

Estudio comparativo del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y del durapanel aplicado a envolventes. Estudio de caso: vivienda unifamiliar del condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto

**Tiana Geraldine Chávez Pantoja
Angela Catherine Ruiz Martínez**

**Universidad CESMAG
Facultad de Arquitectura y Bellas Artes
Especialización en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático
San Juan de Pasto
2022**

Estudio comparativo del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y del durapanel aplicado a envolventes. Estudio de caso: vivienda unifamiliar del condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto

**Tiana Geraldine Chávez Pantoja
Angela Catherine Ruiz Martínez**

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Especialista en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático

Asesor:
Anna Gabriela Ramírez Cuastuza
Arquitecta Magíster

**Universidad CESMAG
Facultad de Arquitectura y Bellas Artes
Especialización en Pedagogía del Entrenamiento Deportivo
San Juan de Pasto
2022**

Nota de aceptación:

Firma dirección de programa

San Juan de Pasto, 28 de noviembre de 2022

El pensamiento que se expresa
en esta obra es de exclusiva
responsabilidad del autor
y no compromete la ideología
de la Universidad CESMAG.

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de mi especialización universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Geraldine Chavez.

En primer lugar, agradezco a Dios, por guiar cada meta y propósito en mi vida. Gracias infinitas a mis padres y hermano, por siempre ser luz en la oscuridad, por darme alas para volar cada día más alto y alcanzar cada sueño por más imposible que parezca, gracias por caminar siempre conmigo y nunca soltar mi mano, por creer y confiar en mi cada segundo, por todo su amor y apoyo incondicional, son la inspiración y propósito en mi vida y este nuevo logro es también de ustedes, los amo con el alma.

A mis ángeles, por siempre estar presentes y darme todos los días fuerza y paz para seguir adelante; Siempre en mi memoria, siempre en mi corazón.

A la universidad CESMAG por haberme apoyado en la realización de esta especialización.

Angela Ruiz.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a nuestras familias por todo el apoyo brindado durante este proceso académico.

Agradecimientos a la Universidad CESMAG, y a sus docentes por guiarnos en la formación como especialistas, con bases idóneas para complementar nuestros conocimientos como profesionales.

Agradecemos a nuestro docente Armando Jose Quijano por su gran colaboración y motivación en la elaboración de nuestro documento de tesis.

Agradecemos especialmente a nuestra asesora de tesis Anna Gabriela Ramírez Cuastuza, por brindarnos su conocimiento y servicio en pro de nuestro desarrollo profesional, además, de todo su apoyo y valiosos aportes para la culminación de nuestro proyecto de tesis.

Tabla de Contenido

Resumen/ Abstract	16
Introducción	18
Aspectos generales del trabajo de grado	19
Objeto o tema de investigación	19
Contextualización	19
Problema de investigación	20
Planteamiento del problema	20
Formulación del problema	21
Justificación	21
Objetivos	25
Objetivo general	25
Objetivos específicos	25
Antecedentes	25
Marco teórico	26
Variables	29
Hipótesis	31
Metodología	31
Paradigma	31
Enfoque	32
Método	32
Población	32
Muestra	33
Tipo de investigación	35

Diseño de investigación	35
Técnicas de recolección de la información	35
Instrumentos de recolección de la información	35
Procesamiento de la información	35
Caracterización del lugar, tipología y materialidad de la envolvente de las viviendas unifamiliares dentro del condominio Ciudad Real	37
Caracterización del lugar	37
Caracterización geográfica	37
Caracterización climática	38
Características morfológica y tipológica	43
Distribución interna de las viviendas	43
Programación y modelado del estado actual de la vivienda y el escenario 2 en software Design Builder	48
Configuración climática	48
Programación plantilla de localización	48
Modelación 3d de contexto inmediato de la vivienda de estudio	48
Programación plantilla de ocupación	49
Programación plantilla de actividad	49
Programación de plantilla de materiales estado actual de la vivienda	50
Muros externos y particiones internas	50
Cubierta	52
Acristalamientos	52
Programación de plantilla de materiales escenario dos de la vivienda	52
Plantilla de materiales escenario dos de vivienda	52
Muros externos	52

Análisis del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio	54
Composición y funcionamiento de muros en ladrillo cerámico	54
Estudio de resultados simulación Design Builder estado actual de la vivienda	54
Simulación anual estado actual	54
Simulación mensual estado actual	55
Simulación diaria estado actual	56
Simulación del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas estándar ASHRAE 55 en el estado actual	58
Estudio del comportamiento térmico del durapanel aplicado a la envolvente de la vivienda de estudio	60
Composición y funcionamiento de muros en durapanel	60
Estudio de resultados simulación Design Builder estado actual de la vivienda	61
Simulación anual escenario dos	61
Simulación diaria escenario dos	62
Simulación del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas estándar ASHRAE 55 en el escenario dos	64
Evaluación de similitudes, diferencias y patrones en comportamiento térmico de los materiales de estudio	66
Comparativo de transferencia térmica	66
Comparativo promedio anual del confort térmico (temperatura operativa)	67
Comparativa del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas estándar ASHRAE 55	68
Comparativo del confort térmico en el día más frío del año (temperatura operativa)	70
Comparativo de horas dentro y fuera del rango de confort en el día más frío del año	72

Comparativo de temperatura operativa y temperatura exterior en el día más frío del año	73
Conclusiones	76
Recomendaciones	79
Referencias	80

Lista de figuras

Figura 1. Localización del condominio Ciudad Real en la ciudad	19
Figura 2. Viviendas existentes condominio Ciudad Real alto	33
Figura 3. Clasificación tipología de viviendas condominio Ciudad Real alto	33
Figura 4. Clasificación muestra viviendas de dos pisos con tipología adosada en todos sus lados	34
Figura 5. Clasificación muestra viviendas de estudio	34
Figura 6. Clasificación de etapas dentro del condominio Ciudad Real	37
Figura 7. Caracterización del paisaje y relieve Condominio Ciudad Real	38
Figura 8. Determinantes climatológicas ciudad de Pasto	40
Figura 9. Diagrama solar de implantación vivienda de estudio	41
Figura 10. Diagrama solar 3D movimiento solar a las 8 am en el día más frío (16 febrero)	41
Figura 11. Diagrama solar 3D movimiento solar a las 12 am en el día más frío (16 febrero)	42
Figura 12. Diagrama solar 3D movimiento solar a las 4 pm en el día más frío (16 febrero)	42
Figura 13. Morfología viviendas Ciudad Real	43
Figura 14. Planta arquitectónica primer piso de vivienda de estudio	44
Figura 15. Planta arquitectónica segundo piso de vivienda de estudio	45
Figura 16. Planta arquitectónica terraza de vivienda de estudio	46
Figura 17. Cortes arquitectónicos vivienda de estudio	47
Figura 18. Fachada principal de vivienda de estudio	47
Figura 19: Variantes de temperatura mensual en la ciudad de Pasto	48

Figura 20: Modelación contexto inmediato vivienda de estudio	49
Figura 21: Programación plantilla de actividad	50
Figura 22: Plantilla de construcción muros de vivienda actual	51
Figura 23: Plantilla de construcción muros exteriores escenario dos de vivienda	53
Figura 24: Simulación térmica estado actual	55
Figura 25: Simulación térmica diaria, día 16 de febrero en estado actual	56
Figura 26: Relación temperatura operativa por horas en el día mas frio en estado actual	57
Figura 27: Porcentaje de horas en el día más frio, dentro y fuera del rango de confort térmico en estado actual	57
Figura 28: Rango del confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el estado actual	58
Figura 29: Composición panel durapanel	61
Figura 30: Simulación térmica anual en escenario dos	62
Figura 31: Simulación térmica diaria, día 16 de febrero en escenario dos	62
Figura 32: Relación temperatura operativa por horas en el día más frio en escenario dos	63
Figura 33: Porcentaje de horas en el día más frio, dentro y fuera del rango de confort térmico en escenario dos	64
Figura 34: Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el escenario dos	64
Figura 35: Comparativa de confort térmico anual promedio	67
Figura 36: Comparativa de horas dentro y fuera del rango de 90% aceptabilidad estándar ASHRAE 55	69
Figura 37: Comparativa de horas dentro y fuera del rango de 80% aceptabilidad estándar ASHRAE	70

Figura 38: Comparativa de temperaturas en el día más frío del año	70
Figura 39: Comparativa de porcentajes de horas en el día mas frio, dentro y fuera del rango de confort	72
Figura 40: Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort en el día más frío del año	73
Figura 41: Comparativa temperatura operativa vs temperatura exterior día más frío del año.	74

Lista de tablas

Tabla 1. Valores del rango de confort propuesta por la norma ASRAE55: 1992	29
Tabla 2. Resultado día más frio del año según la temperatura exterior anual	56
Tabla 3: Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el estado actual	59
Tabla 4: Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el escenario dos	65
Tabla 5: Comparativa de transmisión térmica en muros exteriores	67
Tabla 6: Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort 90% aceptabilidad estándar ASHRAE 55	68
Tabla 7: Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort 80% aceptabilidad estándar ASHRAE 55	69
Tabla 8: Comparativa de confort térmico en el día más frio del año	71
Tabla 9: Comparativa de horas por encima del rango de confort térmico en el día más frio del año	72
Tabla 10: Comparativa temperatura operativa vs temperatura exterior	75

Lista de Anexos

Anexo A. Modelación 3d de la vivienda de estudio	83
Anexo B. Programación de plantillas de materiales complementarios de vivienda	85
Anexo C. Resultados complementarios software Design Builder	87
Anexo D. Resultados complementario software Design Builder en estado actual	87
Anexo E. Resultados complementario software Design Builder en escenario dos	88

Resumen

El objetivo general del presente trabajo es comparar el comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y el durapanel aplicado a la envolvente de una vivienda unifamiliar existente, ubicada en el condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto. Este objetivo se fundamentó en las mediciones de confort térmico del durapanel y el ladrillo cerámico mediante un motor de cálculo. Se esperaba que los datos obtenidos de ambos resultados fueran muy diferentes dada las composiciones físicas de cada material y su conductividad térmica. Sin embargo, los resultados mediante el análisis de confort térmico manifestaron diferencias muy poco significativas, concluyendo que para generar una diferenciación considerable en el confort térmico de una vivienda se debe intervenir diferentes agentes externos a los materiales de construcción de la envolvente, la orientación de la vivienda, el tamaño de las ventanas, los demás elementos y materiales que componen toda la edificación, son un conjunto de elementos que posiblemente logren hacer una diferenciación considerable; a partir de lo antes descrito se fundamentó el objeto de estudio y formuló la siguiente pregunta ¿se puede mejorar el confort térmico mediante la materialidad de la envolvente en una vivienda? En este documento se describen, tanto el estudio como la realización del análisis preexperimental, del comportamiento térmico del durapanel y el ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio; mediante las técnicas de investigación: simulaciones avanzadas para el comportamiento térmico, la revisión documental y la triangulación de estaciones meteorológicas, esto aplicado a las viviendas unifamiliares de dos pisos que conservan la tipología predeterminada del conjunto Ciudad Real, con condiciones de implantación adosada en sus lados laterales y posterior.

Palabras clave: análisis térmico, envolvente, materialidad, conductividad térmica

Abstract

This paper focuses on comparing the thermal behavior of ceramic brick and Durapanel applied to the envelope of an existing single-family home, located in Ciudad Real condominium in the city of San Juan de Pasto. This objective was based on the thermal comfort measurements of the Durapanel and the ceramic brick through a calculation engine. The data obtained from both results was expected to be very different given the physical compositions of each material and its thermal conductivity. However, the results through the analysis of thermal comfort showed very insignificant differences, concluding that to generate a considerable differentiation in the thermal comfort of a house, it is necessary to study the external agents that can affect the internal comfort of a building, such as Building Location and Orientation, The openings' size (doors and windows), and other elements and materials which the entire building is composed; Analyzing the impact of those set of elements can possibly show a notorious differentiation. Based on what have been previously described, the object of study was selected and the following question was formulated: ¿Can thermal comfort be improved in a home through the materiality of the building envelope? This document describes both, the study and the pre-experimental analysis of the thermal behavior of Durapanel and ceramic brick in the envelope of a house through research techniques: advanced simulations for thermal behavior, documentary review and Weather station analysis, all of this this applied to two-story single-family homes that preserve the default terraced house typology of the Ciudad Real condominium.

Keywords: thermal analysis, building envelope, architecture materiality, thermal conductivity.

Introducción

En el presente estudio se plantea el ejercicio comparativo de materialidad convencional en ladrillo cerámico y durapanel aplicado a la envolvente de una vivienda unifamiliar existente ubicada en el condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto, que representa la tipología de vivienda estándar más aplicada dentro del contexto urbano.

Por tanto, la investigación se adelanta, debido a que en el proceso constructivo de la mayoría de viviendas existentes en la ciudad de San Juan de Pasto no se ha tomado en consideración el impacto que los materiales generan en muchos aspectos determinantes, que pueden afectar el confort térmico y habitabilidad de las edificaciones; Esto debido a que generalmente existe mayor preocupación por la rapidez y economía en la construcción de una vivienda que por la calidad de esta; Por esta razón, es de vital importancia el ejercicio comparativo de estas dos alternativas del comportamiento térmico del durapanel y la mampostería cerámica para determinar cuál de los dos materiales ofrece mayor beneficio en la vivienda de estudio.

De esta forma, el estudio se realizará desde el paradigma Positivista, el enfoque cuantitativo y el método científico. Para esto se estudian dos escenarios de materialidad aplicados en la envolvente de la vivienda, por medio de simulaciones en el software Design Builder, el primero en su estado actual con mampostería en ladrillo cerámico y el segundo donde se implemente el durapanel como material no convencional; Posteriormente se evalúan los resultados y datos de cada escenario por medio de un análisis comparativo enfocado en la valoración del ambiente térmico interior.

El análisis permite evidenciar por medio de los resultados de simulación el desempeño y variación del confort térmico que tendría cada material, y demostrar la

eficiencia o ineficiencia de estos para su implementación en la envolvente de una vivienda con características similares al caso de estudio de esta investigación.

Aspectos generales del trabajo de grado

Objeto o tema de investigación

En la presente investigación se realizará el estudio comparativo del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y el durapanel aplicado a la envolvente de una vivienda unifamiliar existente.

Contextualización

La vivienda de estudio se encuentra localizada en la ciudad de Pasto, en el condominio Ciudad Real, ubicado en la comuna 11 al nororiente de la ciudad. Con coordenadas: $1^{\circ} 13'05.2''$ de latitud norte y $77^{\circ} 16' 20.5''$ de longitud oeste, a 2.527 msnm (ver la figura 1).

Figura 1

Localización del condominio Ciudad Real al suroriente de la ciudad de San Juan Pasto.



Fuente: Elaboración propia.

Problema de investigación

Planteamiento del problema. Se ha evidenciado que en el proceso constructivo de las edificaciones residenciales generalmente se opta por la implementación de materiales estándares, sin tener en cuenta las variaciones térmicas que estos pueden tener en los espacios internos, esto debido al desconocimiento de las propiedades y el funcionamiento de otros materiales alternativos, lo cual ha creado una cultura generalizada en el campo de la construcción, donde se utilizan siempre los mismos métodos y materiales tradicionales de construcción, el más utilizado en los últimos años en Colombia es el ladrillo cerámico; El creciente protagonismo del arraigo de costumbres constructivas en las ciudades ha posibilitado la difusión de imaginarios sociales que en la actualidad se han constituido como dominantes: La resistencia al cambio, el miedo a una inversión desfavorable, el rechazo de nuevos materiales, etc., son imaginarios típicos que impiden la exploración e implementación de nuevas alternativas constructivas. La industria de la construcción en Colombia se encuentra desactualizada en nuevas técnicas y alternativas de materialidad en obra, con respecto al nivel de desarrollo de la construcción alcanzado en otros países. Existen diversos factores que influyen en la demora en que se adoptan nuevas técnicas y materiales constructivos, por ejemplo, las empresas constructoras son altamente conservadoras y hasta la fecha estas no han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos, ya que la rentabilidad que han obtenido satisface sus expectativas.

La competencia en los mercados de la construcción se ha incrementado significativamente, debido principalmente a la concientización y la implementación de la búsqueda de nuevos materiales que ofrezcan mejores características térmicas para lograr edificios sostenibles, además, con esto generar una mejor calidad de vida en los usuarios por medio del confort térmico; Actualmente Colombia y otros países han desarrollado nuevas legislaciones en torno a promover una arquitectura sostenible, consciente en los

métodos y aplicaciones constructivas, en la utilización de sistemas pasivos y materialidad ecológica enfocada en sus propiedades, beneficios y comportamiento térmico, estas normativas con el paso del tiempo se intensificarán en disposición de enfrentar los efectos adversos del cambio climático y regular las acciones para la mitigación y adaptación a este, ocasionando una problemática de carácter legal a los diferentes actores que intervienen en la construcción de una obra y que no contribuyan a avanzar en una senda de desarrollo resiliente al cambio climático, por lo tanto, es evidente la necesidad de estudiar la implementación de nuevas materialidades en el sector de la construcción.

Formulación del problema. En el presente estudio, la pregunta de investigación que se formula es la siguiente: ¿Cuáles son las similitudes, diferencias y patrones del comportamiento térmico del ladrillo cerámico y del durapanel en la envolvente de una vivienda unifamiliar existente en el condominio Ciudad Real?

Justificación

Las razones que motivan la realización de la presente investigación son las siguientes: En primer lugar con el estudio se pretende ampliar el conocimiento sobre las variaciones térmicas del ladrillo cerámico y del durapanel aplicado a la envolvente de viviendas, ya que se podrá conocer en mayor medida el comportamiento de dos variables reafirmando investigaciones relacionadas con el estudio, estableciendo hipótesis que al ser confrontadas con la realidad reconstruyen y contribuyen con el conocimiento científico del tema de investigación; de igual manera, en la investigación se desarrollará una metodología propia, que contempla todos los aportes del conocimiento universal de la Arquitectura Bioclimática, integrando todas las herramientas de análisis y evaluación, de tal forma que se cuente con una metodología integral que pueda servir como modelo de aplicación en casos similares al estudio de esta investigación, basado en la generalización empírica y la verificación de hipótesis, permitiendo comprender elementos desconocidos a partir de los

conocidos, la posibilidad de explicarlos e interpretarlos, haciendo factible reforzar nuevos conocimientos en futuras investigaciones.

El trabajo de grado se realiza con la finalidad de estudiar las características térmicas de dos materiales, con el fin de determinar sus diferencias y similitudes permitiendo establecer alternativas de aplicación e incorporar nuevas ideas y enfoques conscientes de materialidad al campo de la construcción. Así mismo, el estudio es de interés para la población enfocada en el campo de la construcción, ya que actualmente existe una demanda y búsqueda de los usuarios por proyectos que implementen materiales con características térmicas para lograr edificaciones saludables; De igual manera, el estudio es de relevancia para la ciudad de San Juan de Pasto y Colombia, por cuanto beneficiara a la industria de la construcción con una investigación enfocada en nuevas técnicas y alternativas de materialidad (durapanel), que aporten a la competitividad con respecto al nivel de desarrollo de la construcción alcanzado en otros países.

La investigación también favorecerá de manera directa a los habitantes del condominio Ciudad Real, puesto que el análisis de las simulaciones térmicas de los materiales de estudio, al ser aplicados a una vivienda existente dentro del conjunto permite que los usuarios conozcan de manera técnica y detallada el comportamiento térmico de los materiales que conforman su vivienda, lo cual con base en los resultados puede contribuir a una mejora del confort térmico o como una investigación de apoyo para el desarrollo de nuevas viviendas en el conjunto.

Por otro lado, la investigación promueve la búsqueda y estudio de un material de vanguardia como el durapanel, fomentando la indagación por nuevos materiales que puedan sustituir los comúnmente utilizados en la construcción de proyectos de vivienda.

Objetivos

Objetivo general. Realizar la comparación del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y el durapanel mediante simulaciones aplicadas a la envolvente de una vivienda unifamiliar existente localizada en el condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto.

Objetivos específicos.

- Caracterizar la tipología y materialidad de la envolvente de las viviendas unifamiliares dentro del condominio.
- Programar y modelar el estado actual de la vivienda y el escenario 2 en el software Design Builder.
- Analizar el comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio.
- Estudiar el comportamiento térmico del durapanel aplicado a la envolvente de la vivienda de estudio.
- Evaluar las similitudes, diferencias y patrones, del comportamiento térmico de los materiales de estudio.

Antecedentes

Como antecedentes del estudio, se puede mencionar, en primer lugar, la investigación titulada: *Innovación en la Ingeniería de Construcción*, realizado, por los ingenieros Carlos A. Morán Moguel y Enrique Jiménez Espriú de la Academia de Ingeniería de México, cuyo principal aporte es “Existe una oferta creciente de productos de construcción. A los productos ya conocidos se añaden nuevas propuestas de fabricantes y diseñadores que desean dar respuesta a más complejas y variadas exigencias. Con los nuevos productos y las nuevas formas de construir se dan respuestas, a nuevos requisitos,

por ejemplo, mayores niveles de iluminación, térmicos o acústicos para el confort de las personas, pero también, en muchos casos, se hacen propuestas para modificar los hábitos de la sociedad. A las dificultades que conlleva la actividad de proyectar y construir, se suma la necesidad de evaluar los nuevos productos para decidir su utilización” (2013, p. 7) donde se destaca la importancia que tiene la innovación en la construcción para el desarrollo tecnológico e industrial.

Así como también, el estudio denominado: *Contribuciones de la formación en el área de materiales*, de los autores Juan Manuel Vélez Restrepo y Juan Manuel Jaramillo, cuyo principal aporte es “El desarrollo de nuevas tecnologías ha estado asociado con el desarrollo de los materiales adecuados para las aplicaciones específicas. El avance en el conocimiento de un tipo de material puede ser una base importante para la progresión paso a paso de una tecnología. Como ejemplos se puede citar el impacto de la disponibilidad de acero de bajo costo en la industria del automóvil, y de los materiales semiconductores en la industria de los dispositivos electrónicos utilizados en la era contemporánea. El conocimiento sobre los materiales y su procesamiento constituyen un factor clave para la capacidad tecnológica de las empresas o sectores, y definen su competitividad en el mercado global” (2014, p. 67) esto sustentado bajo el conocimiento sobre materiales y su procesamiento, además de la relación entre la innovación y la tecnología de materiales. Igualmente, plantean el reto que enfrenta el área del conocimiento en materiales ante la escasez de materia prima y la disminución del impacto ambiental.

De igual modo, la investigación: *La influencia de distintos muros exteriores en el confort térmico de viviendas en un clima subtropical húmedo*, de la autora Camila Gregorio Atem, cuyo principal aporte fue “La envolvente del edificio puede ser vista como una membrana multifuncional de protección del ambiente interior. Es responsable en buena parte del confort térmico, lumínico y acústico de los interiores, así como también de los

mayores o menores gastos energéticos de un edificio. En resumen, la envolvente del edificio actualmente tiene gran importancia ambiental” (2012, p. 9) en la investigación establece una metodología de simulación por un modelo de vivienda con el software Design Builder; las simulaciones han sido realizadas con paredes exteriores con distintas características térmicas intentando verificar el comportamiento térmico interior de cada material, donde sugiere que la envolvente del edificio es responsable, en gran medida, del confort de los usuarios y de los gastos energéticos de la edificación.

El trabajo de investigación: *Paneles estructurales de poliestireno expandido: análisis energético en el clima tropical-húmedo de Santo Domingo y aplicado a la vivienda social (caso sistema emmedue)*, por la autora la Arq. Kelvin Rafael Méndez Lora, cuyo aporte fue “El sistema constructivo de paneles estructurales de poliestireno expandido (Sistema P.E.P.S) es una tecnología con más de 30 años de experiencia a nivel mundial en el sector de la construcción; En República Dominicana se ha posicionado como una alternativa con diversos proyectos de viviendas, comerciales y otros gubernamentales como hospitales y escuelas. Es un sistema industrial con cualidades constructivas, estructurales, sísmicas, acústicas y térmicas” (2014, p. 11) “La investigación determinó que el sistema de paneles estructurales de poliestireno expandido tiene mejor comportamiento térmico que el sistema de bloques de hormigón, además, el sistema P.E.P.S en el caso 1, alcanzó niveles de temperatura que lo posicionan entre el grupo estudiado como el más óptimo” (p. 12). Muestra como el sector y el mercado de las tecnologías en República Dominicana tienen una necesidad prioritaria la búsqueda de nuevas tecnologías que se utilizan en el mercado de la construcción con un eficiente comportamiento energético.

Marco teórico

El proyecto de investigación se inscribe en la línea de investigación de Arquitectura Bioclimática, teoría seleccionada que se sustenta en:

La sensación térmica que experimenta el ser humano a través de los sentidos en los espacios arquitectónicos está relacionada con sus parámetros internos como efusividad, conductividad térmica, rugosidad, emisividad, etc. La interacción del usuario al tacto con los materiales de revestimiento en paredes y suelos determina en muchos casos de manera prioritaria la sensación de confort que éste experimenta.

Esta línea de investigación pretende determinar algunos de estos parámetros como efusividad, conductividad térmica, emisividad y capacidad calorífica para diversos materiales de construcción, tanto de aquellos que más se utilizan como los revestimientos continuos de yeso, como de materiales cerámicos, maderas, chapas metálicas, pétreos o linóleos. Se investigará en los materiales que pueden mejorar la sensación térmica del usuario y en tratamientos y sistemas que colaboren en crear una mejor sensación térmica al tacto de los materiales menos confortables (Ministerio de Ciencia e Innovación Universidad de Alicante, 2007).

El primer concepto que aborda dicha teoría es: La envolvente como “Concepto contemporáneo que reemplaza e integra dos componentes clásicos de toda arquitectura: la cubierta y las fachadas, los cuales se concebían como simples planos que establecían límites entre los espacios interiores y exteriores de la edificación, y que, además, se diseñaban, si bien como partes de un mismo todo, de manera independiente. Por lo contrario, la envolvente es un elemento tan integral y vivo como la piel de un ser humano. Es el dispositivo que aporta protección al objeto arquitectónico, y además, el encargado de los intercambios de aire, luz y calor con el ambiente” (González Vásquez y Molina Prieto, 2017, p. 3).

Así como también, la mampostería en ladrillo cerámico se caracteriza por estar “Formada por elementos cerámicos de reducidas dimensiones, unidos por morteros de cal y/o cemento con arena. Los muros de mampostería de ladrillos deben ser considerados fundamentalmente como un material compuesto constituido por los mampuestos cerámicos, el mortero de asiento y la interface entre ambos materiales. En el caso de muros con revoques, la complejidad del sistema se incrementa al aparecer nuevos materiales y, fundamentalmente, nuevas interfaces. (Bértora, 2018).

De acuerdo con Diego Andrés Buitrago Torres (2017, p. 5), en su obra *evaluación técnica y análisis costo/beneficio para la implementación del sistema constructivo durapanel para proyectos de vivienda, comerciales, institucionales e industriales*, el sistema durapanel se define como un sistema innovador y nuevo en el país, el cual abarca a su cavidad la definición de un Sistema Constructivo Industrializado; fue creado en 1981 con el nombre de MONOLITE y luego llamado EMMEDUE en 1995. Consiste en un sistema industrializado integral, monolítico y homogéneo con propiedades térmicas y acústicas, mejorando la calidad constructiva para muros, fachadas, losas y escaleras; El sistema constructivo contiene paneles producidos en poliestireno expandido con una estructura interior de acero galvanizado y conectores electrosoldados, reemplazando los tipos de construcciones convencionales, como muros en mampostería, estructuras en concreto armado, encofrados y armaduras.

De la misma forma, otro concepto clave asociado con la investigación es el comportamiento o propiedades térmicas, esto se refieren a “La mayor o la menor capacidad de transmitir calor o acumularlo, y así dar lugar a la inercia térmica de una construcción”. Además, se estudia el impacto del coeficiente de transmisión térmica (K) en los materiales entendido como “La cantidad de calor que transmite un cerramiento en estado de régimen, por metro cuadrado de superficie por unidad de tiempo y por gradiente unitario de

temperatura entre los ambientes interior y exterior” (Cuitiño-Rosales, 2019, p. 11); El cual está relacionado con concepto de Inercia térmica que se define como “La capacidad que tiene la masa de los materiales para absorber y acumular calor durante las horas de sol, para luego ser liberado a fin de acondicionar el ambiente interior (generalmente, por las noches); Esto contribuye a lograr un mejor confort térmico, al reducir las variaciones de temperatura interior, en comparación con las temperaturas exteriores” (p. 11).

Otro concepto estudiado y utilizado para el desarrollo de la investigación fue el estándar de confort que establece la Norma de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calentamiento, Refrigeración y Aire Acondicionado ASHRAE. En razón a lo anterior.

Se abordará la definición de ASHRAE que asume el confort como “esa condición de la mente que expresa satisfacción térmica con el entorno y es evaluado de forma subjetiva” (ANSI/ASHRAE Standard, 2010, pág. 3) Humphreys y Nicol (1995); Olesen y Parsons (2002) indican que la norma ASHRAE 55 formula dos zonas de confort: una para invierno y otra para verano. Señalan, además que las temperaturas de confort han cambiado notablemente en los últimos años; que no es transferible la situación climática del invierno y verano a otras condiciones estacionales y; cuando las condiciones de invierno y verano de un país o región son diferentes de otras, dependiendo de su ubicación geográfica. Según los valores de la zona de confort propuesta por la Norma ASHRAE 55:1992 se interpreta un rango de confort térmico para invierno de 20°C a 23,5°C.

Tabla 1

Valores del rango de confort propuesta por la Norma ASHRAE 55:1992.

Período estacional	Temperatura operativa (To)		Temperatura efectiva ² (ET*)
	Temperatura bulbo húmedo (Tbh)	Punto de rocío (Tpr)	
Invierno	20 °C - 23,5 °C a Tbh = 18 °C	20,5 °C - 24,5 °C a Tpr = 2 °C	20 °C - 23,5 °C
Verano	22,5 °C - 26 °C a Tbh = 20 °C	23,5 °C - 27 °C a Tpr = 2 °C	23 °C - 26 °C
Zona solapada	23 °C - 24 °C		

Fuente: ASHRAE 55:1992

Dentro de las variables más importantes que se abordarán en el estudio está el Confort térmico el cual es “Esa condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico. En general, el confort ocurre cuando la temperatura corporal se mantiene en un rango estrecho, la humedad en la piel es baja, y el esfuerzo fisiológico de regulación es mínimo” (ANSI-ASHRAE 55, 2017). Por lo tanto, se puede decir que el confort en función de la temperatura, “Es el equilibrio térmico que posee el cuerpo humano en un momento y espacio determinados, condición que le permite desarrollar actividades físicas y mentales sin dificultad o esfuerzo fisiológico adicional” (Huerta, 2002, p. 22).

Variables

Entre las variables que se medirán en la investigación se encuentran:

- Clima de San Juan de Pasto.
- Ubicación geográfica de la vivienda.
- Medidas de los espacios de la vivienda.
- Temperatura exterior.
- Temperatura operativa interior de la vivienda.
- Temperatura bulbo seco y bulbo húmedo.
- Trayectoria solar anual.
- Radiación solar.
- Coeficiente de transmisión térmica de los materiales de estudio.
- Confort térmico.

En el trabajo de grado se tienen en cuenta los conceptos de las siguientes variables: El clima para Mónica Rio frío Peredo se define como “La combinación de fenómenos meteorológicos con la geografía de un lugar específico, de modo que juntos determinan ciertas características que influyen en el confort térmico del mismo. Se deja en claro así, que no será solamente la temperatura o la humedad o la velocidad del aire por si sola que influirá, sino todos en conjunto y en esa precisa altitud, longitud y elevación determinadas” (2019, p. 15).

La ubicación geográfica para Julián Pérez Porto y Ana Gardey se logra a partir “Dos ejes de coordenadas. Por un lado, se mide la latitud del punto en cuestión (a través de líneas conocidas como paralelos) y, por otro, la longitud (cuyas líneas son los meridianos). A partir de este sistema de coordenadas, se puede situar cualquier punto en la superficie terrestre” (2013).

Temperatura “La temperatura seca del aire es la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. La diferencia entre esta temperatura y la de la piel de las personas determina el intercambio de calor entre el individuo y el aire, a este intercambio se le denomina, intercambio de calor por convección. También existe el intercambio de calor por radiación entre unas y otras superficies del ambiente (piel, máquinas, cristales, paredes, techos, etc.), que hace que, por ejemplo, pueda ser agradable estar en una casa en la que la temperatura es de 15° C, pero sus paredes están a 22° C” (Juan Guasch, 2007)

La radiación solar es “La energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del

hidrógeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014)

Confort Térmico para Hernández Pezzi es “La zona de confort podría describirse como el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno. El confort térmico puede definirse como una sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente” (2007, p. 38).

Hipótesis

Hi: La implementación del dura panel en la envolvente de la vivienda de estudio ofrece mejor confort térmico que el ladrillo cerámico.

Ho: Existe muy poca variación en el comportamiento térmico del durapanel y el ladrillo cerámico aplicado en la envolvente de la vivienda de estudio.

Ha: La implementación del ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio ofrece mejor confort térmico que el durapanel.

Metodología

Paradigma. La investigación se inscribe en el paradigma Positivista, “Debido a que aborda un objeto material como lo es una vivienda existente en el condominio Ciudad Real, y en este paradigma se considera que la realidad es única, fragmentable, tangible y regida por leyes. De igual manera, se busca realizar explicaciones mediante relaciones causales, verificar, predecir los fenómenos y busca generalizaciones. El conocimiento que se genera es de tipo técnico, expresado mediante leyes universales, y se asume una relación de independencia entre el sujeto que conoce y el objeto de estudio, buscando la objetividad en el conocimiento” (Quijano, 2012).

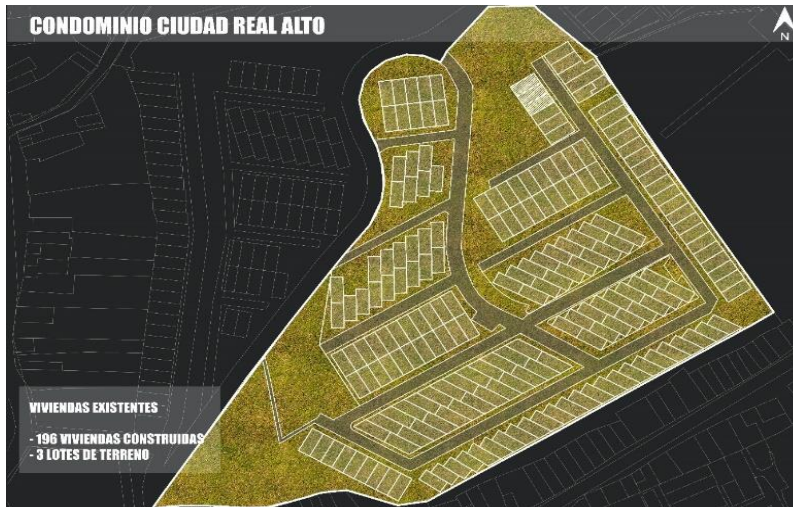
Enfoque. El estudio se lo aborda desde el enfoque cuantitativo, “Debido a que utiliza datos cuantitativos o cuantificables y dicha cuantificación corresponde a propiedades, características o atribuciones que posee el objeto de estudio” (Quijano, 2009).

Método. La investigación se realizará desde el método científico, “Ya que el método científico observa fenómenos físicos, formula y demuestra hipótesis, se fundamenta en la medición de variables, realiza experimentos, busca generalizar los resultados de la investigación a partir de muestras a toda la población, analiza la reproducibilidad de las observaciones y mediciones, es decir, que los resultados que se obtengan en un estudio pueda ser reproducidos en otros contextos, considera la refutabilidad, es decir, que una verdad es cierta hasta que se demuestra lo contrario, por lo tanto, rechaza las verdades absolutas. De igual manera, usa variables, las cuales se deben cuantificar a través de la medición, se basa en la percepción empírica de los fenómenos a través de los sentidos o extendiendo la capacidad de los sentidos a través de instrumentos de precisión, emplea como métodos de razonamiento la deducción y la inducción y formula teorías a partir de enunciar leyes universales” (Quijano, 2012).

Población. La población en la investigación pertenece al condominio Ciudad Real; el cual se compone por 3 Etapas: Ciudad Real Alto, Ciudad Real Medio y Ciudad Real Bajo. Para esta investigación se tomará como población de estudio las viviendas que conforman el condominio Ciudad Real Alto. Esto debido a que es la etapa que cuenta con mayor número de viviendas y área de intervención, con un total de 196 viviendas (ver la figura 2).

Figura 2

Viviendas existentes condominio Ciudad Real alto.



Fuente: Elaboración propia

Muestra. Para la investigación se considerará las viviendas unifamiliares de dos pisos que conservan la tipología predeterminada del conjunto (ver la figura 3), con condiciones de implantación adosada en sus lados laterales y posterior (ver la figura 4).

Figura 3

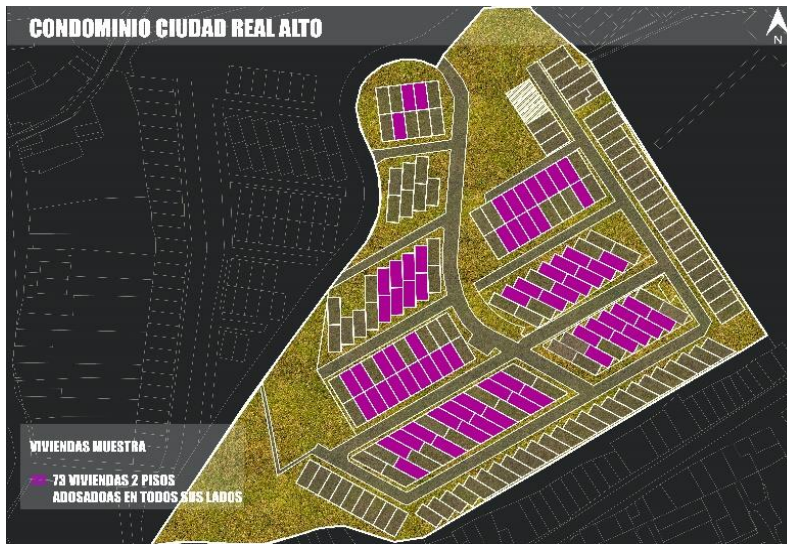
Clasificación tipología de viviendas condominio Ciudad Real alto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Clasificación muestra viviendas de dos pisos con tipología adosada en todos sus lados.



Fuente: Elaboración propia

Además, para la selección final de la muestra de estudio, se tuvo en cuenta la orientación predominante de las viviendas anteriormente clasificadas para un total de 18 viviendas (ver la figura 5).

Figura 5

Clasificación muestra viviendas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Tipo de investigación. La investigación corresponde al tipo explicativo, debido a que se realizarán simulaciones estableciendo relaciones de causa y efecto entre dos variables con base en un mismo objeto de estudio.

Diseño de investigación. El diseño de investigación que se implementará en el estudio corresponde a un preexperimento, ya que mediante la utilización de herramientas de simulación avanzada (como Design Builder) se puede simular (manipular) el confort térmico del durapanel y el ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio mediante un motor de cálculo. Además, en este caso, no se utilizará un grupo de control.

Técnicas de recolección de la información. Las técnicas de investigación seleccionadas para abordar el estudio son:

- La revisión documental.
- Triangulación de estaciones meteorológicas.
- Test sobre comportamiento térmico de materiales.

Instrumentos de recolección de la información. Como instrumentos de recolección de la información se utilizarán:

- Tablas de coeficientes de materiales.
- Formato de registro de datos.
- Hojas de respuesta al test sobre comportamiento térmico de materiales.
- Ficha bibliográfica.

Procesamiento de la información. Las herramientas que se utilizarán para el análisis y la discusión de los resultados de la investigación serán:

- AutoCAD.
- SketchUp.
- Design Builder

- Adobe Photoshop.
- Meteoblue.
- Meteonorm.
- Microsoft Word.
- Microsoft Excel

Caracterización del lugar, tipología y materialidad de la envolvente de las viviendas unifamiliares dentro del condominio Ciudad Real

Caracterización del lugar

El condominio ciudad Real se localiza al nororiente de la ciudad de Pasto, está conformado por tres etapas: Ciudad Real Alto, medio y bajo, siendo Ciudad Real Alto la etapa seleccionada para el estudio es esta investigación, debido a que cuenta con mayor área de intervención, número de unidades habitacionales y tipología de vivienda homogénea.

Figura 6

Clasificación de etapas dentro del condominio Ciudad Real.



Fuente: Elaboración propia

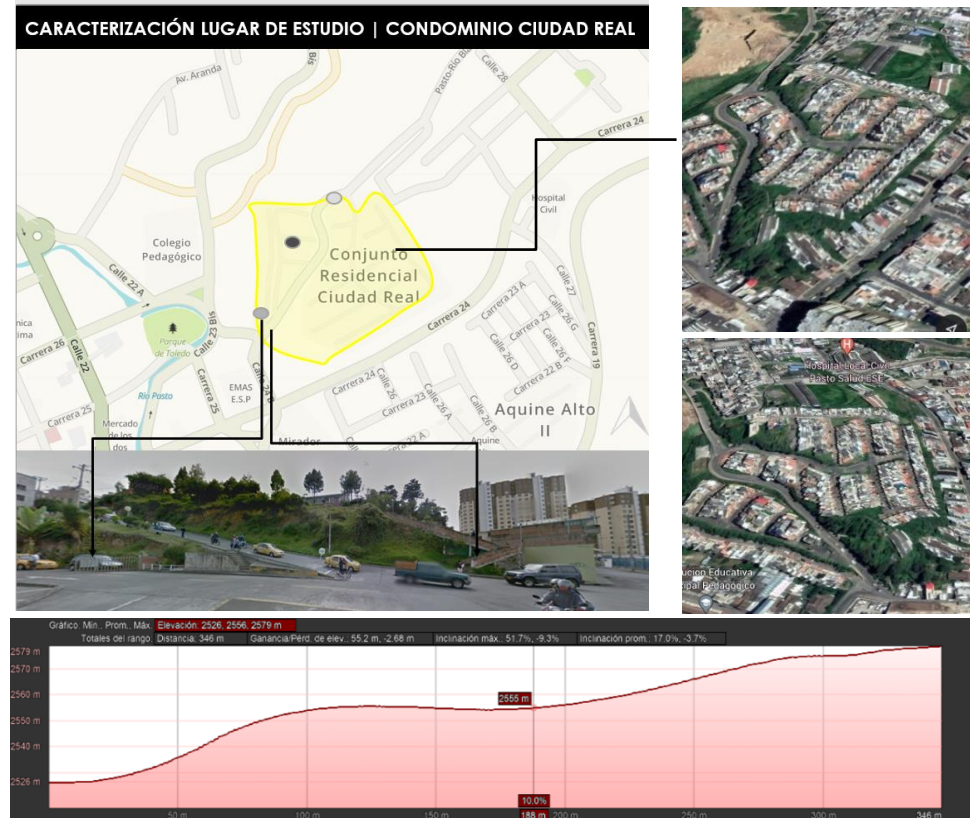
Caracterización geográfica

El condominio se caracteriza por estar ubicado en una extensa elevación de terreno con relieves fuertes y desniveles marcados, sobre todo en la etapa 3 (Ciudad Real Alto).

La vía principal de acceso y eje articulador de todas las etapas del conjunto rodea este montículo adaptándose a la topografía existente y generando una pendiente considerable del área circundante.

Figura 7

Caracterización del paisaje y relieve Condominio Ciudad Real.



Fuente: Elaboración propia

Caracterización climática

Para el estudio se tienen en cuenta los siguientes elementos y factores climatológicos de la ciudad de Pasto:

- **Temperatura:** La temperatura promedio de la ciudad de Pasto es de 12.8 °C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 16 y 17°C. En la madrugada la temperatura mínima está alrededor de los 9.5 °C.

- Humedad relativa: La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 74 y 80%, siendo mayor en la época lluviosa del segundo semestre.
- Vientos: El 29,6% de los vientos en el municipio de Pasto vienen de dirección sur y un 22,9 % tienen incidencia en la coordenada suroeste (sur occidente). El punto cardinal de mayor incidencia se presenta sobre la zona sur (s); con vientos de velocidades entre 2 – 6 m/s
- Nubosidad: En Pasto, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año. La época más despejada del año es el mes de marzo con 9% de nubosidad, y la época más nublada es en el mes de julio con 39%
- Radiación: La duración del día en Pasto no varía considerablemente durante el año, solamente varía 11 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2021, el día más corto es el 21 de diciembre, con 12 horas y 3 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de junio, con 12 horas y 12 minutos de luz natural. La salida del sol más temprana es a las 5:50 a. m. el 2 de noviembre, y la salida del sol más tardía es 31 minutos más tarde a las 6:21 a. m. el 9 de febrero. La puesta del sol más temprana es a las 5:54 p. m. el 4 de noviembre, y la puesta del sol más tardía es 31 minutos más tarde a las 6:25 p. m. el 13 de febrero.
- Precipitación: La temporada más mojada dura 8,1 meses, de 27 de septiembre a 31 de mayo, La temporada más seca dura 3,9 meses, del 31 de mayo al 27 de septiembre.

Figura 8

Determinantes climatológicas.

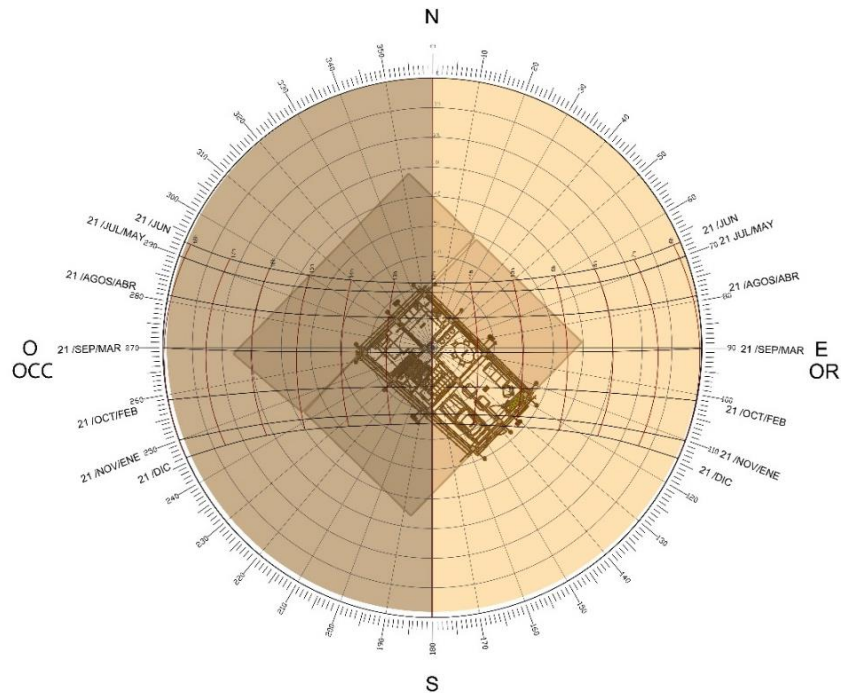


Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la vivienda se encuentra adosada en sus lados laterales y posterior, solo tiene incidencia solar en su fachada principal y en la losa de cubierta (ver figura 9), por lo tanto, recibe mayor incidencia solar en horas de la mañana y al medio día, sin embargo, en horas de la tarde no recibe incidencia solar debido a su implantación y condicionantes.

Figura 9

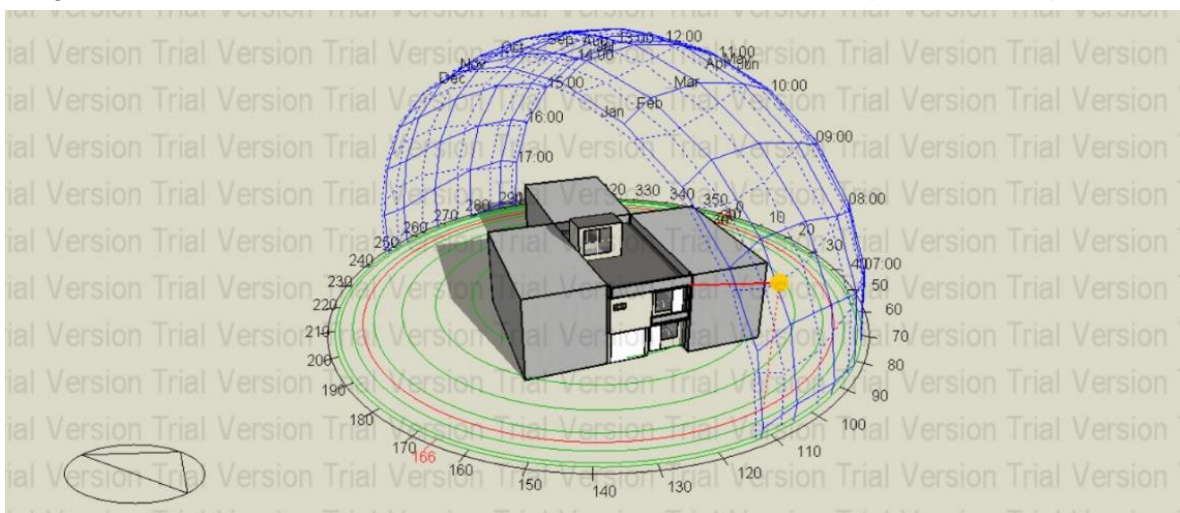
Diagrama solar de implantación vivienda de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

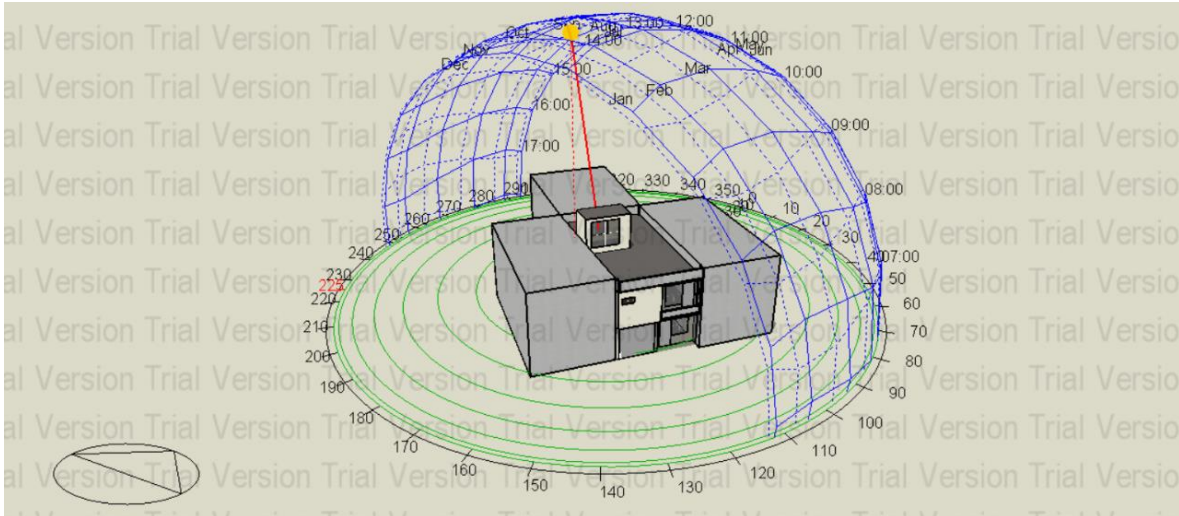
Diagrama solar 3D movimiento solar a las 8 am en el día más frío (16 de febrero).



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

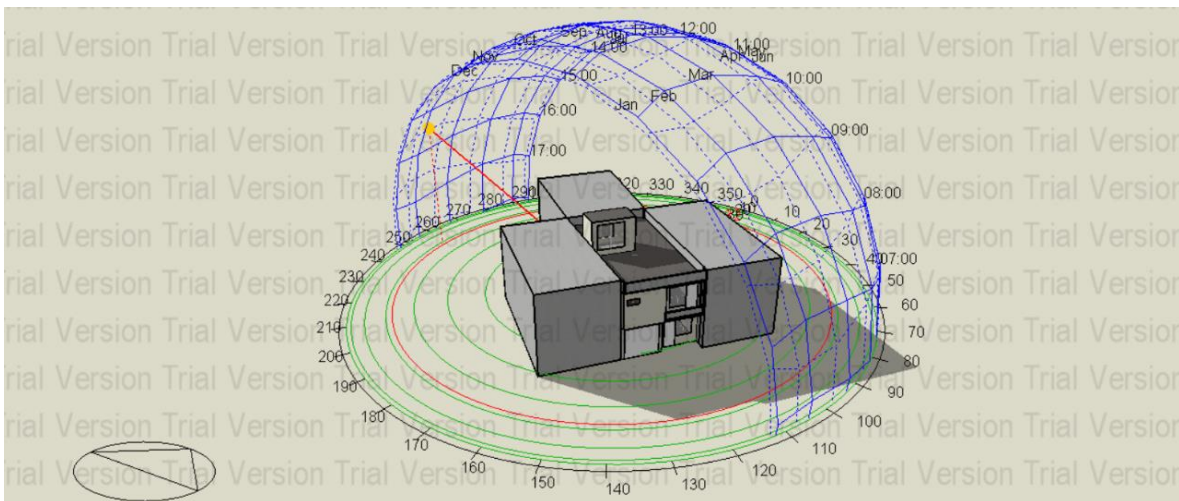
Diagrama solar 3D movimiento solar a las 12 am en el día más frío (16 de febrero).



Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Diagrama solar 3D movimiento solar a las 4 pm en el día más frío (16 de febrero).



Fuente: Elaboración propia

Caracterización morfológica y tipológica

En el condominio ciudad real predominan las viviendas unifamiliares de 2 pisos, también existen viviendas multifamiliares de 3 y hasta de 4 pisos. Existe una variación en cuanto a la distribución interna de las viviendas, aunque en su mayoría son muy similares. Con respecto a las fachadas de las viviendas se conservan los mismos colores, materiales y morfología. sin embargo, se presentan variaciones moderadas entre estas.

Figura 13

Morfología viviendas Ciudad Real.



Fuente: Elaboración propia

Para esta investigación se determinó como muestra de estudio las viviendas con las siguientes características: Que tengan dos pisos y adosadas en sus lados laterales y posterior.

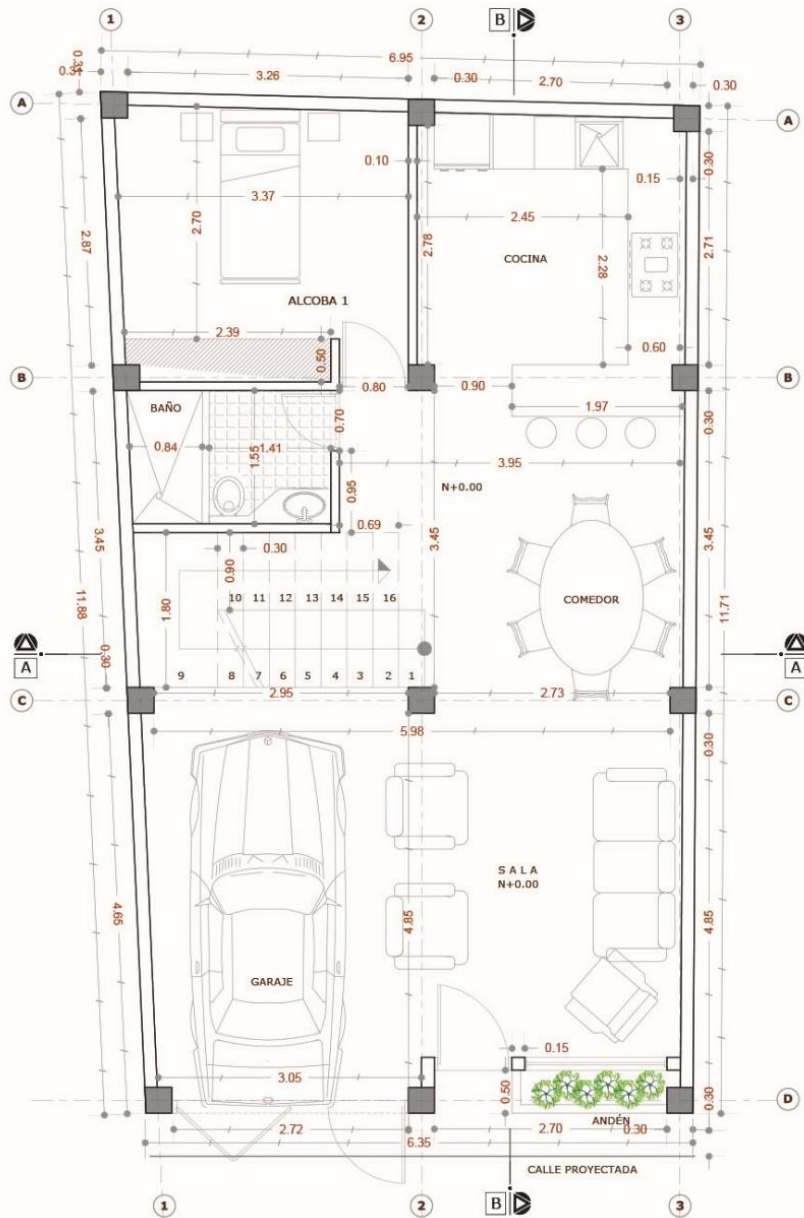
Distribución interna de las viviendas. A continuación, se describe la distribución arquitectónica interna de la vivienda de estudio.

La vivienda tiene un área total de 156 m², y está distribuida en dos plantas, a continuación, se muestra la primera planta que cuenta con los siguientes espacios: El

primer piso está conformado por 1 Garaje, sala, comedor, cocina, baño social, patio y 1 circulación vertical interna (ver figura 14)

Figura 14

Planta arquitectónica primer piso de vivienda de estudio.

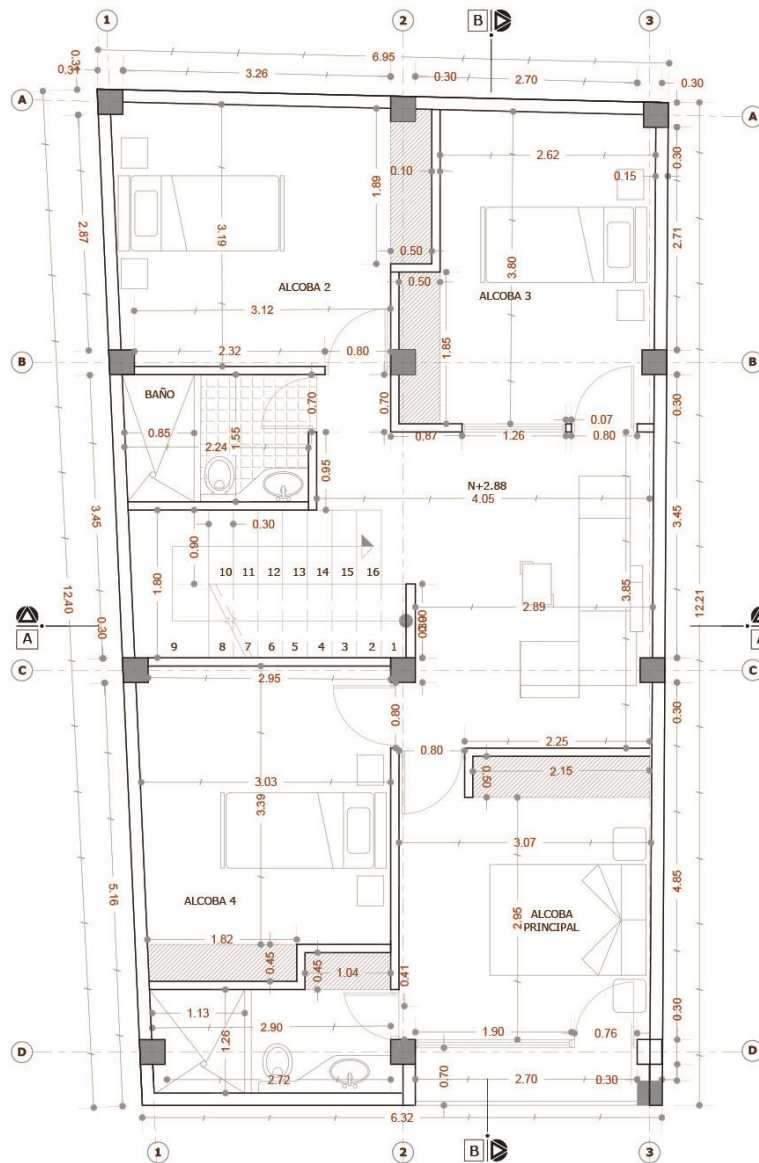


Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la segunda planta de la vivienda de estudio que cuenta con los siguientes espacios: 1 Alcoba principal con baño, 2 Alcobas secundarias, 1 Baño, sala de estar y circulación vertical interna (ver figura 15). (En el tercer nivel se encuentra la zona de lavado y terraza).

Figura 15

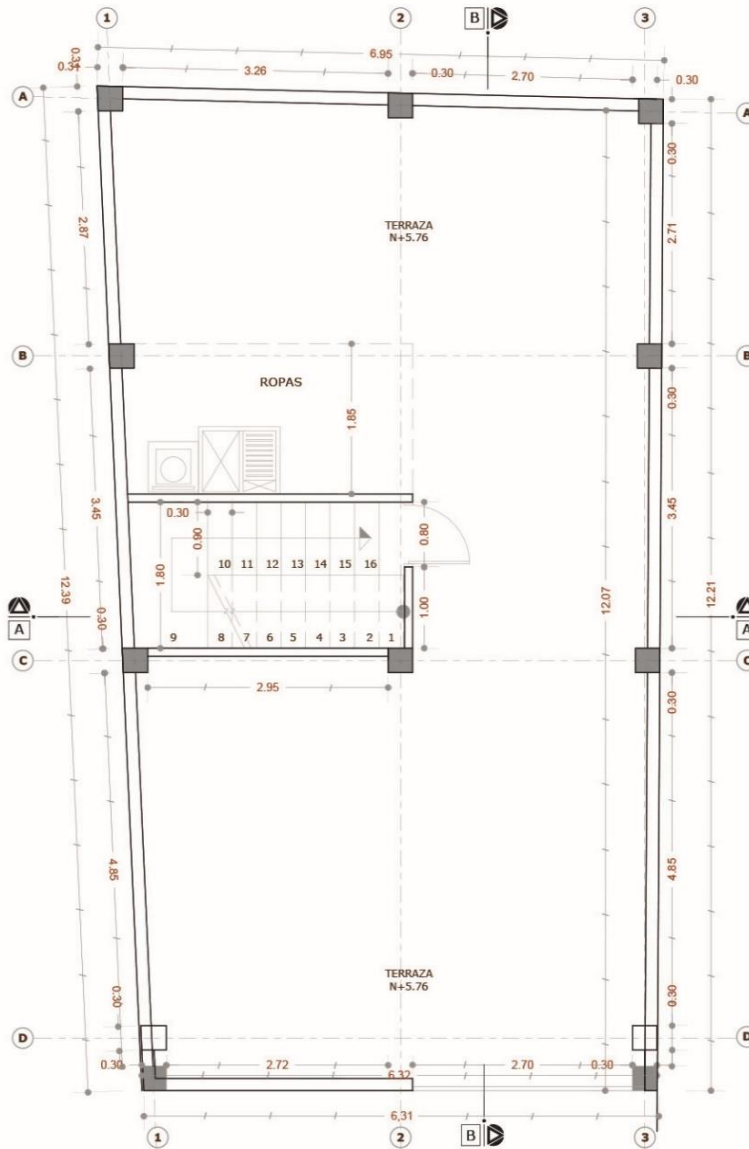
Planta arquitectónica segundo piso de vivienda de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Planta arquitectónica terraza de vivienda de estudio.

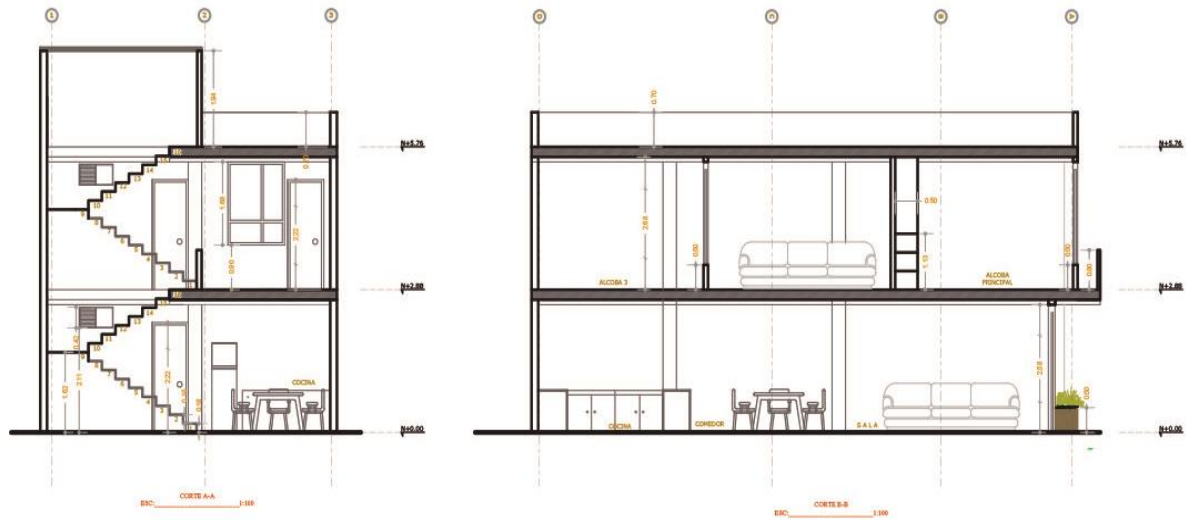


Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestran los cortes arquitectónicos de la tipología de la vivienda de estudio y la fachada frontal de la vivienda.

Figura 17

Cortes arquitectónicos de vivienda de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Fachada arquitectónica de vivienda de estudio.



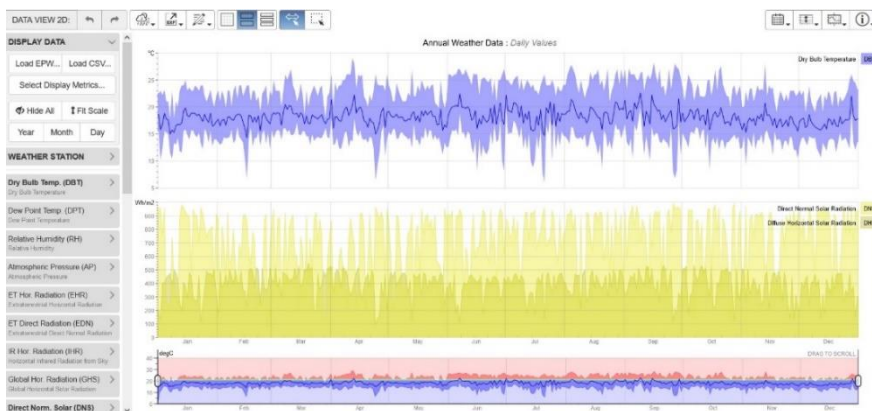
Fuente: Elaboración propia

Programación y modelado del estado actual de la vivienda y el escenario 2 en software Design Builder

Configuración climática. A continuación, mostraremos el proceso de configuración climática del lugar de estudio para el posterior desarrollo de la simulación en el programa Design Builder. Seleccionamos un archivo climático de la ciudad de Pasto con las variables de temperatura más cercanas a la realidad.

Figura 19

Variantes de temperatura mensual en la ciudad de Pasto



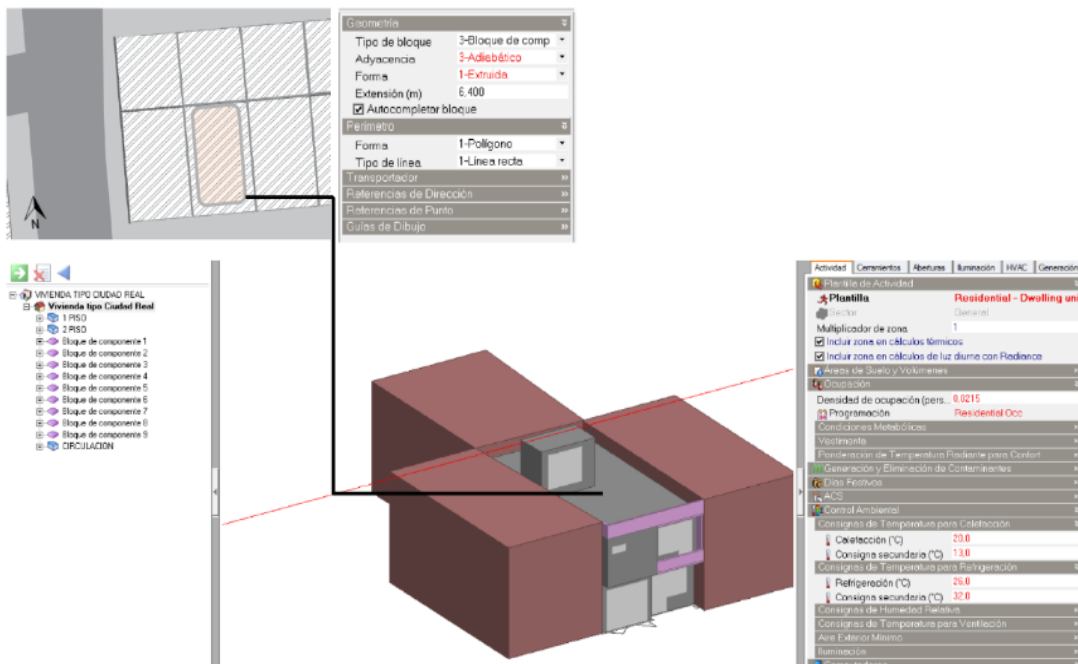
Fuente: Aplicación Web Data View 2D Dr. Andrew J. Marsh

Programación plantilla de localización. Para la configuración de la plantilla de localización se utilizó el archivo climático en formato EPW de la ciudad de Pasto obtenido a través de un Repositorio de datos climáticos gratuitos para la simulación del rendimiento de edificios llamado Climate.OneBuilding.Org, y se tuvo en cuenta los datos de altitud, latitud m.s.n.m. específicos de la ciudad.

Modelación 3d de contexto inmediato de la vivienda de estudio. En el condominio Ciudad Real predomina la tipología de viviendas adosadas, por lo que se determinó modelar tres bloques de componente adiabáticos para simular las viviendas colindantes a la del caso de estudio.

Figura 20

Modelación contexto inmediato vivienda de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Programación plantilla de ocupación. Teniendo en cuenta el programa arquitectónico, dentro de la programación en el software Design Builder, seleccionamos un espacio establecido con características similares de actividad que se ajusten al uso residencial de la edificación.

Programación plantilla de actividad. Como criterio de programación para la plantilla de Clothing de la vivienda, se tuvo en cuenta el valor CLO obtenido por medio de la investigación de estándares. El CLO definido es de 0,75 según las características de vestuario en la ciudad de Pasto.

Figura 21

Programación plantilla de actividad.

PLANTILLA CLOTHING

Occupancy

Occupied?

Occupancy density (people/m2) 0.0215

Schedule Residential Occ

Metabolic

Clothing

Clothing schedule definition 1-Generic summer and winte

Winter clothing (clo) 0.75

Summer clothing (clo) 0.75

Daily wear clothing		clo	U_i m ² K/W
a)	Sandals, shirt with short sleeves, shorts, panties, light socks, sweater	0.43	0.07
a.1)	Sandals, shirt with short sleeves, shorts, panties, light socks	0.78	0.04
b)	Shoes, socks, light trousers, panties, light shirt with long sleeves, light summer jacket	0.75	0.11
b.1)	Shoes, socks, light trousers, panties, light shirt with long sleeves	0.47	0.07
c)	Shoes, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, thin sweater, jacket	1.03	0.16
c.1)	Shoes, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, thin sweater	0.63	0.10
d)	Shoes, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, shirt with long sleeves, sweater, jacket	1.39	0.22
d.1)	Shoes, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, shirt with long sleeves, sweater	0.96	0.15
e)	Boots, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, flannel shirt, thick sweater, coat	1.77	0.27
e.1)	Boots, socks, trousers, panties, undershirt with short sleeves, flannel shirt, thick sweater	1.17	0.18

Fuente: Basic thermal insulation of clothing ensembles (Ici) to be used outdoor (Krawczyk 1993)

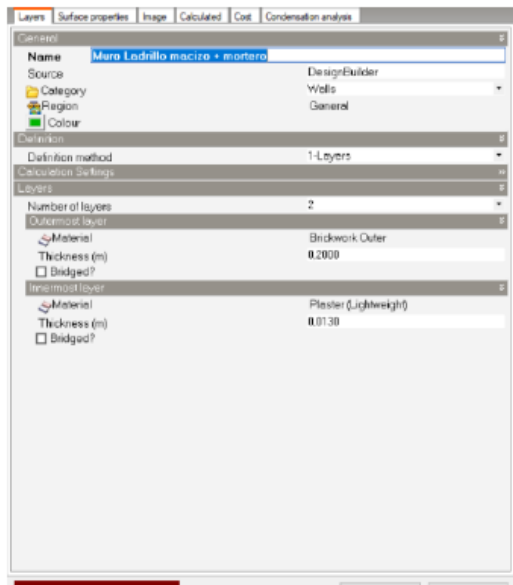
Fuente: Elaboración propia

Programación de plantilla de materiales estado actual de vivienda. Para la programación de la plantilla de construcción se tuvo en cuenta todos los materiales que componen actualmente la vivienda, con un enfoque particular en el ladrillo cerámico que se encuentra en la envolvente y particiones internas, siendo uno de los materiales determinantes en cuanto al comportamiento térmico de esta.

Muros externos y particiones internas. Los muros de la vivienda de estudio actualmente están elaborados con mampostería en ladrillo cerámico, su estructuración se compone de ladrillo tolete común de medidas 20 cm x10 cm x 6 cm, y una capa de mortero a cada lado de 6,5 mm. El valor del coeficiente térmico de los muros existentes de la vivienda estudio corresponde a 2,044 W/m²K

Figura 22

Plantilla de construcción muros de vivienda actual.



Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

General

Name: **Muro Ladrillo macizo + mortero**

Source: DesignBuilder

Category: Walls

Region: General

Colour: [Color swatch]

Definition

Definition method: 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers: 2

Outermost layer

Material: Brickwork Outer

Thickness (m): 0.2000

Bridged? []

Innermost layer

Material: Plaster (lightweight)

Thickness (m): 0.0130

Bridged? []

Model data [] Insert layer Delete layer

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Surface resistance (m ² -K/W)	0.130

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Surface resistance (m ² -K/W)	0.040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.131
R-Value (m ² -K/W)	0.489
U-Value (W/m²-K)	2.044

With Bridging (BS EN ISO 6945)

Thickness (m)	0.2130
Km - Internal heat capacity (kJ/m ² -K)	126.1200
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.489
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.489
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.131
R-Value (m ² -K/W)	0.489
U-Value (W/m²-K)	2.044

Model data []



Construction

- External walls: **Muro Ladrillo macizo + mortero**
- Below grade walls: Below grade wall - Typical reference - Medium we
- Flat roof: Flat roof - 19mm asphalt
- Pitched roof (occupied): Flat roof - 19mm asphalt
- Pitched roof (unoccupied): Flat roof - 19mm asphalt
- Internal partitions: **Muro Ladrillo macizo + mortero**

Cross Section

Outer surface



200.00mm Brickwork Outer

Inner surface

El proyecto actual cuenta con mampostería en ladrillo cerámico

Fuente: Elaboración propia

Cubierta. La cubierta de la vivienda se compone por una losa maciza en concreto asfáltico de 19 cm, cuyo valor del coeficiente térmico corresponde a $2,431 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pisos. Actualmente la vivienda cuenta con losas aligeradas en concreto de 10 cm de espesor con un valor del coeficiente térmico correspondiente a $3,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Acristalamientos. La vivienda en su estado actual cuenta con un acristalamiento simple con un vidrio transparente de 3 mm incoloro y con un Valor de coeficiente térmico correspondiente a $5,89 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Programación de plantilla de materiales escenario dos de la vivienda. Para la programación de la plantilla de construcción en el escenario dos, se tuvo en cuenta todos los materiales que componen actualmente la vivienda, a excepción del ladrillo cerámico que se encuentra en la envolvente, este material se cambió por Durapanel que fue el material seleccionado para hacer el análisis comparativo en cuanto al comportamiento térmico de esta. Por lo tanto, se utilizó toda la configuración anteriormente descrita y se estableció el cambio en el componente de muros externos.

Plantilla de materiales escenario dos de vivienda.

Muros externos. Los muros en el escenario dos de la vivienda de estudio se plantearon en durapanel, el cual se compone por una capa de mortero, poliestireno extruido y otra capa de mortero, el valor del coeficiente térmico de los muros en durapanel para la vivienda estudio corresponde a $0,585 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ver figura 23).

Figura 23

Plantilla de construcción muros exteriores escenario dos de vivienda.

The figure displays two screenshots from a software application used for building construction and thermal analysis.

Top Screenshot: Construction Template Settings

General

- Name: MURO DURAPANEL POLIESTIRENO+MALLA+MORTERO LANZADO
- Source: DesignBuilder
- Category: Walls
- Region: General
- Colour: (Default)

Definition

- Definition method: 1-Layers

Calculation Settings

- Number of layers: 3

Layers

- Outermost layer**
 - Material: Cement/plaster/mortar - cement plaster
 - Thickness (m): 0.0250
 - Bridged?:
- Layer 2**
 - Material: XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing
 - Thickness (m): 0.0500
 - Bridged?:
- Innermost layer**
 - Material: Cement/plaster/mortar - cement plaster
 - Thickness (m): 0.0250
 - Bridged?:

Construction Template

- External walls: MURO DURAPANEL POLIESTI
- Below grade walls: Below grade wall - Typical reference -
- Flat roof: Flat roof - 19mm asphalt
- Pitched roof (occupied): Flat roof - 19mm asphalt
- Pitched roof (unoccupied): Flat roof - 19mm asphalt
- Internal partitions: Muro Ladrillo macizo + mortero
- Semi-Exposed

Cross Section

Outer surface

- 25.00mm Cement/plaster/mortar - cement plaster
- 50.00mm XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing
- 25.00mm Cement/plaster/mortar - cement plaster

Inner surface

Bottom Screenshot: Thermal Analysis Results

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 (BS EN ISO 1946)

- U-Value surface to surface (W/m²-K): 0.645
- R-Value (m²-K/W): 1.710
- U-Value (W/m²-K): 0.585**

With Bridging (BS EN ISO 1946)

- Thickness (m): 0.1000
- Kn - internal heat capacity (K_v/m²-K): 38.1850
- Upper resistance limit (m²-K/W): 1.710
- Lower resistance limit (m²-K/W): 1.710
- U-Value surface to surface (W/m²-K): 0.645
- R-Value (m²-K/W): 1.710
- U-Value (W/m²-K): 0.585**

Fuente: Elaboración propia

Análisis del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico en la envolvente de la vivienda de estudio

Para el análisis térmico de la mampostería en ladrillo cerámico se utilizaron herramientas de simulación avanzada como el software Design Builder, el cual por medio de la programación detallada nos permitió generar simulaciones térmicas y energéticas de la vivienda de estudio en su estado actual, con el fin de evaluar aspectos como los niveles de confort y los consumos de energía.

Composición y funcionamiento de muros en ladrillo cerámico

En la construcción de obras civiles y particularmente en la vivienda de estudio, se utiliza el ladrillo tolete macizo de arcilla cocida, en la composición de muros y particiones internas que componen edificios y viviendas, por su fácil disponibilidad, bajos costos del material y por ser el material mayormente en el campo de construcción en Colombia. “El ladrillo es uno de los materiales tipo cerámica o arcilla cocida más antiguo que se viene utilizando en el sector de la albañilería. Se distingue por su forma de prisma rectangular, y por sus propiedades que le hacen tener una excelente resistencia a la compresión. También se distingue por sus cualidades de aislamiento acústico y térmico. Con este material hecho de masa de barro cocida se logra levantar perfectamente cualquier muro o estructura.” (Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., & Monroy Sepúlveda, R, 2012,43-58).

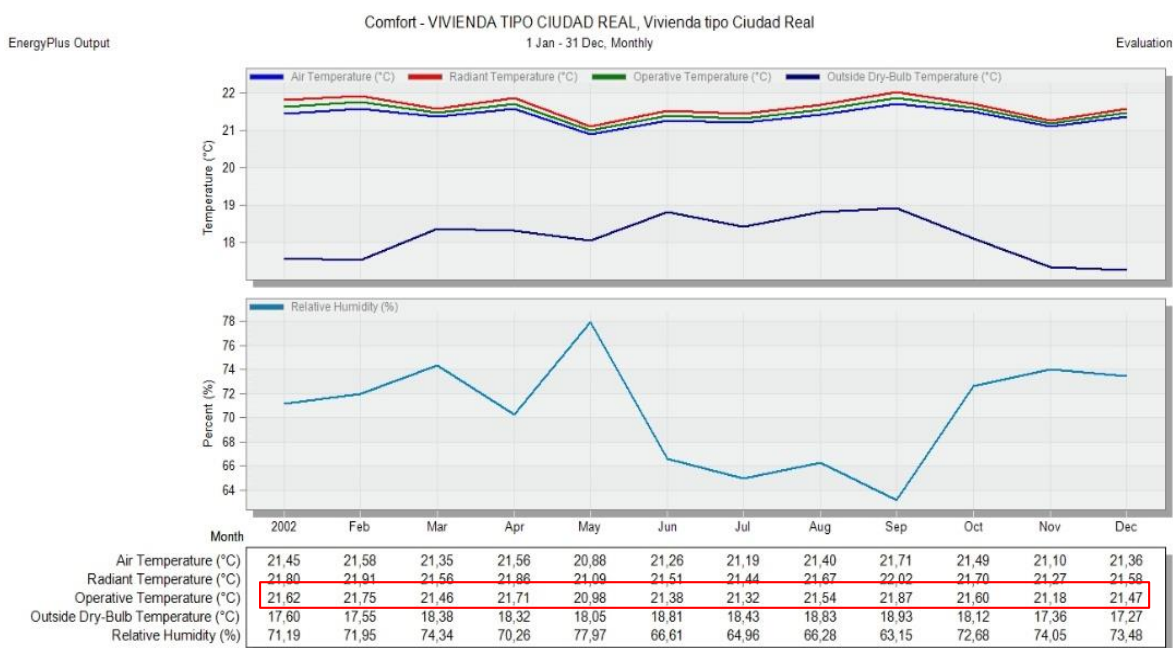
Estudio de resultados simulación Design Builder estado actual de la vivienda

Simulación anual estado actual. Se realizó la simulación térmica del modelo de la vivienda en su estado base y se obtuvieron los valores de temperatura operativa en cada mes del año, se observa que la vivienda en su estado actual presenta temperaturas operativas dentro del rango confort térmico de 20° C a 23,5° C en todos los meses y que la vivienda en su estado actual presenta una temperatura operativa promedio anual de 21,53°C.

También se observa que los resultados obtenidos en la simulación anual no tienen una variación significativa en oscilación térmica (ver figura 24).

Figura 24

Simulación térmica anual en estado actual.



Fuente: Elaboración propia

Simulación mensual estado actual. Considerando que no se observa una variación significativa en la oscilación térmica anual, es necesario realizar un estudio más detallado donde se identifique el día más frío del año, esto con el fin de estudiar el comportamiento térmico de los materiales en un rango de horas por día, utilizando todos los datos de temperatura exterior obtenidos en la simulación climática anual, para esto se tabularon todos los datos en un archivo Excel donde se filtró el menor valor de temperatura exterior, dando como resultado el 16 de febrero el día más frío del año.

Tabla 2.

Resultado día más frío del año según la temperatura exterior anual.

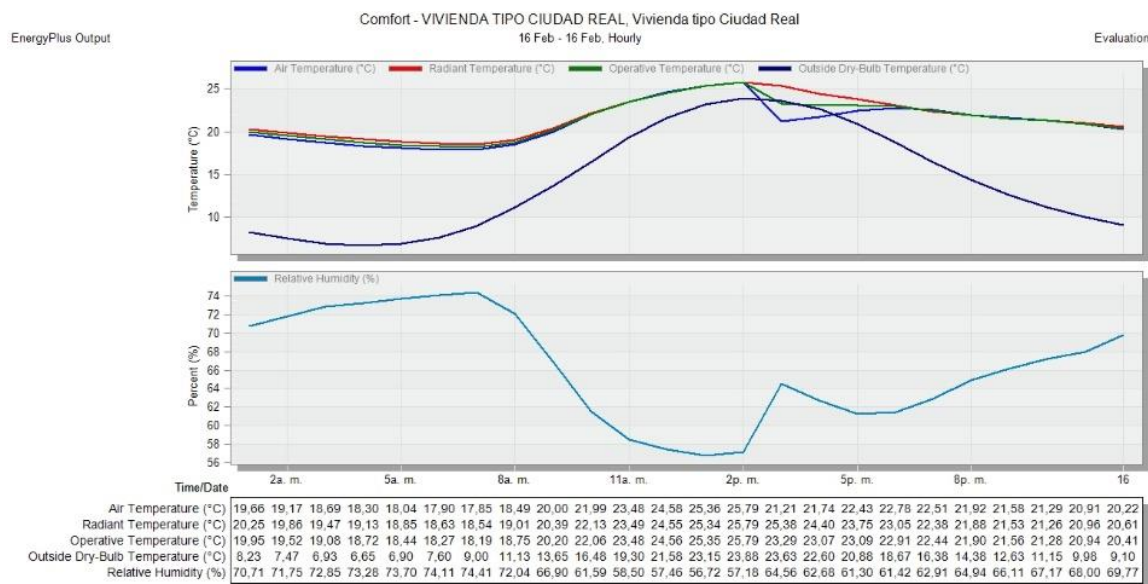
Date /Time	Temperatura Operativa (°C)	Temperatura Exterior (°C)
16-febrero	21,58554	14,25313

Fuente: Elaboración propia

Simulación diaria estado actual. Por medio de este estudio se analizará el confort térmico por horas de la temperatura operativa de la vivienda en su estado actual en el día más frío del año.

Figura 25

Simulación térmica diaria, día 16 de febrero en estado actual.



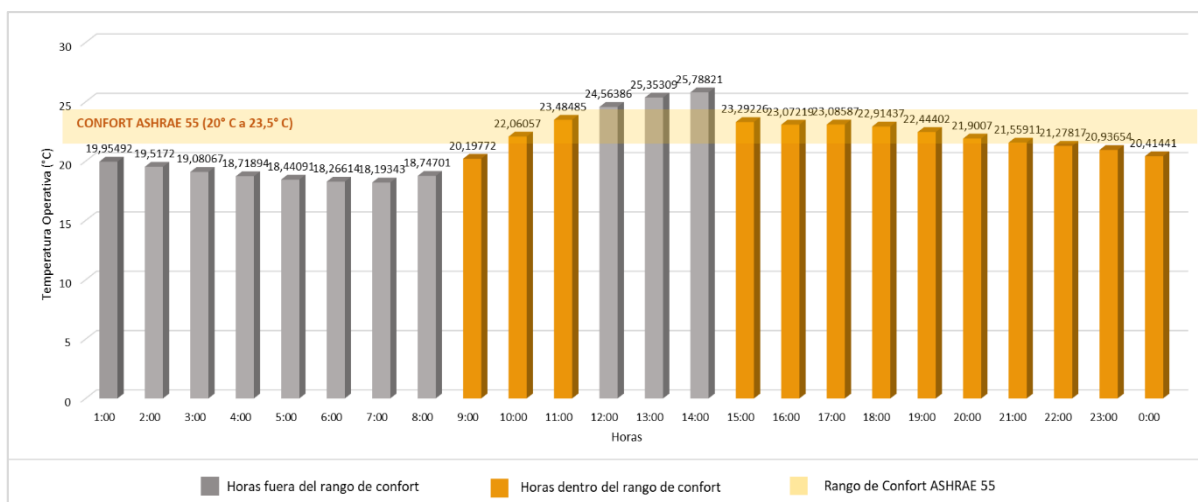
Fuente: Elaboración propia

Se determinó que de las 24 horas del día 11 horas están fuera del rango de confort establecido por el estándar ASHRAE 55 , desde la 1:00 am hasta las 8:00 am y desde las 12:00 am hasta las 2:00 pm, sin embargo se observa que este último horario mencionado de horas presenta temperaturas por encima del rango establecido, las horas en disconfort representan 45,83 %, siendo las 7:00 am la hora que presenta menor temperatura (18,19°C)

y que 13 horas están dentro del rango de confort establecido que representan el 54,16 %, desde las 9:00 am hasta las 11:00 am y desde las 3:00 pm hasta las 12:00 pm, lo cual significa que el porcentaje mayor de horas en un día está dentro del rango de confort establecido.

Figura 26

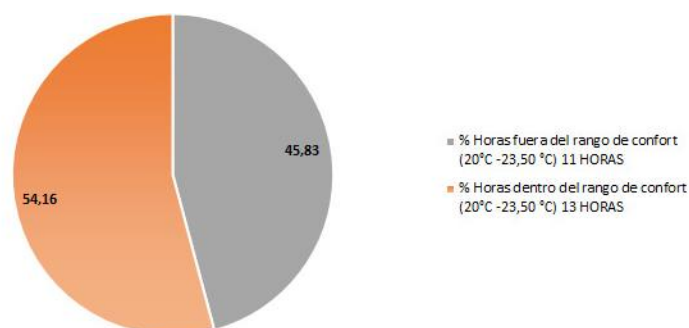
Relación temperatura operativa por horas en el día más frío en estado actual.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Porcentaje de horas en el día más frío, dentro y fuera del rango de confort térmico en estado actual.



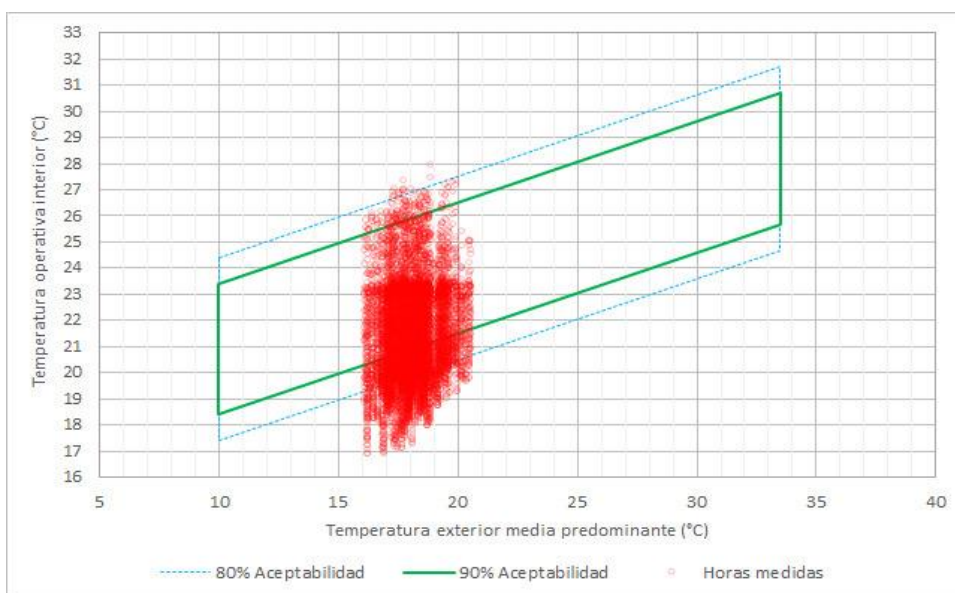
Fuente: Elaboración propia

Simulación del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas del estándar ASHRAE 55 en estado actual.

Mediante el software de cálculo de confort térmico Design Builder y el aplicativo de Excel ConfAdapt-ASH55, herramienta desarrollada por Sol-Arq y distribuida por Seiscubos, se realizó el cálculo del rango de temperatura de confort para la vivienda de estudio en la ciudad de Pasto, teniendo en cuenta la temperatura operativa de la vivienda existente, temperatura del aire, temperatura radiante, la velocidad del viento y la temperatura exterior de bulbo seco, obteniendo como resultado una gráfica que permite visualizar la ubicación de todas las horas medidas anuales respecto a las dos zonas de confort definidas por el estándar ASHRAE (80% y 90% de aceptabilidad), donde las horas medidas validas son aquellas que quedan dentro de los límites establecidos por el estándar para la temperatura exterior media predominante entre 10°C y 33,5°C.

Figura 28

Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el estado actual.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el estado actual.

Resultados de confort adaptativo conforme al estándar ASHRAE 55-2017		
Horas medidas NO válidas:	2	
Horas medidas válidas:	8.758	
Horas medidas TOTALES:	8.760	
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	4.786	54,65%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	3.972	45,35%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - Calor :	154	1,76%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - Frio :	3.818	43,59%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	6.899	78,77%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	1.859	21,23%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - Calor :	13	0,15%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - Frio :	1.846	21,08%

Nota: Las horas medidas no válidas son las que quedan fuera de rango de temperaturas exteriores establecido en el estándar ASHRAE 55 (entre 10 y 33.5 °C).

Fuente: Elaboración propia

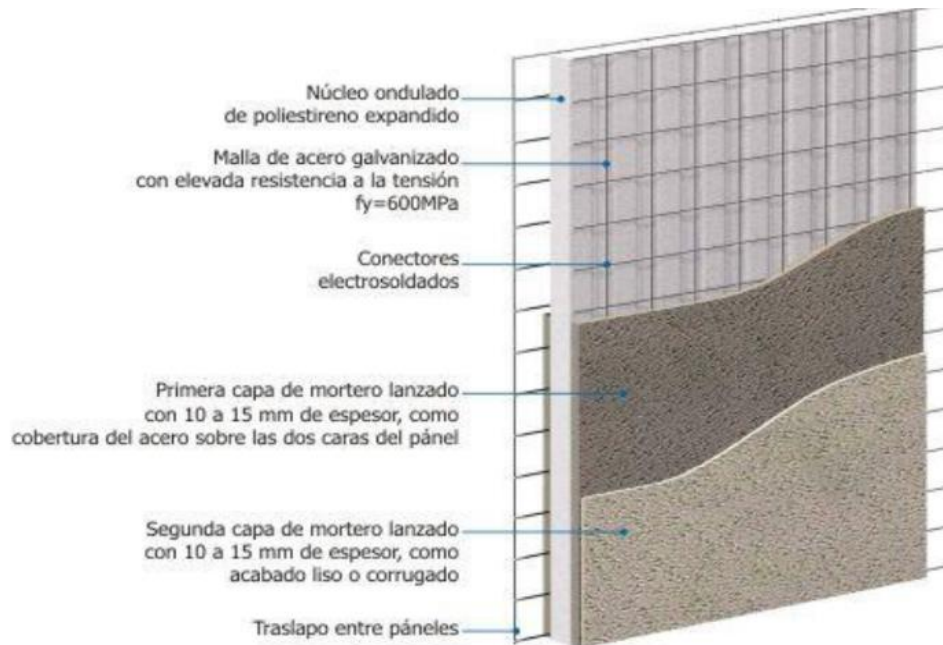
Estudio del comportamiento térmico del durapanel aplicado a la envolvente de la vivienda de estudio.

Para el análisis térmico del durapanel también se utilizó el software Design Builder, además de la programación establecida en el estado actual de la vivienda, a excepción de la plantilla de muros exteriores, esta se sustituye por los componentes que integran el nuevo material de estudio, el cual es el durapanel, los resultados de esta simulación térmica para este segundo escenario permitirán estudiar el rendimiento y comportamiento térmico de este material poco convencional.

Composición y funcionamiento de muros en durapanel. El durapanel es un sistema constructivo revolucionario y eficiente, el cual permitirá desarrollar obras en un 30% menos del tiempo estimado para una obra con mampostería tradicional. Es un sistema constructivo integral monolítica y homogénea que por sus altas propiedades de aislamiento termo-acústico ofrece al usuario final un producto con los mejores beneficios para muros divisorios, muros portantes, fachadas, losas y escaleras. Los módulos están integrados por dos mallas de acero galvanizado electro soldada y una capa interpuesta de poliestireno expandido de alta densidad y propiedades auto ignífugas. Con este sistema se reemplaza el ladrillo tradicional por láminas de poliestireno expandido de alta densidad auto ignífugo y malla electro-soldada en dos caras, que, al ser revestidas con mortero estructural lanzado, hacen de cada muro, un muro portante o un muro divisorio, solidariamente vinculado a una estructura en concreto, metálica o de madera (Constructeck, 2019).

Figura 29

Composición panel durapanel.



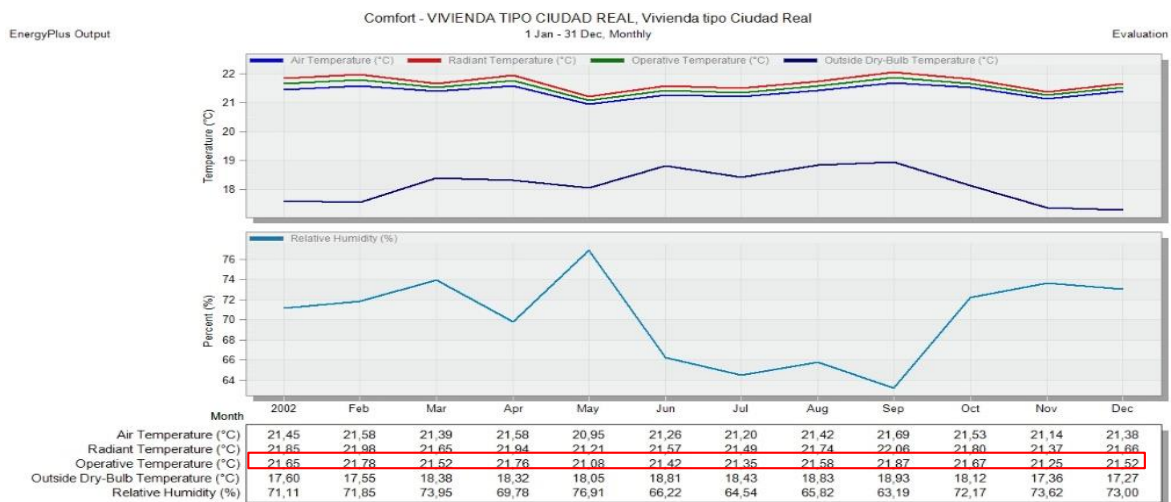
Fuente: Constructeck

Estudio de resultados simulación Design Builder escenario dos de la vivienda

Simulación anual escenario dos. Se realizó la simulación térmica del modelo de la vivienda en un segundo escenario, en el cual se sustituyen los muros exteriores en ladrillo cerámico por los componentes que integran el durapanel y se obtienen como resultados los valores de temperatura operativa. Se determina que la vivienda en el escenario dos presenta una temperatura operativa promedio anual de $21,53^\circ\text{C}$ y que presenta temperaturas operativas dentro del rango confort térmico de 20°C a $23,5^\circ\text{C}$ en todos los meses (ver figura 30).

Figura 30

Simulación térmica anual en escenario dos.

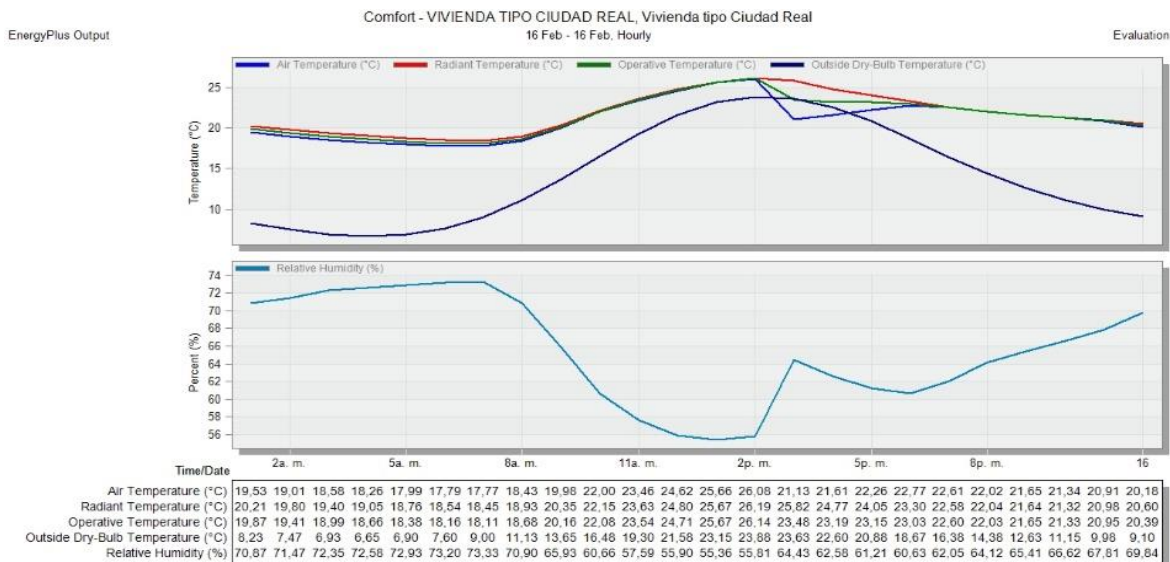


Fuente: Elaboración propia

Simulación diaria escenario. Por medio de este estudio se analizará el confort térmico de la temperatura operativa, la demanda energética de calefacción y el comportamiento térmico del durapanel en la envolvente de la vivienda de estudio.

Figura 31

Simulación térmica diaria, día 16 de febrero en escenario dos.

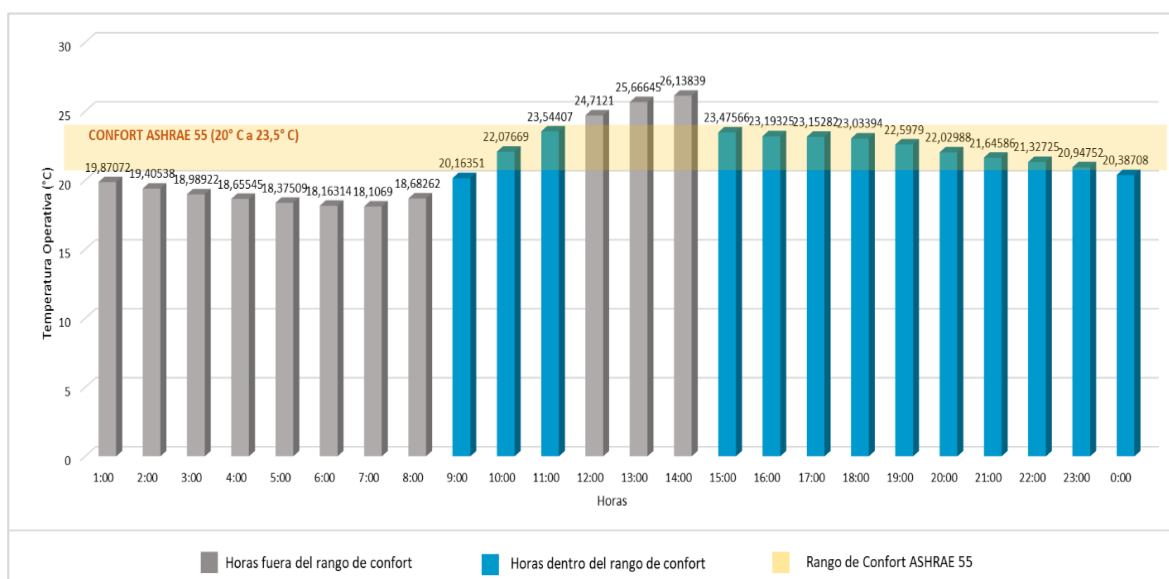


Fuente: Elaboración propia

Se observó que de las 24 horas del día 11 horas están fuera del rango de confort establecido, desde la 1:00 am hasta las 8:00 am y desde las 12:00 am hasta las 2:00 pm sin embargo se observa que este último horario mencionado de horas presenta temperaturas por encima del rango establecido, las horas en disconfort representan 45,83 %, siendo las 7:00 am la hora que presenta menor temperatura (18,10°C) y que 13 horas están dentro del rango de confort establecido que representan el 54,16 %, desde las 9:00 am hasta las 11:00 am y desde las 3:00 pm hasta las 12:00 pm, lo cual significa que el porcentaje mayor de horas en un día está dentro del rango de confort establecido.

Figura 32

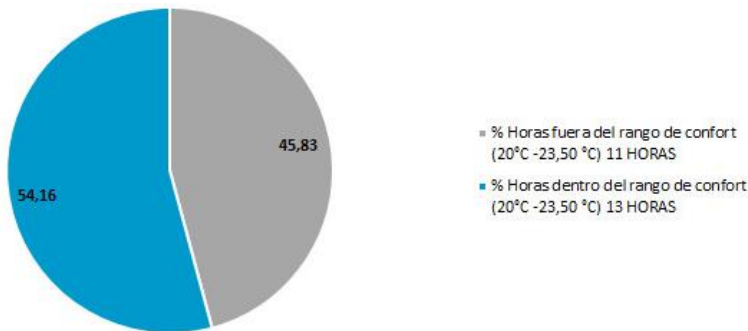
Relación temperatura operativa por horas en el día más frío en escenario dos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Porcentaje de horas en el día más frío, dentro y fuera del rango de confort térmico en escenario dos.



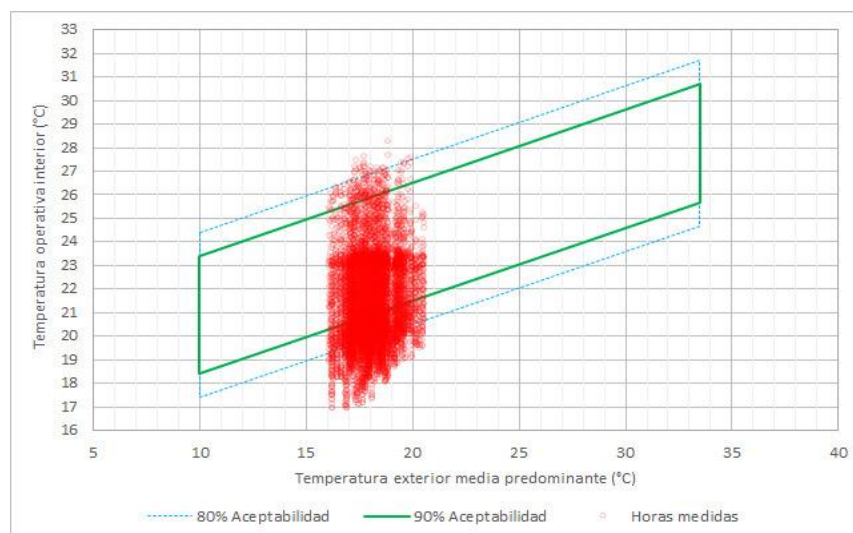
Fuente: Elaboración propia

Simulación del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas del estándar ASHRAE 55 en estado actual.

Se realizó el cálculo del rango de temperatura de confort para la vivienda de estudio en el escenario dos, en las zonas de confort definidas por el estándar ASHRAE 55 (80% y 90% de aceptabilidad).

Figura 34

Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el escenario dos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Rango de confort adaptativo estándar ASHRAE 55 en el escenario dos.

Resultados de confort adaptativo conforme al estándar ASHRAE 55-2017		
Horas medidas NO válidas:	4	
Horas medidas válidas:	8.756	
Horas medidas TOTALES:	8.760	
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	4.733	54,05%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	4.023	45,95%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - Calor :	214	2,44%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - Frio :	3.809	43,50%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	6.875	78,52%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	1.881	21,48%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - Calor :	25	0,29%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - Frio :	1.856	21,20%

Nota: Las horas medidas no válidas son las que quedan fuera de rango de temperaturas exteriores establecido en el estándar ASHRAE 55 (entre 10 y 33.5 °C).

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de las similitudes, diferencias y patrones del comportamiento térmico de los materiales de estudio



Con el estudio y análisis de las simulaciones previamente mencionadas del comportamiento térmico del ladrillo cerámico y durapanel en la envolvente de una vivienda, se concluye el desarrollo de esta investigación con la evaluación de las similitudes, diferencias y patrones encontrados en los dos materiales de estudio, por lo tanto a partir de los resultados obtenidos es posible realizar la comparación y comprobación de eficiencia del modelo actual de la vivienda con ladrillo cerámico en sus muros exteriores frente al modelo del escenario dos con durapanel aplicado en sus muros exteriores, para mayor validación de los resultados obtenidos, también se tendrán en cuenta los rangos de confort de temperatura establecidos por el estándar ASHRAE para clima frío y la demanda de calefacción como principio específico de análisis del estándar Passivhaus.

Comparativa de transferencia térmica de muros

Se elaboró un cuadro de información que permite comparar la composición y transmisión térmica de los muros exteriores de la vivienda en su estado actual y en el escenario dos (ver tabla 5).

Tabla 5

Comparativa de transmisión térmica en muros exteriores.

MUROS EN LADRILLO CERÁMICO	MUROS EN DURAPANEL
	
Componentes Capa de mortero de 6.5 mm a cada lado Ladrillo tolete común de medidas 20 cm x 10 cm x 6 cm VALOR U: 2,044 W/m²K	Componentes Capa de mortero de 25 mm a cada lado Poliestireno extruido (50 mm) Malla de acero galvanizado VALOR U: 0,585 W/m²K
<i>Fuente:</i> Elaboración propia	

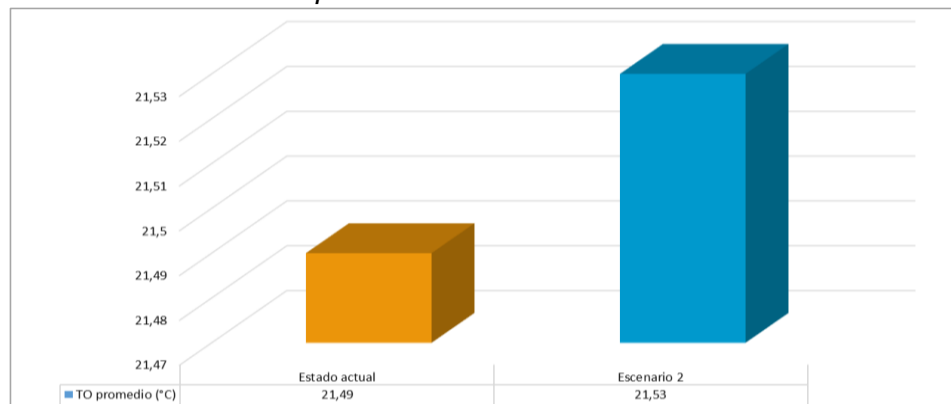
Según los resultados de simulación y composición de los muros que integran la vivienda se determinó que los muros de ladrillo cerámico al tener un valor u de 2.044 W/m²K tienen mayor conductividad y que los muros en durapanel al tener un valor u de 0.585 W/m²K tienen un mejor aislamiento térmico.

Comparativo promedio anual del confort térmico (temperatura operativa)

Se determina que los valores de temperatura operativa que determinan el confort térmico anual en los dos materiales de estudio tienen una oscilación térmica similar, el ladrillo cerámico presenta una temperatura operativa de 21,49°C y el durapanel 21,53°C.

Figura 35

Comparativa de confort térmico promedio anual.



Fuente: Elaboración propia

Comparativa del 80% y 90% aceptabilidad anual por horas del estándar ASHRAE 55

A continuación, se estudiarán las dos zonas de confort definidas por el estándar ASHRAE (80% y 90% de aceptabilidad) para el estado actual y el escenario dos de la vivienda, donde las horas medidas validas son aquellas que quedan dentro de los límites establecidos por el estándar para la temperatura exterior media predominante entre 10°C y 33,5°C.

En las siguientes figuras y tablas comparativas se evidencia que en el rango de 90% de aceptabilidad (este rango está concebido para situaciones en las que sería deseable un nivel de confort más estricto) en el estado actual de la vivienda con el ladrillo cerámico es aplicado a 4.786 horas en el año, mientras que en el escenario dos con durapanel el 90% de aceptabilidad es aplicado a 4.733 horas en el año, siendo el ladrillo cerámico el material con más porcentaje dentro del 90% de aceptabilidad. Sin embargo, el durapanel presenta varias horas que están por encima de la temperatura máxima establecida que es 23,5°C, razón por la cual el estándar las categoriza como temperaturas fuera del rango.

Tabla 6

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort 90% aceptabilidad estándar ASHRAE 55.

LADRILLO CERÁMICO			DURAPANEL		
Horas dentro del 90% aceptabilidad	Horas fuera del 90% aceptabilidad		Horas dentro del 90% aceptabilidad	Horas fuera del 90% aceptabilidad	
	POR ENCIMA	POR DEBAJO		POR ENCIMA	POR DEBAJO
4786	154	3818	4733	214	3809

Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de 90% aceptabilidad estándar ASHRAE

55.



Fuente: Elaboración propia

También se idéntica en la siguiente figura las horas dentro del rango de 80% de aceptabilidad (proporción de personas que teóricamente se sentirán confortables) con la simulación de ladrillo cerámico es aplicado a 6.899 horas en el año, mientras que con el durapanel es aplicado a 6.875. Sin embargo, en este caso se presenta la misma situación antes descrita con el rango de aceptabilidad del 90%.

Tabla 7

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort 80% aceptabilidad estándar

ASHRAE 55.

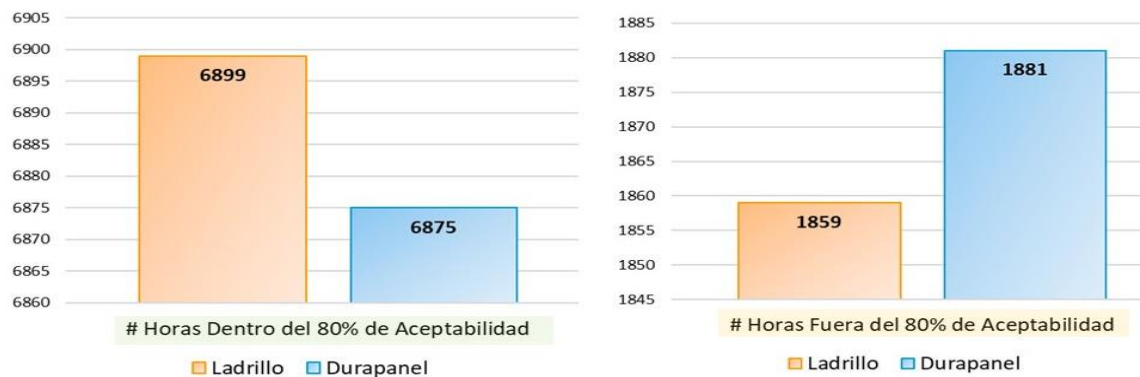
LADRILLO CERÁMICO			DURAPANEL		
Horas dentro del 80% aceptabilidad	Horas fuera del 80% aceptabilidad		Horas dentro del 80% aceptabilidad	Horas fuera del 80% aceptabilidad	
	POR ENCIMA	POR DEBAJO		POR ENCIMA	POR DEBAJO
6899	13	1846	6875	25	1856

Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de 80% aceptabilidad estándar ASHRAE 55

Fuente: Elaboración propia

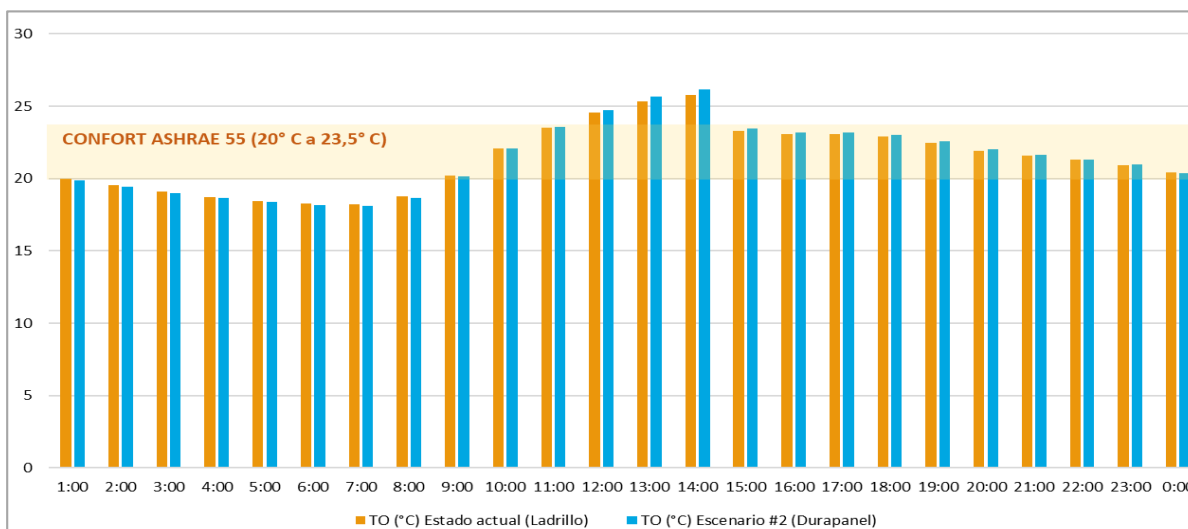


Comparativa del confort térmico en el día más frío del año (temperatura operativa)

A continuación, se estudia la oscilación térmica en el día más frío del año, con el fin de determinar el comportamiento térmico de los materiales en un rango de horas por día; Se puede observar que hay una diferenciación de temperatura mínima entre los dos materiales, aproximadamente de 0,1°C.

Figura 38

Comparativa de temperaturas en el día más frío del año.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Comparativa de confort térmico en el día más frío del año.

Horas día más frío	TO (°C) Estado actual Ladrillo cerámico	TO (°C) Escenario dos Durapanel
1:00	19,95492	19,87072
2:00	19,5172	19,40538
3:00	19,08067	18,98922
4:00	18,71894	18,65545
5:00	18,44091	18,37509
6:00	18,26614	18,16314
7:00	18,19343	18,1069
8:00	18,74701	18,68262
9:00	20,19772	20,16351
10:00	22,06057	22,07669
11:00	23,48485	23,54407
12:00	24,56386	24,7121
13:00	25,35309	25,66645
14:00	25,78821	26,13839
15:00	23,29226	23,47566
16:00	23,07219	23,19325
17:00	23,08587	23,15282
18:00	22,91437	23,03394
19:00	22,44402	22,5979
20:00	21,9007	22,02988
21:00	21,55911	21,64586
22:00	21,27817	21,32725
23:00	20,93654	20,94752
0:00	20,41441	20,38708

Fuente: Elaboración propia

Se observó que de las 24 horas del día hay 3 horas que están por encima del rango de confort establecido, desde las 12:00 am hasta las 2:00 pm, este fenómeno se evidencia en el comportamiento de los dos materiales, sin embargo, se observa que el durapanel presenta temperaturas más altas que el ladrillo cerámico con una diferencia aproximada de 0,1°C.

Se establece que estas horas si bien están por fuera del rango de confort establecido, al estar por encima de este rango, con temperaturas de 24°C, 25°C y 26°C en un clima frío,

representan una precepción térmica agradable. También se determinó que este aumento de temperatura operativa de 12:00 am a 2:00 pm se debe a la asolación directa que recibe la vivienda en este horario, además de la alta masa térmica que representa la cubierta en concreto.

Tabla 9

Comparativa de horas por encima del rango de confort térmico en el día más frío del año.

Horas por encima del rango de confort	TO (°C) Estado actual Ladrillo cerámico	TO (°C) Escenario dos Durapanel
12:00	24,56386	24,7121
13:00	25,35309	25,66645
14:00	25,78821	26,13839

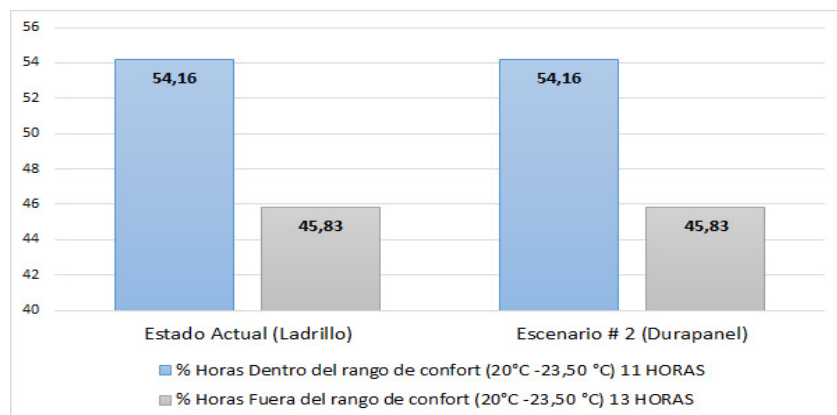
Fuente: Elaboración propia

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort en el día más frío del año.

En la comparación de temperaturas operativas con cada uno de los materiales de estudio se puede determinar que presentan las mismas horas dentro y fuera del rango de confort térmico según el estándar establecido, se presentan 11 horas en disconfort con los dos materiales de estudio, las cuales representan 45,83 %, y que 13 horas están dentro del rango de confort establecido que representan el 54,16 %.

Figura 39

Comparativa de porcentajes de horas en el día más frío, dentro y fuera del rango de confort.



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Comparativa de horas dentro y fuera del rango de confort en el día más frío del año.



Fuente: Elaboración propia

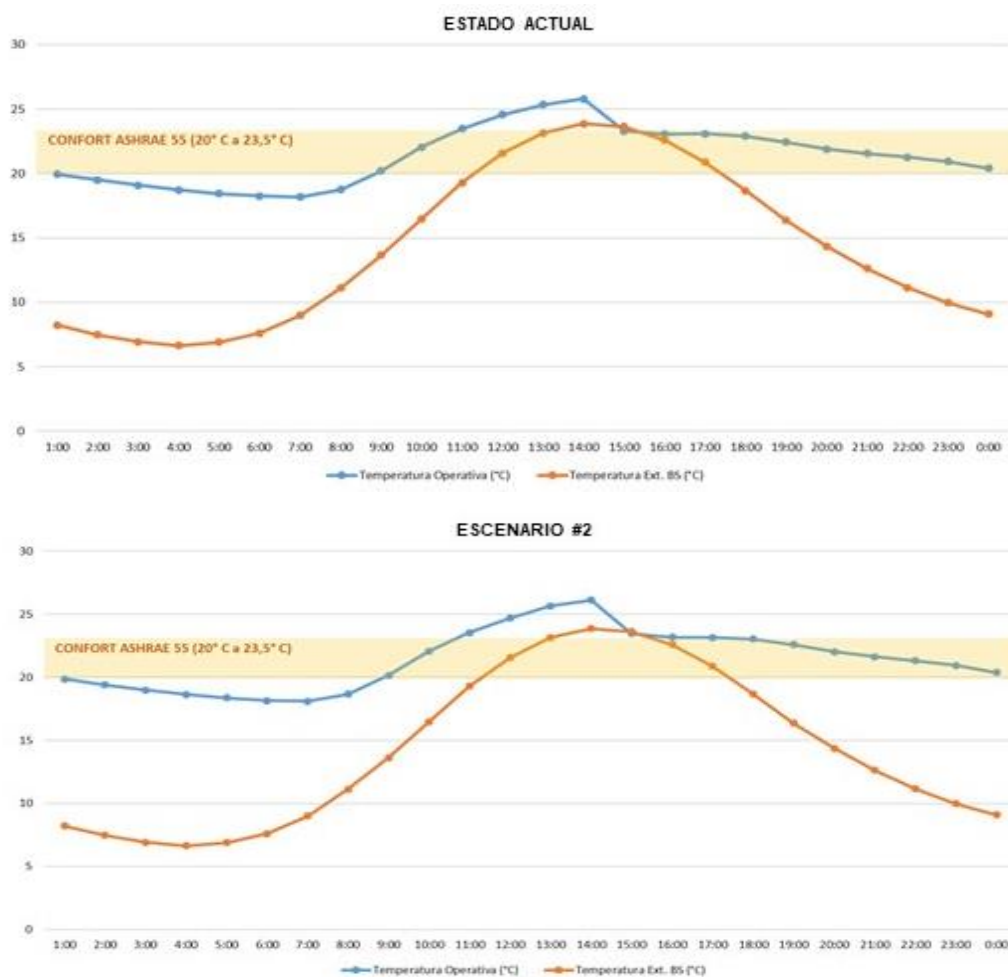
Comparativa de temperatura operativa y temperatura exterior en el día más frío del año.

En las gráficas de los resultados obtenidos se puede evidenciar una similitud en el comportamiento de los dos materiales de estudio, también se observa que en casi todas las horas del día hay una diferenciación favorable en cuanto a la temperatura exterior, también se evidencia que a las 3:00 pm se presenta la misma temperatura al interior como

al exterior de la vivienda, una temperatura de 23°C, la cual estaría en el rango de confort térmico establecido por lo que no se ve afectado el interior de la vivienda.

Figura 41

Comparativa temperatura operativa vs temperatura exterior día más frío del año.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Comparativa temperatura operativa vs temperatura exterior día más frío del año.

ESTADO ACTUAL			ESCENARIO #2		
Horas	Temperatura Operativa (°C)	Temperatura Exterior (°C)	Horas	Temperatura Operativa (°C)	Temperatura Exterior (°C)
1:00	19,95492	8,225	1:00	19,87072	8,225
2:00	19,5172	7,475	2:00	19,40538	7,475
3:00	19,08067	6,925	3:00	18,98922	6,925
4:00	18,71894	6,65	4:00	18,65545	6,65
5:00	18,44091	6,9	5:00	18,37509	6,9
6:00	18,26614	7,6	6:00	18,16314	7,6
7:00	18,19343	9	7:00	18,1069	9
8:00	18,74701	11,125	8:00	18,68262	11,125
9:00	20,19772	13,65	9:00	20,16351	13,65
10:00	22,06057	16,475	10:00	22,07669	16,475
11:00	23,48485	19,3	11:00	23,54407	19,3
12:00	24,56386	21,575	12:00	24,7121	21,575
13:00	25,35309	23,15	13:00	25,66645	23,15
14:00	25,78821	23,875	14:00	26,13839	23,875
15:00	23,29226	23,625	15:00	23,47566	23,625
16:00	23,07219	22,6	16:00	23,19325	22,6
17:00	23,08587	20,875	17:00	23,15282	20,875
18:00	22,91437	18,675	18:00	23,03394	18,675
19:00	22,44402	16,375	19:00	22,5979	16,375
20:00	21,9007	14,375	20:00	22,02988	14,375
21:00	21,55911	12,625	21:00	21,64586	12,625
22:00	21,27817	11,15	22:00	21,32725	11,15
23:00	20,93654	9,975	23:00	20,94752	9,975
0:00	20,41441	9,1	0:00	20,38708	9,1

Fuente: Elaboración propia

Realizado el análisis comparativo de los dos materiales en la vivienda de estudio se define que el durapanel presenta una tendencia de temperaturas operativas más alta que el ladrillo cerámico, esta oscilación térmica es mínima, pero se puede observar en todos los resultados obtenidos.

Conclusiones

- Este trabajo realizó un análisis con simuladores ampliamente validados para detectar condiciones y desfases de confort en un caso específico de vivienda existente con énfasis en los muros de envolvente. Una vez analizada la envolvente desde el sistema tradicional constructivo de ladrillo cerámico, se analiza los resultados de la modificación de esta por durapanel; Si bien son simulaciones, es el modo más rápido y práctico para poder analizar los diversos parámetros en igualdad de circunstancias con las modificaciones requeridas.
- Los resultados y conclusiones producto de la investigación, se convierten en un insumo de soporte para los promotores público privados de proyectos que estudien materiales innovadores y formas de mejorar el confort térmico de las viviendas en un clima frío.
- Esta investigación se sustentó bajo los parámetros del estándar ASHRAE 55 que define un rango de confort térmico entre 20°C y 23,5°C, según los resultados tabulados en la comparativa de temperaturas adaptativas se concluye que, aunque el ladrillo cerámico tenga mayor cantidad de horas dentro del 90% y 80% de aceptabilidad establecidos por el estándar, al generar un balance con las horas que están por encima del rango y las cuales quedaron por fuera de este, el durapanel sigue obteniendo mejores resultados en cuanto a comportamiento térmico para un clima frío.
- Se determinó según los resultados del comportamiento térmico de los materiales de estudio, que la masa térmica del muro en ladrillo macizo permite almacenar el calor

en un determinado cerramiento. Sin embargo, el Durapanel al tener características aislantes reducirá las pérdidas y/o ganancias energéticas, existiendo una tendencia a que el Durapanel se caliente más durante todos los periodos estudiados

- Durante el desarrollo de la investigación se determinó que el estudio del comportamiento térmico de los materiales no podía basarse únicamente en el análisis promedio anual, ya que este no generó valores contundentes entre temperatura, por ende, fue necesario estudiar de forma más detallada e individual la conducta de cada material, además de hacerlo bajo un parámetro de rango de horas por día, para poder encontrar mayores diferencias, similitudes o patrones relevantes de un material al otro.
- Las variables más importantes para el desempeño térmico en la vivienda de estudio según esta investigación, obedecen a la implantación, tipología y materialidad, esto define en este caso los siguientes comportamientos térmicos: La fachada recibe incidencia solar en horas de la mañana, sin embargo se registran temperaturas operativas por debajo del rango de confort establecido, esto debido a que la temperatura exterior empieza a subir de manera considerable aproximadamente desde las 11 am; Al medio día y en las primeras horas de la tarde se evidencia que la cubierta recibe mayores ganancias solares, tanto por la altura del sol y el aumento progresivo de temperatura solar que se presenta en este horario; Además, al no existir vacíos en la vivienda existente, se genera una masa térmica eficiente para guardar calor. Todo lo anterior expresado responde a los resultados de temperaturas dentro del rango de confort térmico que obtuvo la vivienda con los dos materiales de estudio.

- Los niveles de confort de la vivienda en el escenario dos con durapanel alcanzan niveles superiores en cuanto a temperatura operativa, que la vivienda de referencia con el sistema constructivo de mampostería en ladrillo cerámico, demostrando que el durapanel obtiene mejores resultados en cuanto a niveles de temperatura operativa, sin embargo, se especifica que esta fluctuación es muy leve, aproximadamente de 0,1 °C.
- Para generar una diferenciación considerable en el confort térmico de una vivienda se debe intervenir diferentes agentes externos a los materiales de construcción de la envolvente, la orientación de la vivienda, el tamaño de las ventanas, los demás elementos y materiales que componen toda la edificación, los cuales son un conjunto de elementos que posiblemente logren hacer una diferenciación considerable al intervenir de manera conjunta en el desarrollo constructivo de diseño de una edificación.

Recomendaciones

De la experiencia recogida en esta investigación, se pone de manifiesto la dificultad de establecer este tipo de estudios comparativos del comportamiento de dos materiales en un caso específico, ya que se requiere un análisis más amplio y detallado de cada factor involucrado en el resultado del confort térmico; Se entiende que el confort térmico se logra a partir de varios factores que pueden alterar el resultado, por lo que es difícil analizar únicamente el cambio de un material en un solo componente de la vivienda, sin embargo, las simulaciones de software si permiten estudiar el comportamiento de estos materiales de la manera más acertada posible, por lo que estas herramientas son muy beneficiosas para este tipo de investigaciones.

En este trabajo se analizó una vivienda existente con un sistema constructivo tradicional, como lo es la mampostería en ladrillo cerámico, de la cual se obtuvo bastante información tanto analítica como aplicada, mientras que por el contrario, del durapanel se encontró muy poca información, por lo que es conveniente desarrollar análisis y estudios sobre la implementación de materiales alternativos para la construcción, tanto en la ciudad de Pasto como en el resto del país; Esto permitiría ampliar la muestra de construcciones en durapanel y fortalecerá el entendimiento aplicativo del mismo.

Referencias

Artículos en revistas científicas con doi

- Calderon Uribe, Franz. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en bosa, Bogotá. Revista hábitat sustentable [online]. 2019, vol.9, n.2, pp.30-41. ISSN 0719-0700.
- Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2019). Aportes para el análisis comparativo del comportamiento higrotérmico y mecánico de los materiales de construcción con tierra. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22(1). Doi: 10.14718/RevArq.2020.2348
- González Vásquez, M. R., & Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. Arkitekturax Visión FUA, 1(1), 49-61. <https://doi.org/10.29097/26191709.201>
- Medina-Patrón N y Escobar-Saiz J. Envolventes eficientes. Relación entre condiciones ambientales, espacios confortables y simulaciones digitales: Revista de Arquitectura de la Universidad Católica de Colombia, 21(1). Doi: 10.14718/RevArq.2019.21.1.2140

Libros

- Mata, F. (2010). La Selección Sostenible De Los Materiales De Construcción: Tecnología y Desarrollo de Universidad Alfonso X El Sabio, 8(1), 1-16.
- Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., & Monroy Sepúlveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ciencia e ingeniería neogranadina, 22(1), 43-58.

Página WEB

ASHRAE. (2017). Standard 55 – *Thermal environmental conditions for human occupancy*.

Tullie Circle NE, Atlanta, Estados Unidos: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2020). *Perspectivas territoriales de desarrollo socioeconómico valor agregado de las estadísticas económicas regionales*.

Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

International Organization for Standardization. (2005). ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/39155.html>

Trabajos y tesis de grado

Bértora, M.A., Lima, Luis J., Traversa, L.P. (2006). *Mampostería de ladrillos: caracterización estructural y refuerzo* (Jornada Técnicas de restauración y conservación del patrimonio) Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica LEMIT, Buenos Aires, Argentina.

Buitrago, D. A. (2014). *Evaluación técnica y análisis costo/beneficio para la implementación del sistema constructivo Durapanel para proyectos de vivienda, comerciales, institucionales e industriales* (trabajo de grado para optar por el título de especialista en gerencia integral de proyectos). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Elorza, S. y Toro, P. (2015) *Construcción modular para VIP unifamiliares en Colombia* (trabajo de grado por el título de ingeniería civil) Escuela de ingeniería de Antioquia,

Envigado.

Gregorio, C. (2012). *La influencia de distintos muros exteriores en el confort térmico de viviendas en un clima subtropical húmedo* (trabajo de grado por el título de maestría en arquitectura, energía y medio ambiente) Universidad politécnica de Catalunya. Barcelona.

Huerta, V. (2002). *Análisis del anteproyecto de Norma 020-ENER sobre eficiencia energética en edificaciones residenciales hasta tres niveles* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México.

Méndez, K. R. (2014) *Paneles estructurales de poliestireno expandido: análisis energético en el clima tropical- húmedo de santo domingo y aplicado a la vivienda social (caso sistema emmedue)* (trabajo de grado por el título de magister tecnología en la arquitectura construcción arquitectónica - innovación tecnológica) universidad politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Miguel, C.A. y Espriú, E. J. (2013). *Innovación en la Ingeniería de Construcción* (documento de investigación) Academia de ingeniería de México. Ciudad de México.

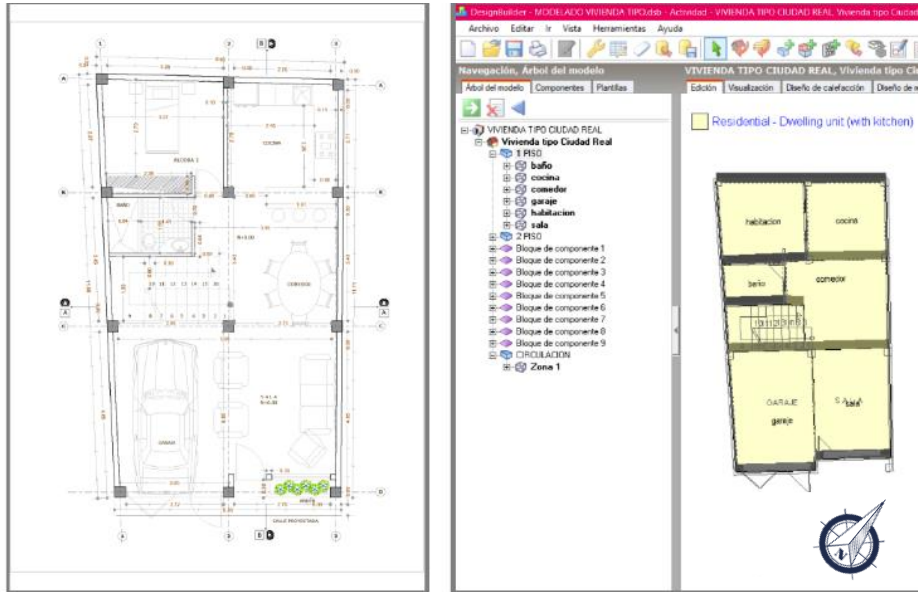
Susunaga, J.M. (2014). *Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario* (trabajo de grado para obtener el título de especialista en gerencia de obras). Universidad Católica De Colombia, Bogotá, Colombia.

Vélez, J. M. y Jaramillo J. M. (2014) *Contribuciones de la formación en el área de materiales* (trabajo de grado por el título de ingeniero civil) Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

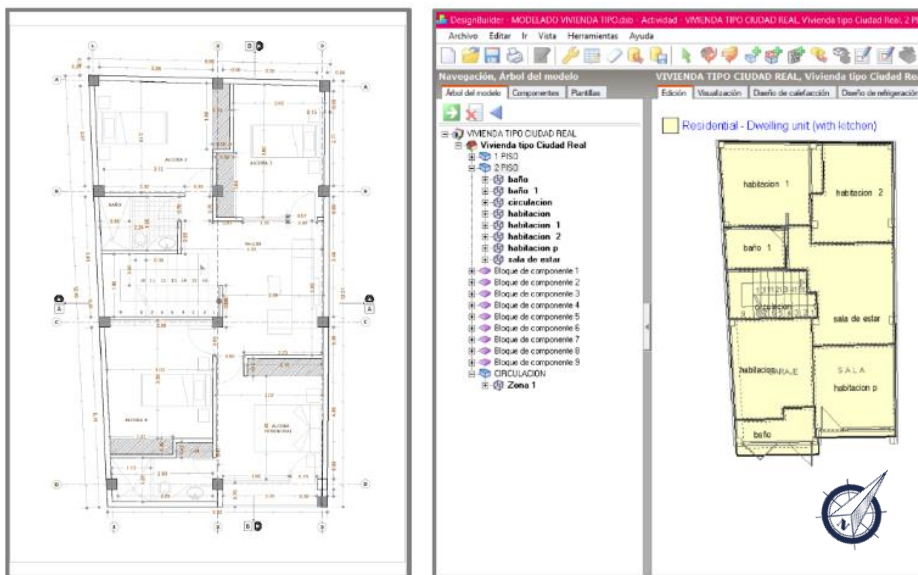
Anexos

Anexo A. Modelación 3d de la vivienda de estudio.

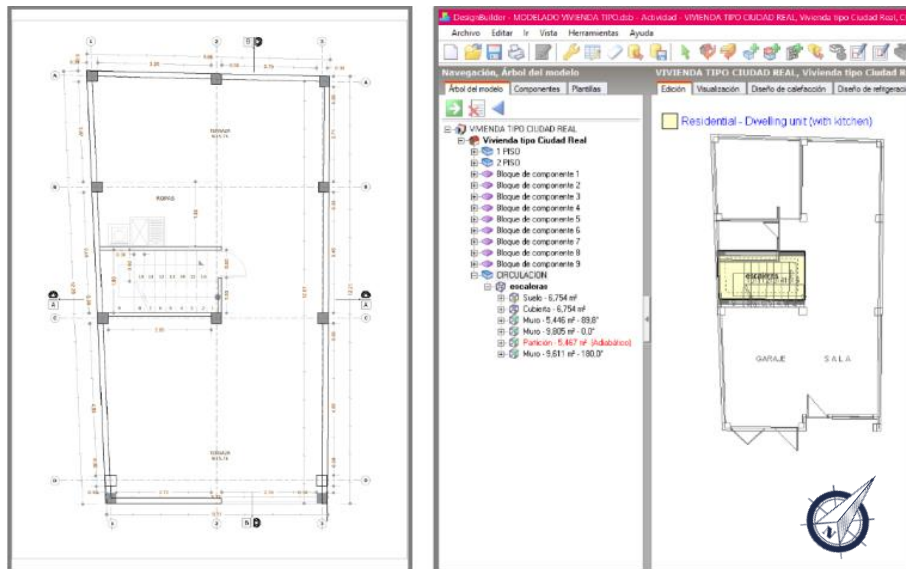
Modelación 3d planta arquitectónica primer piso.



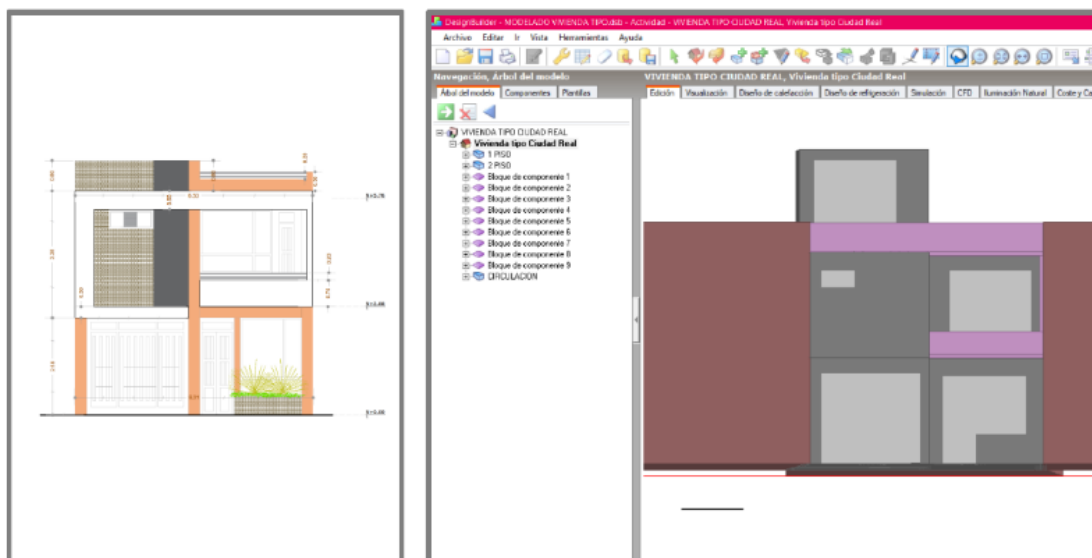
Modelación 3d planta arquitectónica segundo piso.



Modelación 3d planta arquitectónica terraza.



Modelación 3d fachada frontal.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo B. Programación de plantillas de materiales complementarios de vivienda.

Plantilla de construcción cubiertas de vivienda actual.

Constructions - Flat roof - 19mm asphalt

General

Name: Flat roof - 19mm asphalt
Source: DesignBuilder
Category: Roofs
Region: General
Colour: General

Definition method: 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers: 1

Single layer

Material: Asphalt 1
Thickness (m): 0.19

Checked? Bridged?

Constructions - Edit construction - Flat roof - 19mm asphalt

Layers | Surface properties | Image | **Calculated** | Cost | Condensation analysis

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	4.460
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Surface resistance (m ² -K/W)	0.100

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Surface resistance (m ² -K/W)	0.040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.684
R-Value (m ² -K/W)	0.411
U-Value (W/m²-K)	2.431

With Bridging (BS EN ISO 6946)

Thickness (m)	0.1900
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	210.0000
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.411
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.411
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.684
R-Value (m ² -K/W)	0.411
U-Value (W/m²-K)	2.431

Cross Section

Outer surface

190,00mm Asphalt 1

Inner surface

Plantilla de construcción acristalamientos de vivienda actual.

Window Data

Activity | Construction | **Openings** | Lighting | HVAC | Generation | Miscellaneous | CFD

Glazing Template

Template: **Plantilla de acristalamiento del proyecto**

External Windows

Glazing type: **Sgl Clr 3mm**

Layout: **Preferred height 1.5m, 30% glazed**

Dimensions

Type: 3-Preferred height

Window to wall %: 30.00

Window height (m): 1.50

Window spacing (m): 5.00

Sill height (m): 0.80

Outside reveal depth (m): 0.000

Frame and Dividers

Shading

Airflow Control: Windows

Free Aperture

Internal Windows

Sloped Roof Windows/Skylights

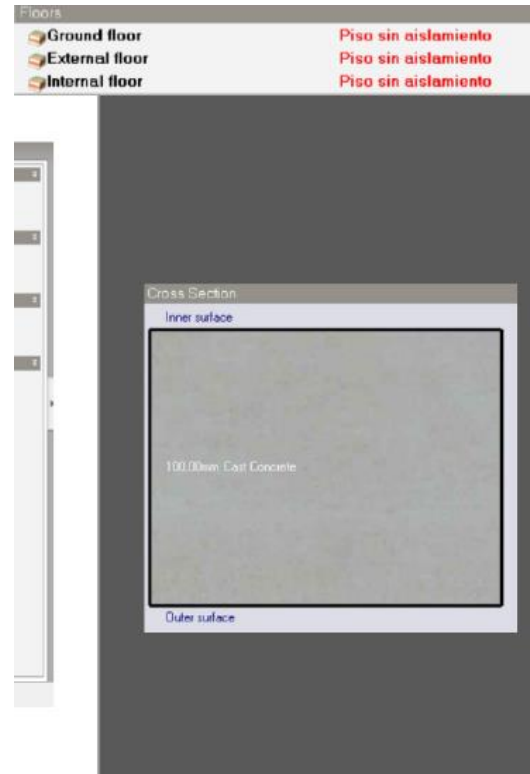
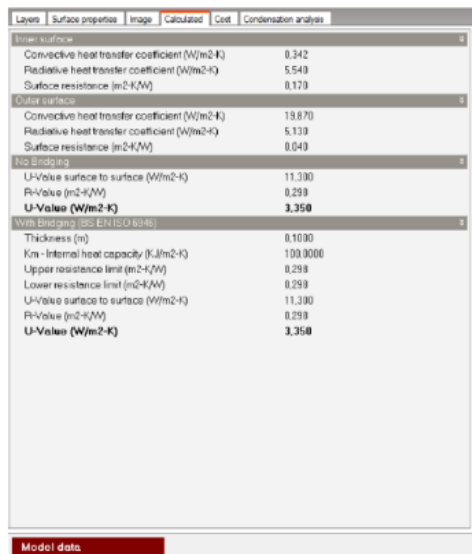
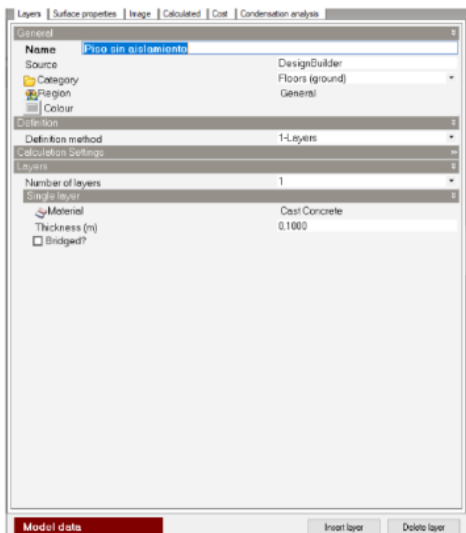
Doors

Vents

Calculated Values

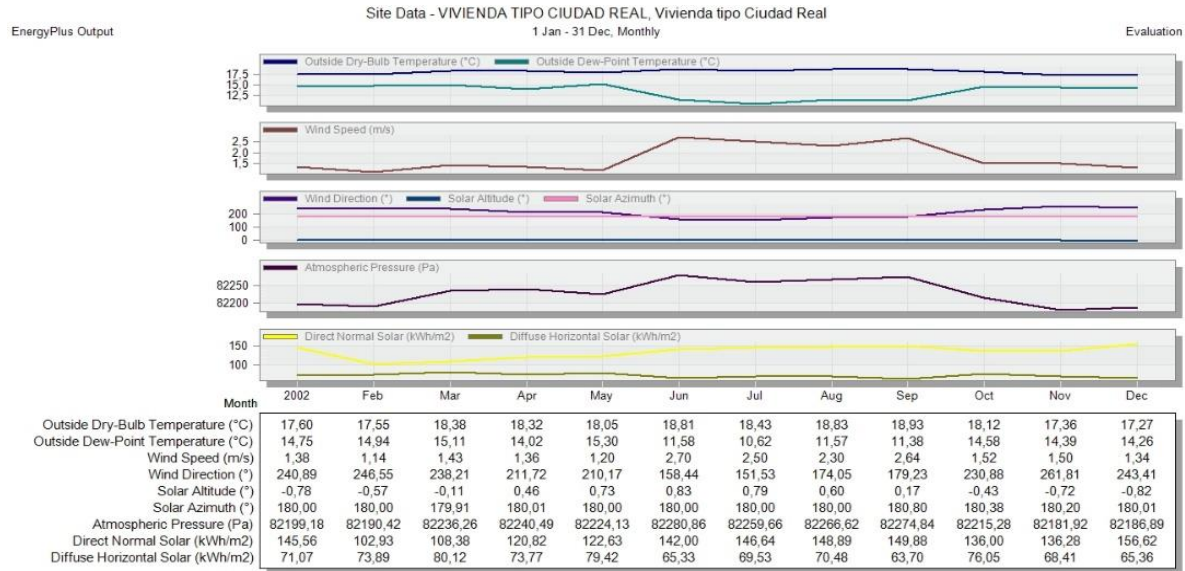
Total solar transmission (SHGC)	0.861
Direct solar transmission	0.837
Light transmission	0.898
U-value (ISO 10292/EN 673) (W/m ² -K)	5.829
U-Value (W/m²-K)	5.894

Plantilla de construcción pisos de vivienda actual.

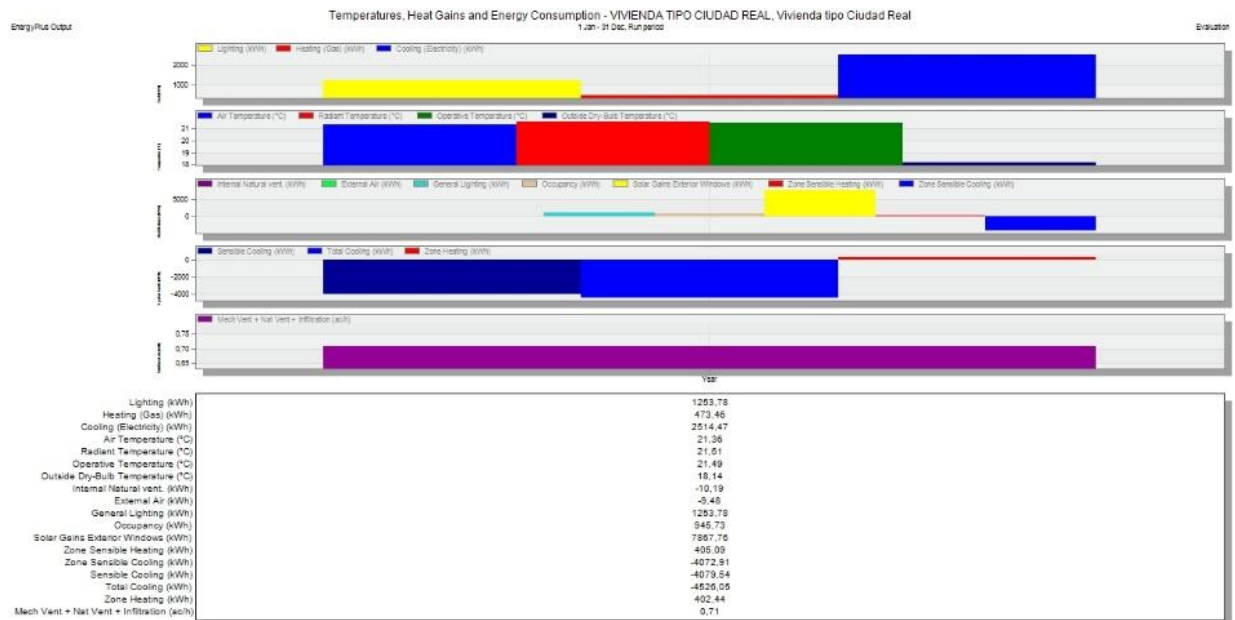


Anexo C. Resultados complementarios software Design Builder.

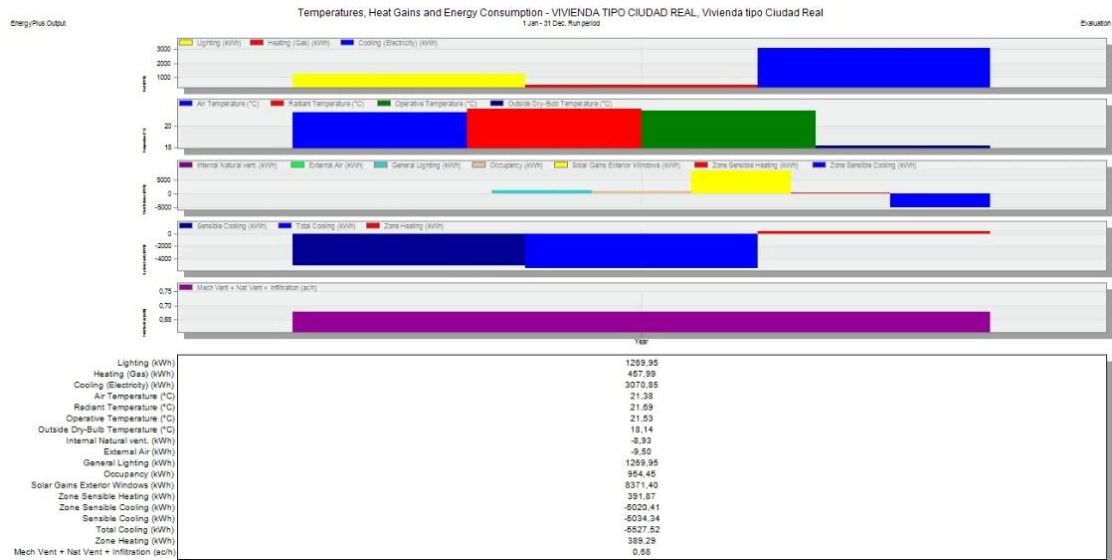
Simulación factores climáticos ciudad de Pasto.



Anexo D. Resultados complementarios software Design Builder en estado actual.



Anexo E. Resultados complementarios software Design Builder en escenario dos.



 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p>	CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)	CÓDIGO: AAC-BL-FR-032
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 05/DIC/2022

San Juan de Pasto, 5 de diciembre de 2022

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Aplicación denominado, Estudio comparativo del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y del durapanel aplicado a envolventes. Estudio de caso: vivienda unifamiliar del condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto, presentado por los autores, TIANA GERALDINE CHAVEZ PANTOJA y ANGELA CATHERINE RUIZ MARTINEZ del Programa Académico Especialización en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesora, que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,




ANNA GABRIELA RAMÍREZ CUASTUZA

C.C.1085923626

Programa académico Especialización en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático

3187488798


agramirez@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 05/DIC/2022

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Angela Catherine Ruiz Martinez	Documento de identidad: 1085317196
Correo electrónico: arqangelaruiz@gmail.com	Número de contacto: 3175307530
Nombres y apellidos del autor: Tiana Geraldine Chávez Pantoja	Documento de identidad: 1085317668
Correo electrónico: dianayeraldin_1@hotmail.com	Número de contacto: 3178894140
Nombres y apellidos del asesor: Anna Gabriela Ramírez Cuastuza	Documento de identidad: 1085923626
Correo electrónico: agramirez@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3187488798
Título del trabajo de grado: Estudio comparativo del comportamiento térmico de la mampostería en ladrillo cerámico y del durapanel aplicado a envolventes. Estudio de caso: vivienda unifamiliar del condominio Ciudad Real en la ciudad de San Juan de Pasto	
Facultad y Programa Académico: Especialización en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático	

En nuestra calidad de autores y/o titulares del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, conferimos a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que los firmantes del presente documento conservemos la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que dejemos de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, nos comprometemos a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de nuestra parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conocemos que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, aceptamos que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Aceptamos que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renunciamos a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifestamos que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostentamos los derechos patrimoniales de autor sobre la

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p>	<p>AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</p>	<p>CÓDIGO: AAC-BL-FR-031</p>
		<p>VERSIÓN: 1</p>
		<p>FECHA: 05/DIC/2022</p>

misma. Por consiguiente, asumimos toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de los autores y la fecha de publicación.


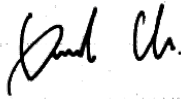

- e) Autorizamos a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizamos a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autores garantizamos que hemos cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejamos constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizamos la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permitimos que nuestro Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG, por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los cinco días del mes de diciembre del año 2022

	
Nombre del autor: Angela Catherine Ruiz Martinez	Nombre del autor: Tiana Geraldine Chávez
	
Nombre del asesor: Anna Gabriela Ramirez Cuastuza	