis se requiere una base de datos climáticos, que se maneja en archivos digitales de tipo EPW (Energy Plus Weather). Estos datos pueden ser obtenidos del a través de páginas web o en el caso de Ecuador a través del INAMHI, ambas opciones constan de información extraída de estaciones meteorológicas.

Design Builder permite diferentes niveles de análisis (Tabla 2) de acuerdo a la especificidad requerida en resultados y al tiempo que se requiere para finalizar la configuración de los elementos.

Tabla 2*Configuración de análisis en Design Builder*

Configuración	Cerramiento	Ganancias	Sincronización	HVAC	Ventilación natural
Simple	Pre-diseño	Agrupadas	Día laborable	Simple	Programada
Media	General	Simplificadas	Programación	Simple	Calculada
Detallada	General	Simplificadas	Programación	Detallado	Calculada

Las estrategias de diseño pasivo en arquitectura se basan en aprovechar las condiciones naturales del entorno para lograr un ambiente interior cómodo y eficiente energéticamente, sin depender en gran medida de sistemas mecánicos activos. Estas estrategias buscan maximizar el uso de recursos naturales, como la luz solar, el viento y la temperatura exterior, para crear espacios habitables que sean energéticamente eficientes y sostenibles. Aquí hay algunas estrategias comunes de diseño pasivo:

- **Orientación y Distribución:** Diseñar la disposición y la orientación del edificio para aprovechar al máximo la luz solar y la ventilación natural. Por ejemplo, colocar las áreas de estar en la orientación sur para aprovechar la luz solar durante el invierno y minimizar la exposición al sol en verano.
- **Ventilación Cruzada:** Crear aberturas estratégicas en el edificio para permitir la circulación natural del aire. Esto facilita la entrada de brisas frescas y la extracción del aire caliente, reduciendo la necesidad de sistemas de aire acondicionado.
- **Masa Térmica:** Utilizar materiales de alta densidad, como concreto o adobe, en las paredes y pisos interiores para absorber, almacenar y liberar el calor gradualmente, ayudando a mantener temperaturas más estables.
- **Aislamiento Eficiente:** Utilizar aislamiento térmico de alta calidad en techos, paredes y

suelos para minimizar la transferencia de calor y frío entre el interior y el exterior, lo que reduce la necesidad de calefacción y refrigeración.

- **Protección Solar:** Incorporar elementos como aleros, voladizos y sombreados para bloquear la radiación solar directa durante las horas más calurosas del día, evitando el sobrecalentamiento interior.
- **Ventanas Eficientes:** Emplear ventanas de doble acristalamiento con características de aislamiento térmico y control solar, que permitan la entrada de luz natural mientras reducen la transferencia de calor.
- **Diseño de Patios y Espacios Abiertos:** Integrar patios interiores y espacios abiertos para permitir la entrada de luz y ventilación, creando microclimas agradables y fomentando la circulación de aire.
- **Uso de Masas Verdes:** Integrar vegetación, como jardines en azoteas y paredes verdes, que pueden actuar como aislante natural y ayudar a enfriar el entorno a través de la evaporación.
- **Reutilización de Agua:** Incorporar sistemas de recolección y reutilización de aguas pluviales para el riego y otras aplicaciones no potables.
- **Diseño Adaptativo:** Considerar el cambio de las condiciones climáticas a lo largo del año y diseñar de manera adaptable para maximizar la eficiencia energética en todas las estaciones.

Estas estrategias de diseño pasivo no solo mejoran el confort interior y reducen el consumo energético, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y la reducción de la huella ambiental de los edificios.

Fundamento teórico

En Ecuador el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) elaboró y desarrolló a través de convenios con la Cámara de Construcción de Quito la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), la cual consta de 11 capítulos, que se clasifican en 3 secciones. Seguridad estructural (NEC–SE), Habitabilidad y salud (NEC–HS), Servicios básicos (NEC–SB) recoge una serie de normativas, de obligatorio cumplimiento a nivel nacional, por las cuales se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones a nivel nacional, en todas las etapas del proceso constructivo

Para el análisis del confort térmico en Ecuador, la norma ecuatoriana de la construcción dedica un capítulo a la eficiencia energética en edificaciones residenciales (NEC-HS-EE) dentro del eje de Habitabilidad y Salud. El objetivo de esta norma es el de establecer criterios y requisitos mínimos que se deben tomar en consideración las edificaciones de tipo residencial en las etapas de diseño y construcción. Se enfoca en la optimización del consumo energético y el confort térmico de acuerdo a los diferentes climas que se encuentran en el territorio nacional.

En la NEC-HS-EE se adapta la normativa ASHRAE de acuerdo a las características del territorio ecuatoriano. Un elemento relevante a resaltar es la clasificación climática que facilita y brinda datos respecto a las propiedades térmicas que deben tener los elementos de la envolvente de las viviendas para cumplir con parámetros de confort térmico. A pesar de que en la NEC no se desarrolla una normativa o guía para el análisis de confort térmico en software de simulación, si brinda valores base del Factor U y transmitancia térmica.

La metodología que se implementa se basa en determinar la zona climática (Tabla 3) a la que pertenece el área de estudio y posteriormente, analizar los datos de la transmitancia térmica de los materiales que serán ocupados en la envolvente de las edificaciones. Según esta normativa el territorio se clasifica en 6 zonas climáticas.

Tabla 3*Zonas climáticas de Ecuador*

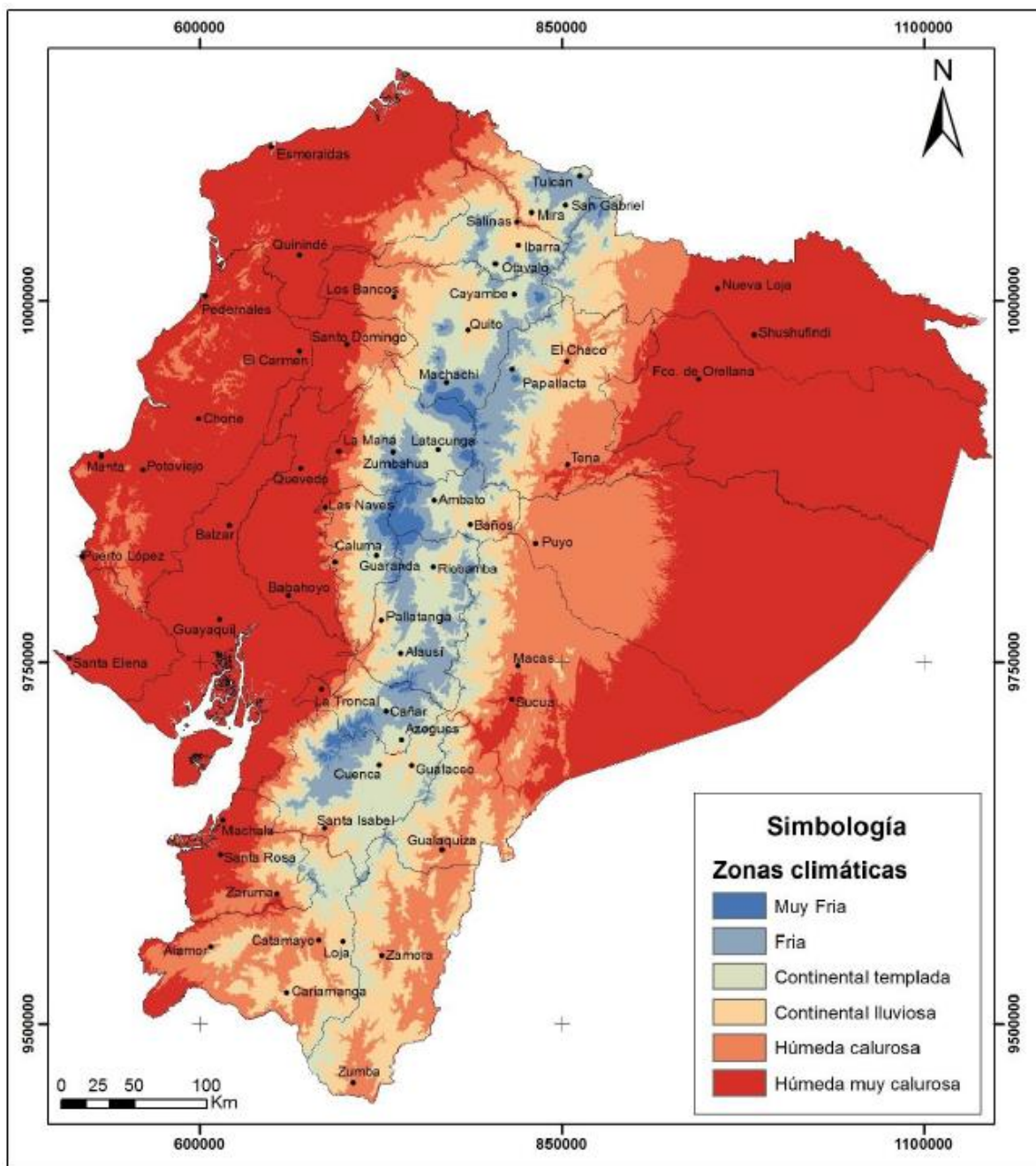
Zona Climática (Ecuador)	Zona Climática (Ashrae 90.1)	Nombre	Criterio Térmico
1	1A	Húmeda muy calurosa	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2	2A	Húmeda calurosa	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3	3C	Continental lluviosa	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4	4C	Continental templado	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5	5C	Fría	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	Muy fría	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

Nota: Tabla obtenida de la NEC (NEC, 2018), Capítulo Eficiencia energética en la vivienda

En la figura 4, se puede observar a partir de un gráfico como se constituyen las zonas climáticas en el Ecuador. El mapa a continuación ha sido extraído de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo de eficiencia en energética. Para el curso de esta investigación se puede destacar que, en Tungurahua, específicamente Ambato, prepondera la zona continental templada.

Figura 4

Mapa de zonas climáticas del Ecuador.



Nota: Figura obtenida de la NEC 2018, Capítulo eficiencia energética en la vivienda, pág. 20.

Mientras que la NEC se enfoca en los materiales y sus propiedades térmicas, la normativa ASHRAE Estándar 55 considera seis factores principales para el análisis de confort

térmico los cuales son: tasa metabólica, aislación por medio de la vestimenta, la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad del aire, la humedad.

Para determinar la tasa metabólica la norma nos brinda información respecto a las actividades, en este caso podemos tomar en cuenta algunos ítems que se realizan en vivienda (Ver tabla 4)

Tabla 4

Tasa metabólica de actividades en vivienda

	Tasa metabólica		
	Unidades Mer	W/m ²	(Btu/h·ft ²)
Descansar			
Dormir	0.7	40	13
Reclinándose	0.8	45	15
Sentado, tranquilo	1	60	18
Parado, relajado	1.2	70	22
Caminar (on level surface)			
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2	115	37
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2.6	150	48
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3.8	220	70
Actividades de oficina			
Sentado, leyendo o escribiendo	1	60	18
Archivar, sentado	1.2	70	22
Archivar parado	1.4	80	26
Caminar	1.7	100	31
Levantar / empacar	2.1	120	39
Actividades varias			
Cocinar	1.6-2.0	95-115	(29-37)
Limpieza de casa	2.0-3.4	115-200	(37-63)
Sentado, movimiento pesado de extremidades	2.2	130	41

Nota: extraído de la norma ASHRAE 55-2004 P.17

La vestimenta es uno de los factores importantes a tomar en cuenta en el análisis del confort térmico, ya que dependiendo de la zona climática también tendrá influencia en la

percepción del confort térmico de una persona. En la tabla 5 se puede observar algunos conjuntos típicos de vestimenta y sus valores clo.

Tabla 5

Valores de aislamiento de la vestimenta para conjuntos típicos

Valores de aislamiento de la vestimenta para conjuntos típicos		
Ropa	Descripción Prendas Incluidas	Icl (clo)
Pantalones	1) Pantalones, camisa de manga corta	0.57
	2) Pantalones, camisa de manga larga	0.61
	3) # 2 más chaqueta de traje	0.96
	4) #2 más chaqueta de traje, chaleco, camiseta	1.14
	5) #2 más suéter de manga larga, camiseta	1.01
	6) # 5 más chaqueta de traje, pantalones largos de ropa interior	1.3
Faldas / vestidos	7) Falda hasta la rodilla, camisa de manga corta (sandalias)	0.54
	8) Falda hasta la rodilla, camisa de manga larga, combinación completa	0.67
	9) Falda hasta la rodilla, camisa de manga larga, media combinación, suéter de manga larga	1.1
	10) Falda hasta la rodilla, camisa de manga larga, media combinación, chaqueta de traje	1.04
	11) Falda hasta los tobillos, camisa de manga larga, chaqueta de traje	1.1
Shorts	12) Pantalones cortos para caminar, camisa de manga corta	0.36
Overoles / sobretodos	13) Overoles de manga larga, camiseta	0.72
	14) Overol, camisa de manga larga, camiseta	0.89
	15) Overoles aislantes, tops y pantalones de ropa interior térmica de manga larga	1.37
Deportiva	16) Pantalones de chándal, sudadera de manga larga	0.74
Ropa de dormir	17) Camisas de pijama de manga larga, pantalones largos de pijama, bata corta de 3/4 de largo (pantuflas, sin calcetines)	0.96

Nota: extraído de la norma ASHRAE 55-2004 P.20

Estado del arte

El confort térmico es una variable necesaria a tomar en cuenta al momento del diseño y la construcción de la vivienda para poder garantizar una buena calidad de vida en los usuarios.

La investigación en este sentido ha avanzado en el mundo para determinar formas eficientes y sostenibles que permitan que el confort térmico de la vivienda sea adecuado.

En su investigación Espinosa, Cancino & Cortés Fuentes (2015) abordan el confort térmico a partir de la percepción que el habitante tiene de su vivienda. La sensación térmica puede variar de acuerdo al metabolismo de cada individuo, la actividad que se está realizando y la vestimenta que se lleva. Esta investigación se analiza a partir de 3 casos de estudio las variables de sensación térmica, calefacción existente y su costo mensual en invierno y las condiciones de la vivienda. A través del uso de fichas de observación se obtiene una aproximación a las características de la vivienda, mientras que con la aplicación de encuestas se logra evidenciar la calidad del confort interno en relación a la sensación térmica de los usuarios. La conclusión a la que se llega con esta investigación es que el rango de confort de las personas es bastante amplio, y a pesar de las falencias existentes en confort térmico y en normas constructivas, el usuario debido a desconocimiento o adaptación no considera que su vivienda sea mala.

En Colombia también podemos encontrar avances en la investigación respecto al confort térmico, en Medellín, que pertenece al valle de Aburrá, Soto-Estrada, Álvarez-Carrascal, Gómez-Lizarazo, & Valencia-Montoya (2019) presentan el estudio de confort térmico en viviendas. Medellín presenta un clima cálido, es esta investigación se profundiza de igual manera en la sensación térmica de las personas, y tiene el objetivo de conseguir que en la escala térmica presentada por Fanger la sensación sea nula que es igual a 0. Es decir que no sea caluroso y tampoco fresco. Se determina el procedimiento indicado en la norma ISO 7730:2005. Se mide temperatura del aire (interna y externa), humedad relativa, temperatura radiante y velocidad del aire. Se realizan mediciones por 14 días cada 5 minutos y paralelamente se

encuestó a los habitantes. Como conclusión se obtuvo que el confort térmico es bastante limitado, mayormente debido a los materiales con los que se ha construido las viviendas.

En la investigación de Holguino Huarza, Olivera Marocho, & Escobar Copa (2018) se evalúa el confort térmico al interior de una habitación de prueba. Se analiza los diferentes materiales a partir del coeficiente de conductividad térmica (W/mK). De esta forma se determina valores globales de coeficientes de transferencia de calor, y se logra obtener de manera matemática una aproximación al comportamiento térmico de los elementos. En esta habitación de prueba se ha determinado materiales de la región andina, como son: piedra andesita, guano, madera, barro y agua. Como resultado de esta aplicación se obtiene un total de energía acumulada de 8.305 MJ, lo que permite que ese calor residual que ha sido acumulado durante el día, se pueda liberar durante la noche que baja la temperatura.

Para la evaluación del confort térmico actualmente existen varios software que se pueden utilizar con el fin de tener una simulación en 3D del funcionamiento real de la vivienda como respuesta a las condiciones climatológicas. En este sentido se desarrolla la investigación de Mazzocco, Filippín, Sulaiman, & Flores Larsen (2018), tiene el objetivo de evaluar energéticamente la vivienda entre 1960 y 2011 y obtener el modelo termo físico a través de la simulación con ECOTECH y SIMEDIF con el fin de generar una propuesta de rehabilitación. En este caso, para la simulación se obtuvo datos reales del consumo de energía, lo que ayudó a la calibración del software.

De esta manera los resultados obtenidos son mucho mas exactos. El resultado de la simulación muestra que si se puede obtener un mejor rendimiento térmico de la vivienda social, sin embargo aún no se llega al nivel de passive House. De igual manera en la investigación de Serrano Arellano , Trejo-Torres, & Aguilar-Castro (2017) se realiza la simulación de un modelo tridimensional con la aplicación de un muro Trombe, como estrategia pasiva de diseño

bioclimático. En este caso se utiliza el software TRNSYS para la evaluación energética. Como resultado se obtiene que se logró un incremento de la eficiencia energética del 18%.

En su investigación, la arquitecta Sandra Liliana Carbonell analiza la vivienda convencional en Guayaquil, Ecuador enfocándose en el confort térmico para establecer propuestas para su rehabilitación energética. El proceso de investigación estuvo conformado por una evaluación previa del confort térmico y el comportamiento energético de la vivienda analizada. Posteriormente se hizo propuestas para el mejoramiento de la envolvente térmica, Por último, se realizó el estudio de costo de la intervención en el envolvente para determinar el período de amortización. (Carbonell Hibito, 2022)

La metodología tiene un enfoque cuantitativo por lo que el análisis se basa en datos numéricos. En primer lugar, se analiza el estudio de caso y la problemática: Recolección de datos climáticos y mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa interior y exterior de la vivienda: Diagrama psicométrico y recolección de datos de consumo de energía. En segundo lugar, se recopila datos de los ocupantes y el funcionamiento de la vivienda para comparar los datos con una simulación a través del software Design Builder y EnergyPlus, en este punto se implementa un método estadístico de regresión simple. Y, por último, al evaluar la eficiencia de los prototipos propuestos se realiza las simulaciones, y un balance térmico y análisis económico. (Carbonell Hibito, 2022)

En la tesis de maestría elaborada por Paúl Rivas (2017), se realiza un análisis respecto al uso del bahareque como un sistema constructivo alternativo para mejorar el componente sostenible de las edificaciones, además de que en su propuesta se realiza un análisis comparativo para determinar la respuesta térmica del bahareque en contraposición con los bloques de concreto. Su investigación se realiza en Azogues, Ecuador y se desarrolla en 4 etapas. En la primera se analiza la técnica constructiva de bahareque y como se conjuga como

parte de la arquitectura vernácula de la zona. Para lograr esto se plantea recopilar información respecto a la técnica constructiva de bahareque del lugar y se determina las fortalezas y potencialidades. (Rivas, 2017)

Posteriormente, se analiza el clima de la zona y como incide en el sistema constructivo de bahareque en contraste a los bloques de concreto. A continuación, se evalúa el comportamiento térmico por medio del software Ecotect en 3 viviendas vernáculas que están hechas con el sistema constructivo de bahareque para contrastarlo con el modelo bloques de concreto. Esta investigación es relevante porque en la aplicación en software de simulación aporta con una metodología muy clara sobre cómo obtener respuestas del confort térmico de las viviendas. En primer lugar, se trabaja en el software y se ingresa datos meteorológicos de la zona y luego se ingresa datos de las propiedades térmicas de los materiales y por último se define zonas térmicas en las edificaciones. (Rivas, 2017)

La investigación evalúa en primer lugar el perfil de temperatura por hora de las viviendas, para poder relacionar la fluctuación de temperatura interior con respecto a la temperatura exterior en un período de 24 horas considerando la banda de confort térmico. La segunda evaluación se basa en la temperatura anual para comparar el porcentaje y horas de confort en el año de las construcciones. (Rivas, 2017)

Para el análisis de confort térmico en software de simulación, en la investigación realizada por (Vivanco, 2021) al igual que en la realizada por Rivas, se ingresa en primer lugar los datos climáticos descargados de la plataforma digital Meteonorm y meteoblue. Posteriormente procede al modelado en 3D en el Software Design Builder, el autor genera plantillas de datos las cuales son necesarias para tener una mayor precisión en la simulación. Se determina el perfil de ocupación de cada una de los espacios y de acuerdo a la tipología

constructiva. Se determina además datos de condiciones metabólicas del usuario. Vestimenta y ganancias adicionales.

De igual manera en la investigación se genera plantillas respecto a la edificación, en este caso sería plantillas de cerramiento en las cuales se define los materiales y características de muros, cubiertas y suelos. También incorpora plantillas de acristalamiento, iluminación y HVAC. Para los resultados, se realiza una comparativa entre la temperatura interna (temperatura del aire, temperatura radiante, temperatura operativa y humedad relativa) en comparación a la temperatura exterior de la vivienda, para ello se ha considerado los días con temperaturas extremas tanto en frío como en calor. Al final de la investigación, se obtiene datos comparativos entre las diferentes materialidades y técnicas constructivas, lo que permitió determinar aquellos materiales que actuaron de mejor manera de acuerdo a las condiciones climáticas a las que se enfrentaba la vivienda.

Es relevante que la aproximación y análisis del confort térmico de las viviendas sea realizado bajo cierto control normativo, para que de esta manera los cálculos estén aproximados a la realidad. En su investigación, Calderon Uribe (2019) propone el uso del método Fanger, a través de la norma ISO 7730, por lo que establece características del vestuario, características del tipo de trabajo u características del ambiente. Se toma estas variables para generar una contraposición con los datos de temperatura y humedad obtenidos en campo, gracias al uso del instrumento de medición HT30 Extech, el cual mide la velocidad del aire y la humedad. En este caso se realiza una intervención para mejorar las características térmicas de la cubierta y se compara los datos obtenidos después de la intervención. Como resultado se obtiene que si existió una mejora del confort interno al incorporar una cubierta hecha con tetrapack reciclado.

Al igual que en el artículo mencionado anteriormente el confort térmico interno puede mejorar con la incorporación de materiales sostenibles, que reduzca el consumo de recursos.

En latinoamérica los estudios e investigaciones buscan en su mayoría soluciones técnicas de bajo costo para su implementación (Calderon Uribe, 2019). En relación con este tema podemos encontrar la investigación realizada por Molina-Fuertes, Horn-Mutschler, & Gómez-León (2020), el cual plantea como objetivo el evaluar el desempeño térmico de una vivienda para lograr incorporar estrategias a apartir de la energía solar.

En este caso se busca que el Módulo Experimental de Vivienda (MEV) sea explorado a partir de la implementación de diferentes estrategias pasivas de diseño. A diferencia de las investigaciones analizadas anteriormente, en este caso se utiliza la herramienta EnergyPlus, que es un motor de cálculo térmico/energético. Este análisis está reforzado con la toma de datos a través de sensores de temperatura ONSET HOBO U12-006 los cuales permiten obtener datos de temperatura y humedad, han sido programados cada 30 minutos. En contraposición al análisis interno también se hizo uso de una estación meteorológica utilizada a 100m de la vivienda analizada, para lograr obtener datos internos y externos y comprararlos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Diseño metodológico

Esta investigación se realizará bajo la línea de investigación Arquitectura y Sostenibilidad y la sub línea de investigación: Estructuras, sistemas y tecnologías de la construcción. Innovación, optimización de materiales y de procesos. pues se busca analizar cómo se puede mejorar el confort térmico de la vivienda en la ciudad de Ambato a partir del estudio e implementación de diferentes tipos de mampostería, lo cual implica un cambio en los materiales y componentes de la envolvente de la vivienda.

El enfoque bajo el cual se desarrollará esta investigación es mixto (Cuantitativo y cualitativo). En el libro Metodología de la investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) se define el enfoque cualitativo como aquel que “utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación” (p. 7). Es decir, que en esta investigación se analizará tipos y características de los materiales a implementarse en la envolvente de la edificación. Mientras que en el enfoque cuantitativo el mismo autor menciona que se usa la recolección de datos pero con una base en la medición numérica y en la aplicación de análisis estadístico con el fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p. 4), por lo que se obtendrá un resultado numérico en lo que respecta a valores de transmitancia térmica, temperatura y humedad relativa.

El nivel de la investigación es Correlacional – Explicativa. Correlacional se refiere a cuando se “Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población.” en este caso las variables de temperatura y humedad de la problemática planteada. Y explicativa “Pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pp. 15-16)

Por los medios para obtener los datos la investigación es documental y de campo. Los autores Narvaéz & Villegas (2023) definen la investigación documental como “se realiza apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie”, pueden ser libros, artículos o ensayos de revistas y periódicos, entre otros. Por otra parte, la Investigación de campo, que es aquella que puede basarse en “información que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones”.

Esta investigación por la manipulación de variables, se considera Cuasi-experimental, ya que “no se posee un control total sobre las variables y aspectos vinculados al tipo de muestra” esto debido que existen variables dentro del análisis del confort térmico que dependen de las condiciones climatológicas y deberán ser tomadas en cuenta para realizar la simulación Narvaéz & Villegas (2023).

Por el período temporal es transversal ya que la investigación será realizada en el año 2021 al 2023.

Para poder cumplir con el *primer objetivo* específico se ha determinado utilizar la **técnica** de revisión bibliográfica a partir de la cual se obtendrá una síntesis comparativa con el fin de extraer cuales son los lineamientos de cada normativa o estándar que son aplicables para el desarrollo de esta investigación. La **muestra** ha sido determinada en base a los documentos que han sido revisados en esta investigación han sido seleccionados debido a su relevancia para la investigación, en el campo del confort térmico de la vivienda a nivel nacional e internacional. Se aplicará el **instrumento** de Ficha de síntesis bibliográfica (Tabla 6), en la cual se ha colocado datos relevantes sobre los lineamientos a aplicarse en la investigación.

Tabla 6

Diseño tabla de síntesis de normativa sobre eficiencia energética en vivienda

Tabla síntesis de normativa y estándares
Nombre general
Nombre específico
Tipo
Entidad responsable
Año
Lineamientos
Lineamientos aplicables

Nota. Esta tabla muestra el diseño bajo el cual se va a sintetizar las diferentes normativas y estándares que se han analizado en la investigación.

Para cumplir con el **segundo objetivo** específico se ha determinado utilizar la **técnica** de observación para el levantamiento de información. La **muestra** en este caso será la ciudad de Ambato, pues el objetivo de los mapeos es definir las características térmicas de la vivienda de Ambato a partir de lo que se seleccionará un caso de estudio. El **instrumento** que se aplicará serán los mapas que responden a un método cartográfico de investigación, en este caso consiste en la aplicación de mapas para la descripción, el análisis y el estudio de los fenómenos con el objetivo de obtener nuevos conocimientos, características e investigación de sus interrelaciones espaciales (Lizmová, 2007).

El segundo **instrumento** a utilizará 3 fichas, las cuales tienen el objetivo de determinar el caso de estudio. Para la ficha de observación de levantamiento arquitectónico (Ver figura 5) será necesario determinar 3 viviendas que reflejen las características de la vivienda en Ambato de acuerdo a los mapeos previamente realizados. Para sistematizar la información de los levantamientos arquitectónicos se aplicará una ficha de materiales (ver Tabla 7) que permitirá posteriormente ponderar las 3 viviendas (ver tabla 8) y seleccionar el caso de estudio.

Figura 5

Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Universidad Tecnológica Indoamérica Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible	Levantamiento arquitectónico Vivienda 02	Fecha del levantamiento Junio 2023
Trabajo de titulación Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato		Lámina 3 de 3

Tabla 7

Diseño de tabla de elementos constructivos desglosados por vivienda

Muros Exteriores			
Um	Coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad	R
	m	W/K*M	M ² K/W
	m	W/K*M	M ² K/W
	m	W/K*M	M ² K/W
Total			
Um			W/ m²K

Um: Coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores

Ut: Coeficiente global de transferencia de calor de techos exteriores

Up: Coeficiente global de transferencia de calor de piso

Uv: Coeficiente global de transferencia de calor de puertas opacas

Es necesario realizar una comparación posterior (Tabla 8) de las transmitancia térmicas y el factor U de todos los elementos para poder determinar qué tan cerca a los valores determinados como mínimos en la normativa se encuentran, y de esta forma determinar la aproximación a tomar y la vivienda que será sometida al análisis diagnóstico y posteriormente a la nueva intervención.

Tabla 8

Diseño de tabla comparativa de transmitancia térmica (U) valores de la norma y vivienda

Comparación transmitancia térmica máxima U norma NEC-HS-EE con la vivienda analizada						
Elementos	Normativa		Vivienda 1		Vivienda 2	
	U max	R min	U max	R min	U max	R min
envolvente						

A continuación, en la tabla 9 se sintetiza los métodos, técnicas e instrumentos que serán aplicados en la investigación de acuerdo a las actividades necesarias para cumplir los objetivos.

Tabla 9

Métodos técnicas e instrumentos a aplicar en la investigación

Objetivos específicos	Método	Técnica	Instrumento
1. Determinar conceptos y metodologías de estudio del confort térmico	Síntesis bibliográfica	Sistematización bibliográfica	Fichas de síntesis bibliográfica
	Cartográfico de investigación	Observación / levantamiento de información	Mapas
2. Identificar la materialidad de mampostería con la que se construye la vivienda en Ambato	Síntesis de observación	Observación / Levantamiento de información	Fichas levantamiento Ficha de materiales
	Simulación	Estudio de caso	Tabla de ponderación Software simulación
3. Proyectar estrategias de mejora en mampostería	Software simulación	Simulación	Tabla comparativa

CAPÍTULO III

APLICACIÓN METODOLÓGICA

Parámetros análisis del confort térmico. OE1

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha realizado una revisión bibliográfica que corresponde a normativa nacional e internacional, la cual es necesaria para poder determinar los lineamientos y metodologías de estudio del confort térmico de la vivienda en Ambato.

Para el análisis del confort térmico será necesario determinar previamente el nivel de aislamiento de la vestimenta (Tabla 10) y la actividad, en este caso para la vestimenta se ha incluido conjuntos típicos de verano e invierno aplicables a la zona climática correspondiente a Ambato.

Tabla 10

Aislamiento de la vestimenta

Valores de aislamiento de la vestimenta para conjuntos típicos	
Descripción Prendas Incluidas	Icl (clo)
Pantalones, camisa de manga larga más chaqueta de traje, chaleco, camiseta	1.14
Pantalones, camisa de manga corta	0.57

La actividad metabólica, como se ha descrito en el marco teórico, dependerá de la actividad que se esté realizando, en este caso se utilizará el valor de 1.1 met, considerándolo como un valor promedio ya que las actividades en vivienda pueden variar, desde momento de actividad alta como cocinar (2.0 met) o realizar la limpieza (3.4 met) hasta actividades consideradas de descanso como dormir (0.7 met) o estar sentado y leer (1.0 met).

La zona de confort térmico a continuación ha sido definida a través del software Climate Consultant. En la figura 6, se evidencia la configuración realizada en el software, el cual ha sido configurado en base a un modelo adaptativo y se ha usado para obtener los resultados el mismo archivo climático EPW de la ciudad de Ambato que posteriormente será utilizado para realizar la simulación en Design Builder.

Figura 6

Configuración de zona de confort de acuerdo a un modelo adaptativo (Climate consultant).

ASHRAE Standard 55, current Handbook of Fundamentals Comfort Model (select Help for definitions)	
1. COMFORT: (using ASHRAE Standard 55)	
1.14	Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)
0.57	Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)
1.1	Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)
90.0	Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD)
19.3	Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)
23.7	Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)
26.4	Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C)
90.7	Maximum Humidity calculated by PMV model (%)
2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low)	
23.3	Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)
315.5	Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)
3. HIGH THERMAL MASS ZONE:	
8.3	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE:	
16.7	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone)	
19.9	Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
6.1	Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE:	
50.0	% Efficiency of Indirect Stage
7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE:	
2.0	Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban)
0.2	Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)
1.5	Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)
8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE:	
0.8	Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)
3.0	Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)
9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment):	
12.8	Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)
10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE:	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
3.0	Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)
11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE:	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
12.0	Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)
12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES:	
8.5	Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)
11.1	Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone)	
14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)	

Como se puede observar en la figura 7, para la época del invierno que sería el mes de junio, se puede observar que únicamente en el 3.0 % de las horas del mes la temperatura externa de bulbo seco se encuentra dentro de la zona de confort térmico. El software permite considerar estrategias pasivas y activas para mejorar el confort térmico.

Por lo cual se procura analizar qué estrategias serían aplicables con el fin de aumentar las horas de confort. En la figura 8, se detalla estrategias pasivas para subir la temperatura, llegando a aumentar las horas de confort al 49% a partir de la aplicación de estrategias de aumentar la ganancia interna de calor, y las ganancias solares.

Figura 7

Zona de confort térmico en junio (invierno)

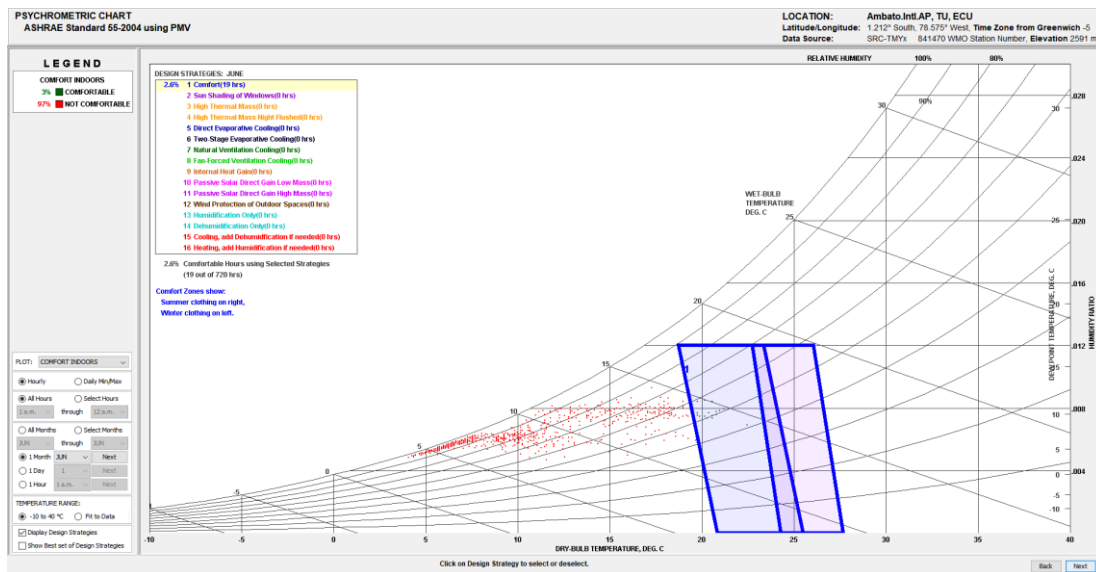
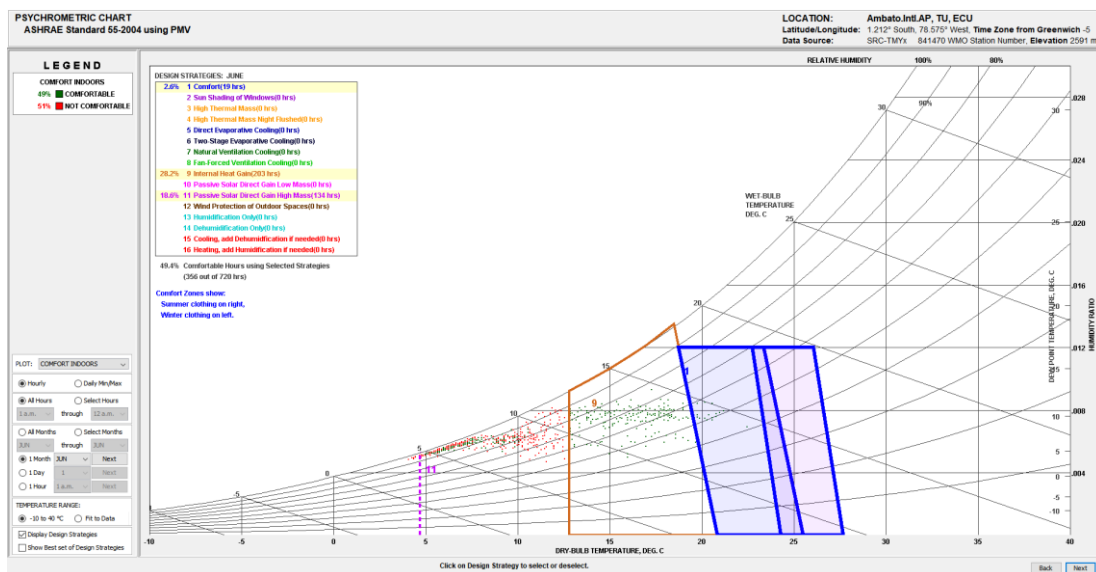


Figura 8

Zona de confort térmico en junio (invierno), mejores estrategias pasivas aplicables



Para la semana de verano la temperatura externa es más alta, por lo se puede evidenciar en la figura 9, las horas de confort térmico suben a un 11.0%, y en consecuencia al aplicar las estrategias pasivas, las horas de confort aumentan a un 62.0% (figura 10).

Figura 9

Zona de confort térmico en Noviembre (Verano)

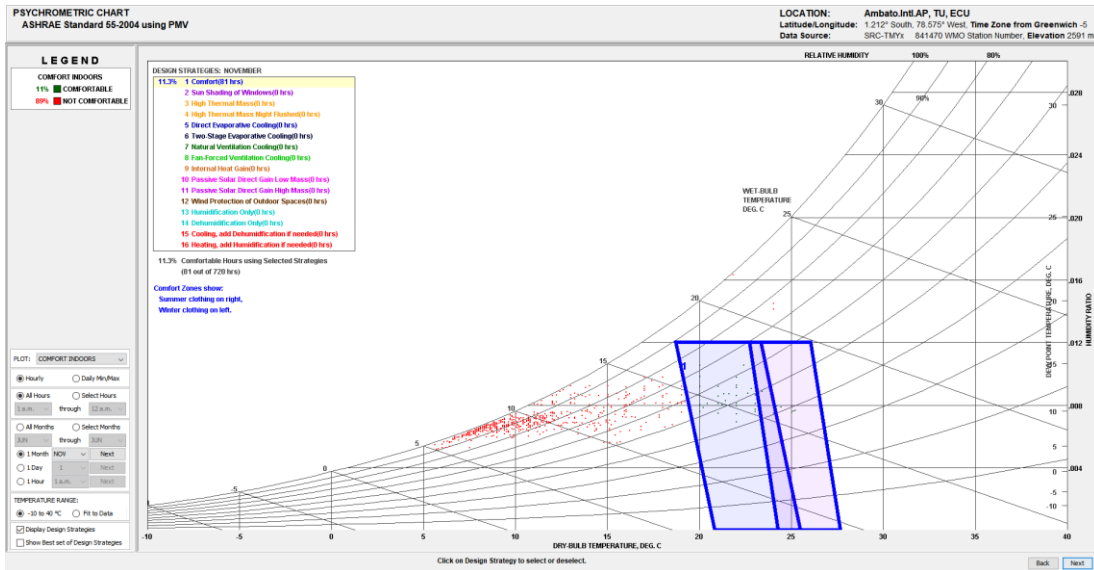
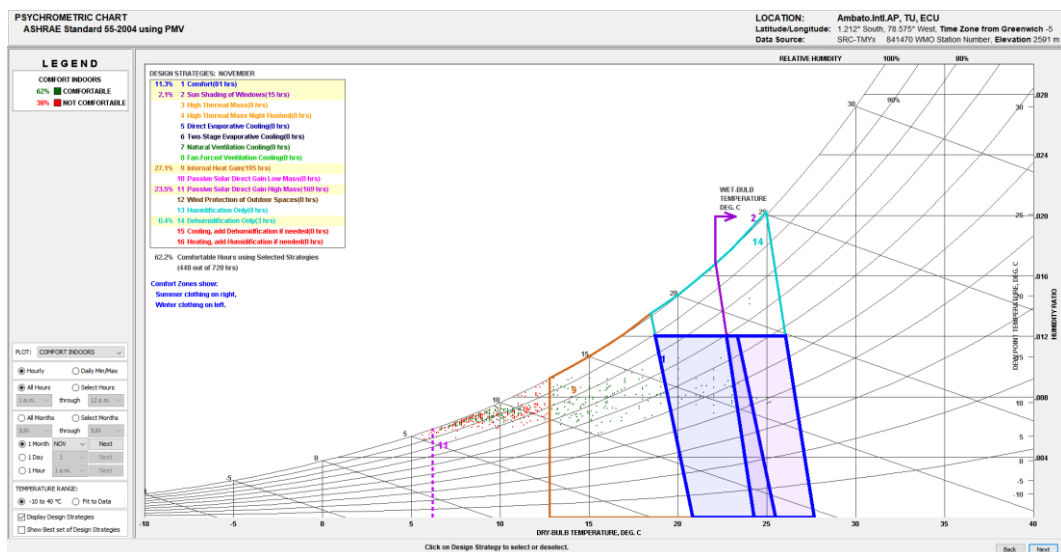


Figura 10

Zona de confort térmico en junio (invierno), mejores estrategias pasivas aplicables



Por lo tanto, se puede concluir, que no es posible llegar a un confort térmico del 100% a través del uso exclusivo de estrategias pasivas, para llegar a tener un confort total sería necesario aplicar sistemas especializados de calefacción y control de humedad en las viviendas.

Delimitación espacial OE2

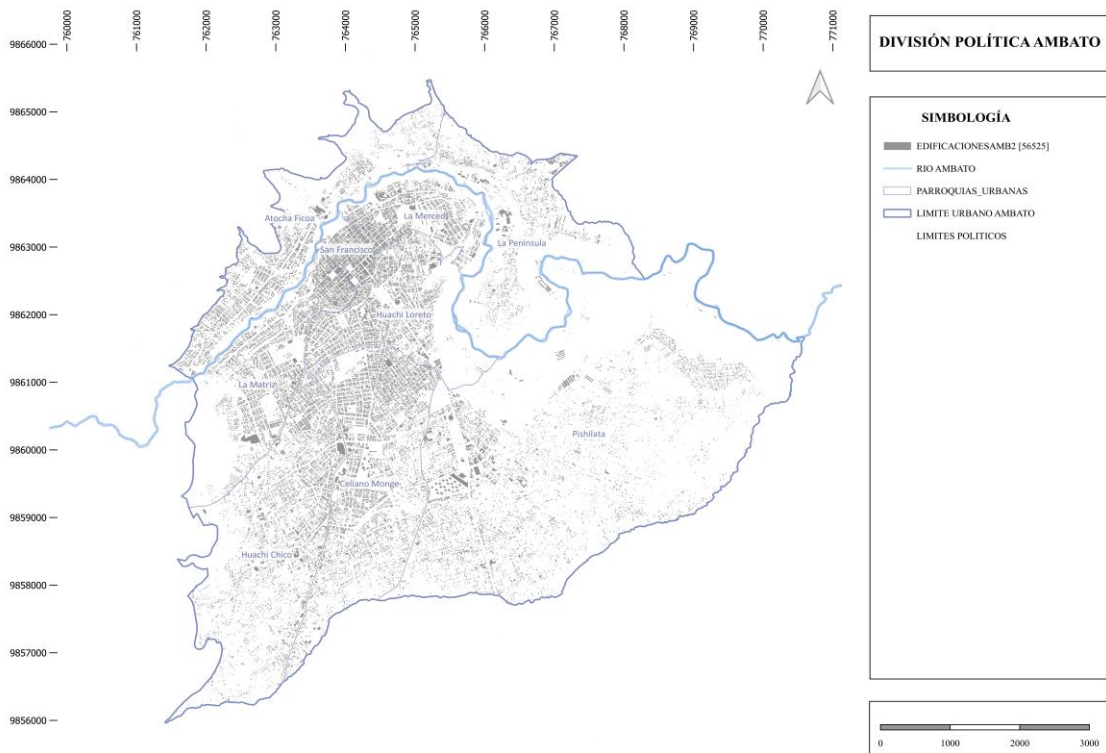
El cantón Ambato está dividido políticamente en parroquias urbanas y rurales, se compone por un total de 27 parroquias, de las cuales 18 son rurales y 9 pertenecen al área urbana. El cantón se caracteriza por la incidencia de la topografía en esta segmentación en parroquias.

Estructura política

A continuación, en la figura 11, se detalla la afectación del río Ambato en el cantón y como se genera la ubicación de cada una de las parroquias urbanas con respecto al

Figura 11

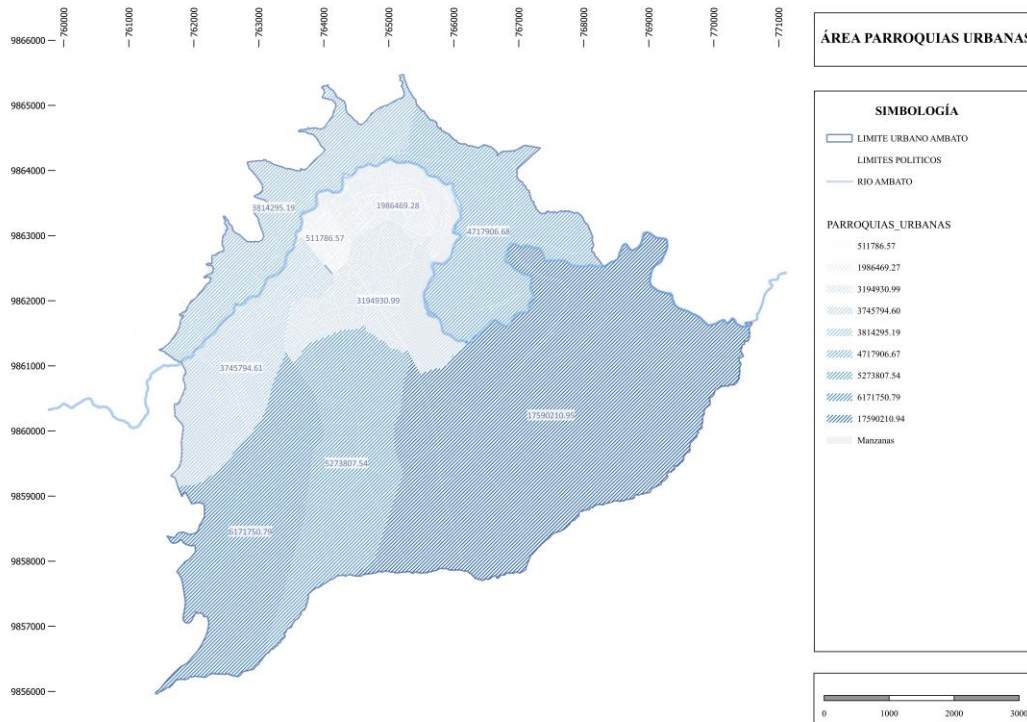
División parroquias urbanas del cantón Ambato.



Estas parroquias urbanas tienen un área determinada, en la figura 12 se puede observar que las parroquias con un área más extensa corresponden a: Pishilata (1759.02 ha²), Huachi Chico (617.17 ha²) y Celiano Monge (527.38 ha²).

Figura 12

División parroquias urbanas del cantón Ambato.



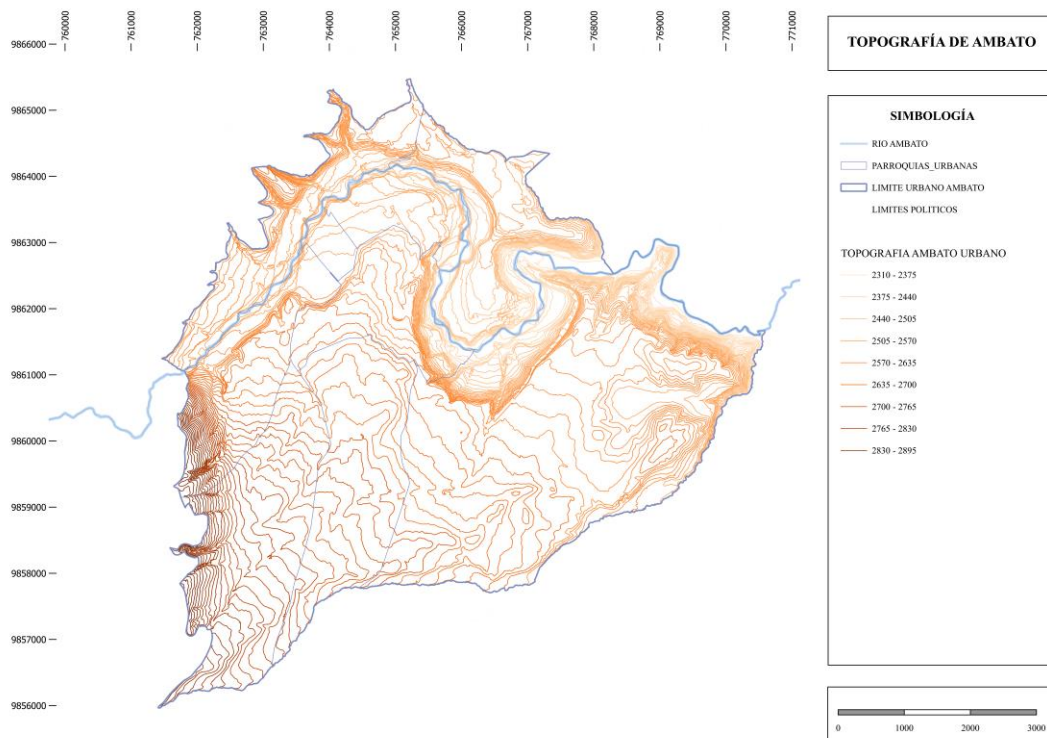
Estructura geográfica

En general, la topografía de la parte urbana de Ambato combina áreas planas y colinas suaves. La topografía ha influenciado el desarrollo de la ciudad, en la figura 13, el Río Ambato que atraviesa la ciudad de Oeste a Este, marca el nivel topográfico más bajo que llega a los 2310 msnm en esta zona se forman ciertos valles, los cuales se caracterizan por tener una vocación de cultivo. Hacia el Suroeste la topografía aumenta su altura llegando a alcanzar los 2895 msnm. Esta diferencia de alrededor de 590 genera efectos en el clima de la ciudad,

provocando microclimas más cálidos hacia el noreste en donde la altura es menor y una temperatura más fría conforme la topografía sube de nivel.

Figura 13

Topografía del área urbana del cantón Ambato



Estructura climática

El clima en la ciudad de Ambato, se basa en tres pisos ecológicos principales por su clasificación por altura son: Andino (> 3600 m.), Subandino (3.200 – 3.600 m.) e Interandino (2800 – 3200 m.)

Temperatura. En la ciudad es relativamente estable, el promedio anual está en 13 °C aproximadamente, no existen períodos de verano e invierno definidos por temperaturas extremas. El mes más frío representado en la figura 14, son enero y julio con temperatura mínima promedio que llega a los 0 °C, los meses en los que se alcanzan la temperatura promedio

más alta, la cual puede llegar a los 25 °C son noviembre y diciembre. Los meses con menor variación de temperatura son marzo y junio.

Figura 14

Rango de temperatura en Ambato

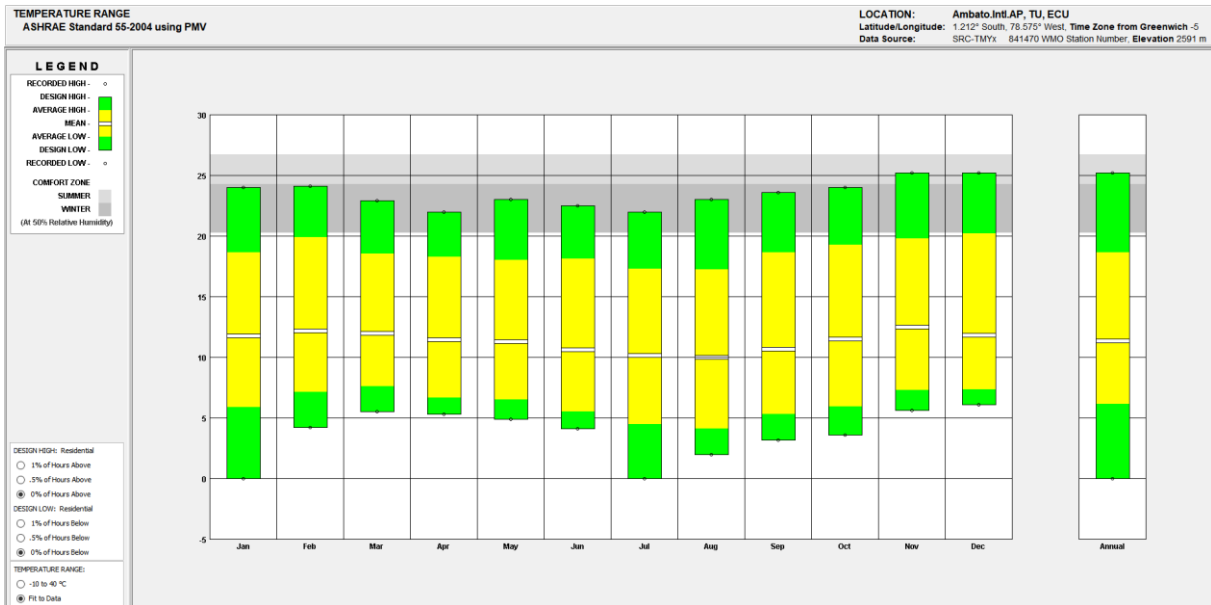
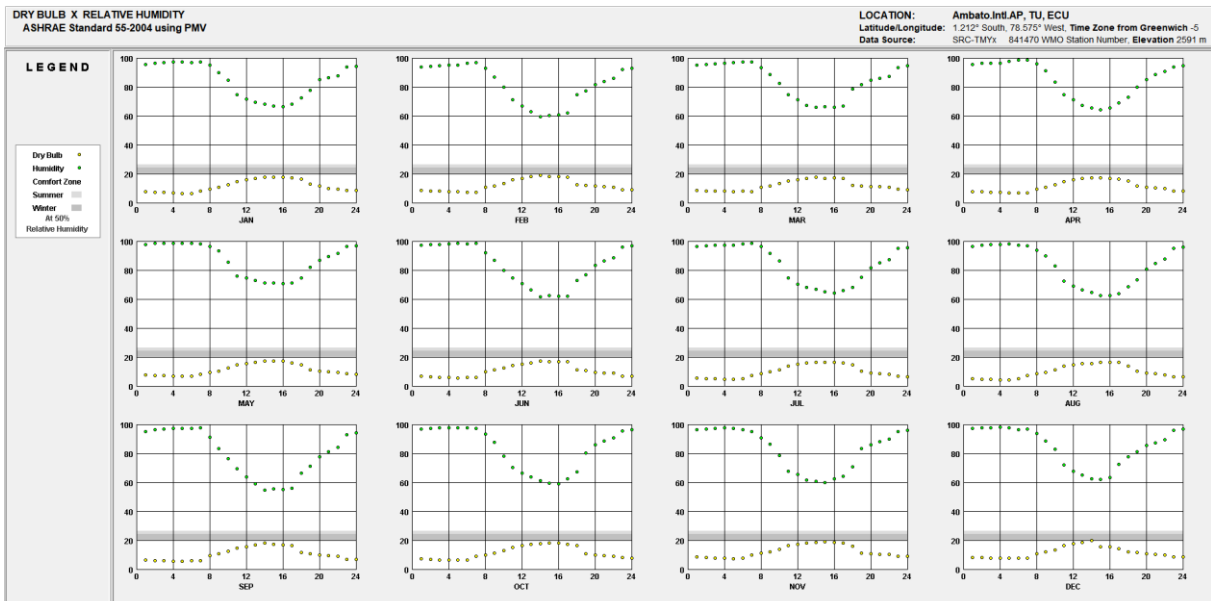


Figura 15

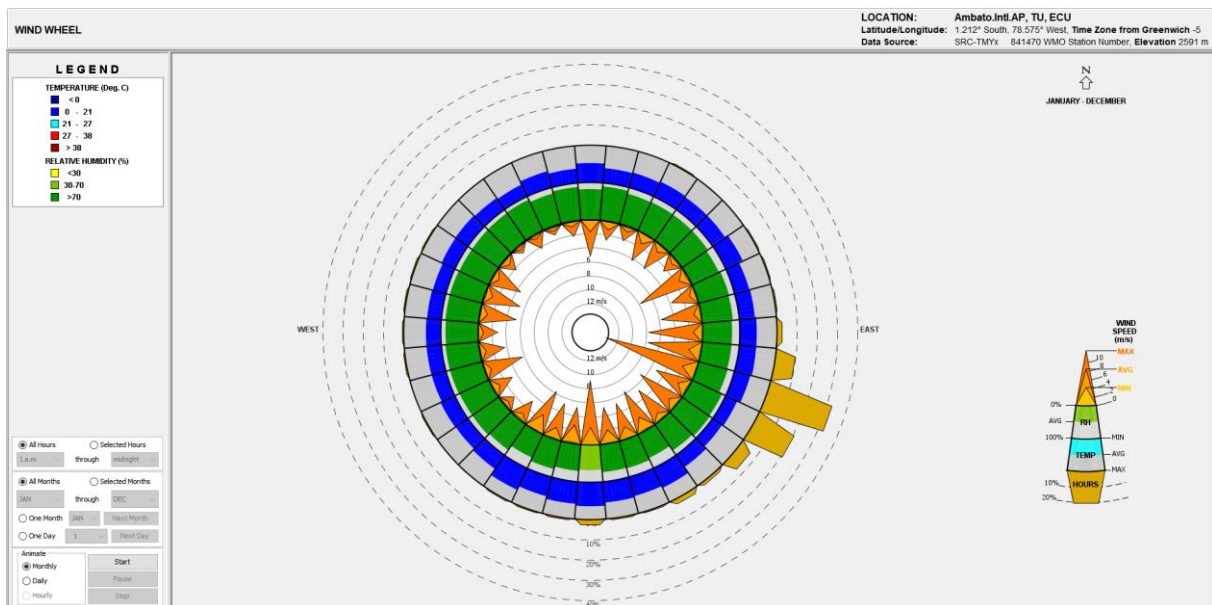
Humedad relativa



Viento. Los vientos predominantes son en dirección sureste – noroeste con un porcentaje mayor al 90%. En la figura 16 se puede identificar como existe una leve incidencia del viento desde el sur, sin embargo, el porcentaje de viento desde esta dirección es menor al 10%.

Figura 16

Rueda de vientos



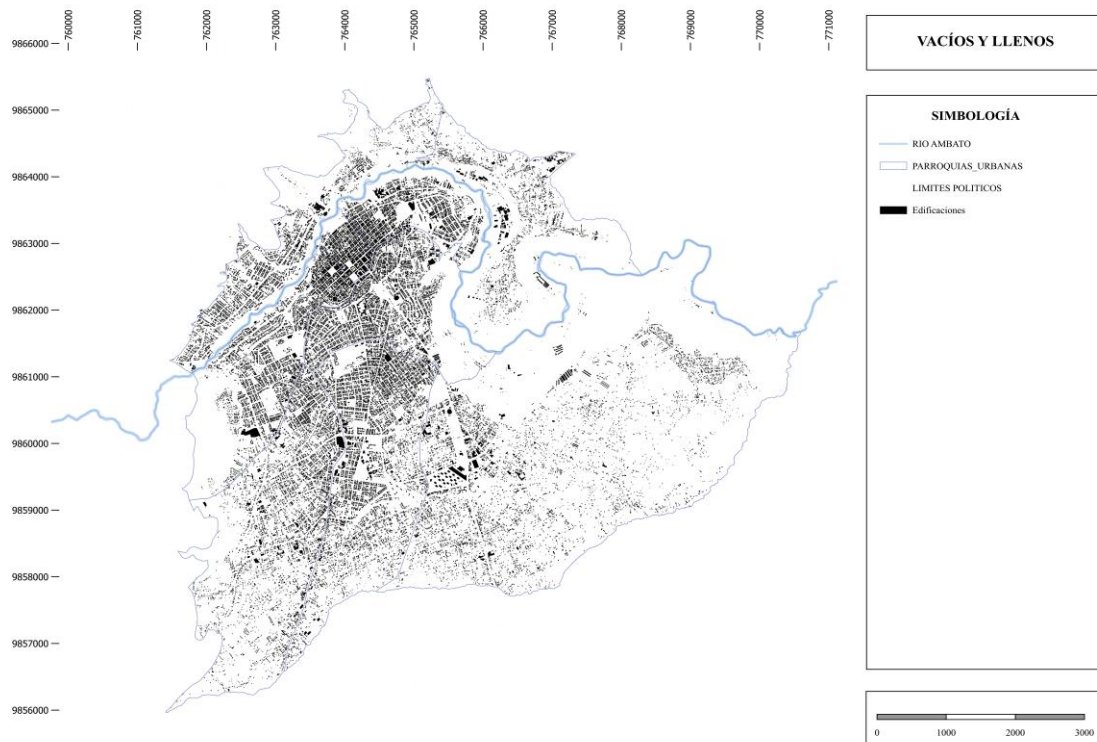
Zona de estudio

Para determinar el área de estudio, se ha determinado ciertos mapeos, que identificarán características de las edificaciones en la ciudad de Ambato.

La zona con mayor consolidación corresponde al centro de la ciudad, como se observa en la Figura 17. Hacia el sureste y suroeste se encuentra una menor concentración de las edificaciones en relación al área que tiene cada parroquia, corresponde a las parroquias urbanas de Pishilata, Celiano Monge y Huachi Chico.

Figura 17

Llenos y Vacíos



Sin embargo, son estas parroquias las mismas que presentan una mayor cantidad de edificaciones construidas. De acuerdo al Plan de uso y gestión de suelo Ambato 2033, se propone a estas parroquias como áreas en consolidación.

En las edificaciones existentes por parroquia (figura 18) se puede evidenciar que a pesar de ser la parroquia Celiano Monge la que tiene el mayor número de construcciones, no se encuentra aun completamente consolidada, por lo que es una parroquia en una etapa de desarrollo. La segunda parroquia con mayor número de edificaciones es la parroquia Pishilata la cual se evidencia con un menor nivel de concentración. Y posteriormente la parroquia Huachi Chico, es la tercera en cantidad de edificaciones construidas, pero su nivel de concentración de vivienda es medio.

Figura 18

Edificaciones por parroquia

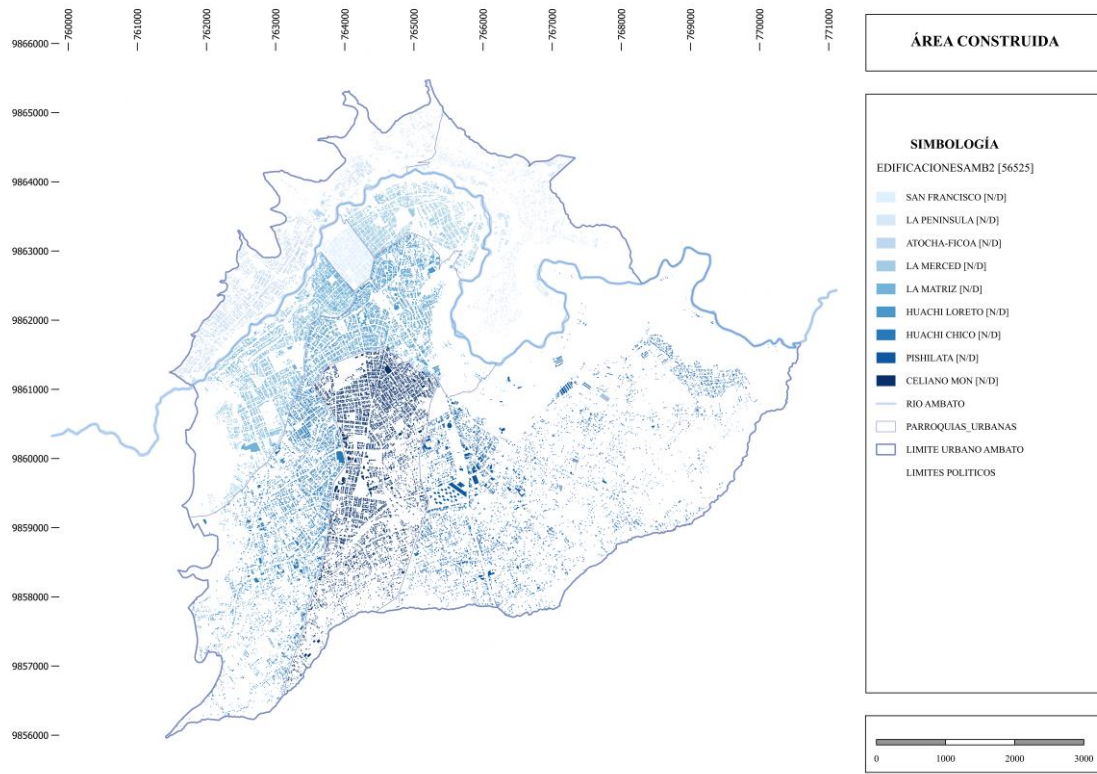
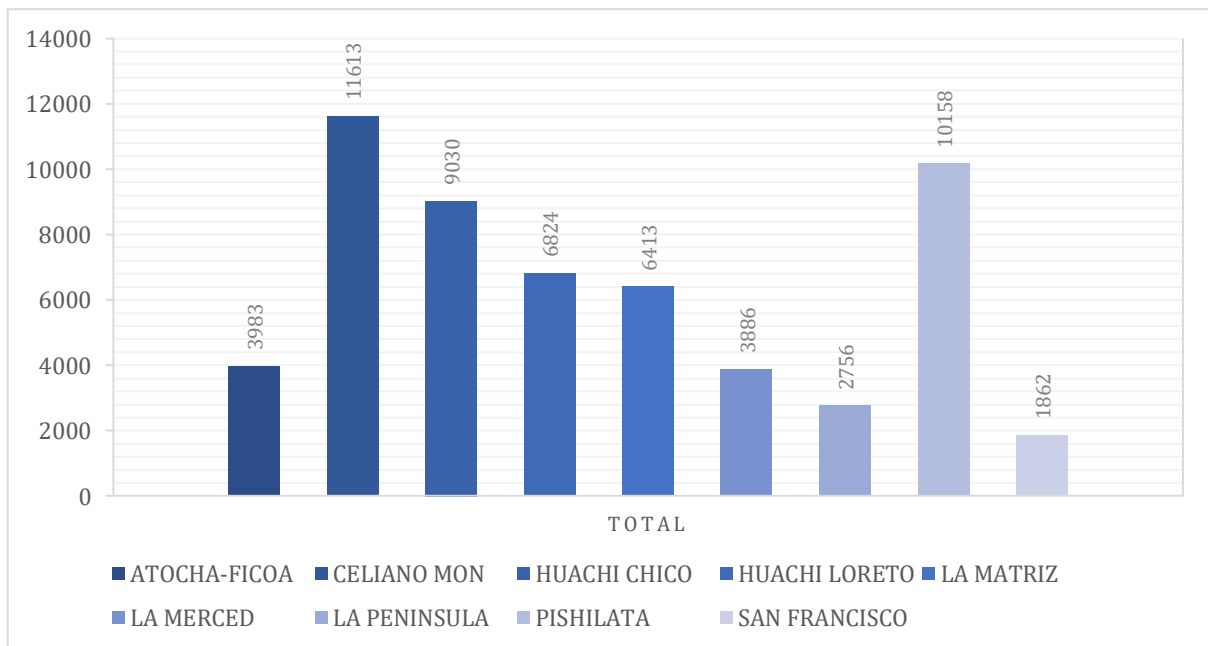


Figura 19

Cantidad de edificaciones por parroquia – Área urbana Ambato



En base al análisis realizado en las figuras anteriores, (figura 19) se determina como área de estudio a la parroquia Huachi Chico, como se detalla en la tabla a continuación esta es la parroquia con el nivel de msnm más alto, lo que indica que su temperatura tendrá una tendencia a ser menor que en el resto de la ciudad.

De acuerdo a los datos de la tabla 11 a continuación, se puede determinar que, Huachi chico es una zona que se encuentra en consolidación, por lo que tiene aún mucha área por intervenir y edificar, sin embargo, también posee una alta cantidad de edificaciones. Esta última característica es importante porque se realizar un estudio de las viviendas existentes.

Tabla 11

Comparativa de variables analizadas en las parroquias

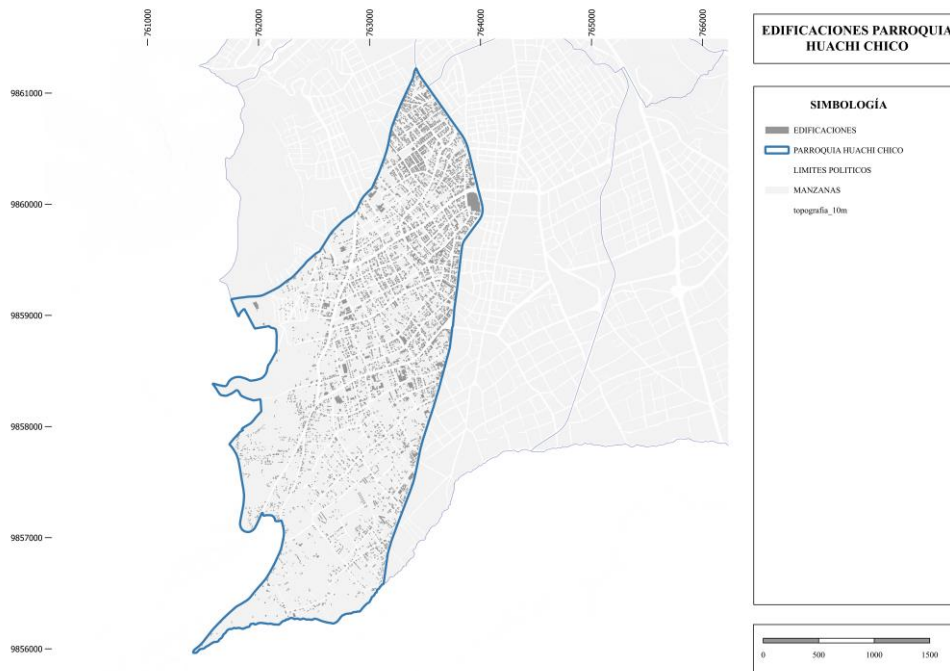
Parroquia	Área	Altura (m.s.n.m.)		Edificaciones
		mínima	máxima	
Atocha - Ficoa	3814295.19	2510	2670	3983
Celiano Monge	5273801.54	2650	2790	11613
Huachi Chico	6171750.79	2650	2900	9030
Huachi Loreto	3194930.99	2560	2660	6824
La Matriz	3745794.61	2540	2940	6413
La Merced	1986469.28	2440	2570	3886
La Península	4717906.68	2350	2590	2756
Pishilata	17590210.95	2350	2720	10158
San Francisco	511786.57	2510	2580	1862

El área urbana de Ambato está determinada de acuerdo al PUGS 2033 con Plataformas urbanas las cuales corresponden a zonas topográficas y por polígonos de intervención territorial los cuales determinan zonas de estudio más pequeñas lo que permite mejorar el análisis y la propuesta de normativa específica para cada sector.

Al determinar cómo área de estudio Huachi Chico, se puede establecer que esta parroquia se encuentra en dos plataformas diferentes, que corresponden a las plataformas 3 y 6. En la figura 20 a continuación, se delimita el área de la parroquia a estudiar.

Figura 20

Perímetro parroquia Huachi Chico



Según el PUGS 2033 de Ambato, el suelo clasificado como urbano, ha sido subclasificado de acuerdo al nivel de consolidación y tipo de intervención que requiere, De acuerdo a esto puede ser: consolidado, suelo que se encuentra mayormente edificado y tiene acceso a todos los servicios, equipamientos e infraestructuras; no consolidado, posee acceso a la totalidad de los servicios, infraestructura y equipamientos, pero requiere procesos para completar o mejorar la edificación o urbanización; de protección, suelo que posee características especiales ya sean paisajísticas, culturales, sociales o biofísicas, o que presenten factores de riesgo.

El suelo también ha sido designado por el tipo de tratamiento al que será sometido, puede ser:

- Tratamiento de conservación. Se aplica en zonas con un valor histórico, urbanístico y de paisaje alto, tiene la finalidad de generar acciones que promuevan la conservación y valoración de sus características.
- Consolidación, Se destina a las áreas urbanas que requieran un mejoramiento en el espacio público y de infraestructura de acuerdo al potencial de consolidación que tengan.
- Desarrollo, corresponde a las áreas urbanas que requieren procesos de urbanización y necesiten ser transformadas para su incorporación en la estructura urbana existente, para integrar infraestructura, sistema público de transporte y equipamiento.
- Mejoramiento integral, áreas con asentamientos humanos que tengan una alta necesidad de intervención para mejorar la infraestructura vial, sistema de transporte público, equipamientos y espacios públicos. Se incluye zonas de riesgo que requieran mitigación, áreas de desarrollo informal que puedan ser integradas al área urbana y zonas que requieran procesos de reordenamiento físico-espacial.
- Renovación, áreas urbanas con deterioro físico, ambiental o de baja intensidad de uso. Serán consideradas para reemplazarlas por una nueva estructura que promueva la integración física y social del conjunto urbano.
- Sostenimiento, áreas que tienen alta homogeneidad morfológica, coherencia de uso con la edificación. No requiere nueva infraestructura o intervención alguna.

El área de estudio se encuentra conformada por varios polígonos de intervención territorial (figura 21). Estos polígonos son áreas que permiten el análisis y tienen una normativa específica de acuerdo al PDOT Ambato 2033.

Figura 21

Polígonos de intervención territorial en la parroquia urbana Huachi Chico.

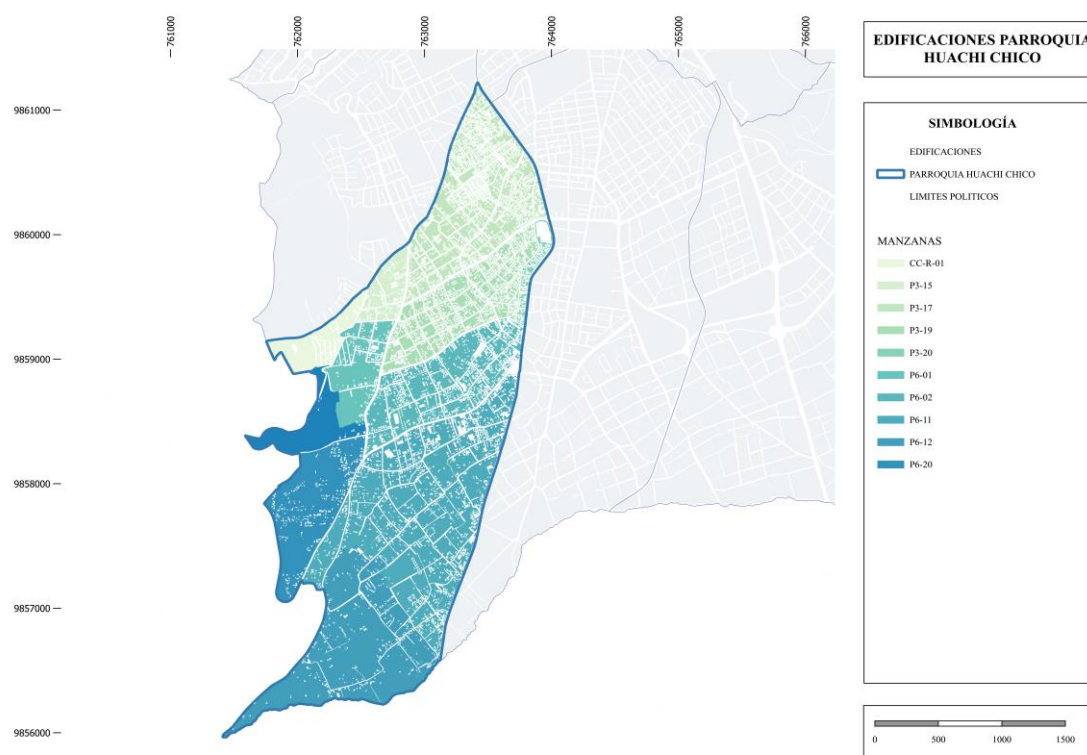


Tabla 12

Comparación de normativa en los PIT de la parroquia Huachi Chico.

Polígono de intervención territorial	Subclasificación del suelo	Tratamiento	Tipología de implantación	Altura Máxima edificable	Retiros			COS %	CUS %
					Frontal	Lateral	Posterior		
CC-R-01	Protección	Conservación	-	0	0	0	0	0	0
P3-15	No consolidado	Consolidación	B (Pareado)	3	5	3	3	45	135
P3-17	No consolidado	Consolidación	B (Pareado)	5	5	3	3	55	275
P3-19	No consolidado	Consolidación	B (Pareado)	4	5	3	3	45	180
P3-20	Consolidado	Sostenimiento	B (Pareado)	3	5	3	3	45	135
P6-01	No consolidado	Desarrollo	B (Pareado)	3	5	3	3	45	135
P6-02	No consolidado	Consolidación	B (Pareado)	5	5	3	3	55	275
P6-11	No consolidado	Desarrollo	B (Pareado)	5	5	3	3	60	300
P6-12	No consolidado	Desarrollo	A (Aislado)	2	5	3	5	50	100
P6-20	No consolidado	Desarrollo	B (Pareado)	2	5	3	3	55	110

De acuerdo al análisis realizado (Tabla 12), se determina que la mayor parte del área de la parroquia se encuentra en la subclasificación del suelo como No consolidado, y de acuerdo al tratamiento que se manejará en los predios, los más relevantes son desarrollo y consolidación, estas características sumadas permiten que las nuevas edificaciones a implantarse puedan implementar rasgos diferentes, en este caso, de acuerdo a la presente investigación se puede implementar cerramientos en la envolvente de las edificaciones que tengan una mayor concordancia con las necesidades térmicas.

Para escoger el caso de estudio se toma en cuenta que la forma de implantación que más se aplicará es B (pareada), lo que significa que deberá tener adosamiento a uno de sus lados, esta particularidad es muy relevante ya que influirá directamente en cómo la radiación solar afecta a la vivienda y por ende en las ganancias de calor.

Se ha seleccionado 3 viviendas con características similares, pero con materialidades diferentes, para poder realizar un análisis comparativo en base a la NEC. Tungurahua se ubica en la zona continental templada (4C en el estándar ASHRAE), de acuerdo a ello se determina los siguientes valores base de Factor U.

Estos datos contenidos de cada uno de los materiales, permitirá que se pueda comparar los valores máximos de la normativa para poder determinar y generar una evaluación teórica de los 3 posibles casos de estudio, y de esta manera seleccionar aquel que tiene mayor posibilidad de mejora al aplicar un revestimiento de mampostería diferente.

Tabla 13*Factor U en zona climática de Tungurahua según la NEC*

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.513	R-2.0	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.420	R-1.8	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal $< 45^\circ$	U-5.56	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Estudio vivienda 01.

La primera vivienda analizada se ubica en las calles Ramón Salazar y Pérez Guerrero, su tipo de implantación es adosada hacia el lado Sur-Este. La vivienda se zonifica en dos plantas habitables y una tercera planta con una tapa grada y una habitación de lavado. La planta baja es netamente social, mientras que la primera planta alta corresponde a las áreas privadas de dormitorios.

De acuerdo al levantamiento realizado (ver anexo 05), la estructura es de hormigón armado, el piso es de hormigón con el acabado en porcelanato de 0.60 x 0.60 m. La mampostería predominante es el bloque de concreto alivianado con un espesor de 0.17 m con un

revestimiento enlucido exterior e interior. La cubierta es de hormigón armado con revestimiento interior enlucido.

Estudio vivienda 02.

La segunda vivienda analizada se ubica en las calles Gabriel García Mogrovejo y Asaad Bucaram, su tipo de implantación es adosada hacia el lado Sur-Oeste. La vivienda se zonifica en dos plantas habitables y una tercera planta con un tapagrada. La planta baja es netamente social, mientras que la primera planta alta corresponde a las áreas privadas de dormitorios.

De acuerdo al levantamiento realizado (ver anexo 06), la estructura es de hormigón armado, el piso es de hormigón con el acabado en madera. La mampostería predominante es el ladrillo cocido macizo con un espesor de 0.12 m con un revestimiento enlucido exterior e interior. La cubierta es de hormigón armado con revestimiento exterior de porcelanato y revestimiento interior de enlucido.

Estudio vivienda 03.

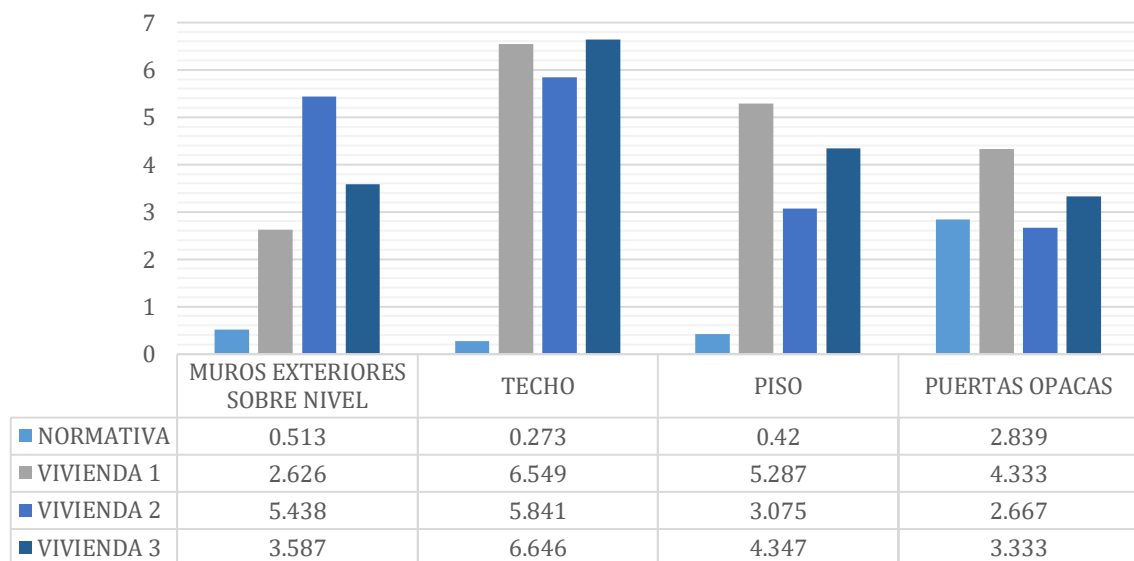
La tercera vivienda analizada se ubica en el pasaje Escandón y la calle Marcos Montalvo, su tipo de implantación es adosada hacia el lado Noreste. La vivienda se zonifica en dos plantas habitables y una tercera planta con un tapagrada. La planta baja es netamente social, mientras que la primera planta alta corresponde a las áreas privadas de dormitorios.

De acuerdo al levantamiento realizado (ver anexo 07), la estructura es de hormigón armado, el piso es de hormigón con el acabado de porcelanato. La mampostería predominante es el bloque de concreto alivianado con un espesor de 0.12 m con un revestimiento enlucido exterior e interior. La cubierta es de hormigón armado con revestimiento exterior de cerámica y revestimiento interior de enlucido.

Para escoger la vivienda que será utilizada como caso de estudio, se ha realizado un análisis comparativo de las transmitancia térmicas de los materiales de cerramientos, de cada una de las viviendas. Esta comparación se basa en los parámetros definidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo de Eficiencia Energética. En la figura 22 se puede observar como en los elementos de cerramiento de muros exteriores la vivienda más lejana a cumplir la normativa es la segunda con la mampostería de ladrillo de espesor 0.12m. Respecto a la materialidad de techo, las tres viviendas tienen una conductividad térmica muy lejana a la requerida por la normativa, la materialidad que más se acerca es la de la vivienda 02.

Figura 22

Comparación entre viviendas de acuerdo a elementos de cerramiento de la edificación



Se escoge para el análisis la vivienda 2, pues es la que se puede intervenir de tal manera que la brecha existente entre la materialidad actual y la normativa sea cerrada. Es la vivienda con condiciones más críticas en mampostería, en relación a las otras dos analizadas y se considera que al generar mejoras en esta vivienda las estrategias aplicadas podrán ser aplicadas con mayor eficiencia en las otras viviendas.

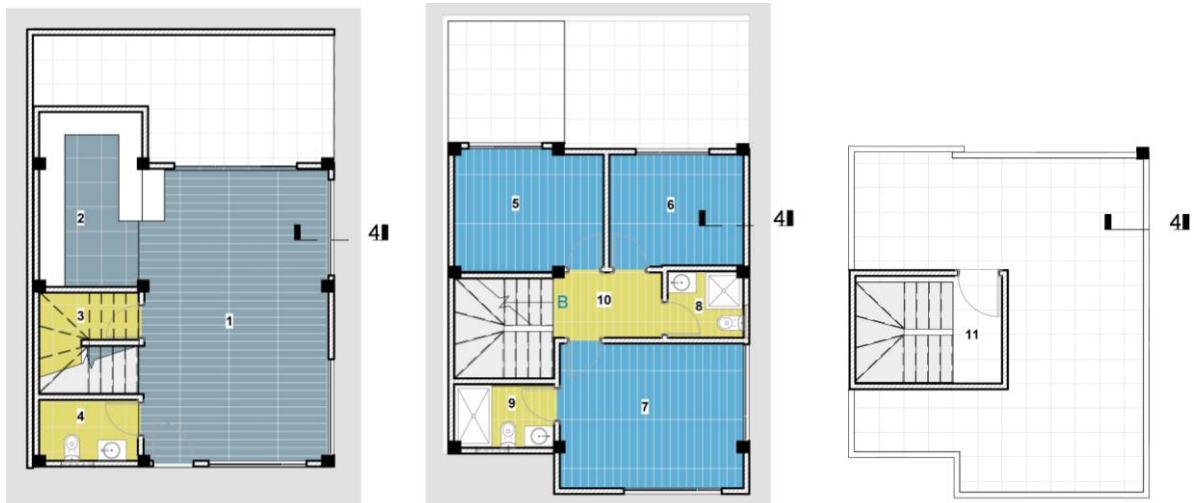
Caso de estudio (Diagnóstico) OE2

Descripción de la vivienda

La vivienda fue construida en el año 2016, forma parte de una propiedad horizontal de 3 viviendas independientes que tienen acceso a través de un pasaje privado. Se encuentra adosada hacia el suroeste. Tiene un área total de 114.37 m², la planta baja consta del área social que incluye baño social, bodega, sala – comedor y cocina. Y la planta alta consta de dormitorios y baños (figura 23).

Figura 23

Distribución de la vivienda



Planta baja

Área social

Planta alta 01

Áreas complementarias

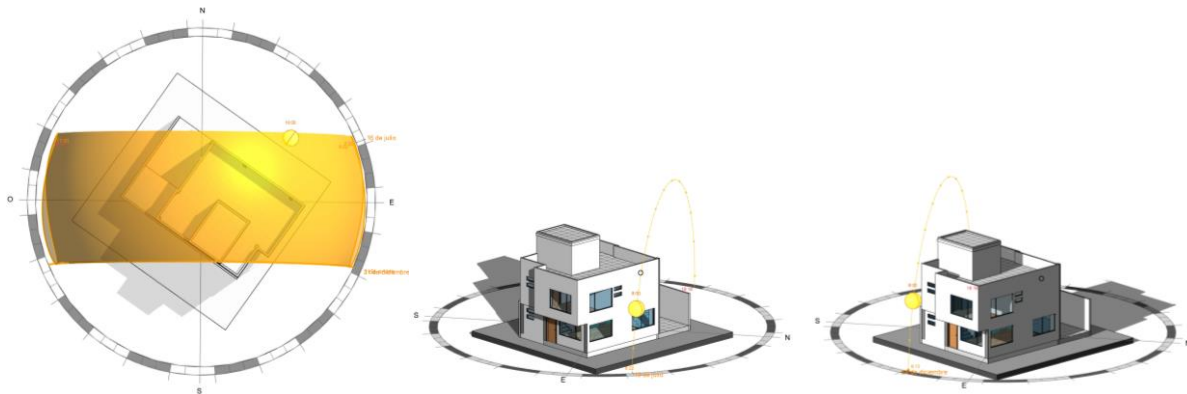
Planta alta 02

Área privada

La orientación de la vivienda (figura 24), permite que el lado adosado se encuentre hacia el suroeste, por lo que, en el lado noreste se disminuye la superficie que recibe la radiación solar. Este será un factor relevante para el análisis posterior.

Figura 24

Orientación vivienda en estudio



Nota: La imagen de la derecha muestra el recorrido solar durante 1 año sobre la vivienda en estudio.

Para iniciar con la simulación se hizo el levantamiento del modelo 3D en el software, el cual fue modelado en tres bloques, un bloque por planta. Posteriormente se colocó las aberturas de ventanas de acuerdo al levantamiento y las aberturas de puertas. Una vez realizado el modelo 3D, se procedió a la configuración.

Configuración general del software

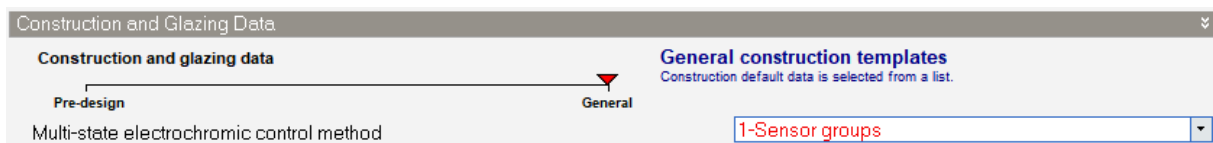
La vivienda seleccionada como caso de estudio será analizada en el software de simulación (Design Builder) para verificar con mayor especificidad el estado actual del confort térmico. Se generará el modelo energético el cual mantenga la configuración de acuerdo a las características existentes de la vivienda.

El primer paso para realizar la simulación ha sido el generar el modelo 3D de la vivienda en el software, para lo cual se ha tomado en cuenta el levantamiento previamente realizado (ver anexo 06). A continuación, se ha seleccionado un nivel de complejidad medio para la configuración del modelo energético que, a diferencia de la configuración avanzada, no requiere el desarrollo a detalle del componente HVAC. Los cinco elementos que determinan el nivel de configuración para la simulación serán aplicados de la siguiente manera:

1. Cerramiento. En esta opción se puede configurar n modo pre-diseño o general, el primero es utilizado en fases iniciales del diseño, por lo que para esta investigación se ha seleccionado el modo general, en el cual se puede trabajar más a profundidad las características de la vivienda para la simulación.

Figura 25

Datos de cerramiento y acristalamiento



2. Ganancias. En este ítem se seleccionó ganancias simplificadas (early) la cual es la recomendada según el manual de Design Builder, permite que las ganancias por aparatos se agrupen en categorías.

Figura 26

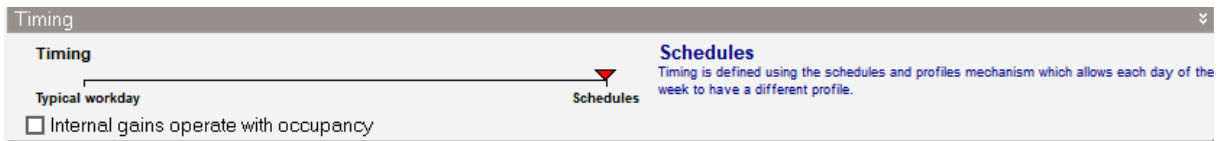
Datos de ganancias



3. Sincronización. Representa el control de horarios de ocupación, uso de aparatos y funcionamientos en el edificio. Se ha seleccionado en modo programaciones (Schedule), permite que los horarios sean generados de una manera más detallada las cuales pueden ser programaciones compactas o programación de 7/12.

Figura 27

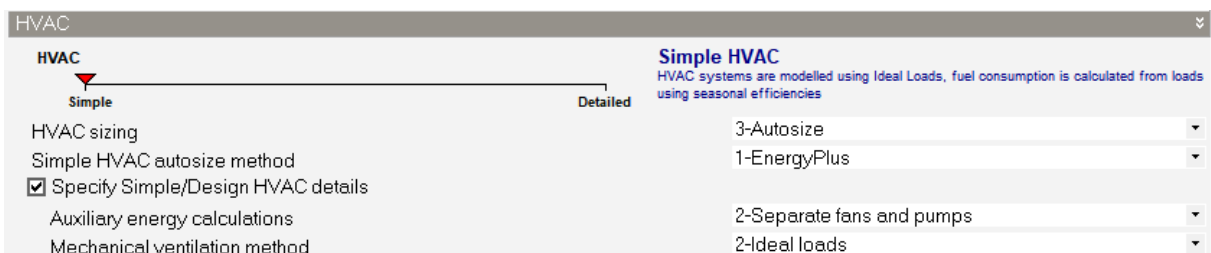
Configuración de sincronización



4. HVAC. La climatización, para esta investigación ha sido definida como simple, debido a que el enfoque de la investigación va hacia el uso de estrategias de diseño pasivo.

Figura 28

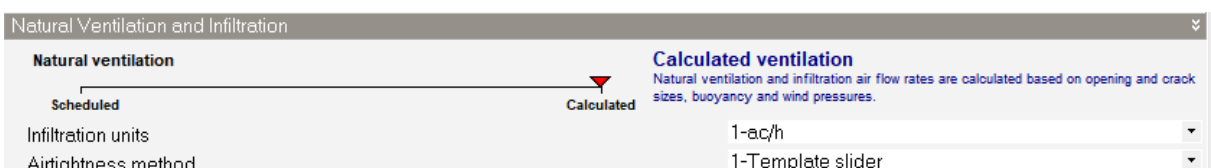
HVAC



5. Ventilación natural. Se ha seleccionado la ventilación natural calculada, para lo que se toma en cuenta las condiciones del viento en el sitio (Velocidad y dirección), también se prevé el grado de apertura y funcionamiento de las puertas y ventanas. En aberturas se define el grado de apertura de ventanas, puertas y en la sección de HVAC se seleccionará la pestaña de ventilación natural.

Figura 29

Ventilación natural



Configuración del sitio. Se ingresa los datos climáticos EPW correspondientes a la ciudad de Ambato. Los datos fueron obtenidos de Climate.OneBuilding. Org que es una página web que contiene datos climáticos diseñados específicamente para dar soporte a simulaciones de edificios.

Figura 30

Plantilla de ubicación

Location Template	
Template	AMBATO
Site Location	
Latitude (°)	1.12
Longitude (°)	78.34
ASHRAE climate zone	4C
Site Details	
Elevation above sea level (m)	2590.0
Exposure to wind	2-Normal
Site orientation (°)	0.0

Cerramiento. A partir de una plantilla se puede definir las características y propiedades térmicas de los elementos que se utilizarán en el modelo. A continuación, en la

Figura 31

Plantilla de cerramientos

Construction Template	
Template	Plantilla de construcción
Construction	
External walls	V02 - Muros exteriores
Below grade walls	Below grade wall - Uninsulated - Heavyweight
Flat roof	V02 - Cubierta plana
Pitched roof (occupied)	Pitched roof - Uninsulated - Heavyweight
Pitched roof (unoccupied)	Pitched roof - Uninsulated - Lightweight
Internal partitions	V02 - Muros interiores
Semi-Exposed	
Semi-exposed walls	V02 - Muros exteriores
Semi-exposed ceiling	V02 - Cubierta plana
Semi-exposed floor	V02 - Cubierta plana
Floors	
Ground floor	V02 - Piso
External floor	V02 - Piso
Internal floor	V02 - Entrepiso

Figura 32

Muros exteriores

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

General

Name **V02 - Muros exteriores**

Source DesignBuilder

Category Walls

Region General

Colour

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 3

Outermost layer

Material Enlucido interior

Thickness (not used in thermal calcs) (m) 0.0100

Layer 2

Material LADRILLO MACIZO

Thickness (m) 0.1200

Bridged?

Innermost layer

Material Cement/plaster/mortar - cement plaster,

Thickness (m) 0.0100

Bridged?

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/m2-K) 2.152

Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K) 5.540

Surface resistance (m2-K/W) 0.130

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/m2-K) 19.870

Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K) 5.130

Surface resistance (m2-K/W) 0.040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m2-K) 6.034

R-Value (m2-K/W) 0.336

U-Value (W/m2-K) 2.979

With Bridging (BS EN ISO 6946)

Thickness (m) 0.1400

Km - Internal heat capacity (K-J/m2-K) 151.7040

Upper resistance limit (m2-K/W) 0.336

Lower resistance limit (m2-K/W) 0.336

U-Value surface to surface (W/m2-K) 6.034

R-Value (m2-K/W) 0.336

U-Value (W/m2-K) 2.979

Figura 33

Muros interiores

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

General

Name **V02 - Muros interiores**

Source DesignBuilder

Category Walls

Region General

Colour

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 3

Outermost layer

Material Cement/plaster/mortar - cement plaster,

Thickness (m) 0.0150

Bridged?

Layer 2

Material Masonry - heavyweight Moist

Thickness (m) 0.1200

Bridged?

Innermost layer

Material Cement/plaster/mortar - cement plaster,

Thickness (m) 0.0150

Bridged?

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/m2-K) 2.152

Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K) 5.540

Surface resistance (m2-K/W) 0.130

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/m2-K) 19.870

Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K) 5.130

Surface resistance (m2-K/W) 0.040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m2-K) 5.268

R-Value (m2-K/W) 0.360

U-Value (W/m2-K) 2.779

With Bridging (BS EN ISO 6946)

Thickness (m) 0.1500

Km - Internal heat capacity (K-J/m2-K) 141.2460

Upper resistance limit (m2-K/W) 0.360

Lower resistance limit (m2-K/W) 0.360

U-Value surface to surface (W/m2-K) 5.268

R-Value (m2-K/W) 0.360

U-Value (W/m2-K) 2.779

Figura 34

Cubierta plana

General		Inner surface	
Name	V02 - Cubierta plana	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	4.460
Source	DesignBuilder	Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Category	Roofs	Surface resistance (m ² -K/W)	0.100
Region	General	Outer surface	
Colour		Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Definition		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Definition method	1-Layers	Surface resistance (m ² -K/W)	0.040
Calculation Settings		No Bridging	
Layers		U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6.369
Number of layers	3	R-Value (m ² -K/W)	0.297
Outermost layer		U-Value (W/m²-K)	3.367
Material	Porcelanato	With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.0150	Thickness (m)	0.2300
Bridged?	<input type="checkbox"/>	Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	179.2560
Layer 2		Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.297
Material	Concrete, cast - dense	Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.297
Thickness (m)	0.2000	U-Value surface to surface (W/m ² -K)	6.369
Bridged?	<input type="checkbox"/>	R-Value (m ² -K/W)	0.297
Innermost layer		U-Value (W/m²-K)	3.367
Material	Cement/plaster/mortar - cement pl		
Thickness (m)	0.0150		
Bridged?	<input type="checkbox"/>		

Figura 35

Piso

General		Inner surface	
Name	V02 - Piso	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	0.342
Source		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Category	Floors (ground)	Surface resistance (m ² -K/W)	0.170
Region	General	Outer surface	
Colour		Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Definition		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Definition method	1-Layers	Surface resistance (m ² -K/W)	0.040
Calculation Settings		No Bridging	
Layers		U-Value surface to surface (W/m ² -K)	2.944
Number of layers	4	R-Value (m ² -K/W)	0.550
Outermost layer		U-Value (W/m²-K)	1.819
Material	Cast Concrete	With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.1000	Thickness (m)	0.3650
Bridged?	<input type="checkbox"/>	Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	161.9400
Layer 2		Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.550
Material	Stone - basalt	Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.550
Thickness (m)	0.1000	U-Value surface to surface (W/m ² -K)	2.944
Bridged?	<input type="checkbox"/>	R-Value (m ² -K/W)	0.550
Layer 3		U-Value (W/m²-K)	1.819
Material	Cast Concrete (Dense)		
Thickness (m)	0.1500		
Bridged?	<input type="checkbox"/>		
Innermost layer			
Material	Wood, soft, 100 mm, 4in (HF-B9)		
Thickness (m)	0.0150		
Bridged?	<input type="checkbox"/>		

Figura 36

Entrepiso

General		Inner surface	
Name	V02 - Entrepiso	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	0.342
Source		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Category	Floors (ground)	Surface resistance (m ² -K/W)	0.170
Region	General	Outer surface	
Colour		Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Definition		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Definition method	1-Layers	Surface resistance (m ² -K/W)	0.040
Calculation Settings		No Bridging	
Layers		U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.548
Number of layers	3	R-Value (m ² -K/W)	0.492
Outermost layer		U-Value (W/m²-K)	2.033
Material	Cement/plaster/mortar - cement pl	With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.0150	Thickness (m)	0.1850
Bridged?	<input type="checkbox"/>	Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	157.1200
Layer 2		Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.492
Material	Cast Concrete (Dense)	Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.492
Thickness (m)	0.1500	U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.548
Bridged?	<input type="checkbox"/>	R-Value (m ² -K/W)	0.492
Innermost layer		U-Value (W/m²-K)	2.033
Material	Wood, soft, 100 mm, 4in (HF-B9)		
Thickness (m)	0.0200		
Bridged?	<input type="checkbox"/>		

Figura 37

Ventanas

Glazing Template	
Template	Single glazing, clear, no shading
External Windows	
Glazing type	Sgl Clr 6mm
Layout	Preferred height 1.5m, 30% glazed
Dimensions	
Frame and Dividers	
<input checked="" type="checkbox"/> Has a frame/dividers?	
Construction	Aluminium window frame (no break)
Reveal	
Inside reveal depth (m)	0.000
Inside sill depth (m)	0.000
Frame	
Frame width (m)	0.0400
Frame inside projection (m)	0.010
Frame outside projection (m)	0.010
Glass edge-centre conduction ratio	1.000
Dividers	
Type	1-Divided lite
Width (m)	0.0300
Horizontal dividers	0
Vertical dividers	1
Outside projection (m)	0.000
Inside projection (m)	0.000
Glass edge-centre conduction ratio	1.000
Shading	
Airflow Control Windows	
Operation	
Free Aperture	
Opening position	1-Top
% Glazing area opens	20.0
Discharge coefficient	0.6500

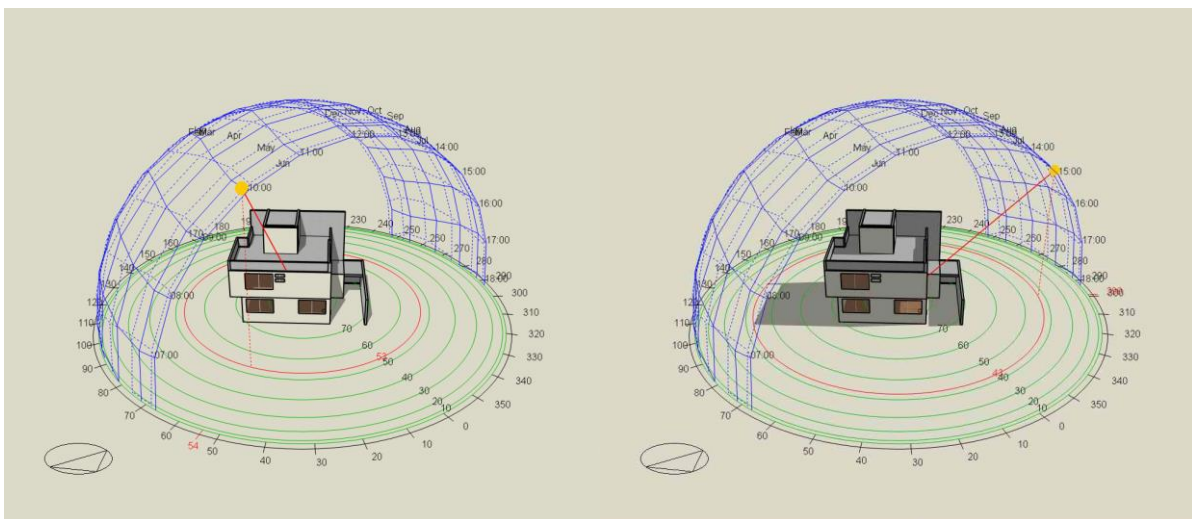
Resultados diagnóstico

Se ha realizado el levantamiento del estado actual en Design Builder, para generar un diagnóstico de la vivienda del caso de estudio. La simulación se ha configurado para obtener resultados en 2 semanas del año, invierno y verano, se ha considerado la semana más cálida, y la más fría tomando en cuenta que la delimitación climática en Ecuador no tiene temperaturas extremas en verano e invierno.

El análisis solar realizado en Design Builder nos indica que en veranos las fachadas que reciben la radiación de manera predominante son la lateral y posterior en horarios de la mañana y de la tarde respectivamente (figura 38).

Figura 38

Análisis solar en semana de verano



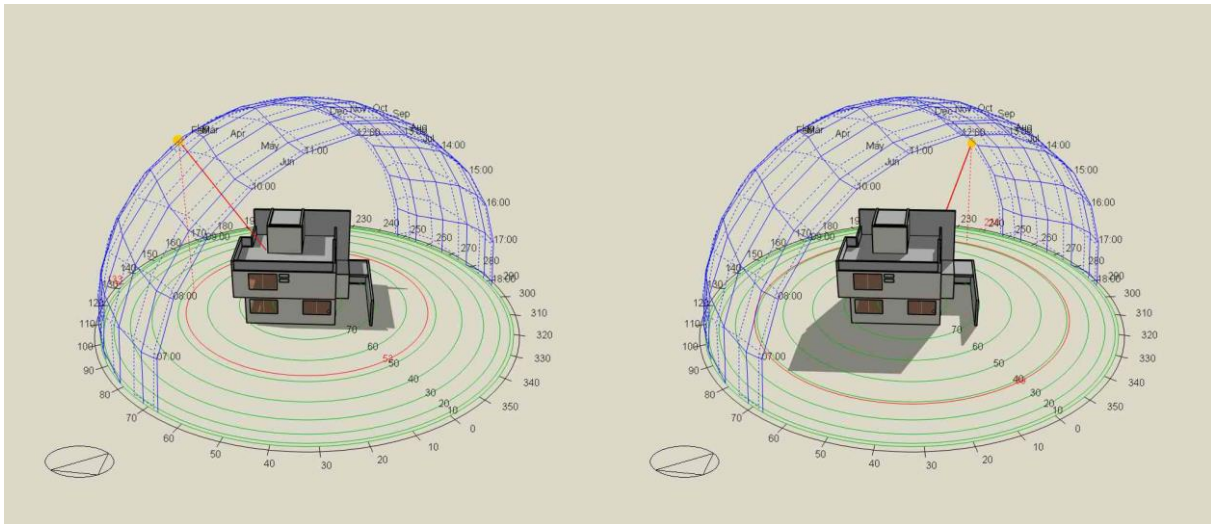
Nota: Imagen obtenida de Design Builder, en base al levantamiento realizado de la vivienda correspondiente al caso de estudio seleccionado.

Con respecto a la radiación en invierno (figura 39) se puede identificar que las fachadas que reciben la mayor radiación son: la fachada frontal en el horario de la mañana y la fachada

lateral adosada en la tarde, lo que implica que esta radiación no podrá ser aprovechada para el manejo del confort térmico interno de la vivienda.

Figura 39

Análisis solar en semana de invierno



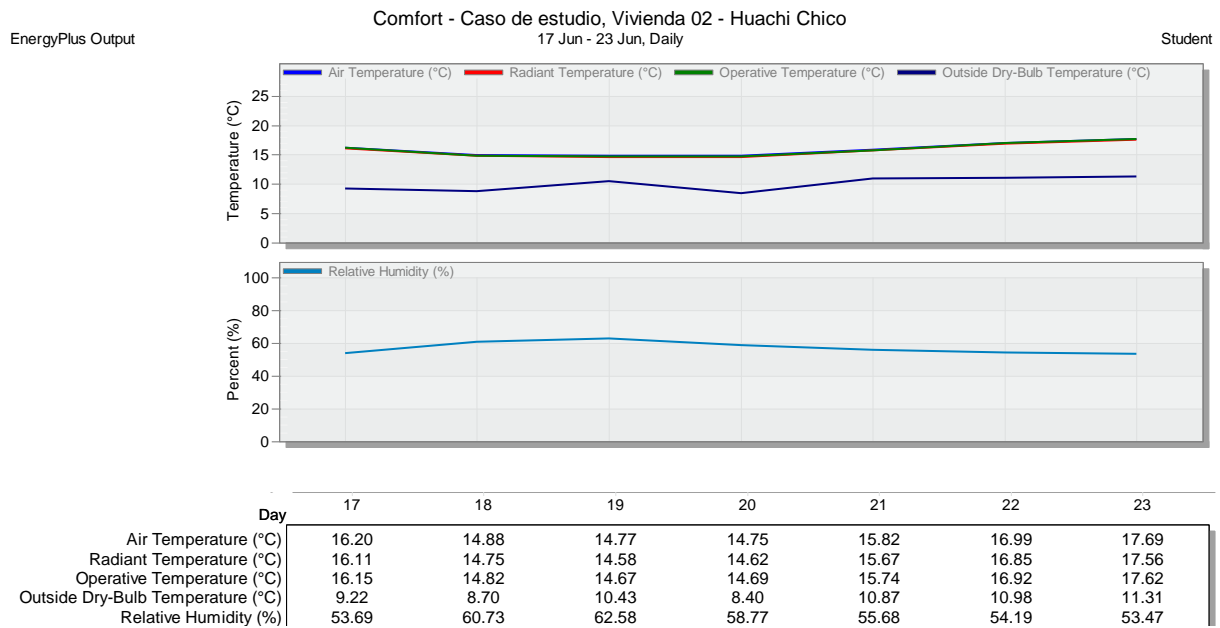
Nota: Imagen obtenida de Design Builder, en base al levantamiento realizado de la vivienda correspondiente al caso de estudio seleccionado.

En base al levantamiento de materiales y la configuración antes señalada se ha realizado la simulación en Design Builder, considerando que la temperatura establecida en la zona de confort térmico, se encuentra sobre los 18° Celsius.

En la figura 40, a continuación, se puede observar los valores promedio diarios de la temperatura. Considerando que la temperatura media mínima es de 14.75 °C y la temperatura media máxima es de 17.69 °C, se puede determinar que la vivienda no cumple con los parámetros necesarios para estar dentro del rango de confort térmico en esta semana considerada como invierno.

Figura 40

Resultado confort térmico en caso de estudio (Invierno)



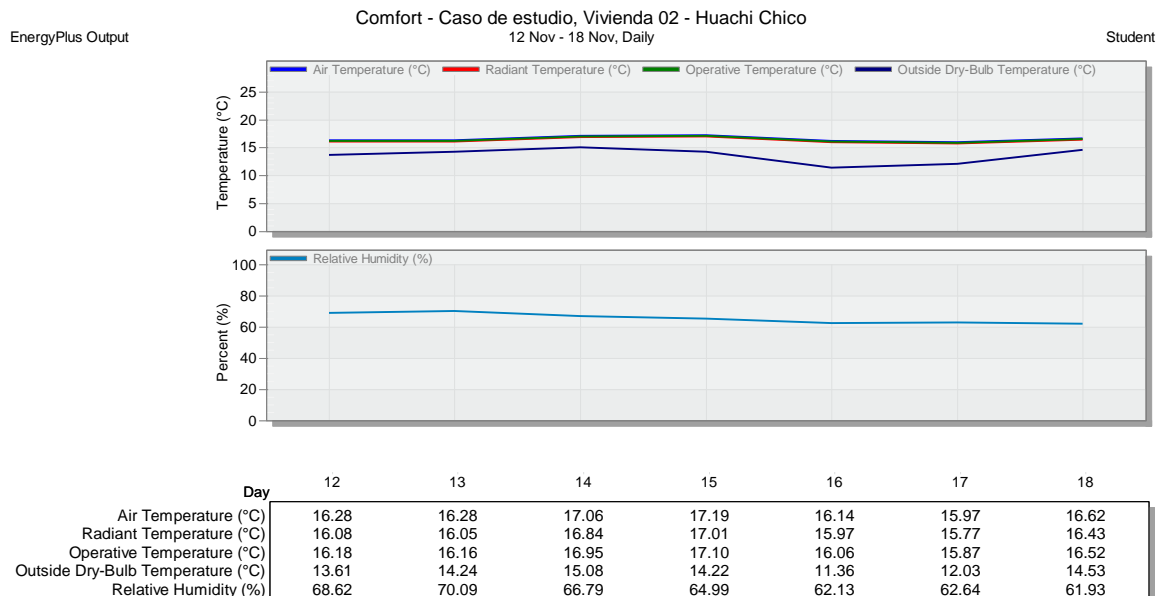
Nota: En la figura se puede observar los resultados de temperatura del aire, temperatura radiante, temperatura operativa, temperatura externa de bulbo seco y humedad relativa, parámetros que fueron analizados en la vivienda de estudio durante la semana más fría del año.

En la figura 41, a continuación, se puede observar los valores promedio diarios de la temperatura. Considerando que la temperatura media mínima es de 15.97 °C y la temperatura media máxima es de 17.06 °C, se puede determinar que la vivienda no cumple con los parámetros necesarios para estar dentro del rango de confort térmico en esta semana considerada como verano.

A diferencia de la semana de invierno, se puede observar que en los datos obtenidos en noviembre la temperatura, es relativamente más estable, al igual que los valores en general son más altos, sin embargo, la diferencia de temperatura aún no alcanza el confort térmico.

Figura 41

Resultado confort térmico en caso de estudio (Verano).



Nota: En la figura se puede observar los resultados de temperatura del aire, temperatura radiante, temperatura operativa, temperatura externa de bulbo seco y humedad relativa, parámetros que fueron analizados en la vivienda de estudio durante la semana más cálida del año.

Para lograr mejorar el confort térmico en la vivienda, se busca implementar estrategias de diseño pasivo. Estas estrategias al basarse en aprovechar las condiciones naturales del entorno sin depender de sistemas mecánicos complementarios pueden contribuir en crear espacios que satisfagan las necesidades térmicas de los usuarios y ser eficientes energéticamente y sostenibles.

Para determinar qué tipo de estrategias de diseño pasivo son aplicables, es necesario tomar en cuenta que el requerimiento principal es el que la temperatura de la vivienda suba. Para lograr este objetivo es necesario maximizar las ganancias internas de calor y por radiación solar y reducir las pérdidas. En este sentido la masa térmica juega un papel fundamental porque al utilizar un material de alta densidad en la mampostería se puede manejar la absorción,

almacenamiento y liberación de calor gradualmente, manteniendo temperaturas internas más estables.

El uso de mampostería de barro aparece como una solución que además de mejorar la masa térmica de la vivienda, es un material que cumple con criterios de sostenibilidad. El barro tiene la capacidad de absorber y expulsar la humedad por lo que mejora el confort interno de la vivienda. Puede absorber 50 veces más humedad que los ladrillos cocidos, por lo que se puede utilizar el barro como un regulador, que ayude a que la humedad se mantenga entre los 50% y 70% para mejorar la salud y calidad de vida de las personas (Minke, 1994).

La contaminación de la construcción disminuye, pues el transporte y elaboración con este material de construcción requiere el 1% de energía en comparación con materiales industrializados como el hormigón, bloques de cemento o ladrillo cocido. Una de las mayores ventajas de utilizar barro en la construcción es la reutilización de la materia prima. Puede ser triturado y humedecido con agua para poder ser utilizado nuevamente tanto en reparaciones como en nuevas construcciones. Esta característica permite que se reduzca también el gasto energético y económico en el manejo de desechos tipo escombros (Minke, 1994).

El uso del barro en combinación con la madera permite que esta última se mantenga seca porque el barro tiene un equilibrio bajo de humedad. Limitando el hábitat de hongos e insectos, pues estos se desarrollan en condiciones de humedad mayores al 14%, el barro se mantiene entre 0.4 a 6% de humedad (Minke, 1994).

En Ecuador, la mampostería de barro fue ampliamente utilizada, como se pudo analizar en capítulos anteriores, con el paso del tiempo la injerencia del barro en la construcción ha ido disminuyendo. Los materiales industrializados han propuesto un nuevo imaginario colectivo en

el cual, el material un proceso más elaborado es considerado como mejor. Muchos de los prejuicios hacia el barro pueden ser invalidados a partir de la información de fuentes confiables.

Para evaluar como la temperatura interna de la vivienda puede variar a partir de la implementación de la materialidad tradicional, en este caso la mampostería de tierra correspondiente a la sierra ecuatoriana, se ha realizado un análisis rápido en el cual, para el modelo de simulación se ha cambiado únicamente los valores correspondientes a la mampostería externa. Los valores correspondientes a ladrillo con un espesor de 0.12 m han sido reemplazados por mampostería en tierra de 0.20 m y 0.30 m de espesor.

Se puede observar en las figuras a continuación los resultados del cambio de la materialidad, la respuesta térmica de la tierra en mampostería provoca un cambio de temperatura que en ciertos días puede aumentar o disminuir dependiendo de la temperatura externa.

Figura 42

Resultado confort térmico en caso de estudio (invierno), mampostería de tierra e:20 cm.

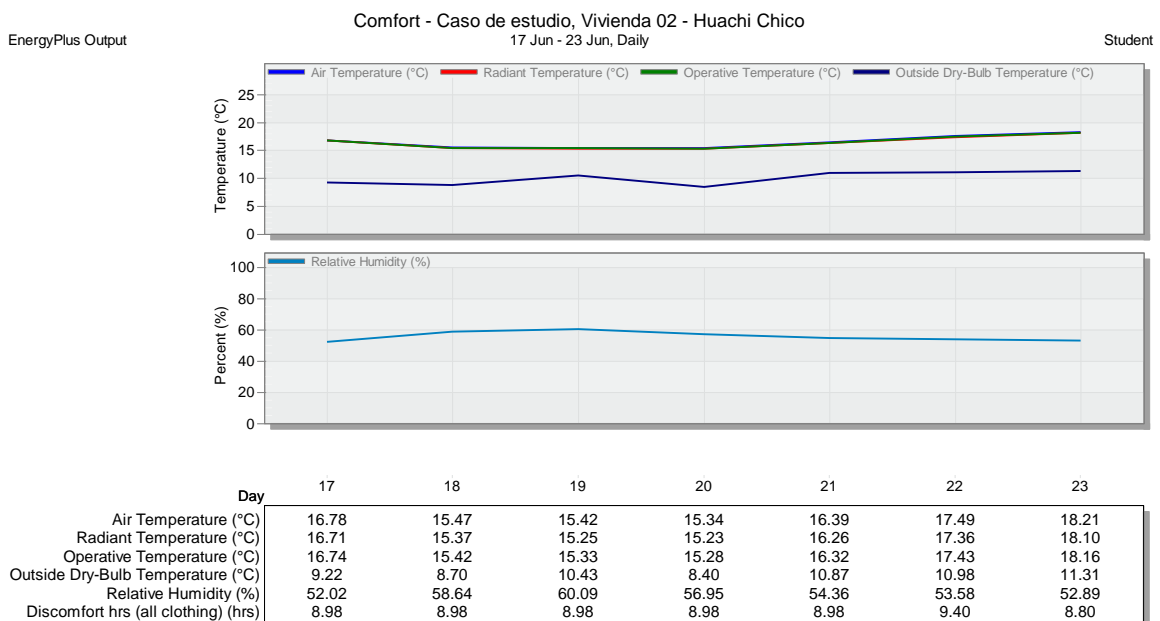


Figura 43

Resultado confort térmico en caso de estudio (verano), mampostería de tierra e:20 cm

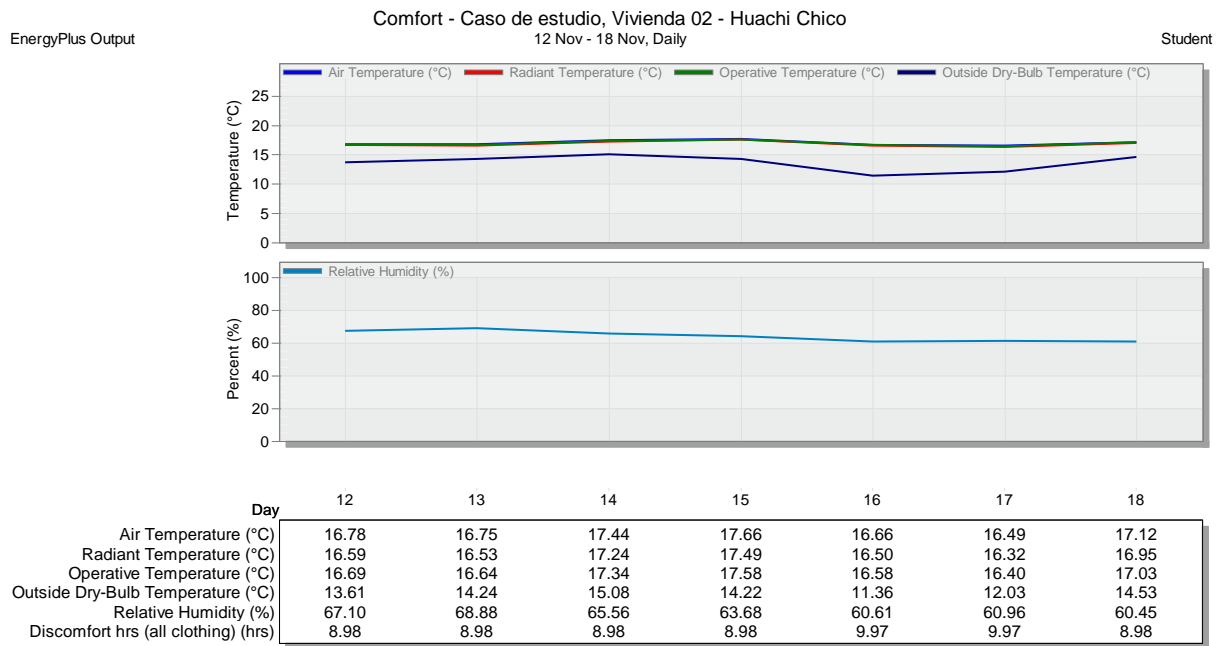


Figura 44

Resultado confort térmico en caso de estudio (invierno), mampostería de tierra e:30 cm

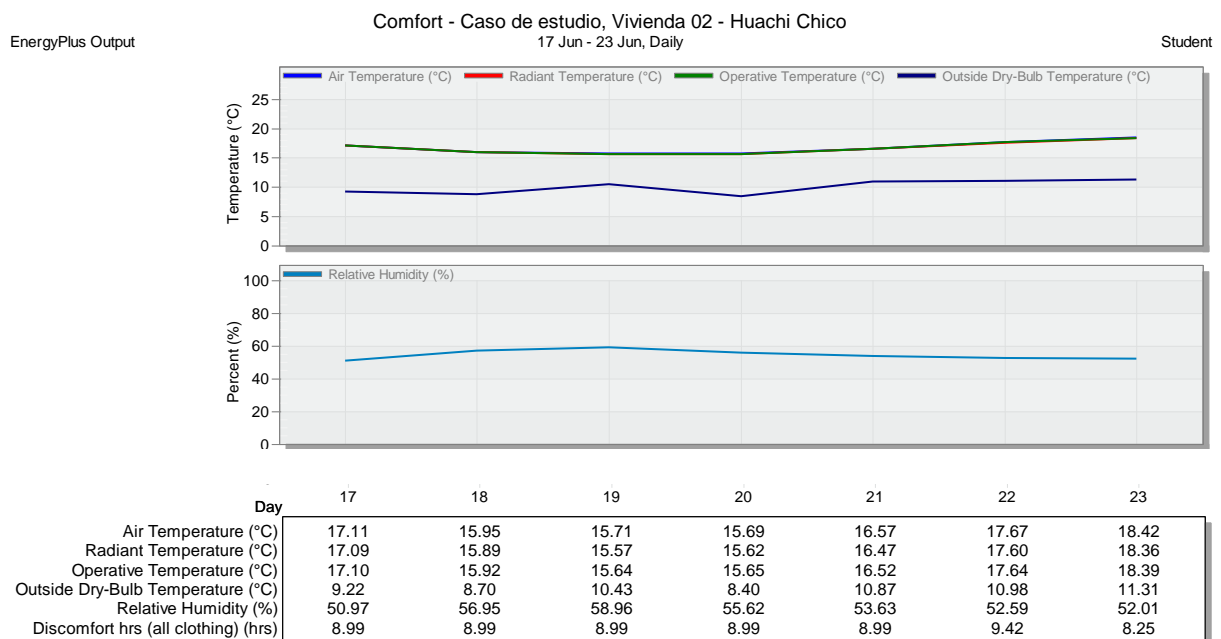
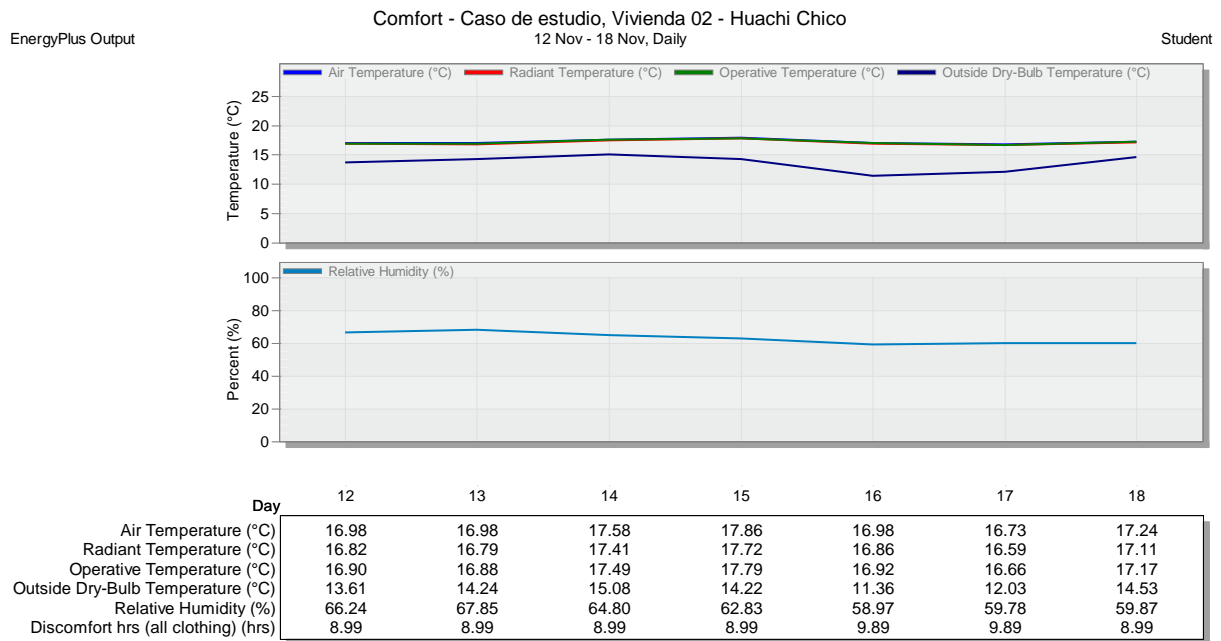


Figura 45

Resultado confort térmico en caso de estudio (verano), mampostería de tierra e:30 cm



Los resultados de las simulaciones preliminares brindan información clara respecto al comportamiento térmico de los materiales, la mampostería al ser reemplazada por tierra, dependiendo del espesor, aumenta la temperatura del aire en la vivienda.

Figura 46

Incidencia de la materialidad en la temperatura de la vivienda (invierno)

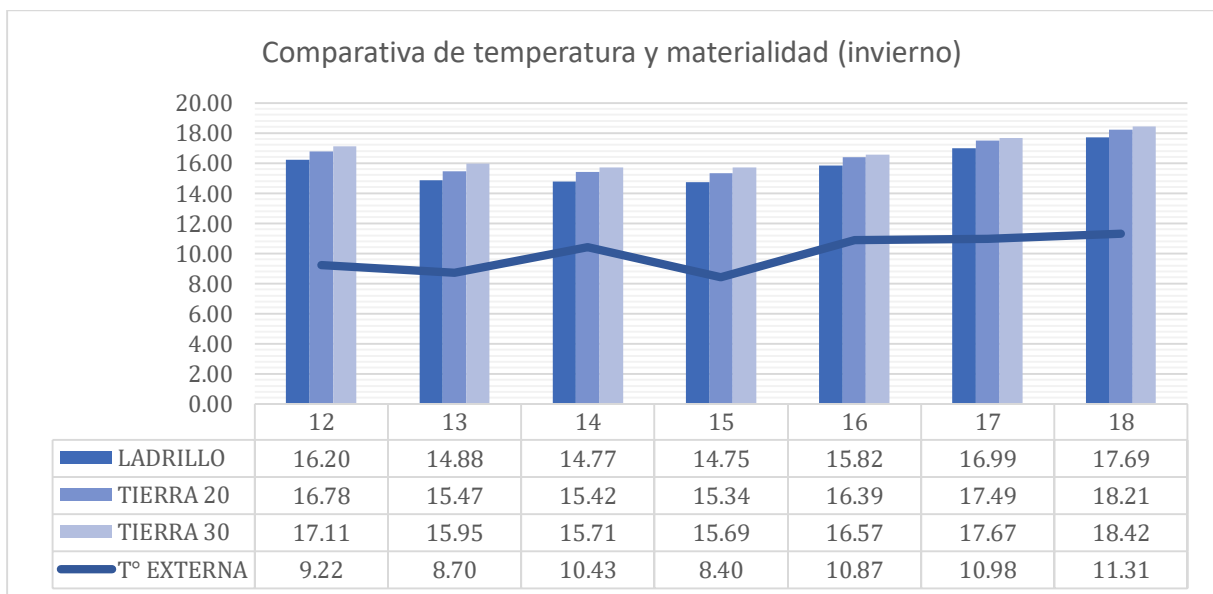
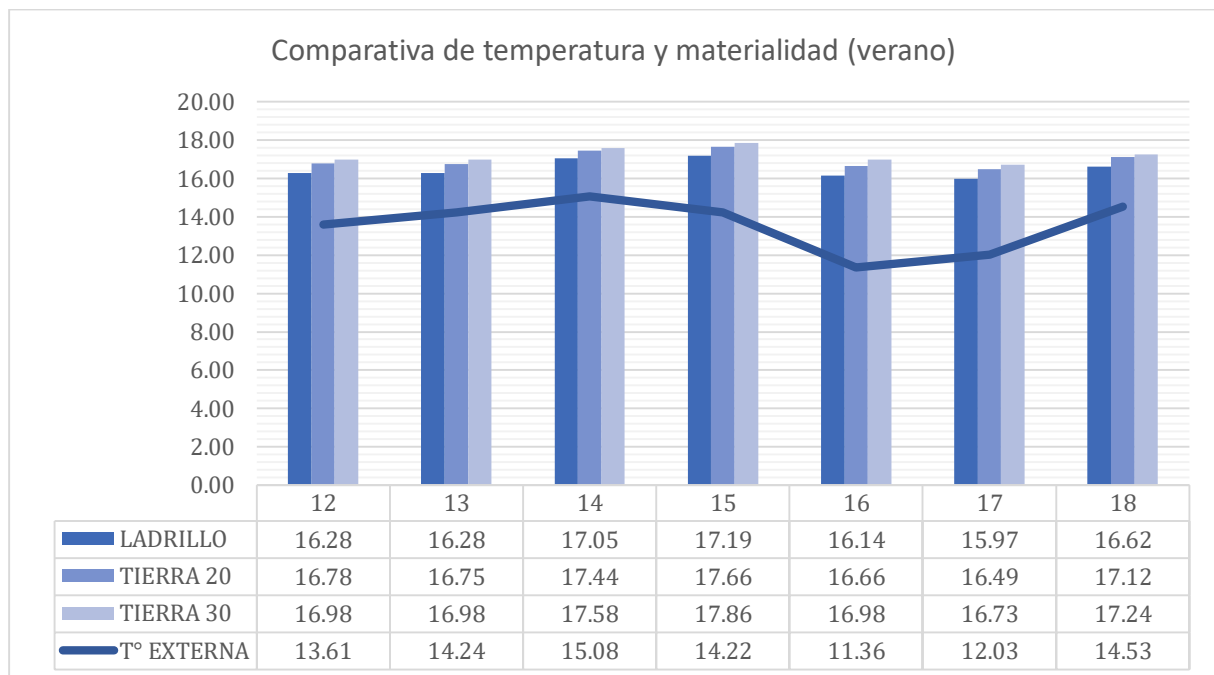


Figura 47

Incidencia de la materialidad en la temperatura de la vivienda (verano)



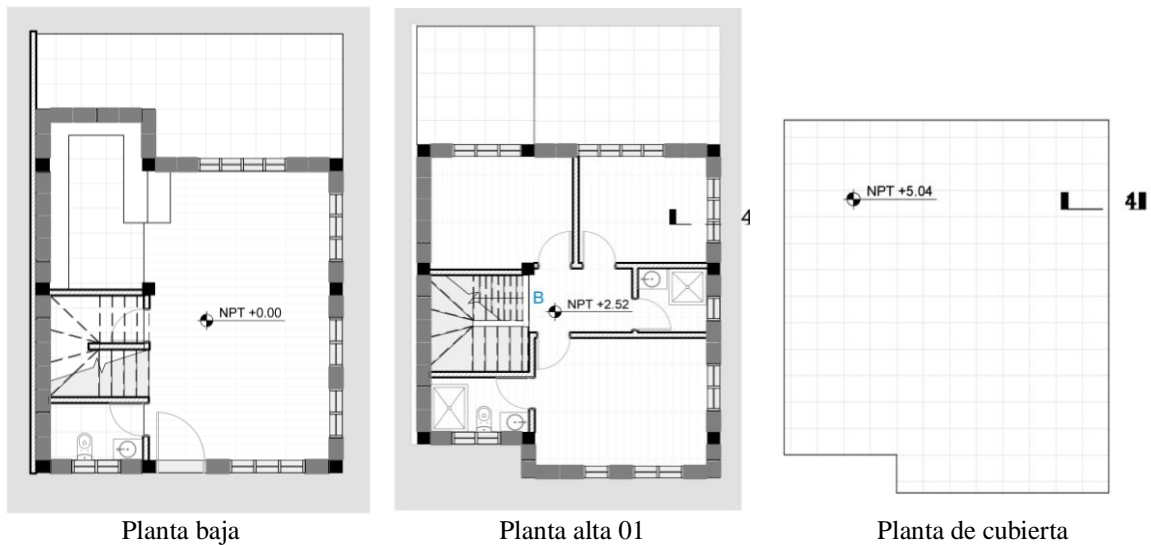
Propuesta OE3

Propuesta arquitectónica

La propuesta se basa en la implementación de la materialidad de mampostería de tierra. De acuerdo al análisis previamente realizado el ancho de pared requerido para generar un cambio de temperatura se establece en los 30 cm. La mampostería de barro puede ser utilizada a través del uso de diferentes técnicas y sistema constructivos, debido a la morfología de la vivienda existente para este caso de estudio, se propone el uso de paneles prefabricados con un armado tipo bahareque, los cuales confinan la tierra en un marco de madera. El marco puede o no ser estructural.

Figura 48

Propuesta arquitectónica con mampostería tradicional



Nota: En la figura se observa los planos correspondientes a la propuesta realizada para incorporar el uso de mampostería con materialidades tradicionales, en este caso se lo realiza con tierra cruda.

Configuración del software

Para el análisis de la propuesta final en Design Builder se ha adaptado la vivienda al sistema constructivo planteado. Los valores de mampostería exterior han sido reemplazados por los de barro crudo. La mampostería exterior se ha configurado de la siguiente manera:

Figura 49

Mampostería exterior

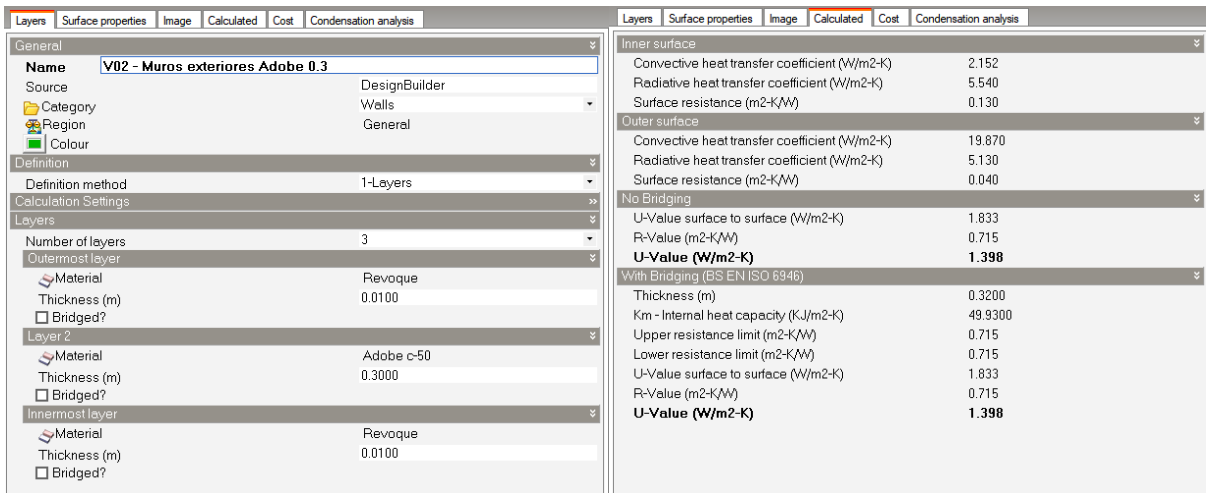
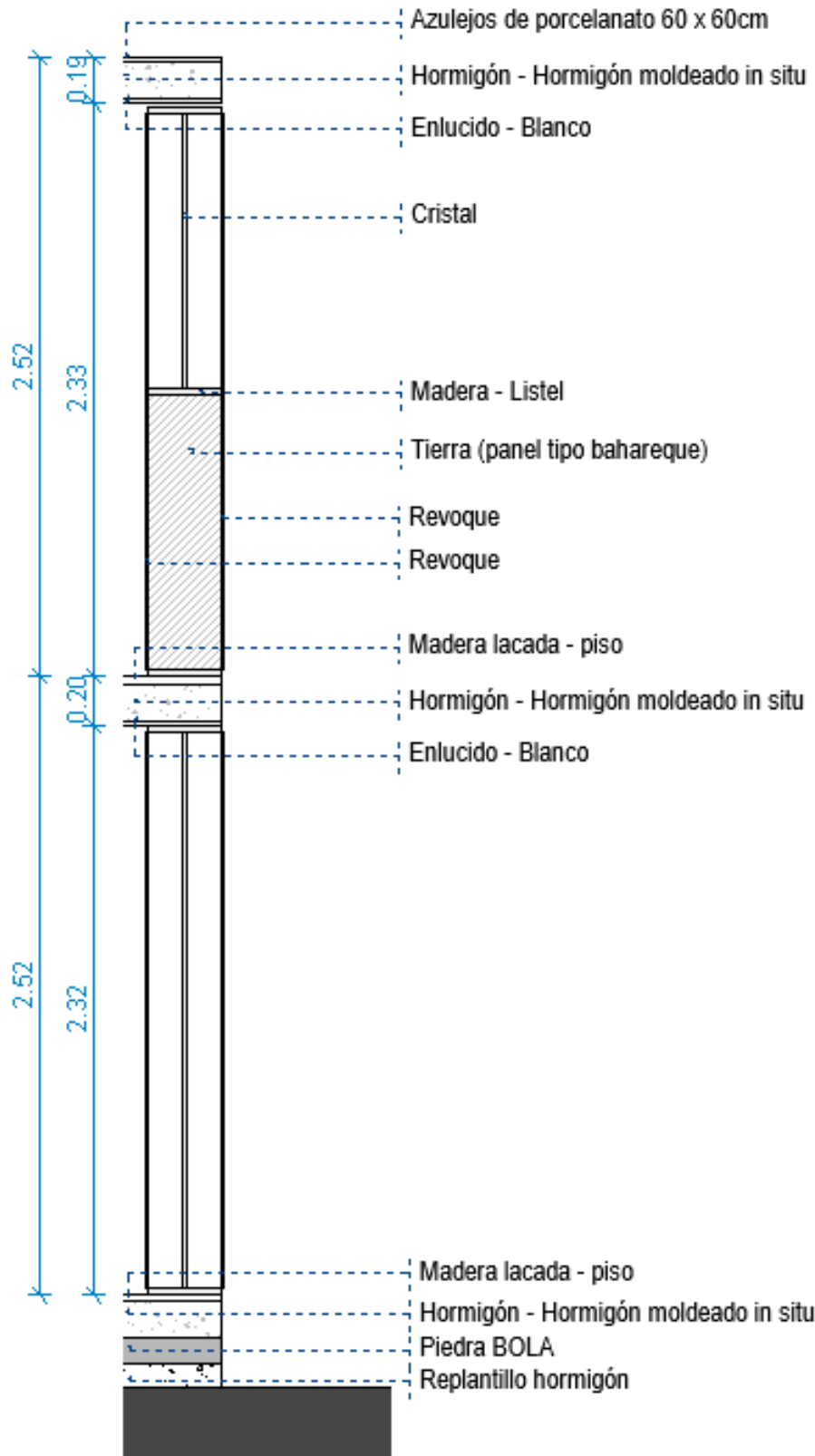


Figura 50

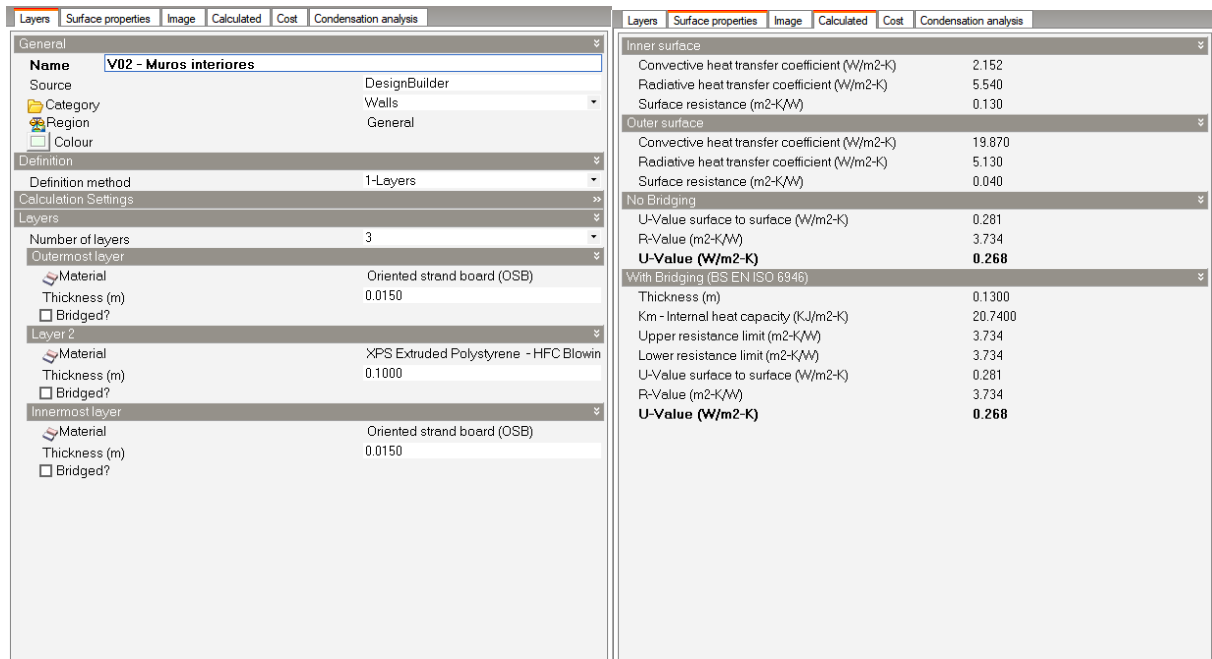
Detalle escantillón de propuesta de mampostería.



En la figura 51, se detalla la configuración de la mampostería interior. La materialidad está compuesta por una capa intermedia de poliestireno expandido la cual se encuentra revestida a cada lado con una capa de Plywood con un espesor de 15 mm .

Figura 51

Mampostería interior propuesta



Nota: En la figura se observa los datos de configuración del software de simulación para la mampostería interior de la vivienda

Los han sido modificados implementando un sistema constructivo de paneles, a partir de recubrimientos de madera con un interior de poli estireno expandido. La simulación de propuesta maneja la misma estructura existente de la vivienda considerando que se genera un nuevo escenario constructivo con el fin de comparar la mampostería actual de la vivienda, con una adaptación en mampostería de barro.

Figura 52

Resultado confort térmico propuesta (invierno)

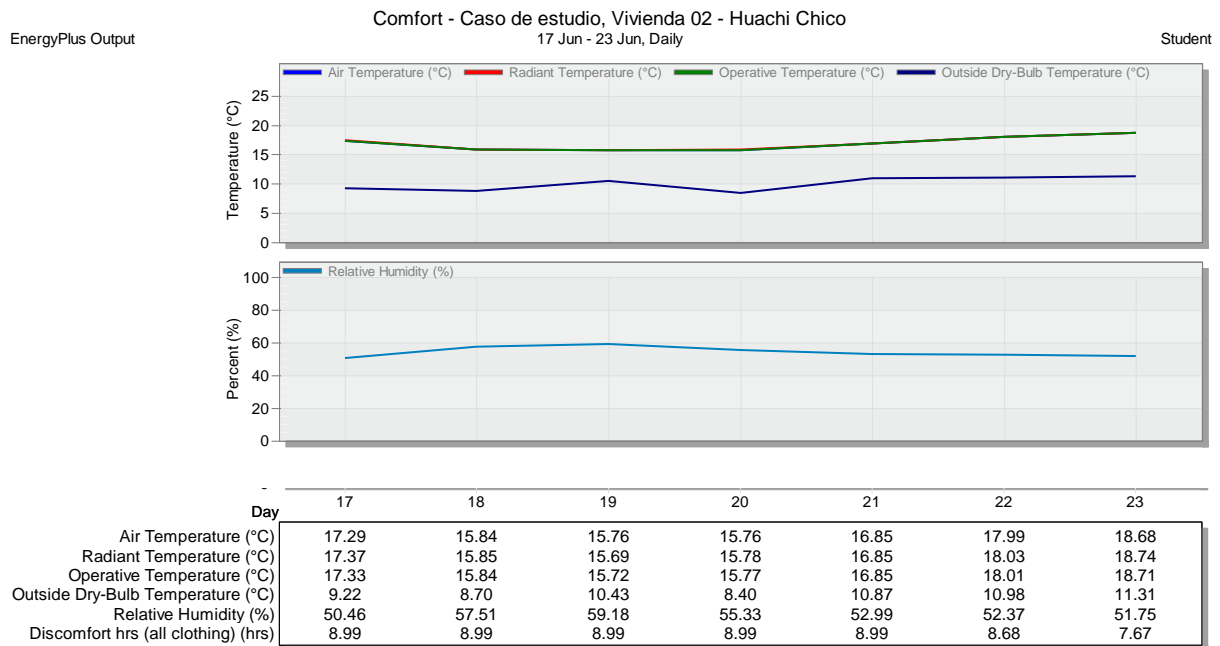
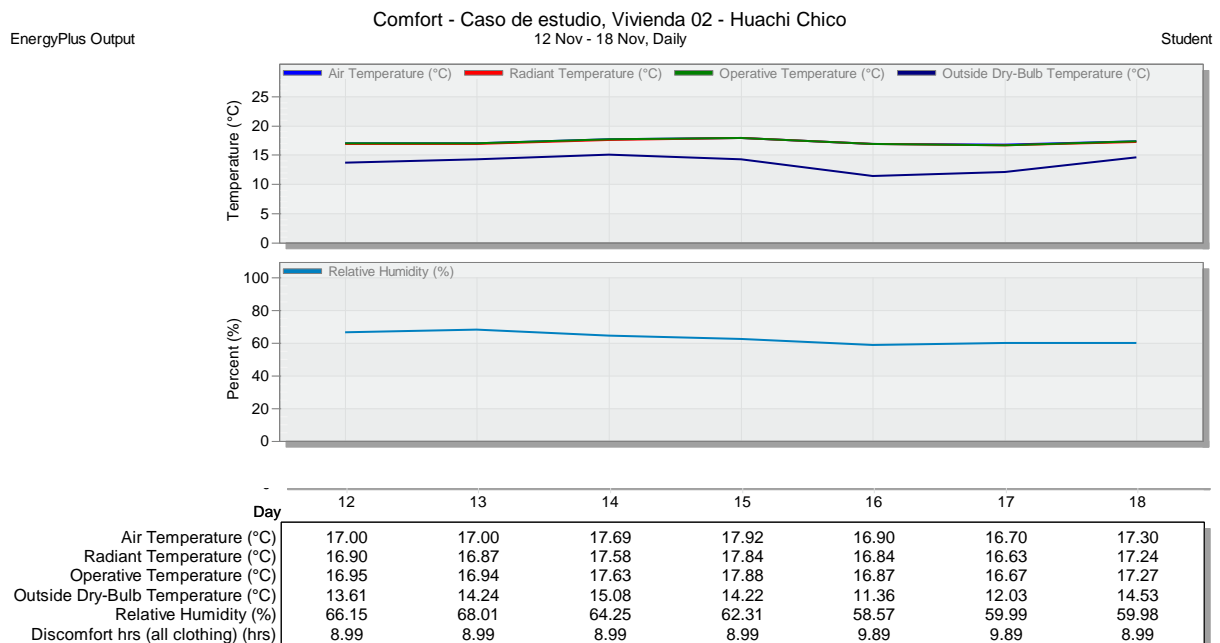


Figura 53

Resultado confort térmico propuesta (verano)



Comparativa estado actual y propuesta

A través de un análisis comparativo, se ha demostrado en las figuras 53 y 54 como de manera concluyente la incorporación de materialidad tradicional (tierra) en mampostería tiene un impacto significativo en la mejora del confort térmico en más de un grado en comparación con enfoques constructivos convencionales.

Las simulaciones en el software Design Builder revelaron que las propiedades térmicas de los materiales tradicionales de mampostería conducen a una mayor inercia térmica y una capacidad de regulación térmica más efectiva en comparación con las alternativas modernas (ladrillo). Esta mayor inercia térmica permite una absorción y liberación gradual de calor, suavizando las fluctuaciones de temperatura en el interior de las viviendas a lo largo del día y reduciendo la necesidad de calefacción o refrigeración constante por lo que el promedio al día de temperatura sube en relación a estado actual.

Figura 54

Comparativa estado actual y propuesta. Implementación mampostería de tierra (invierno)

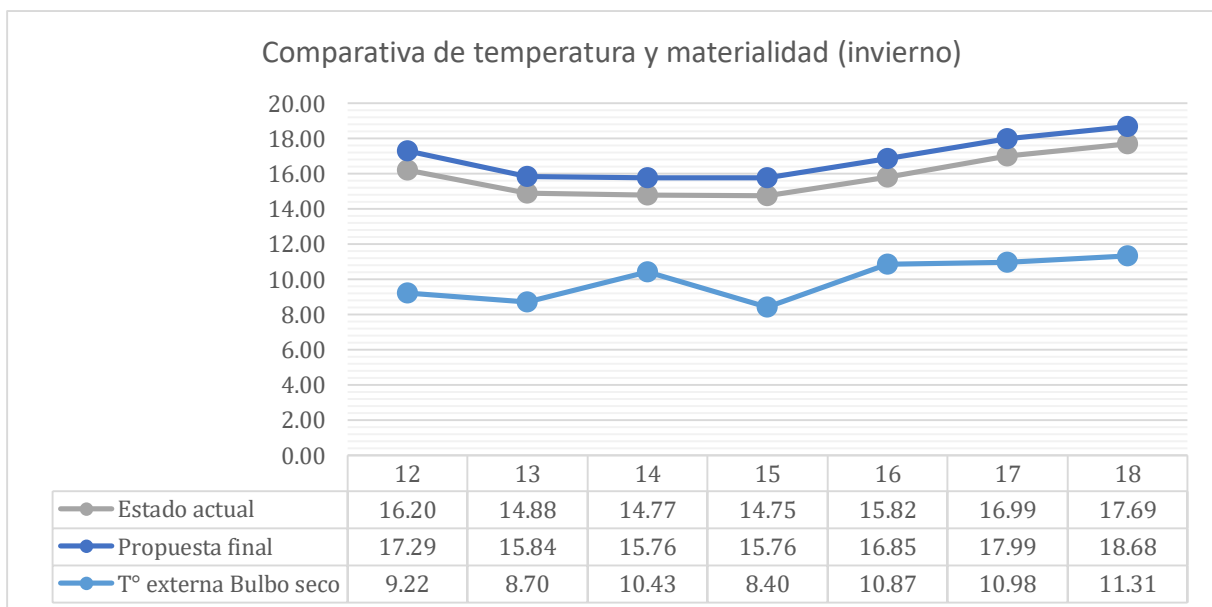
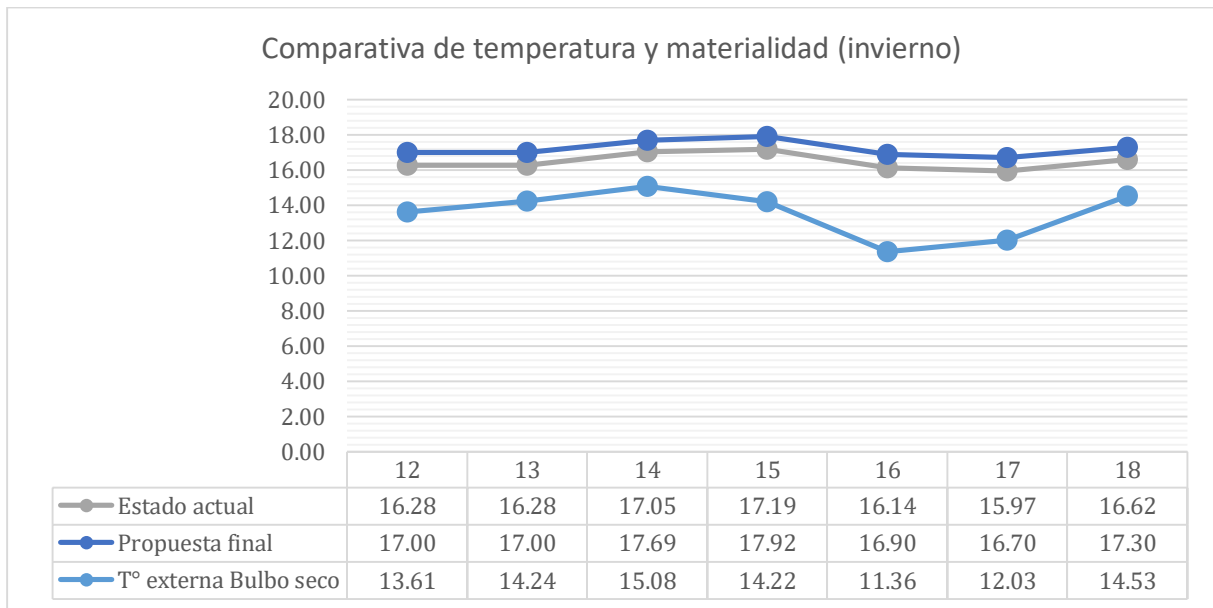


Figura 55

Comparativa estado actual y propuesta. Implementación mampostería de tierra (verano)



En contraste, los enfoques constructivos convencionales con materiales modernos el ladrillo evaluado en la fase de diagnóstico, demuestran una menor capacidad para retener y regular el calor. Por lo tanto, los materiales muestran una respuesta térmica más rápida y menos eficiente, lo que resulta en un menor confort térmico.

El análisis comparativo también destacó la importancia de considerar factores como la orientación, la disposición de ventanas y la relación entre masa térmica y superficie de las paredes. En consecuencia, se respalda la noción de que la materialidad tradicional en mampostería tiene el potencial de mejorar el confort térmico en más de un grado en comparación con las soluciones constructivas contemporáneas. Estos hallazgos no solo refuerzan la importancia de rescatar y aplicar conocimientos ancestrales en el diseño moderno de viviendas, sino que también proporcionan una base sólida para la promoción de estrategias de construcción más sostenibles y habitables desde el punto de vista térmico en la ciudad de Ambato.

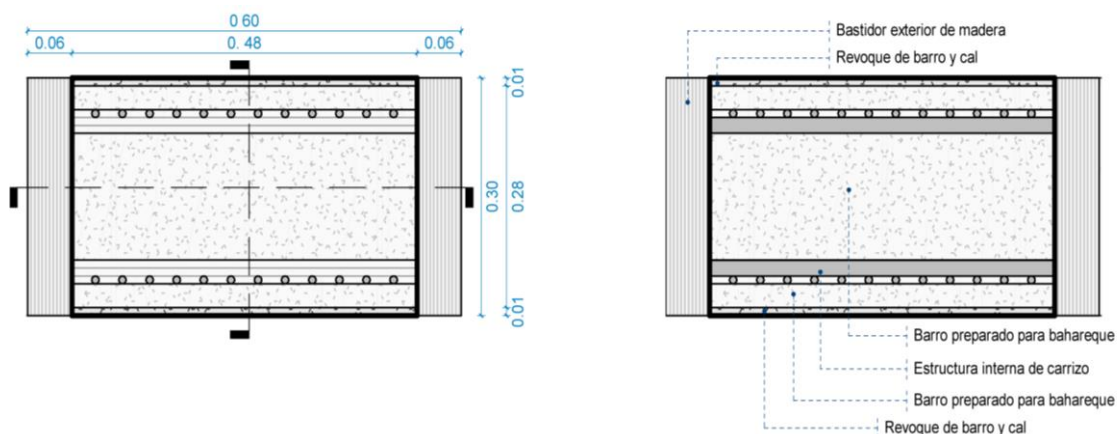
Detalle de la propuesta arquitectónica

Para la resolución constructiva de la propuesta arquitectónica se ha tomado en cuenta que el grosor de la pared debe ser de 30 cm, se plantea utilizar el sistema constructivo de bahareque basado en el manual de construcción con tierra de Minke. Para facilitar la construcción se propone generar elementos prefabricados a partir de un bastidor como elemento modulador. Debido a las necesidades se diseñó tres módulos. El primer módulo es sólido gracias al barro, el segundo es visualmente permeable gracias al vidrio y el tercero es un módulo mixto. Se ubicaron en el diseño de la propuesta a partir del análisis de asoleamiento para maximizar el ingreso de radiación solar directa en la vivienda.

El módulo 01 corresponde a un elemento sólido, en el cual, únicamente se encuentra la mampostería de bahareque. A continuación, en la figura 56 se detalla, tanto las medidas como la materialidad. El módulo se ha determinado con un ancho de 60 cm y un espesor de 30 cm. En el medio de ha colocado una estructura de carrizo que permite rigidizar la estructura y dar soporte a la tierra que se confina en medio para construir los muros.

Figura 56

Vista en planta del módulo 01

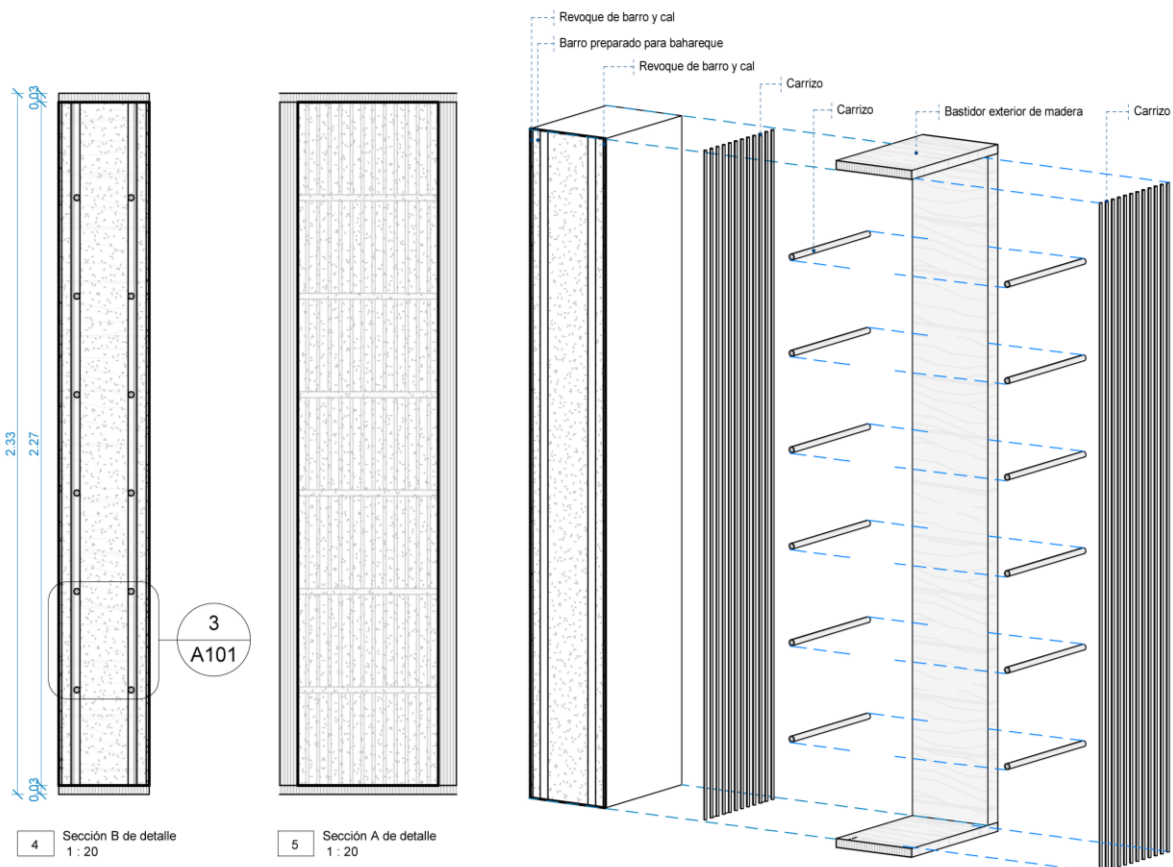


Nota: En la imagen de la izquierda se detalla las medidas del módulo, en la imagen de la derecha se describe la materialidad utilizada.

Para el sistema propuesto, se requiere una malla hacia los extremos, como se describe en la figura 57. La malla puede ser conformada con carrizo o madera rolliza de diámetro aproximado de 2 cm. Para la preparación del barro, es necesario complementar con alivianamiento de paja o fibras que pueden ser naturales o sintéticas, este barro puede ser lanzado o compactado en la malla. Un Factor importante a tomar en cuenta es que el barro alivianado debe tener una densidad mayor a 600 kg/m^3 , para evitar que insectos puedan alojarse en las paredes y también evitar que la paja atraviese un proceso de pudrición debido a la alta exposición la humedad.

Figura 57

Vistas de sección y 3D de conformación del módulo 01

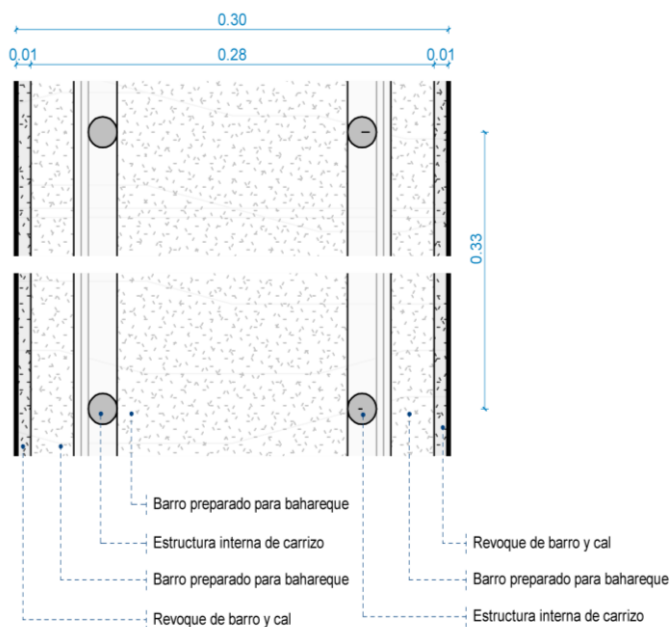


Nota: Primera figura corresponde a una sección transversal, segunda figura corresponde a una sección longitudinal del módulo, Vista explotada de conformación del módulo.

En la figura 58 que se encuentra a continuación, se detalla en una sección transversal como el muro debe estar conformado. Los elementos horizontales tienen un espaciamiento de aproximadamente 33 cm. Este distanciamiento permite que la pared sea más sólida y que el barro se mantenga confinado gracias a las estructuras que se forman a los lados. Hacia los lados exteriores de cada malla de carrizo se requiere un recubrimiento de mínimo 2 cm de espesor con el mismo barro para poder consolidar el muro.

Figura 58

Detalle sección transversal



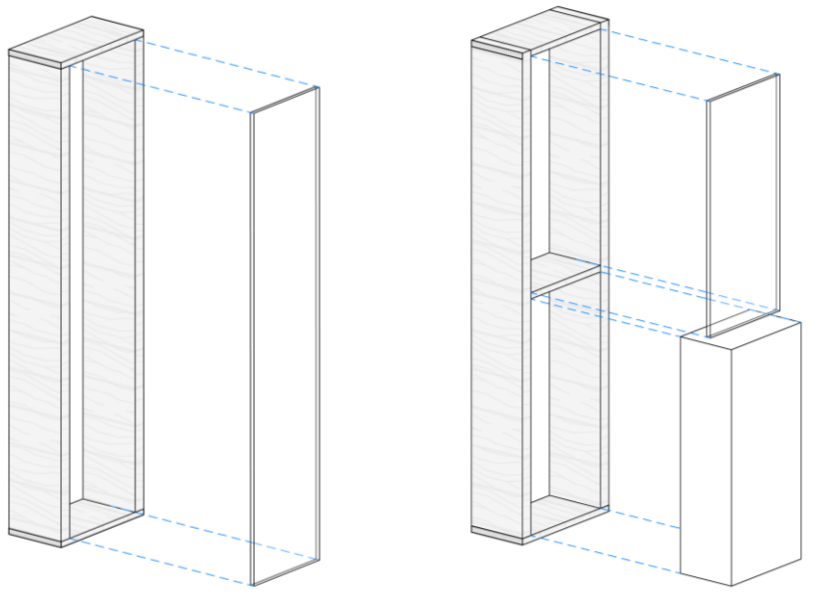
Nota: Detalle corresponde a una sección transversal de muro, identificada en la figura 57 como 3 – A101.

El módulo 02 se basa en el mismo marco de bastidor, pero a diferencia del primer módulo, este bastidor comprende una hoja sólida de vidrio, en la Figura 59, se observa como está conformado el bastidor.

El módulo 03 (figura 59), es un módulo mixto, combina la transparencia del vidrio en la parte superior y lo sólido de barro en la parte inferior. Este elemento puede funcionar para áreas de servicio como por ejemplo baños y bodegas.

Figura 59

Módulos 02, Bastidor transparente y Módulo 03, Bastidor mixto



La mampostería de barro requiere una capa de revestimiento para evitar el desgaste y poder ser conservado de mejor manera. El barro no puede ser cubierto con un material impermeable o sólido ya que requiere cierta permeabilidad para evitar la condensación en la pared, por lo cual se plantea un revoque de barro y cal en una proporción de 7 a 3 respectivamente. Es elaborado con barro, que en su composición de tierra tenga una granulometría más fina en comparación al barro de la mampostería. Este revoque brinda la protección ante agentes climáticos manteniendo una semi permeabilidad.

Un factor importante para garantizar la calidad de la mampostería es que es necesario mantener la integridad del revoque, en este sentido en caso de presentarse fisuras debe ser reemplazado, una ventaja es que no es necesario quitar todo el revoque, sino intervenir únicamente el área afectada, por lo que puede ser reemplazado fácilmente. Otra ventaja es que, en términos de diseño y estética, el revoque puede tomar distintas coloraciones al realizar mezclas con diferentes tipos de tierra o pigmentos.

Figura 60

Imagen de referencia de la propuesta en 3D

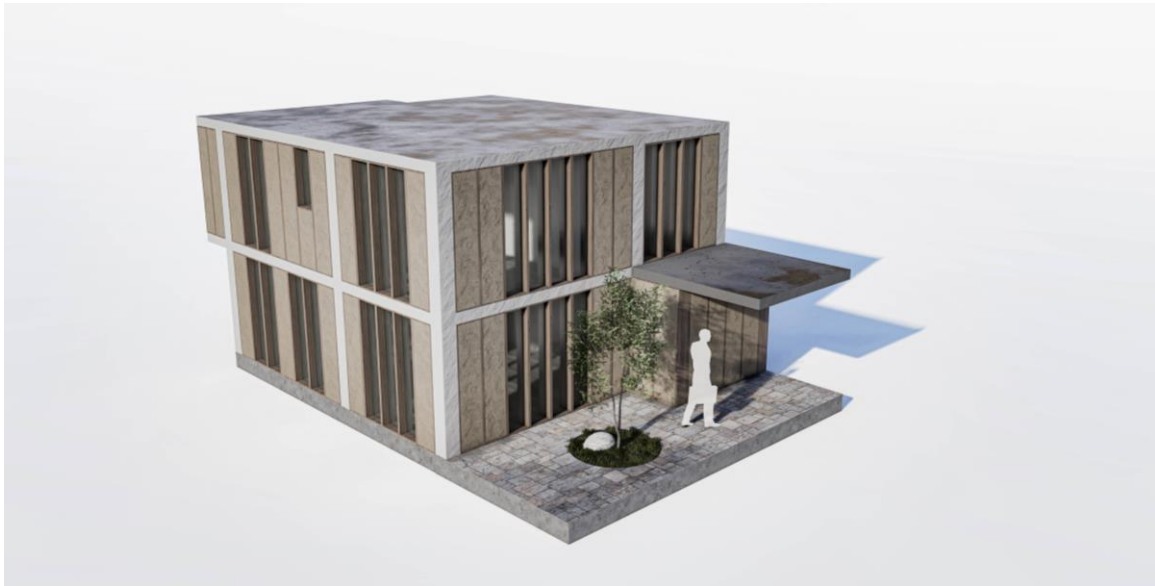
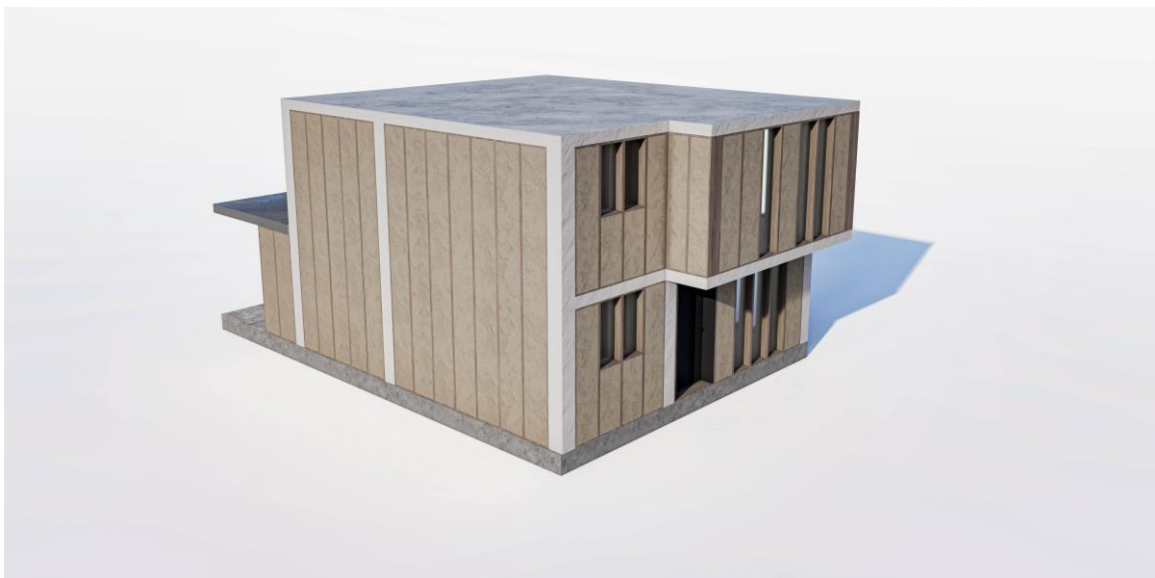


Figura 61

Imagen de referencia de la propuesta en 3D



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

En esta investigación, a través del análisis exhaustivo de documentación conceptual, técnica y normativa, se establecieron lineamientos y parámetros cruciales para abordar el análisis del confort térmico, se definió el modelo de confort adaptativo que requiere la investigación y se aseguró que los datos necesarios para realizar la simulación en Design Builder se encuentren normados y estén identificados claramente.

La identificación detallada de las materialidades de mampostería utilizadas en las viviendas de Ambato permitió una comprensión profunda de sus características térmicas únicas. Este análisis es fundamental para la selección de materiales apropiados que pueden contribuir significativamente a mejorar el confort térmico en la construcción de viviendas contemporáneas. Al conocer las propiedades térmicas de estos materiales tradicionales, y como se los puede aplicar se abre la puerta a un diseño más consciente y a la optimización de los recursos disponibles.

Las estrategias de mejora en mampostería propuestas en esta investigación representan una contribución valiosa al diseño de viviendas en Ambato con un enfoque en el confort térmico. Integrar estas estrategias en el diseño arquitectónico puede marcar una diferencia significativa en la experiencia habitable de las viviendas. La utilización de software de simulación, como Design Builder, proporcionó un marco de evaluación preciso y confiable para medir el impacto de las mejoras propuestas. Esta metodología demostró su eficacia para prever el rendimiento térmico de los diseños y refuerza la viabilidad de implementar las estrategias planteadas.

Los resultados obtenidos a través de las simulaciones en el software Design Builder reflejaron un impacto en la mejora del confort térmico de las viviendas. La implementación de esta materialidad en la simulación demuestra ser una estrategia efectiva para optimizar la eficiencia térmica de los diseños de viviendas contemporáneas.

La respuesta térmica positiva que se observa en las simulaciones valida la viabilidad y pertinencia al momento de incorporar materiales tradicionales de mampostería en la construcción moderna. Este hallazgo no solo confirma la importancia de rescatar y adaptar saberes ancestrales al contexto actual, sino que también abre nuevas puertas hacia la creación de entornos habitables más sostenibles y confortables. La materialidad tradicional, en este caso, el bahareque, en combinación con herramientas de simulación, surge como un recurso valioso en la búsqueda de soluciones para los desafíos contemporáneos de diseño y construcción.

REFERENCIAS

- Arrieta, G. (s.f.). Valoraciones subjetivas y condiciones objetivas de confort térmico en viviendas. *Arquitecto*. doi:<http://dx.doi.org/10.30972/arq.0164553>
- Arrieta, G., & Maristany, A. R. (2018). Cambiando los paradigmas: revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60' hasta la actualidad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22, 01.01 - 01.12. doi:ISSN 2314-1433
- ASHRAE. (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy - ASHRAE Standar* 55.
- Calderon Uribe, F. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en bosa, Bogotá. *Revista hábitat sustentable*. doi:<http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.03>
- Carbonell Hibito, S. L. (2022). Estudio de la vivienda convencional de la conurbación de Guayaquil (Ecuador) y su rehabilitación energética. (*Tesis de maestría*). Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. Recuperado el 01 de 2023
- Chavez del Valle, F. J. (2002). Zona Variable de Confort Térmico. (*Tesis doctoral*). Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña.
- CIBSE. (1999). *Environmental design. CIBSE Guide A*. Londres, Gran Bretaña.
- Espinosa Cancino, C. F., & Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higo-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI*, 30(85). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582015000300008>

- Fuentes Freixanet, V. (2013). *Arquitectura Bioclimática*. Recuperado el Junio de 2023
- Guadarrama, C., & Bronfman, D. (2015). Sobre luz natural en la arquitectura. *Bitácora arquitectura*(N° 29), 76-83.
doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2015.29.56260>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta edición ed.). (M. Rocha, Ed.) México, México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. doi:ISBN: 978-607-15-0291-9
- Holguino Huarza, A., Olivera Marocho, L., & Escobar Copa, K. U. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3).
doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- INAHMI. (s.f.).
- INEC. (2010). TUNGURAHUA, ECUADOR.
- INPC. (s.f.). *Instituto Nacional de Patrimonio Cultural*. Recuperado el 16 de 04 de 2018, de <http://sipce.patrimoniocultural.gob.ec:8080/IBPWeb/paginas/busquedaBienes/arbolResultNivel1.jsf>
- Lizmová, N. (2007). Análisis de mapas como un método de investigación de fenómenos naturales y socioeconómicos. *Lunazul*, 24, 74-80. Recuperado el 2023
- Mazzocco, M., Filippín, C., Sulaiman, H., & Flores Larsen, S. (2018). Performance energética de una vivienda social en Argentina y su rehabilitación basada en simulación térmica. *Ambiente Construido*, 18, 215-235. doi:<https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400302>

- Molina-Fuertes, J., Horn-Mutschler, M., & Gómez-León, M. (2020). Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda alto andina para lograr el confort térmico con energía solar. *Tecnia*, 30(1). doi:<http://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.841>
- Narvaéz, M., & Villegas, L. (2023). *Introducción a la investigación: Guía interactiva, Universidad Veracruzana*. Obtenido de Universidad Veracruzana: <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
- NEC. (2018). *Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales*. (M. d. Vivienda, Ed.)
- PD y OT Ambato 2020. (2008). *Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020*. Ambato.
- Real Academia Española. (2021). *Cultura. Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <https://dle.rae.es/>
- Recuero, M. (1992). *Acústica Arquitectónica*. Editorial Paraninfo.
- Rendón Blacio, R. (2016). *Desarrollo Urbano Sustentable ¿Una utopía posible?* (Primera ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: Trama Ediciones. doi:ISBN 978-9978-369-76-0
- Reus Netto, G. (Diciembre de 2019). Metodología de cálculo simplificado para el consumo energético en acondicionamiento de edificios residenciales en clima templado. Universidad Nacional de La Plata. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/79339>
- Rivas, P. S. (2017). Confort térmico en viviendas vernáculas, técnica de construcción de bahareque en azogues - ecuador. *(Tesis de maestría)*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Recuperado el 16 de 11 de 2022

Sendra, J., & Navarro, J. (Marzo de 1991). El acondicionamiento ambiental y la conservación del patrimonio arquitectónico. *Revista de Edificación*(Nº 9), 49-51.

Serrano Arellano, J., Trejo-Torres, Z., & Aguilar-Castro, K. (2017). Simulación energética de la sala en una vivienda social con muro trombe para evaluar el confort térmico. *Investigación y Desarrollo*. Retrieved from https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol3num9/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V3_N9.pdf#page=38

Soto-Estrada, E., Álvarez-Carrascal, F., Gómez-Lizarazo, J., & Valencia-Montoya, D. (2019). Confort térmico en viviendas de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35). doi:<https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a4>

Viqueiro, M. (2008). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México: Editorial Limusa S.A de C.V. Recuperado el 05 de 2023

Vivanco, D. L. (2021). Análisis higrotérmico de las tipologías de viviendas contemporáneas de la parroquia de san pedro de la bendita, cantón Catamayo, provincia de Loja/ Ecuador, mediante el software de Design Builder. (*Tesis de maestría*). Universitat Politècnica de Valencia, España. Recuperado el 11 de Junio de 2023

Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales. (2018, 5 septiembre). Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y la Agenda 2030. <https://www.greenglobe.es/los-objetivos-desarrollo-sostenible-ods-la-agenda-2030/>

INAMHI. (2020). Red de Estaciones Automáticas | INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>

The New Urban Agenda. (1976). Habitat III. <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda>

CIC CONSTRUCCIÓN. (2020, 10 junio). Los arquitectos proponen una reflexión sobre la vivienda, a partir del confinamiento, con su encuesta «Pensar en Habitar». Revista CIC - Centro Informativo de la Construcción. <https://www.cicconstruccion.com/texto-diario/mostrar/2742488/arquitectos-proponen-reflexion-sobre-vivienda-partir-confinamiento-encuesta-pensar-habitar>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de extracción de lineamientos Norma ISO 7730

Nombre general	ISO (Organización Internacional de Normalización)
Nombre específico	ISO 7730. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
Tipo	Norma Internacional
Entidad responsable	Organización Internacional de Normalización. Comité Técnico ISO/TC 159, Ergonomía, Subcomité SC 5, Ergonomía del ambiente físico.
Año	2005 (Traducción 2011)
Observaciones	Esta normativa ha sido tomada de la norma NTE-INEN-ISO 7730 que es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 7730:2005.
Lineamientos	<ol style="list-style-type: none">1. Voto Medio Estimado (PMV). Es un índice que refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles basados en el equilibrio térmico del cuerpo humano.2. Porcentaje Estimado de Insatisfechos (PPD). Predice el valor medio de los votos sobre la sensación térmica que emitiría un grupo numeroso de personas sometidas al mismo ambiente.3. Incomodidad Térmica Local.4. Ambientes térmicos no estacionarios.
Lineamientos aplicables	<ol style="list-style-type: none">1. Evaluación a largo plazo de las condiciones de bienestar térmico general. Se definen categorías y rangos para los índices PMV Y PPD.2. Adaptación. Para definir el rango aceptable de temperatura operativa, se requiere un valor de aislamiento de la vestimenta que corresponda al clima local y a los hábitos en el vestir.

Anexo 2

Tabla de extracción de lineamientos de la norma internacional ISO 6946

Nombre general	ISO (Organización Internacional de Normalización)
Nombre específico	ISO 6946. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.
Tipo	Norma Internacional
Entidad responsable	Organización Internacional de Normalización. Comité Técnico ISO/TC 159, Ergonomía, Subcomité SC 5, Ergonomía del ambiente físico.
Año	2017
Observaciones	
Lineamientos	
Lineamientos aplicables	<ol style="list-style-type: none">1. <u>Transmitancia térmica</u>2. <u>Resistencia térmica</u>3. Resistencia térmica total4. Resistencia superficial5. Resistencia térmica de las capas de aire6. Resistencia térmica de espacios sin calefacción

Anexo 3

Tabla de extracción de lineamientos de la NEC-HS-EE

Nombre general	Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)
Nombre específico	NEC – HS – EE.
Tipo	Norma Ecuatoriana
Entidad responsable	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) Comité Ejecutivo de la NEC
Año	2018
Observaciones	
Lineamientos	1. Calidad del aire 2. Iluminación
Lineamientos aplicables	1. Envoltente de la edificación. <ul style="list-style-type: none">○ Clima○ Valor R de aislamiento○ Valor máximo U del paquete constructivo 2. Coeficiente global de pérdida por transmisión 3. Control de la infiltración del aire

Anexo 4

Tabla de extracción de lineamientos de la Normativa ASHRAE 55

Nombre general	ASHRAE
Nombre específico	Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
Tipo	Estándar
Entidad responsable	American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers.
Año	2004

Observaciones	
Lineamientos	<ol style="list-style-type: none">1. Tasa metabólica2. Aislamiento térmico3. Temperatura del aire4. Temperatura radiante5. Velocidad del aire6. Humedad

Lineamientos aplicables	Condiciones ambientales <ol style="list-style-type: none">1. Temperatura (aire, radiante, superficie)2. Humedad3. Velocidad del aire <ol style="list-style-type: none">1. Condiciones de diseño de temperatura exterior2. Condiciones de diseño de humedad exterior3. Ropa4. Actividad esperada
--------------------------------	---

Anexo 5

Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 01

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

VIVIENDA 01				
MUROS EXTERIORES				
Um		Coeficiente global transferencia de calor de muros exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Enlucido exterior	0.0100 m	0.7200 W/mK	0.013889 m ² K/W	
Bloque de concreto	0.1700 m	0.4900 W/mK	0.346939 m ² K/W	
Enlucido interior	0.0100 m	0.5000 W/mK	0.020000 m ² K/W	
Total			0.380828 m ² K/W	
Um			2.6259 W/m²K	
TECHO				
Ut		Coeficiente global de transferencia de calor de techo exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Hormigón armado	0.2000 m	1.6300 W/mK	0.122699 m ² K/W	
Enlucido	0.0150 m	0.5000 W/mK	0.030000 m ² K/W	
Total			0.152699 m ² K/W	
Ut			6.5488 W/m²K	
PISO				
Up		Coeficiente global de transferencia de calor de piso		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Porcelanato	0.0200 m	0.8100 W/mK	0.024691 m ² K/W	
Hormigón armado	0.1500 m	1.4000 W/mK	0.107143 m ² K/W	
Piedra	0.2000 m	3.4900 W/mK	0.057307 m ² K/W	
Total			0.189141 m ² K/W	
Up			5.2871 W/m²K	
PUERTA				
Uu		Coeficiente global de transferencia de calor de ventanas		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Madera	0.0300 m	0.1300 W/mK	0.230769 m ² K/W	
Total			0.230769 m ² K/W	
Uu			4.3333 W/m²K	
ELEMENTOS				
	NORMATIVA		VIVIENDA 01	
	U max	R min	U max	R min
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
MUROS EXTERIORES SOBRE NIVEL	0.513	2.000	2.626	0.381
TECHO	0.273	3.500	6.549	0.153
PISO	0.420	1.800	5.287	0.189
PUERTAS OPACAS	2.839		4.333	0.231

Anexo 6

Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 02

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

VIVIENDA 02				
MUROS EXTERIORES				
Um		Coeficiente global transferencia de calor de muros exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Enlucido exterior	0.0100 m	0.5000 W/mK	0.0200 m ² K/W	
Ladrillo macizo	0.1200 m	0.8000 W/mK	0.1500 m ² K/W	
Enlucido interior	0.0100 m	0.7200 W/mK	0.0139 m ² K/W	
			Total	0.1839 m ² K/W
			Um	5.4381 W/m²K
TECHO				
Ut		Coeficiente global de transferencia de calor de techo exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Porcelanato	0.0150 m	0.8100 W/mK	0.018519 m ² K/W	
Hormigón armado	0.2000 m	1.6300 W/mK	0.122699 m ² K/W	
Enlucido	0.0150 m	0.5000 W/mK	0.030000 m ² K/W	
			Total	0.171218 m ² K/W
			Ut	5.8405 W/m²K
PISO				
Up		Coeficiente global de transferencia de calor de piso		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Madera	0.0150 m	0.1300 W/mK	0.1154 m ² K/W	
Hormigón	0.1500 m	1.4000 W/mK	0.1071 m ² K/W	
Piedra	0.1000 m	3.4900 W/mK	0.0287 m ² K/W	
Replático H.S.	0.1000 m	1.3500 W/mK	0.0741 m ² K/W	
			Total	0.3253 m ² K/W
			Up	3.0745 W/m²K
PUERTA				
Uu		Coeficiente global de transferencia de calor de ventanas		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R	
Madera (Tablero aglomerado)	0.0300 m	0.0800 W/mK	0.375000 m ² K/W	
			Total	0.375000 m ² K/W
			Uu	2.6667 W/m²K
ELEMENTOS				
	NORMATIVA		VIVIENDA 02	
	U max	R min	U max	R min
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
MUROS EXTERIORES SOBRE NIVEL	0.513	2.000	5.438	0.184
TECHO	0.273	3.500	5.841	0.171
PISO	0.420	1.800	3.075	0.325
PUERTAS OPACAS	2.839		2.667	0.375

Anexo 7

Cálculo de transmitancia térmica – Vivienda 03

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

VIVIENDA 03

MUROS EXTERIORES			
Um	Coeficiente global transferencia de calor de muros exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R
Enlucido interior	0.0100 m	0.5000 W/mK	0.020000 m ² K/W
Bloque de concreto	0.1200 m	0.4900 W/mK	0.244898 m ² K/W
Enlucido exterior	0.0100 m	0.7200 W/mK	0.013889 m ² K/W
Total			0.278787 m ² K/W
Um			3.5870 W/m ² K

TECHO			
Ut	Coeficiente global de transferencia de calor de techo exteriores		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R
Cerámica	0.0150 m	0.8000 W/mK	0.018750 m ² K/W
Hormigón armado	0.2000 m	1.6300 W/mK	0.122699 m ² K/W
Enlucido interior	0.0200 m	0.7200 W/mK	0.027778 m ² K/W
Total			0.150477 m ² K/W
Ut			6.6455 W/m ² K

PISO			
Up	Coeficiente global de transferencia de calor de piso		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R
Madera	0.0200 m	0.7000 W/mK	0.028571 m ² K/W
Hormigón armado	0.1500 m	1.4000 W/mK	0.107143 m ² K/W
Piedra	0.2000 m	3.4900 W/mK	0.057307 m ² K/W
Replanto H.S.	0.0500 m	1.3500 W/mK	0.037037 m ² K/W
Total			0.230058 m ² K/W
Up			4.3467 W/m ² K

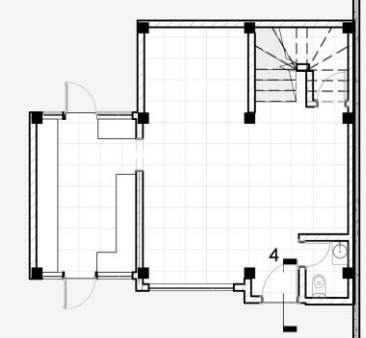
PUERTA			
Uu	Coeficiente global de transferencia de calor de ventanas		
Material	Espesor (e)	Conductividad (λ)	R
Madera Plywood	0.0300 m	0.1000 W/mK	0.300000 m ² K/W
Total			0.300000 m ² K/W
Uu			3.3333 W/m ² K

ELEMENTOS	NORMATIVA		VIVIENDA 03	
	U max	R min	U max	R min
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
MUROS EXTERIORES SOBRE NIVEL	0.513	2.000	3.587	0.279
TECHO	0.273	3.500	6.646	0.150
PISO	0.420	1.800	4.347	0.230
PUERTAS OPACAS	2.839		3.333	0.300

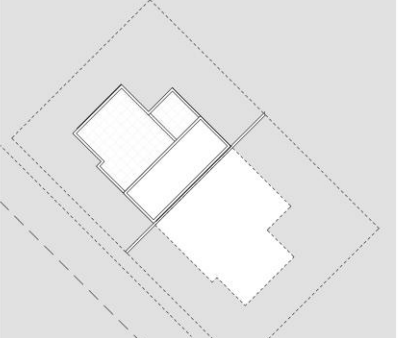
Anexo 8

Levantamiento arquitectónico Vivienda 01

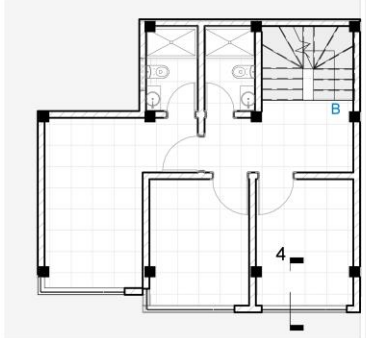
FICHA DE OBSERVACIÓN		
Universidad Tecnológica Indoamérica Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible	Levantamiento arquitectónico Vivienda 01	Fecha del levantamiento <p style="text-align: right;">Junio 2023</p>
Trabajo de titulación Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato		Lámina 1 de 1



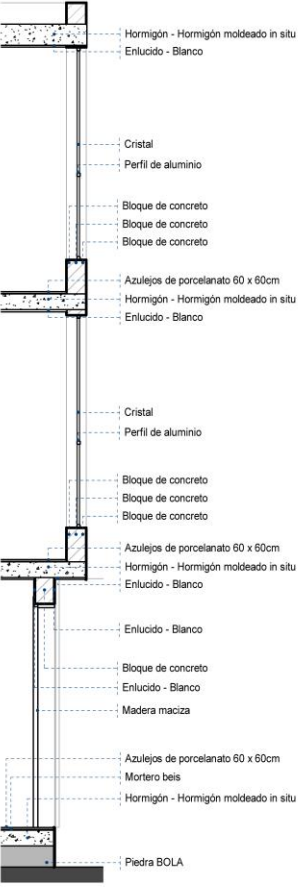
1 Nivel 1
1 : 150



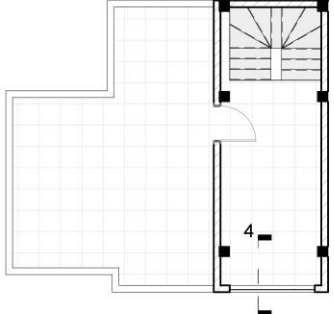
5 Planimetría general
1 : 400



2 Nivel 2
1 : 150



4 Sección 1
1 : 50



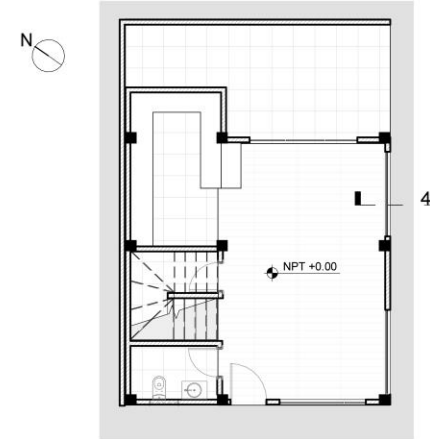
3 Nivel 3
1 : 150

Hormigón - Hormigón moldeado in situ
 Enlucido - Blanco
 Cristal
 Perfil de aluminio
 Bloque de concreto
 Bloque de concreto
 Bloque de concreto
 Azulejos de porcelanato 60 x 60cm
 Hormigón - Hormigón moldeado in situ
 Enlucido - Blanco
 Cristal
 Perfil de aluminio
 Bloque de concreto
 Bloque de concreto
 Bloque de concreto
 Azulejos de porcelanato 60 x 60cm
 Hormigón - Hormigón moldeado in situ
 Enlucido - Blanco
 Enlucido - Blanco
 Bloque de concreto
 Enlucido - Blanco
 Madera maciza
 Azulejos de porcelanato 60 x 60cm
 Mortero beis
 Hormigón - Hormigón moldeado in situ
 Piedra BOLA

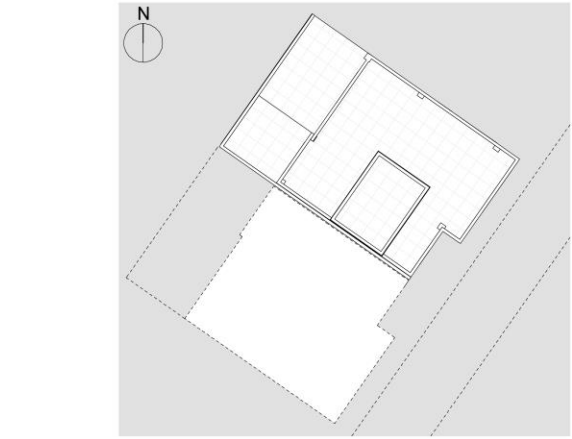
Anexo 9

Levantamiento arquitectónico Vivienda 02

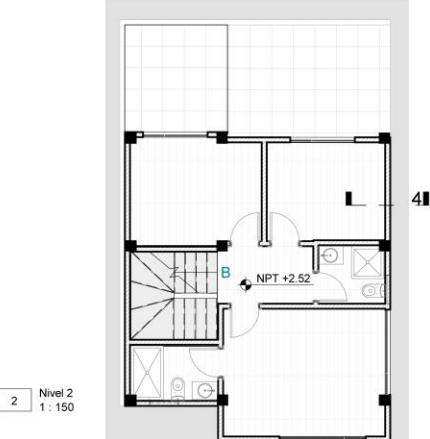
FICHA DE OBSERVACIÓN		
Universidad Tecnológica Indoamérica Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible	Levantamiento arquitectónico Vivienda 02	Fecha del levantamiento Junio 2023
Trabajo de titulación Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato		Lámina 1 de 3



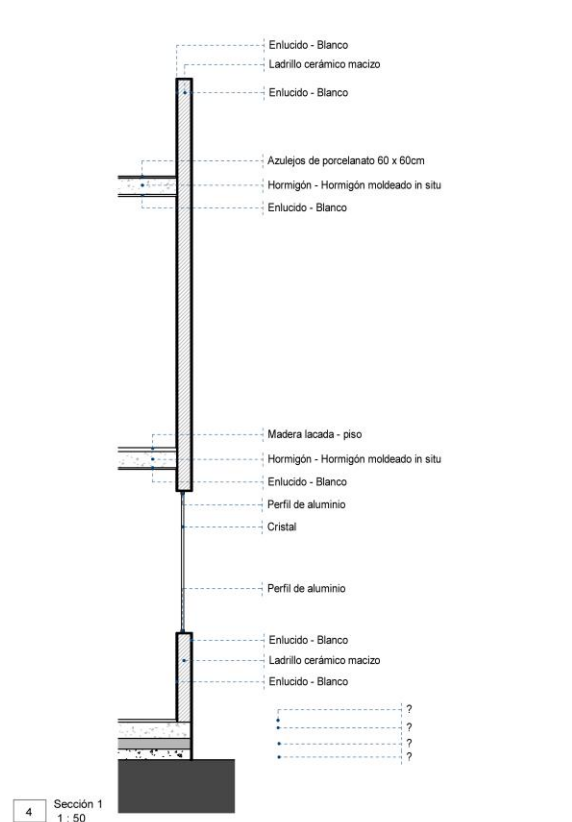
1 Nivel 1
1 : 150



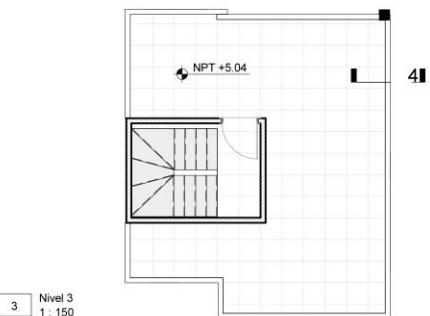
5 Implantación
1 : 250



2 Nivel 2
1 : 150



4 Sección 1
1 : 50



3 Nivel 3
1 : 150

Enlucido - Blanco

Ladrillo cerámico macizo

Enlucido - Blanco

Azulejos de porcelanato 60 x 60cm

Hormigón - Hormigón moldeado in situ

Enlucido - Blanco

Madera lacada - piso

Hormigón - Hormigón moldeado in situ

Enlucido - Blanco

Perfil de aluminio

Cristal

Perfil de aluminio

Enlucido - Blanco

Ladrillo cerámico macizo

Enlucido - Blanco

?

?

?

?

FICHA DE OBSERVACIÓN

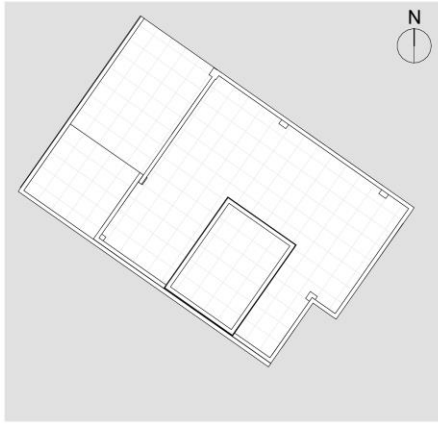
Universidad Tecnológica Indoamérica
Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible

Levantamiento arquitectónico
Vivienda 02

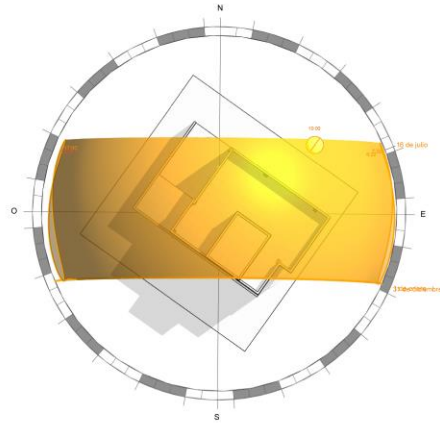
Fecha del levantamiento
Junio 2023

Trabajo de titulación
Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda
caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato

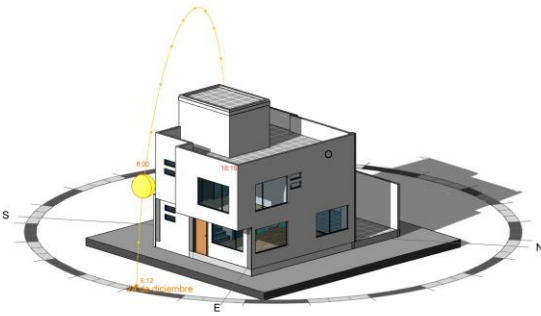
Lámina 2 de 3



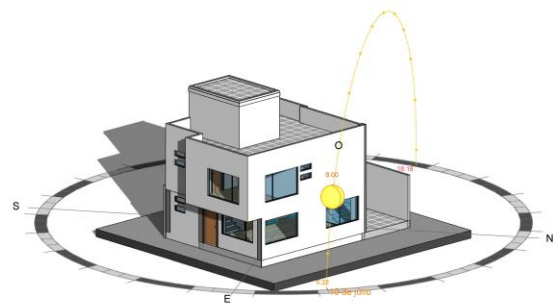
1 Planimetría general
1 : 200



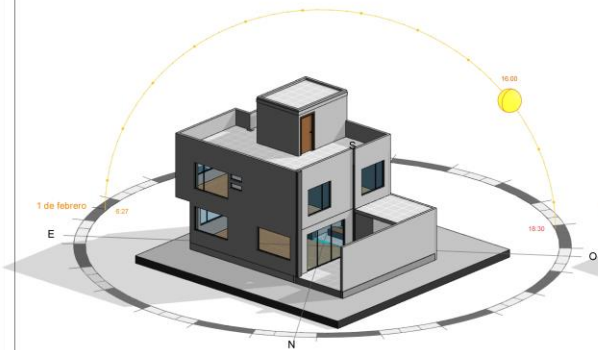
6 (3D) Copia 1 Copia 2 Copia 1 Copia 1



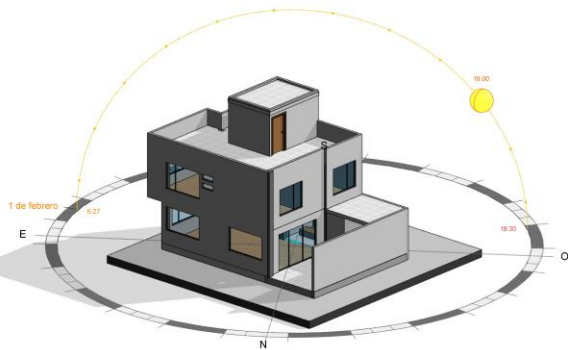
2 (3D) Copia 1



3 (3D) Copia 1 Copia 1



4 (3D) Copia 1 Copia 2



5 (3D) Copia 1 Copia 2 Copia 1

FICHA DE OBSERVACIÓN

Universidad Tecnológica Indoamérica
Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible

Levantamiento arquitectónico

Fecha del levantamiento

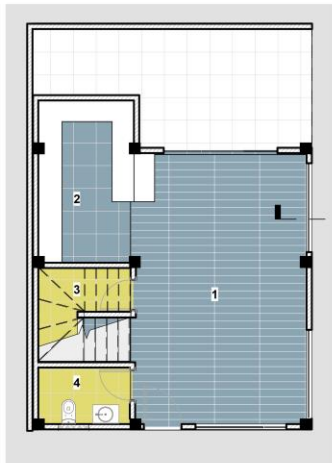
Vivienda 02

Junio 2023

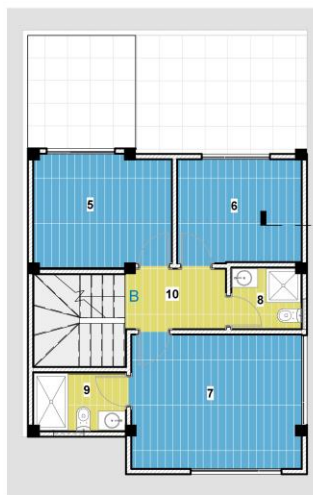
Trabajo de titulación

Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato

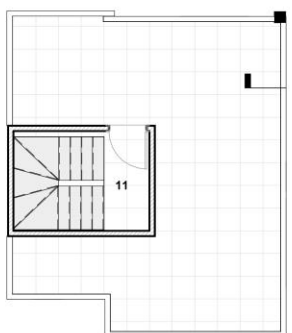
Lámina 3 de 3



1 F - Nivel 1
1 : 150



2 F - Nivel 2
1 : 150



3 F - Nivel 3
1 : 150

Habitación

- Privado
- Social
- Uso complementario

ÁREAS POR HABITACIÓN

Ocupación	No.	Nombre	Área
-----------	-----	--------	------

Nivel 1

Social	1	Sala / comedor	33.96 m ²
Social	2	Cocina	10.73 m ²
Uso complementario	3	Bodega	4.19 m ²
Uso complementario	4	Baño social	3.58 m ²
			52.46 m ²

Nivel 2

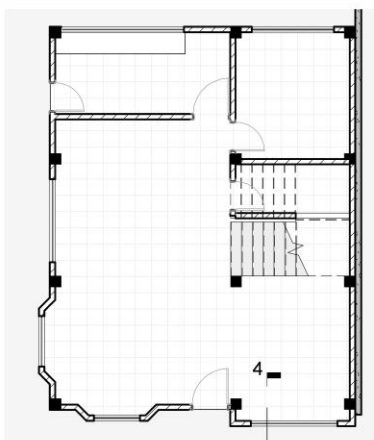

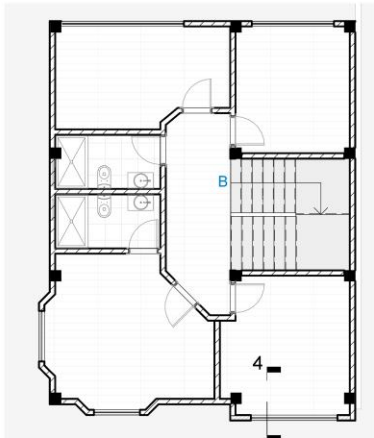
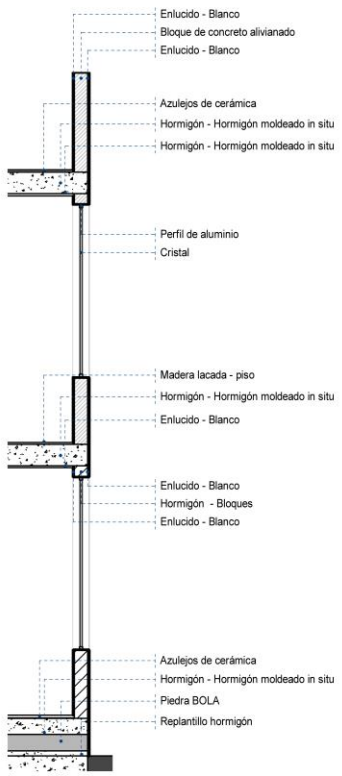
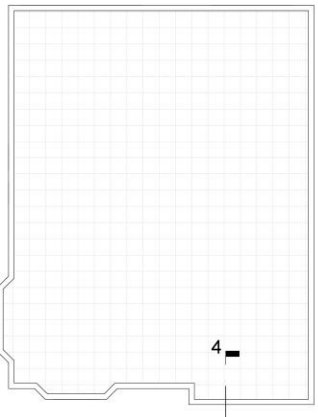
Privado	5	Dormitorio 02	10.73 m ²
Privado	6	Dormitorio 03	8.99 m ²
Privado	7	Dormitorio Master	15.90 m ²
Uso complementario	8	Baño compartido	3.00 m ²
Uso complementario	9	Baño Master	3.79 m ²
Uso complementario	10	Circulación	10.20 m ²
			52.61 m ²

Nivel 3

Uso complementario	11	Tapagrada	9.45 m ²
			9.45 m ²

Anexo 10

Levantamiento arquitectónico Vivienda 03

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Universidad Tecnológica Indoamérica Maestría en Arquitectura y Hábitat Sostenible	Levantamiento arquitectónico Vivienda 03	Fecha del levantamiento Junio 2023
Trabajo de titulación Materiales tradicionales de mampostería y su incidencia en el confort térmico en la vivienda caso de estudio parroquia Huachi Chico- Ambato		Lámina 1 de 1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>1 Nivel 1 1 : 150</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>5 Planimetría general 1 : 400</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;">  <p>2 Nivel 2 1 : 150</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>4 Sección 1 1 : 50</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  <p>3 Nivel 3 1 : 150</p> </div>		