



**VIVIENDA RURAL: COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE, CON SISTEMAS CONVENCIONALES Y PANEL PREFABRICADO EN PET.**

Caso específico: Vivienda rural en el Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca.

**ARQ. JUAN NICOLAS SÁNCHEZ MEDINA**  
**junio de 2021.**

**Universidad Católica de Colombia**  
**Facultad de Diseño**  
**MAESTRIA EN DISEÑO SOSTENIBLE**

**VIVIENDA RURAL: COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE, CON  
SISTEMAS CONVENCIONALES Y PANEL PREFABRICADO EN PET.**

Caso específico: Vivienda rural en el Municipio de San Antonio del Tequendama –  
Cundinamarca.

**Docente: Arq. Phd. Claudio Varini**

**ARQ. JUAN NICOLAS SÁNCHEZ MEDINA**  
**junio de 2021.**

**Universidad Católica de Colombia**  
**Facultad de Diseño**  
**MAESTRIA EN DISEÑO SOSTENIBLE**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del presidente del jurado.

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado.

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado.

Bogotá D.C., junio de 2021

## **Agradecimientos**

A Dios todo poderoso, quien me permitió continuar mis estudios y concedió todo el conocimiento necesario para lograr culminar esta nueva etapa. A mi familia, que me ha apoyado incondicionalmente para cumplir cada meta propuesta, y que son el motor a seguir del día a día. A mi esposa, quien me brindó su compañía en los momentos más difíciles y que hoy me ve cumplir un sueño más. A la Universidad Católica de Colombia, por ofrecer el espacio para el desarrollo de la maestría. A los docentes, que realizaron el acompañamiento constante en el transcurso a la facultad de Diseño y especial agradecimiento, a la Arquitecta Susana Mariño Rojas, al Arquitecto Claudio Varini, a la Arquitecta Marcela de la Roche por el conocimiento impartido y continuo seguimiento durante el proceso; y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma compartieron su conocimiento, para poder culminar este trabajo de grado.



## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

## **Dedicatoria**

El siguiente documento está dedicado para todas aquellas personas que estén interesadas en continuar con sus investigaciones, en indagar sobre el desarrollo y evolución de la arquitectura sostenible y las nuevas técnicas que pueden aportar al conocimiento. Y en especial, para quienes se atrevan a proponer nuevos métodos y soluciones que sirvan para complementar esta investigación.

## Resumen

El PET (Poli Etileno Tereftalato) es una de las principales fuentes de contaminación ambiental debido al alto consumo de energía que requiere su procesamiento y el largo tiempo de descomposición.

Se considera que, por su disponibilidad como residuo sólido, pueda ser reutilizado como material de envolvente en viviendas rurales para mejorar su confort térmico.

El objetivo de esta investigación, es validar este planteamiento a partir de un modelo base de vivienda rural en el Municipio de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, mediante el análisis comparativo con sistemas constructivos propios de la zona (madera, ladrillo, bahareque, entre otros.).

El lugar objeto de estudio tiene un alto índice de personas que recurren al uso de materiales inadecuados para la construcción de su vivienda. El municipio, ha venido implementando diferentes programas para la recuperación de residuos sólidos lo que permite obtener una cantidad significativa de PET que puede ser aprovechado como materia prima en la incorporación de este nuevo sistema constructivo.

El modelo de referencia para la vivienda rural tiene 52m<sup>2</sup> y una distribución usual de la zona; cada espacio ha sido definido según la necesidad y requerimiento de la población sanantoniuna de acuerdo a las visitas y encuestas realizadas en campo. De la simulación del comportamiento térmico de la vivienda, se obtienen resultados donde la envolvente en PET resulta ser eficiente térmicamente.

El desempeño de la envolvente en PET ha sido comparado con un sistema constructivo en PVC, el cual es uno de los más usados en Colombia, con el fin de verificar los respectivos valores y comportamiento térmico de los materiales.

Las simulaciones realizadas a los materiales que componen el panel PET y los utilizados actualmente en las viviendas rurales, dieron como resultado una disminución comparativa de temperaturas operativas y radiantes que varían respecto al modelo base propuesto.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a partir de las simulaciones del sistema constructivo planteado a comparación de los convencionales, se puede concluir de este trabajo investigativo, que, mediante el uso de elementos reciclados como el PET, se logra plantear un sistema de envolvente que garantice los niveles de confort térmico en la vivienda rural.

**Palabras Claves:** Envolvente PET, Prestación Térmica, confort vivienda San Antonio del Tequendama.

## Abstract

PET (Poly Ethylene Terephthalate) is one of the main sources of environmental pollution due to the high energy consumption required by its processing and the long decomposition time.

It is considered that, because of its availability as solid waste, it can be reused as envelope material in rural homes to improve its thermal comfort.

The objective of this research is to validate this approach from a base model of rural housing in the Municipality of San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, by comparing with construction systems typical of the area (wood, brick, bahareque, among others.).

The site under study has a high rate of people who resort to the use of materials unsuitable for the construction of their home. The municipality has been implementing different programs for the recovery of solid waste which allows to obtain a significant amount of PET that can be used as raw material in the incorporation of this new construction system.

The reference model for rural housing has 52m<sup>2</sup> and a usual distribution of the area; each space has been defined according to the need and requirement of the Sanantoniuna population according to visits and surveys carried out in the field. From the simulation of the thermal behavior of the house, results are obtained where the envelope in PET turns out to be thermally efficient.

The performance of the envelope in PET has been compared to a construction system in PVC, which is one of the most used in Colombia, in order to verify the respective values and thermal behavior of the materials.

Simulations of the materials that make up the PET panel and those currently used in rural housing resulted in a comparative decrease in operating and radiant temperatures that vary from the proposed base model.

According to the results obtained and from the simulations of the construction system proposed compared to conventional ones, it can be concluded from this research work, which, through the use of recycled elements such as PET, is able to propose an envelope system that guarantees levels of thermal comfort in rural housing.

**Keywords:** PET films, Wrap-around, Thermal Performance, San Antonio del Tequendama, Comfort.

## CONTENIDO

<b>1. Introducción .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Descripción del problema .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Calidad de vida en la vivienda rural .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Manejo de residuos sólidos en el municipio .....</b>	<b>25</b>
<b>1.4. Formulación del problema.....</b>	<b>27</b>
<b>2. Justificación .....</b>	<b>28</b>
<b>3. Pregunta de Investigación .....</b>	<b>29</b>
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Objetivo General.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>29</b>
<b>5. Hipótesis.....</b>	<b>29</b>
<b>6. Marco Conceptual .....</b>	<b>30</b>
<b>7. Marco Referencial .....</b>	<b>32</b>
<b>7.1. Ladrillos y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para La Autoconstrucción.....</b>	<b>32</b>
<b>7.2. Diseño experimental de Elementos Constructivos (ladrillón) Utilizando Materiales Reciclados, Para Viviendas de Interés Social – Síntesis de Tesis Doctoral .....</b>	<b>33</b>
<b>7.3. AZEMBLA – Sistema Constructivo PVC Rígido. ....</b>	<b>34</b>
<b>8. Marco Teórico .....</b>	<b>35</b>
<b>8.1. Vivienda Rural Campesina.....</b>	<b>36</b>
<b>8.2. El PET y sus Características.....</b>	<b>37</b>
<b>8.3. Reciclaje del PET .....</b>	<b>38</b>
<b>8.4. Confort en la Vivienda Rural .....</b>	<b>39</b>
<b>9. Metodología .....</b>	<b>43</b>
<b>10. Generalidades del proyecto.....</b>	<b>45</b>
<b>10.1. Localización .....</b>	<b>45</b>
.....	<b>46</b>
<b>10.2. Demografía.....</b>	<b>46</b>
<b>11. Fase 1 - Datos y descripción climática .....</b>	<b>48</b>
<b>11.1. Temperatura .....</b>	<b>48</b>
<b>11.2. Humedad.....</b>	<b>51</b>
<b>11.3. Precipitación .....</b>	<b>51</b>
<b>11.4. Vientos.....</b>	<b>52</b>

11.5. Análisis del confort en la vivienda rural - Vereda Zaragoza .....	53
12. Fase 2 – Descripción proyecto línea base.....	65
12.1. Confort Adaptativo.....	66
12.2. Análisis Arquitectónico .....	67
13. Fase 3 – Propuesta diseño vivienda rural .....	90
13.1. Descripción de la vivienda propuesta.....	90
13.2. Diseño y parametrización de la vivienda rural.....	91
13.2.1. Orientación.....	91
13.2.2. Forma. ....	93
13.2.3. Cubierta.....	95
13.2.4. Diseño. ....	97
13.2.5. Cálculo renovación de aire. ....	99
13.2.6. Estrategias Bioclimáticas aplicadas al proyecto. ....	100
13.2.7. ....	106
Materialidad del proyecto.....	106
13.3. Resultados De Simulación Vivienda Propuesta .....	110
13.3.1. Comparativo con el sistema constructivo AZEMBLA. ....	118
14. Alcance y limitaciones .....	134
15. Conclusiones .....	135
Referencias .....	139

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estado Actual Vivienda rural campesina .....	20
Figura 2. Estado Actual vivienda rural campesina .....	20
Figura 3. Muros en lata y plástico.....	21
Figura 4. Vivienda rural con muros en bareque .....	21
Figura 5. Muros en lata y piso en tierra.....	21
Figura 6. Muros en malla tejida de fibras en polietileno y piso en tierra.....	22
Figura 7. Vivienda campesina en bahareque .....	23
Figura 8. Muros en bahareque y guadua .....	23
Figura 9. Vivienda rural campesina .....	24
Figura 10. Porcentaje de generación de residuos sólidos en el Municipio.....	26
Figura 11. Escala de confort térmico .....	31
Figura 12. Proceso de reciclaje para la fabricación de paneles prefabricados PET.....	38
Figura 13. Sistema de moldeo por Extrusión .....	39
Figura 14. Diagrama de confort Higrotérmico de Olgyay .....	40
Figura 15. Diagrama psicométrico de Givoni .....	41
Figura 16. Temperaturas Operativas aceptables para edificios pasivos .....	42
Figura 17. Localización municipio San Antonio del Tequendama .....	45
Figura 18. Datos poblacionales del Municipio de San Antonio del Tequendama.....	46
Figura 19. Déficit cualitativo de vivienda .....	47
Figura 20. Definición tamaño muestral.....	53
Figura 21. Encuesta percepción de confort térmico.....	56
Figura 22. Total, población encuestada.....	58
Figura 23. Calificación de temperatura en la vivienda .....	58
Figura 24. Comodidad de la temperatura en la vivienda.....	59
Figura 25. Velocidad del aire en la vivienda .....	60
Figura 26. Horarios de mayor temperatura en la vivienda .....	60
Figura 27. Horarios de menor temperatura en la vivienda .....	61
Figura 28. Conocimiento termino de confort en la vivienda.....	61
Figura 29. Zona más fresca en la vivienda .....	62
Figura 30. Dispositivo de control climático .....	63
Figura 31. Permanencia en la vivienda .....	63
Figura 32. ¿Los materiales construcción de la vivienda son los adecuados?.....	64
Figura 33. Comodidad condiciones ambientales .....	64
Figura 34. Tipologías de vivienda rural San Antonio del Tequendama .....	65
Figura 35. Confort adaptativo.....	66

Figura 36. Planta vivienda tipo 1 .....	67
Figura 37. Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 1.....	68
Figura 38. Modelado de la vivienda tipo 1 con incidencia solar .....	69
Figura 39. Resultados Simulación Vivienda tipo 1 .....	70
Figura 40. Resultados Simulación Semana extrema de verano vivienda tipo 1.....	71
Figura 41. Resultados Simulación día extremo de verano Vivienda tipo 1 periodo 24 Horas.....	72
Figura 42. Resultados Simulación balance térmico semana vivienda tipo 1. ....	73
Figura 43. Planta vivienda tipo 2 .....	74
Figura 44. Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 2.....	75
Figura 45. Modelación de la vivienda tipo 2 con incidencia solar .....	76
Figura 46. Simulación anual vivienda tipo 2.....	77
Figura 47. Simulación semana extrema de verano Vivienda tipo 2. ....	78
Figura 48. Simulación día semana extrema de verano Vivienda tipo 2 periodo 24 Horas. ....	79
Figura 49. Ganancia de calor en cubierta para Vivienda tipo 2.....	81
Figura 50. Planta vivienda tipo 3 .....	82
Figura 51. Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 3.....	83
Figura 52. Modelado de la vivienda tipo 3 con incidencia solar .....	84
Figura 53. Resultados Simulación anual Vivienda tipo 3 .....	85
Figura 54. Resultados Simulación semana extrema de verano Vivienda tipo 3.....	86
Figura 55. Simulación día de la semana extrema de verano Vivienda tipo 3 periodo 24 Horas..	87
Figura 56. Rotación volumen arquitectónico .....	92
Figura 57. Resultados orientación volumen arquitectónico .....	93
Figura 58. Exploración formas vivienda rural.....	94
Figura 59. Exploración formas vivienda rural.....	95
Figura 60. Exploración Tipo de cubierta.....	95
Figura 61. Resultados Exploración forma cubierta.....	96
Figura 62. Resumen de diseño vivienda propuesta.....	96
Figura 63. Programa y distribución Arquitectónico vivienda propuesta .....	97
Figura 64. Explotada vivienda propuesta .....	98
Figura 65. Zonificación vivienda propuesta .....	100
Figura 66. Resultados porcentaje de apertura por espacios.....	101
Figura 67. Resultados Relación Ventana – Pared con el 40%.....	102
Figura 68. Resultados tabulados Relación Ventana – Pared con el 40% .....	103
Figura 69. Resultados renovaciones ac/h – con el 60% de apertura.....	104
Figura 70. Resultados simulaciones CFD para los espacios 1,2 y 3.....	105
Figura 71. Sistema modular propuesto.....	107
Figura 72. Proceso elaboración panel PET.....	108
Figura 73. Construcción de los materiales implementados en la vivienda propuesta.....	109
Figura 74. Resultados simulación anual de la vivienda propuesta .....	110
Figura 75. Resultados simulación mensual en la vivienda propuesta.....	111

Figura 76. Resultados simulación semana extrema de verano .....	112
Figura 77. Resultados simulación semana extrema de verano espacios 1 y 2 .....	113
Figura 78. Resultados simulación semana extrema de verano espacios 3 y 4 .....	114
Figura 79. Resultados simulación semana extrema de verano espacios 5 y 6. ....	115
Figura 80. Resultados simulación día extremo semana de verano y horario 24 Horas.....	117
Figura 81. Características de los materiales PVC.....	119
Figura 82. Simulación anual vivienda propuesta con PVC.....	120
Figura 83. Simulación mensual vivienda propuesta con PVC .....	121
Figura 84. Simulación semana más extrema de verano vivienda propuesta con PVC.....	122
Figura 85. Simulación semana más extrema de verano vivienda propuesta con PVC .....	123
Figura 86. Simulación semana extrema de verano vivienda tipo 1 con panel en PET .....	123
Figura 87. Simulación día extremo de verano vivienda tipo 1 con panel PET , periodo de 24 horas .....	123
Figura 88. Simulación semana extrema de verano vivienda tipo 2 con panel PET.....	125
Figura 89. Simulación día extremo de verano vivienda tipo 2 con panel PET , periodo de 24 horas .....	126
Figura 90. Simulación semana extrema de verano vivienda tipo 3 con panel PET.....	123
Figura 91. Simulación día extremo de verano vivienda tipo 3 con panel PET , periodo de 24 horas .....	123
Figura 92. Analisis comparativo vivienda 1 actual VS panel PET.....	123
Figura 93. Analisis comparativo vivienda 2 actual VS panel PET.....	132
Figura 94. Analisis comparativo vivienda 3 actual VS panel PET.....	133

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población Cabecera Municipal .....	18
Tabla 2. Población Zona Rural .....	18
Tabla 3. Porcentaje material predominante paredes y pisos en vivienda rural.....	19
Tabla 4. Cantidad de generación de materiales aprovechables .....	26
Tabla 5. Metodología de Desarrollo .....	44
Tabla 6. Valores Mínimos Mensuales de Temperatura .....	49
Tabla 7. Valores Máximos Mensuales de Temperatura.....	49
Tabla 8. Valores Medios Mensuales de Temperatura.....	50
Tabla 9. Valores promedio de Temperatura .....	50
Tabla 10. Valores medios Mensuales de Humedad relativa.....	51
Tabla 11. Valores medios Mensuales de Precipitación.....	52
Tabla 12. Valores mensuales dirección vientos.....	52
Tabla 13. Ficha Técnica encuesta .....	54
Tabla 14. Programa arquitectónico vivienda tipo 1 .....	67
Tabla 15. Programa arquitectónico vivienda tipo 2 .....	74
Tabla 16. Programa arquitectónico vivienda tipo 3 .....	82
Tabla 17. Análisis de resultados de las viviendas.....	89
Tabla 18. Resultados orientación volumen arquitectónico .....	93
Tabla 19. Exploración formas vivienda rural .....	95
Tabla 20. Resultado exploración forma cubierta .....	96
Tabla 21. Programa y distribución Arquitectónico vivienda propuesta.....	97
Tabla 22. Calculo mínimo de ventilación en zonas de respiración .....	99
Tabla 23. Cálculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta.....	99
Tabla 24. Calculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta.....	100
Tabla 25. Conductividad térmica de los materiales .....	106
Tabla 26. Resultados simulaciones viviendas base y vivienda propuesta.....	116
Tabla 27. Comparativo sistema propuesto vs AZEMBLA .....	118
Tabla 28. Resultados finales comparativos .....	123
Tabla 29. Tabulacion de datos vivienda tipo 1 VS PET .....	130
Tabla 30. Tabulacion de datos vivienda tipo 2 VS PET .....	131
Tabla 31. Tabulacion de datos vivienda tipo 3 VS PET .....	133

## 1. Introducción

San Antonio del Tequendama es un municipio ubicado en la provincia del Tequendama (Cundinamarca, Colombia), cercano a Bogotá. Tiene 24 veredas en una extensión de 82 km<sup>2</sup> de los cuales 60 están en área rural en un rango altitudinal de 900 a 2400 msnm. Su población de 13,000 habitantes (2015) es principalmente rural. Dentro del Plan de Desarrollo Municipal **“LUCHO POR SAN ANTONIO 2016-2019”** (Alcaldía Municipal de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, 2016), Una de las cinco estrategias se denomina "San Antonio protector ambiental y con desarrollo territorial", en el que se plantea el proyecto de **“MUNICIPIO VERDE”** cuyo objetivo reside en resaltar la riqueza natural que se encuentra en su interior, que se apoya en programas que generen una sostenibilidad en todos los sectores productivos que se desarrollan y en el fortalecimiento de la educación ambiental de los sanantoniunos. (Alcaldía Municipal de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, 2016).

Actualmente, la zona rural del Municipio de San Antonio del Tequendama con sus veinticuatro veredas cuenta con una parte de población en condiciones de vulnerabilidad, desplazamiento y escasos recursos. Encontramos que habitan en la zona, personas desplazadas por el conflicto armado que necesitan de un resguardo y que solo pueden construir con materiales que les brinda la comunidad y el Municipio. Así mismo, habitantes estables de la zona, prefieren construir con materiales que encuentran o les donan ya que no tiene el recurso económico. Esto ha ocasionado que se realice la construcción de las viviendas en materiales que no son de uso adecuado como muros en teja, cubiertas en lona y pisos en tierra.

El objetivo de esta propuesta es implementar un modelo base de vivienda rural, a partir del análisis térmico de la envolvente comparando los sistemas convencionales con paneles PET, con el fin de verificar si cumple con el rango de confort térmico en comparación con otros

materiales y permita ser incorporados para la construcción de la vivienda rural en el Municipio de San Antonio del Tequendama. Todo con el fin, de mejorar las condiciones habitables, además de cumplir con los requerimientos mínimos establecidos para su construcción. Se determinará, si el uso de este material reciclado, en comparación con el Azembla, genera cualidades térmicas y de confort asimilables en la vivienda rural.

### 1.1. Descripción del problema

San Antonio del Tequendama, es un municipio de quinta categoría (clasificado por su cantidad de habitantes que van entre los 10.001 hasta los 20.000 y cuyos ingresos anuales son superiores a 15.000 salarios mínimos vigentes); que cuenta con una población de 13.272 habitantes que se distribuyen en 24 veredas y el casco urbano. Según proyección censo (DANE 2015), la mayor parte de la población se encuentra localizada en la zona rural con un total de 12.222 habitantes y un restante de 1.050 en los cascos urbanos.

**Tabla 1**

*Población Cabecera Municipal*

2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.018	1.030	1.040	1.050	1.060	1.069

*Nota.* Esta tabla muestra la población proyectada de la Cabecera Municipal. Tomado de Población Cabecera Municipal de San Antonio del Tequendama, Censo DANE, 2015. Obra de Dominio Público.

**Tabla 2**

*Población Zona Rural*

2015	2016	2017	2018	2019	2020
12.066	12.118	12.169	12.222	12.281	12.328

*Nota.* Esta tabla muestra la población proyectada de la zona rural y centros poblados. Tomado de Población Zona Rural del Municipio de san Antonio del Tequendama, Censo DANE, 2015. Obra de Dominio Público.

Debido a la gran cantidad de población presente en las zonas rurales y al bajo nivel de recursos, según datos estadísticos del Sisbén Municipal (tabla 3), la población se ha visto obligada a realizar construcciones que no cumplen con las normativas básicas estructurales y se obligan a construir “viviendas” en materiales como muros en latas, madera burda, bareque, pisos en tierra y techos en plástico.

**Tabla 3**

*Porcentaje material predominante paredes y pisos en vivienda rural.*

MATERIAL PREDOMINANTE PAREDES – VEREDA ZARAGOZA	PORCENTAJE
Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida	5%
Tapia pisada, adobe	15%
Bahareque	10%
Material Prefabricado	5%
Madera burda, tabla, tablón	10%
Guadua, caña, esterilla, otro vegetal	15%
Zinc, tela, lona, cartón, latas, desechos, Plásticos	40%
Sin paredes	0%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>
MATERIAL PREDOMINANTE PISOS – VEREDA ZARAGOZA	PORCENTAJE
Alfombra, mármol, parque. Madera pulida y lacada	0%
Baldosa, vinilo, tableta, ladrillo	10%
Cemento, gravilla	50%
Madera burda, madera en mal estado, tabla o tablón	5%
Tierra o arena	30%
otro	5%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

*Nota.* Esta tabla muestra los materiales predominantes en pisos y paredes presentes en las viviendas de la zona rural de la vereda zaragoza. Tomado de Sisbén Municipal, 2019. Obra de Dominio Público.

Como se observa en la tabla 3, el 40% de los materiales usados en paredes y el 50% en pisos, son los que más problemas están presentando en las viviendas rurales, ya que por su configuración estructural y de envolvente, no están generando confort al interior de la misma.

A continuación, las figuras que se presentarán, muestran el estado actual de las viviendas rurales y el tipo de material utilizado con respecto a la tabla 3 enunciada anteriormente:

### **Figura 1**

*Estado Actual Vivienda rural campesina.*



*Nota.* La imagen muestra la condición actual y la materialidad, de una de las viviendas identificadas.

### **Figura 2**

*Estado Actual vivienda rural campesina*



*Nota.* La imagen muestra la materialidad como la madera, para la construcción de muros en la vivienda rural.

**Figura 3**

*Muros en lata y plástico*



*Nota.* La imagen muestra, el uso de materiales como tejas en lata y plásticos para usarlos como envolvente.

**Figura 4**

*Vivienda rural con muros en bahareque.*



*Nota.* La imagen muestra el uso de técnicas constructivas como el bahareque, para la envolvente de la vivienda rural.

**Figura 5**

*Muros en lata y piso en tierra*



*Nota.* La imagen muestra, la construcción de la vivienda rural con la implementación de materiales inapropiados.

**Figura 6**

*Muros en malla tejida de fibras en Polietileno, y piso en tierra*



*Nota.* La imagen muestra la implementación de la malla en polietileno como método de envolvente en la vivienda rural.

Según las figuras (1,2,3,4,5 y 6), se puede evidenciar que, la vivienda rural presenta una infraestructura inadecuada de acuerdo a los parámetros básicos planteados por la NSR-10, la cual especifica que la vivienda ya sea rural o urbana, debe estructurarse sísmicamente con una adecuada configuración estructural, dimensiones y con materiales que proporcionen estabilidad y seguridad para los habitantes. Por otro lado, debido a los asentamientos de la población, en muchos casos no se evidencian estrategias arquitectónicas ni bioclimáticas, ya que no se ubican de manera estratégica que permita una adecuada forma, una adecuada asoleación ni una apropiada ventilación natural.

Muchas de las viviendas actualmente construidas se mantienen con materiales propios de la zona como lo es el bahareque y la guadua. Esto evoca que hay una condición de manejo bioclimático debido a que usan estas estrategias de la arquitectura vernácula para ser aplicadas en la construcción.

A continuacion, las figuras 7, 8 y 9, muestran el uso del bahareque y la guadua como material predominante en algunas construcciones:

**Figura 7**

*Vivienda campesina en bahareque*



*Nota.* La imagen muestra, como el uso del bahareque, representa el total de la envolvente, en la vivienda rural campesina.

**Figura 8**

*Muros en bahareque y guadua*



*Nota.* La imagen muestra el uso de la guadua y el bahareque para crear la envolvente de la vivienda rural.

**Figura 9**

*Vivienda rural campesina*



Nota. Esta imagen muestra el uso de la guadua como estructura y las tejas metálicas en cubierta de la vivienda rural.

Al realizar el recorrido de inspección ocular de diez viviendas rurales campesinas, la cuales se mostraron anteriormente, se observó que estas aplican sistemas constructivos inadecuados. Cabe recalcar, que los elementos naturales como la tierra dispuesta en muros, sirven de barreras climáticas para evitar la transferencia de calor al interior de una vivienda y ayudan a minimizar la temperatura.

### **1.2. Calidad de vida en la vivienda rural**

Una de las problemáticas asociadas a la vivienda rural campesina es la calidad de vida de los habitantes, la cual se define como la incidencia en el modo de vida respecto a la sensación y percepción que tienen a sus necesidades. En este ámbito influyen aspectos económicos, ambientales y sociales. No obstante, una de las características principales que posee la población rural del municipio, son las actividades agropecuarias que conllevan un beneficio económico

para el campesino; si bien es cierto, que para la mayoría de población rural sus ingresos económicos provienen de trabajos asalariados, el principal, parte de la generación de ingresos económicos de la actividad agropecuaria del municipio.

Al analizar la calidad de vida en la vivienda rural campesina, distinguimos también problemáticas en términos de salud debido a que gran parte de la población, reside la mayor parte del tiempo en sus casas. Para el campesino, la actividad – labor genera un ingreso económico bajo que no le permite contar con una vivienda segura, confortable, bien ventilada y construida con buenos materiales. Por estos motivos, se recurre a la edificación con materiales que no son apropiados tales como lonas, tejas de zinc, maderas y plásticos entre otros.

### **1.3. Manejo de residuos sólidos en el municipio**

Las actividades socioeconómicas de un municipio en las áreas urbanas y rurales generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos; cada uno tiene definidas sus metodologías de gestión enmarcadas en escenarios legales. En el Municipio de San Antonio del Tequendama, la gestión de los residuos sólidos se encuentra enmarcado mediante el instrumento de planificación PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos), el cual establece un modelo de prevención de impactos ambientales, de aprovechamiento y de posibilidades regionales.

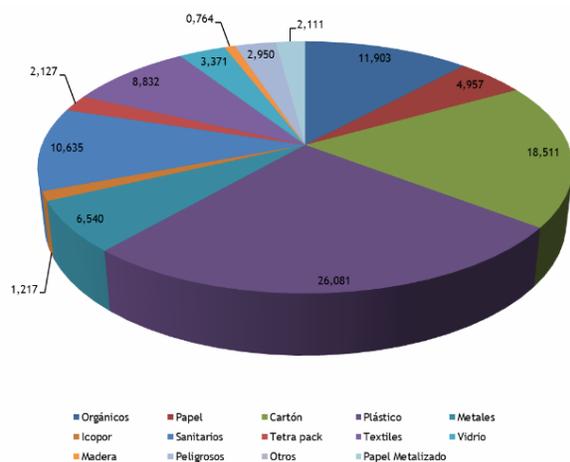
La etapa de generación de residuos, abarca la producción de los mismos en el municipio y la presentación que se realizan por parte de los usuarios. La prestación de los servicios público de aseo domiciliario se realiza en el sector urbano y en las zonas en las que venían atendiendo las asociaciones de usuarios vinculadas a la Empresa PROGRESAR S.A. E.S.P. El servicio de recolección se realiza dos veces por semana en área urbana y una vez por semana en área rural, con un cubrimiento del 100 % en el área urbana y 35 % en centros poblados y zonas rurales;

generando un promedio mensual de residuos de 94,6 toneladas, que son dispuestos en el Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo. (Empresa de Servicios Públicos PROGRESAR S.A ESP, 2018)

De acuerdo a la caracterización de residuos realizada en el municipio, los porcentajes de generación correspondientes al tipo de residuos se muestran a continuación:

**Figura 10**

*Porcentaje de generación de residuos sólidos en el Municipio*



*Nota.* El gráfico representa el total de residuos aprovechable recuperados en el Municipio, donde el 26.08% corresponde al plástico. Tomado de PGIRS – San Antonio de Tequendama 2015. Obra de Dominio Público.

**Tabla 4**

*Cantidad de generación de materiales aprovechables*

DESCRIPCIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	PROMEDIO MENSUAL
	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	Cant. Kilos	
CARTÓN	351	451	206	139,5	139,5	180	104	104	118	199,2
ARCHIVO	354	531	198	166	166	236	120	120	231	235,8
PLÁSTICO	381	161							120	220,7
BOLSA	46	310	149	124	124	204	86,5	86,5	151	142,3
<b>PET</b>	<b>359</b>	<b>210</b>	<b>139</b>	<b>119,5</b>	<b>119,5</b>	<b>191</b>	<b>82,5</b>	<b>82,5</b>	<b>162</b>	<b>162,8</b>
PERIÓDICO	28	78	30	39,5	39,5	23				39,7
PLEGADIZA	157	415	148	119,5	119,5	180	86	86	212	169,2
CVASIA	13	8					20	20		15,3
CLAUSEN	17	23	8	9,5	9,5	18	0,5	0,5	22	12,0
CHATARRA	23	95	53	35	35	32	11,5	11,5		37,0
VIDRIO	314	469	163	146	146	263	91,5	91,5	198	209,1
TAPAS PLASTICAS	13	24	10	10	10	11	5,5	5,5	11	11,1
PET COLOR			105	113,5	113,5	193	91,5	91,5		118,0
ETIQUETA			12	50	50	11			19	28,4
TOTAL	2056	2775	1221	1072	1072	1542	699,5	699,5	1244	1375,7

*Nota.* La tabla 4 muestra la cantidad de recolección de residuos sólidos aprovechables recolectados en un promedio mensual. Tomado de Progresar SAS E.S.P, 2015. Obra de Dominio Público.

Teniendo en cuenta las cantidades de generación de materiales aprovechables según la tabla 4, se evidencia que los residuos plásticos y PET tienen una gran relevancia, ya que no son dispuestos ni aprovechados de manera adecuada causando una gran problemática e impactos ambientales; motivo por el cual la Empresa de Servicios Públicos PROGRESAR realizó la implementación de rutas de recolección de este tipo de residuos con el fin de realizar el debido aprovechamiento de estos residuos y de igual manera darles una adecuada disposición final. Actualmente, el proceso de separación de este tipo de material se encuentra a cargo de los recuperadores ambientales. Además de la recolección, se cuenta con Econtenedores los cuales prestan el servicio de almacenamiento temporal y una vez han superado su capacidad de almacenamiento son desocupados y se incorporan al proceso de aprovechamiento. (Empresa de Servicios Públicos PROGRESAR S.A ESP, 2018)

#### **1.4. Formulación del problema**

Con base a la descripción del problema enunciada en el numeral 1.1, la formulación del problema establecida es la siguiente:

¿Qué sistema de construcción a partir de una envolvente en material PET, permite garantizar las condiciones de confort térmico para la construcción de vivienda rural campesina en el Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca?

## **2. Justificación**

Los motivos que llevaron a realizar esta investigación, surgen de la necesidad de proponer nuevos métodos sostenibles para la vivienda rural en donde se permita evidenciar si es posible el uso de elementos reciclables como el PET idóneos para la realización de envoltentes. Esto con el fin, de brindar confort térmico; buscando el beneficio de la comunidad sanantoniuna menos favorecida, puesto a que actualmente la construcción de la vivienda rural para este tipo de población es precaria y no ofrece sistemas alternos a los convencionales.

Por otro lado, en el Municipio de San Antonio del Tequendama, los procesos constructivos de la población de escasos recursos se ven reflejados en viviendas que actualmente utilizan materiales como tejas, madera, plásticos, entre otros. Lo que no permite que cuenten con confort, generando impacto negativo para la salud y condiciones de vida.

Teniendo en cuenta lo anterior, los diferentes programas que desarrolla la Administración Municipal se enfocan en la recolección y recuperación de materiales aprovechables, lo que permite que esta investigación, sea implementada en el municipio. Esto conllevará, a disponer adecuadamente de estos residuos en la incorporación de nuevos materiales constructivos en la envoltente de la vivienda rural.

### **3. Pregunta de Investigación**

¿Es posible verificar el comportamiento térmico y el nivel de confort de una vivienda rural campesina de clima calido-humedo a partir de la incorporación de la envolvente en paneles PET?

### **4. Objetivos**

#### **4.1. Objetivo General**

Comprobar el mejor comportamiento térmico de unas viviendas campesinas en el Municipio de San Antonio del Tequendama, a través, de la utilización de paneles PET con respecto a los materiales y técnicas constructivas tradicionales.

#### **4.2. Objetivos Específicos**

- Verificar las condiciones de confort que se generan en viviendas campesinas que utilizan materiales y técnicas constructivas convencionales.
- Verificar la factibilidad del uso de paneles PET en la vivienda campesina a partir de material reciclado.
- Identificar los niveles de confort obtenidos con el uso de materiales - técnicas convencionales y con paneles PET.

### **5. Hipótesis**

Se puede verificar a partir del diseño de un sistema constructivo la implementación de la envolvente en paneles PET prefabricado de la vivienda rural, puede llegar a proporcionar las condiciones de confort térmico reemplazando los sistemas constructivos actuales y servir de referente en la vivienda rural campesina en el Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca.

## 6. Marco Conceptual

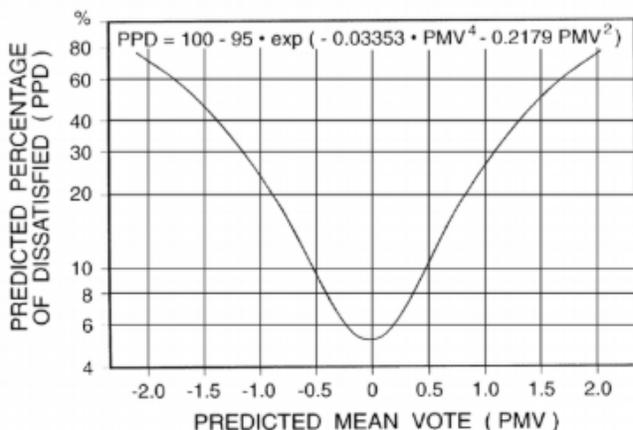
Actualmente en Colombia rigen varias normas que contemplan el ahorro energético y cuidado del medio ambiente, entre ellas encontramos el lineamiento establecido por **RITE** (Reglamento De Instalaciones Térmicas En Edificaciones) (ACAIRE, 2017) que define la aplicación de exigencias de eficiencia energética, en instalaciones térmicas entre ellas la calefacción, refrigeración y ventilación. Estas variables son aplicables a edificaciones de gran envergadura y no aplica para construcciones pequeñas. Se caracteriza por la implementación de energías mecánicas (aire acondicionado, calefacción, entre otros), que necesitan el uso de equipos para suplir necesidades de confort térmico. De otro lado, en términos de construcción sostenible se encuentra la Resolución **0549 de 2015**, la cual enmarca porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía a partir de una línea base.

El confort térmico establecido por ASHRAE-55 (2017), está definido como "estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Cuando el cuerpo está en balance térmico realizando cualquier actividad, no experimenta una transpiración excesiva ni escalofríos. Es decir, la persona no siente incomodidad en el ambiente respecto al nivel de frío o calor.

Pero, la temperatura está muy ligada el confort térmico y puede variar, ya que la experiencia térmica y la aceptación térmica dependen del estado de las personas. Según la escala de sensación térmica en ASHRAE-55 (Figura 11), la sensación no depende solo de la temperatura exterior, sino que hay que tomar en cuenta la temperatura interior. En esta investigación, se tomará en cuenta el confort térmico adaptativo ya que permite los estudios en campo, así como sensaciones térmicas del cuerpo y/o experiencias térmicas.

**Figura 11**

*Escala de confort térmico*



Nota. El gráfico muestra el porcentaje de insatisfechos. Tomado de, Norma ASHRAE, Térmico condiciones ambientales para la ocupación humana, (pág. 12), por Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Engineers, Inc., 2010. CC

Igualmente, las sensaciones térmicas también se dan por la radiación de los materiales y/o superficies que se encuentran dentro de la edificación, ya sea el vidrio, cubiertas, muros o en muchos casos los electrodomésticos (computadores, maquinas, entre otros.). Esto afecta el confort térmico, ya que emite una radiación distinta a la que se pueda encontrar la temperatura estándar. Cabe resaltar, que cada determinante afecta de manera directa la sensación térmica al interior y es por esto que es de suma importancia controlar, verificar las necesidades previstas y garantizar una buena condición al interior de la vivienda. Es aquí donde se evalúan y simulan los materiales para generar una buena radiación ya sea la necesidad que se quiera, o más frío o más calor.

No solo la temperatura afecta el confort térmico en las viviendas, es vital también el aire o movimiento del aire, convirtiéndose un factor importante, ya que a pesar de que no disminuye la temperatura, permite crear sensación de frescura y aumento de evaporación en la

piel. Entonces, si se busca localizar la vivienda con la mejor dirección de vientos predominantes, se puede generar una inyección continua, proponiendo así estrategia de tipo pasiva que permita adecuadas sensaciones térmicas. Cada una de las determinantes previamente expuestas, afectan al proyecto de manera directa y son clave para el manejo de estrategias térmicas de la envolvente del proyecto.

Por consiguiente, en el manejo de la envolvente del proyecto, y como se acentúa en una zona cálida (vereda Zaragoza), es necesario que los materiales a usar tengan la mínima ganancia de calor o inercia térmica y puedan lograr condiciones óptimas al interior de la vivienda. Por otro lado, también es necesario saber cómo establecer la envolvente y que porcentajes de apertura (relación ventana – pared, renovaciones de aire) manejar, con el fin de verificar y comprobar si implementando estas estrategias, disminuye o aumenta el confort térmico al interior de la vivienda.

## **7. Marco Referencial**

Existen varios proyectos y soluciones a nivel mundial y nacional, que incorporan el uso de los residuos sólidos PET para la generación de nuevos productos que son amigables y compatibles para la construcción de viviendas rurales.

### **7.1. Ladrillos y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para La Autoconstrucción**

**Autor:** Rosana Gaggino

**Lugar:** República Argentina – Córdoba

**Medio de Publicación:** Revisa INVI

Este documento hace referencia a la fabricación de elementos constructivos a base de materiales plásticos reciclados para vivienda de interés social. Para el desarrollo de la investigación se establecieron los siguientes parámetros:

- **Tecnológico:** Con el fin de brindar y cumplir con la función de cerramiento de las viviendas, sus componentes de construcción son livianos, buena aislación térmica y resistencia mecánica.
- **Ecológico:** Mitigación de impactos ambientales y uso racional de los residuos sólidos mediante tecnologías sustentables.
- **Económico:** Reducción de costos en la producción de elementos constructivos para la vivienda de interés social.
- **Social:** Promover la autoconstrucción en la elaboración de los componentes constructivos

De acuerdo a los resultados obtenidos para el desarrollo del proyecto se evidencio que hubo una disminución comparativa respecto a los materiales convencionales usados (mampostería ladrillo en tierra, cerámico y hormigón). Respecto a la envolvente, la mampostería en ladrillo de PET dio como resultado un coeficiente de conductividad térmica de 0.15 W/mk, esto indica una buena disipación de calor, así mismo se evidencio su resistencia mecánica menor y suficiente para ser usado para cerramiento de estructura independiente antisísmica. Posee excelente absorción de agua del 70%, una resistencia acústica de 46 db superando a una de ladrillo común y una resistencia a la intemperie del 25% después de someterse a procesos de envejecimiento.

## **7.2. Diseño experimental de Elementos Constructivos (ladrillón) Utilizando Materiales Reciclados, Para Viviendas de Interés Social – Síntesis de Tesis Doctoral**

**Autor:** Rosana Gaggino

**Lugar:** Universidad Nacional de Córdoba – Argentina

**Medio de Publicación:** Revisa PENSUM

**Fecha:** noviembre de 2019

La síntesis doctoral presenta, cinco elementos constructivos (ladrillo, bloque para muro, placa de ladrillo, bloque para losa y ladrillón) a base de residuos sólidos PET mezclados con cemento y arena. Este estudio permitió mostrar varias propuestas de diseño similares a los constructivos tradicionales cumpliendo las mismas funciones; sin embargo, y gracias al conocimiento y pruebas realizadas con los anteriores materiales, se planteó una propuesta de diseño que logro sacar el potencial del mismo. Este es fue el resultado del LADRILLÓN.

Esta propuesta maneja las siguientes propiedades Técnicas:

- Dimensiones del modelo: 0,40 m x 0,40 m x 0,10 m
- Peso: 12500 gr,
- Absorción de agua: Masa; 15.96%. Volumen: 188.66 kg/m<sup>3</sup>
- Coeficiente de Conductividad Térmica: 0.15 W/mk
- Resistencia al fuego: Material combustible de baja propagación de llama.
- Resistencia mecánica: Carga de rotura: 251 Kg. Y compresión a 0.54 Mpa.

Este sistema constructivo se plantea para la envolvente del proyecto y su disposición se realiza mediante la unión de juntas y a su vez puede ser utilizada para muros de cerramiento ya que posee buena absorción acústica.

### **7.3. AZEMBLA – Sistema Constructivo PVC Rígido.**

**Autor:** AZEMBLA

**Lugar:** Colombia

**Medio de Publicación:** Pagina web Oficial

Esta empresa colombiana, se destaca por el uso del PVC reciclado, en elementos constructivos como paneles de envolventes y estructuras para proyectos de vivienda, comercio, educación, salud y otros más, y se caracterizan por tener bajos consumos energéticos e hídricos, en el momento de su producción. Al ser un producto a base de PVC, tiene impactos positivos ya que, al ser termoacústico, reduce el ruido y crea confort térmico en cualquier clima, generando disminución en el uso de calefacción o aire acondicionado. Se caracteriza por tener 3 tipos de sistemas variados que permiten adaptarse según la necesidad y requerimientos.

### **Coefficiente de Conductividad Térmico**

**Panel relleno de Poliuretano:**  $3.99 \text{ w/m}^2\text{k}$

**Panel sin relleno:**  $4.36 \text{ w/m}^2\text{k}$

**Panel relleno de Concreto:**  $7.36 \text{ w/m}^2\text{k}$

Lo interesante de analizar esta empresa, es que resalta la concepción de utilizar figuras tipo lego que se adaptan a las necesidades. Esto influye, en que no hay desperdicios de materiales y se está contribuyendo con la disminución y aprovechamiento de los residuos sólidos. Su sistema constructivo resulta fácil y práctico por lo que, si se aplicara a comunidades y pueblos, tendría un beneficio propio pues se reduciría la mano de obra.

Este sistema constructivo se complementa con columnas de acero galvanizado y un vaciado de concreto según sea la necesidad térmica.

## **8. Marco Teórico**

Con el desarrollo del marco teórico se pretende definir los fundamentos y características que surgen a partir de la necesidad que tiene la población campesina de la vereda Zaragoza del Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca en torno al déficit de vivienda rural, teniendo en cuenta que actualmente los sistemas constructivos implementados no son los

adecuados. Por consiguiente, se realizará un análisis preliminar aplicando estrategias de diseño pasivo mediante la propuesta de una envolvente en panel PET prefabricado, identificando si es posible mejorar la calidad de vida y el confort térmico al interior de la vivienda y teniendo en cuenta los factores climáticos del lugar.

### **8.1. Vivienda Rural Campesina**

El ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio formulo la Política Publica de Viviendas de Interés Social Rural para Colombia, donde define la vivienda rural como una solución compuesta por un conjunto de espacios que permite a un hogar disponer de habitaciones en condiciones sanitarias, servicios públicos y calidad estructural satisfactorios, teniendo en cuenta el hábitat, el clima y procesos de participación social. A su vez, la vivienda rural debe de disponer de espacios que permitan tener buena ventilación y asoleación, y en donde se tenga en cuenta la ubicación con el fin de prever los riesgos naturales a los que se puedan estar expuestos.

Para los habitantes de la vereda Zaragoza del Municipio de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, la zona de ubicación se convierte en el hito más importante para desarrollar sus actividades diarias de trabajo, y que para ello necesitan de una infraestructura estable que les proporcione comodidad, confort y protección. Actualmente la población de esta vereda contempla un total de 398 personas según ficha SISBEN Municipal, en donde el 60% de los hogares viven en condiciones de disconfort y precariedad, debido a que su principal fuente de ingresos económicos proviene del desarrollo de actividades agropecuarias, principalmente cultivos de aromáticas y frutales; por consiguiente, el valor económico que representa estas actividades no es suficiente para llevar a cabo la construcción de una vivienda. La importancia que representa este tipo de actividades, contribuye al desarrollo económico del Municipio.

## 8.2. El PET y sus Características

Para esta investigación se usará el PET como elemento de envoltorio el cual forma parte del grupo de los termoplásticos y se caracteriza ya que es posible reciclarlo. Este polímero no es afectado por los gases atmosféricos, tiene resistencia al calor y poca absorción de agua. Posee un punto de fusión alto que garantiza la forma y flexión; así mismo es resistente a las bacterias y hongos.

(Lokensgard., 2003) especifica las siguientes propiedades físicas y mecánicas del PET:

- Densidad: 1.34 – 1.39 g/cm<sup>3</sup>
- Resistencia a la tensión: 59 – 72 MPa
- Resistencia a la compresión: 76 – 78 MPa
- Resistencia al calor: 80 – 120 °c
- Absorción de agua: 0.02 %
- Velocidad de combustión: Consumo lento (mm)
- Efecto luz solar: Se decolora ligeramente
- Calidad óptica: Transparente a opaco
- Temperatura de fusión: 244 – 254 °C

Las propiedades anteriormente descritas, permite conocer las características que tiene el material PET para poder ser incorporado ya que especifica ciertas cualidades térmicas que pueden ser usada para la presente investigación.

El PET (polietileno tereftalato), es un polímero que posee un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual hace que pueda ser transformado mediante procesos de extrusión e inyección. Dentro de sus propiedades físicas, encontramos que el PET posee gran resistencia térmica, barrera contra la humedad, alta transparencia, liviano, resistencia al desgaste

y reciclable. La recuperación de este tipo de material, se obtiene a través de procesos de separación en origen y campañas de recolección, en donde encontramos principalmente empaques y envases de gaseosas, aguas, jugos, comidas, productos de aseo, licores, medicamentos, entre otros.

### 8.3. Reciclaje del PET

Para llevar a cabo el proceso de reciclaje del PET en el Municipio de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca, es necesario como primera medida realizar una clasificación primaria de los residuos sólidos generados. En segunda medida se dispondrán unos contenedores para el almacenamiento temporal de los residuos, en donde se llevarán a un punto de acopio en donde se separarán dependiendo el tipo de plástico, ya sea PET, PE y PVC. Una vez separados y seleccionado el material, en este caso el PET, se somete a un proceso de limpieza en donde se retiran las etiquetas, pegantes y tapas con el fin de ser aplastadas para continuar con el proceso. Seguido de esto, las botellas pasan por una maquina trituradora en donde se reduce el tamaño generando piezas pequeñas para poder ser sometidas a la etapa de extrusión en donde mediante una boquilla se le dará el molde para el panel PET.

**Figura 12**

*Proceso de reciclaje para la fabricación de paneles prefabricados PET*



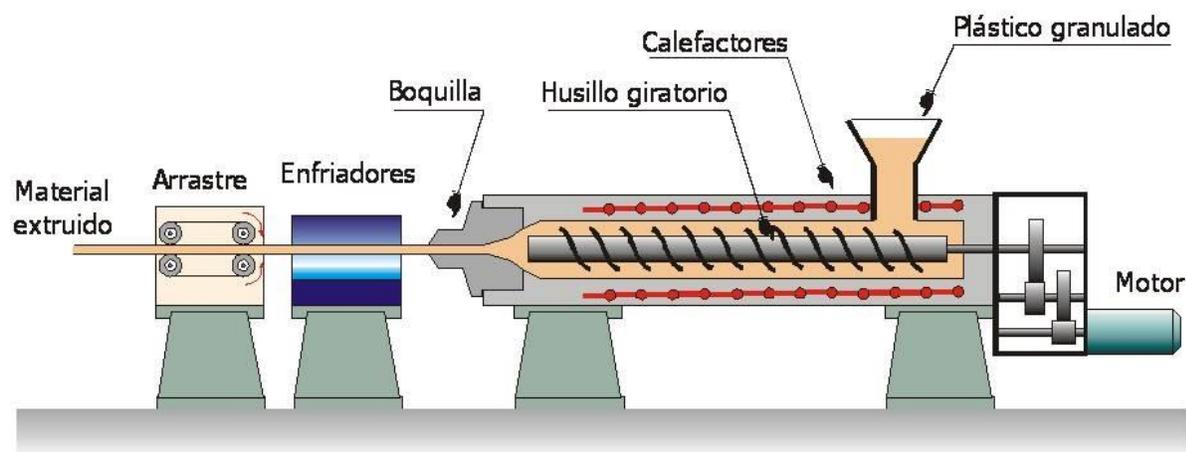
Nota. La figura muestra el proceso de reciclaje al cual se somete el material PET para la construcción de un panel

### Sistema de moldeo por Extrusión.

Este proceso pretende moldear la materia prima PET a través de una maquina extrusora que mediante un tornillo empuja el material hacia la boquilla conformada de lámina a altas temperaturas, la cual dará la longitud definida para la fabricación del panel PET. (ver anexo 1)

**Figura 13**

*Sistema de moldeo por extrusión*



Nota. La figura muestra el sistema de moldeo de las partículas PET para la fabricación del panel prefabricado. Tomado de *Censa Industrial, proceso de extrusión, 26 oct 2019*, <https://censaustrial.com/proceso-de-extrusion/>. ISSN 0719-8914

### 8.4. Confort en la Vivienda Rural

Para definir el confort en la vivienda rural, es necesario, revisar sus métodos de construcción y cómo de alguna manera se pueden vincular nuevos materiales, creando alternativas de diseño y que a su vez sean sostenibles y amigables con el medio ambiente. Es así, que para el desarrollo de este análisis se verificarán los materiales convencionales de las viviendas rurales y como se podría implementar un nuevo modelo de vivienda rural, mediante el uso de los residuos PET, perteneciente al grupo de los materiales sintéticos, el cual deriva del petróleo para crear una envolvente. Este, es un residuo sólido que se define como cualquier

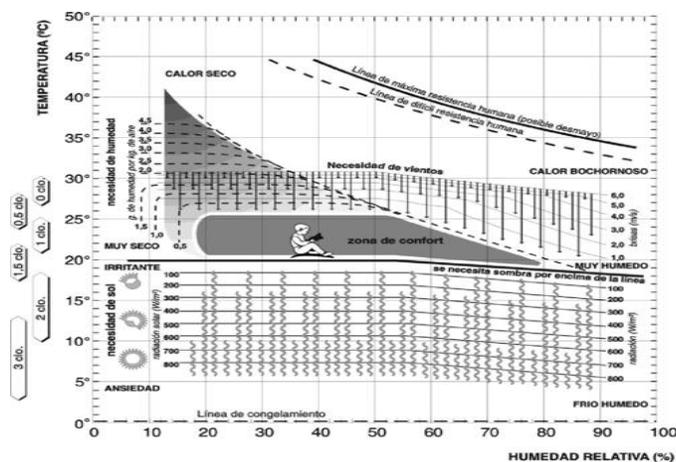
objeto material, sustancia o elemento que se bota o rechaza después de haber sido utilizado en diferentes actividades.

Con la incorporación de este material, se generan beneficios debido a que esta materia prima es económica o muchas veces gratuita; así mismo posee características de impermeabilidad, resistencia mecánica, y conductividad térmica.

Para definir un rango de confort en la vivienda rural, se prescinde de datos o normas externas como ASHRAE 55 y diagramas bioclimáticos como el de Olgay y diagrama psicrométrico de Givoni, ya que en Colombia no existen niveles de confort aplicados a la vivienda rural y que pueden ser tomadas como referentes de estudio en el análisis. Claro está, que establecer un rango de confort específico, varía según las determinantes ya sean climáticas, de orientación, materialidad, entre otros y pueden ser apoyadas mediante el uso de programas de simulación como Design Builder, Meteonorm, o programas basados en pronósticos climáticos como el IDEAM.

**Figura 14**

*Diagrama de confort Higrotérmico de Olgay*



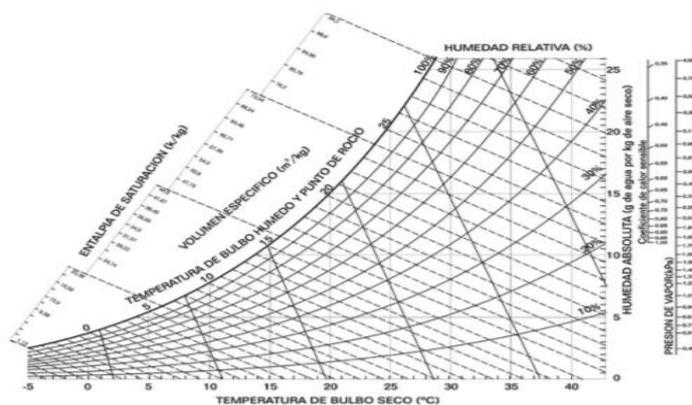
*Nota.* El gráfico representa, el rango de temperatura dependiendo el tipo de vestimenta. Tomado de, “Manual de Arquitectura Bioclimática y Sustentable” (pág. 135), por Guillermo Enrique Gonzalo, 2015. Obra Dominio Público.

Como se puede observar en la Figura 18 (Diagrama de confort higrotérmico de Olgyay), la temperatura vs la humedad relativa permite obtener el rango de confort térmico. Así mismo, se incluyen variables que producen afectación como son el viento, la radiación y la evaporación. Funcionan como una medida alterna cuando la variable principal con la que se inicia no se encuentra en el rango establecido, y sirven como medida de corrección.

Cuando se sobrepasa la zona por debajo de la zona de confort, indica que existe un defecto de calor que nos lleva a revisar que es necesaria la radiación para alcanzar la confortabilidad; pero si, al contrario, los puntos se sitúan por encima de la zona de confort, indica que existe un sobrecalentamiento y es necesario el uso de la ventilación o enfriamiento evaporativo con el fin de llegar a la zona de confort.

**Figura 15**

*Diagrama psicrométrico de Givoni*



*Nota.* El diagrama muestra, las posibles estrategias de diseño con el fin de establecer el intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente. Tomado de, “Manual de Arquitectura Bioclimática y Sustentable” (pág. 265), por Guillermo Enrique Gonzalo, 2015. Obra Dominio Público.

Según el diagrama psicrométrico de Givoni, (Figura 19) este permite determinar estrategias bioclimáticas en función del confort térmico, resaltando las variables internas y externas en una determinada época del año. Se evalúan dentro del diagrama psicrométrico la zona de bienestar térmico determinada por la temperatura del bulbo seco y la humedad relativa. El

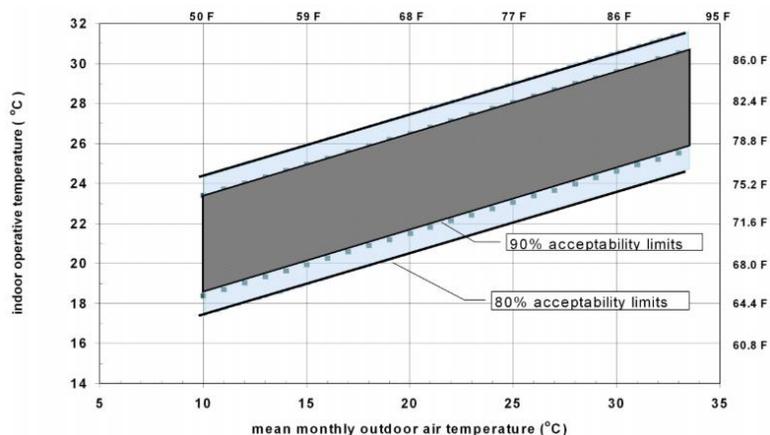
diagrama contempla dos zonas las cuales están determinadas por la temperatura del termómetro seco y la humedad relativa y la otra zona como bienestar por factores adicionales (masa térmica, enfriamiento evaporativo).

El diagrama, permite establecer estrategias tanto pasivas como activas dando uso a ventilación natural, orientación, materialidad en función de masa térmica; o uso de elementos mecánicos con el fin de alcanzar el confort establecido.

Con el fin de lograr un rango de confort térmico, se podría hacer una adaptación al estándar ASHRAE-55 el cual, toma de base la temperatura operativa en promedio anual y las horas de confort que oscilan entre el 80% y 90%. Se puede calcular computacionalmente, mediante el programa CBE Thermal Comfort Tool basado en el método adaptativo el cual, establece condiciones térmicas aceptables en edificaciones que no posean sistemas de refrigeración y en caso de que tenga sistema de calefacción, no se tenga en uso.

**Figura 16**

*Temperaturas Operativas aceptables para edificios pasivos, estándar ASHRAE-55*



*Nota:* El diagrama muestra, los rangos de temperatura operativa aceptable para los espacios que son naturalmente ventilados y no poseen ventilación mecánica. Tomado de, Norma ASHRAE “Térmico condiciones ambientales para la ocupación humana”, (pág. 12), por Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Engineers, Inc., 2010. CC

En relación a los tres métodos (Givoni, Olgyay y ASHRAE-55), se observa que cada uno aporta variables que también dependen de condiciones climáticas o información específica para el cálculo del rango de confort. Pero, para el caso de estudio de este trabajo de grado, se tomará el método estándar ASHRAE-55, ya que permite una mayor eficiencia a la hora de calcular los rangos de confort y de variables.

Se aplicará este método, ya que reúne las siguientes características: es aplicable para espacios que solo están acondicionados naturalmente y que no utilizan ventilación mecánica, enfriamiento mecánico ni sistemas de calefacción. Así mismo, el estándar menciona que el método solo aplica para niveles de actividad que están entre los 1.0 y 1.3 met, y en casos donde la temperatura media mensual del aire exterior es inferior a 10°C o superior a los 33.5°C.

## **9. Metodología**

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo. El enfoque cualitativo se puede resumir de acuerdo a las condiciones y aspectos que se presentan en las viviendas de la vereda Zaragoza del Municipio de San Antonio del Tequendama, la cual describe el estado actual en el que se encuentran teniendo en cuenta opiniones, impresiones y perspectivas. Por otro lado, la parte cuantitativa corresponde a los datos de las viviendas y temperaturas identificadas en este sector y el número de personas encuestadas en la vereda, lo que permitirá llevar a cabo un análisis estadístico y descriptivo con el fin llegar a conclusiones generales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se define una metodología de investigación de tipo analítico que corresponde a toda la recolección de datos e información, a partir de fuentes primarias y secundarias, lo que nos permiten identificar los pros y contra del modelo propuesto.

A continuación, se disponen las fases que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación, con el fin de entregar una propuesta analítica y medible capaz de evaluar el alcance final del proyecto.

**Tabla 5**

*Metodología de Desarrollo*

---

**Tipo de metodología:** Investigativa.

**Población de estudio:** Vivienda rural Municipio San Antonio del Tequendama

**Variables:** Envoltente, confort térmico, estrategias pasivas

**Recolección de datos e información:** Visita de campo, registro fotográfico y encuestas

**Análisis e interpretación de datos:** Simulaciones, análisis de datos, tabulaciones, graficas, diagramas.

---

**DESARROLLO**

---

**PRIMERA FASE**

---

• Verificación de las condiciones de confort que se generan en viviendas campesinas que utilizan materiales y técnicas constructivas convencionales.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
Seleccionar la población y lugar objeto de estudio.	Se seleccionó la zona rural del Municipio de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca
Analizar los factores climatológicos del lugar.	El análisis de los factores climatológicos, permitió entender las principales afectaciones al proyecto.
Generar encuestas de confort y sensación térmica.	Se evaluaron la sensación que tiene la población al vivir en espacios que no cumplen con las condiciones de confort.
Tabular y analizar los datos obtenidos.	Con los datos obtenidos se procedió a conocer con exactitud el porcentaje de población afectada.

---

**SEGUNDA FASE**

---

• Verificación de factibilidad del uso de paneles PET en la vivienda campesina, a partir de material reciclado.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
Identificar y simular las condiciones de confort térmico en las viviendas construidas con los materiales predominantes en las viviendas rurales.	Se verificaron los materiales de la línea base.
Verificar, comparar y tabular los resultados obtenidos	Obtenidos los resultados simulados, se verificaron las principales problemáticas que se acentúan en la vivienda rural.

---

---

**TERCERA FASE**


---

- Identificación de los niveles de confort obtenidos con el uso de materiales – técnicas convencionales y con paneles PET.

**ACTIVIDAD****RESULTADO**

Diseñar un modelo eficiente de vivienda rural

Se garantiza que los espacios cumplen con los requerimientos morfológicos y de ocupación para los habitantes de la vivienda rural.

Analizar y verificar el comportamiento térmico del material PET

Obtener datos de simulación con el fin de implementar opciones al material.

Proponer panel prefabricado en PET para la envolvente del modelo de vivienda eficiente

Simulando el material como envolvente, se sabrá si cumple o no con el nivel de confort térmico establecido, así mismo se comparó con el propuesto por AZEMBLA.

---

*Nota:* La tabla muestra, la metodología a implementar a través de fases, para alcanzar los objetivos propuestos.

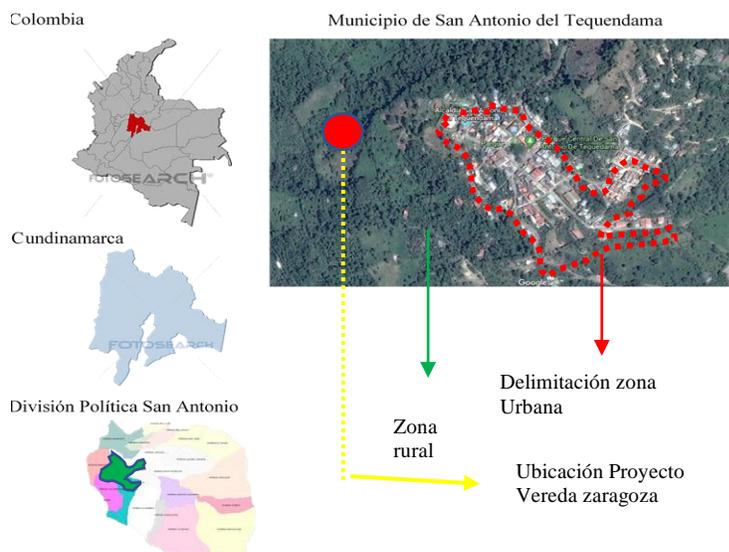
## 10. Generalidades del proyecto

### 10.1. Localización

El Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca, se encuentra a 56 Km de Bogotá. Cuenta con una extensión de territorio total de 82 Km<sup>2</sup>, donde el 80 % pertenece al área rural.

**Figura 17**

*Localización municipio San Antonio del Tequendama*



*Nota:* El gráfico presenta, el desglose de ubicación para el Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca. Adaptado de Google Earth, 2019,

<https://earth.google.com/web/search/san+antonio+del+tequendama/>. CC

**Altitud:** 1540 m.s.n.m

**Temperatura Promedio:** 24.5 °C.

**Limites:**

**Norte:** Municipio de Tena y Bojacá

**Occidente:** Mesitas del Colegio

**Oriente:** Municipios de Bajaca y Soacha

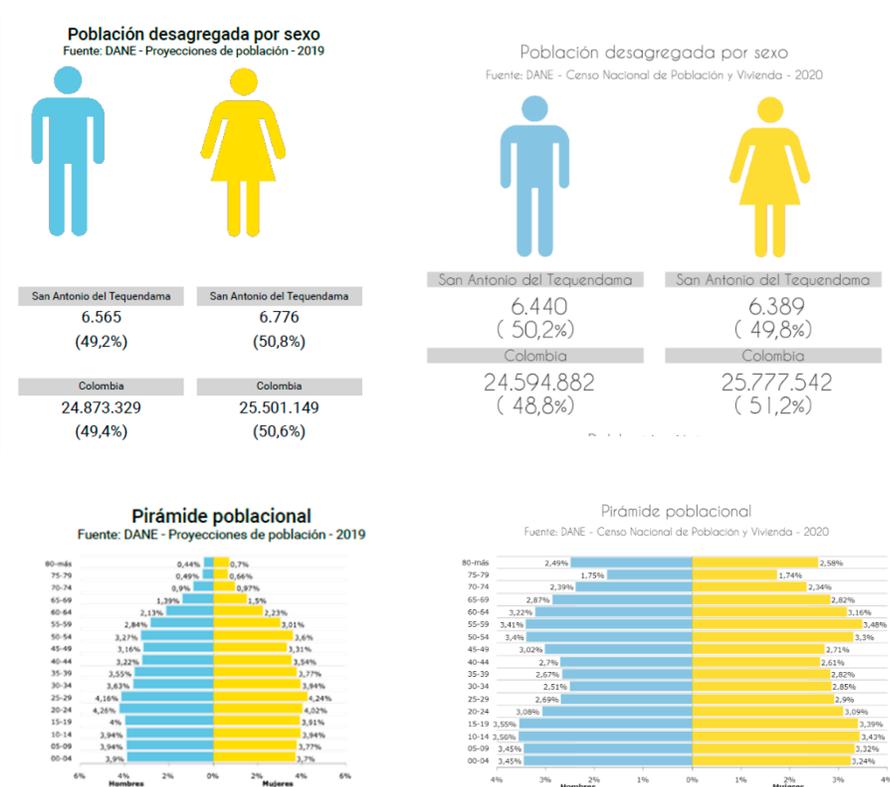
**Sur:** Municipio de Granada

## 10.2. Demografía

Como se observa en la Figura 18, la población del Municipio de San Antonio del Tequendama ha disminuido, así mismo se observa en la figura 19 el déficit de vivienda actual.

**Figura 18**

*Datos poblacionales del Municipio de San Antonio del Tequendama*

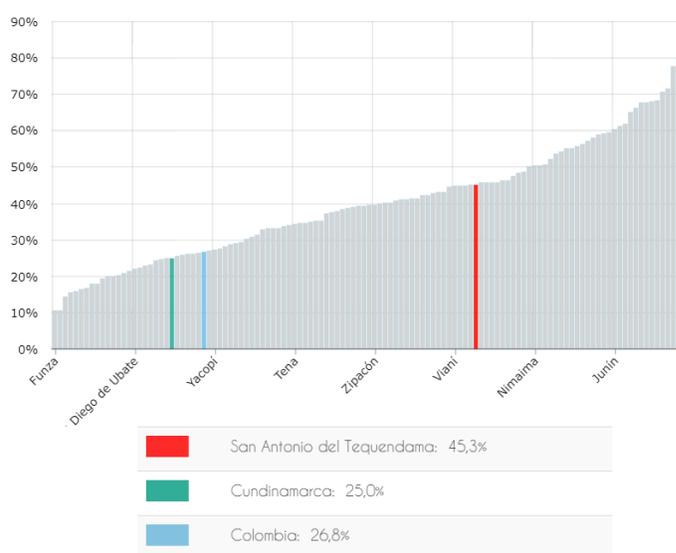


*Nota:* El grafico presenta, la información relacionada con la demografía entre los años 2019 y 2020 del Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca. Adaptado de, Demografía y Población, 2019 Terridata DNP, <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/25645>. CC

En total y según fuente DANE, el municipio cuenta actualmente con una población total de 12.829 habitantes que se reparten en 23 veredas, casco urbano y centros poblados. Según los datos previamente expuestos, ha habido una disminución población respecto al año 2019 lo que significa pocas construcciones de viviendas en la zona, la población más joven a migrado y se presentan precarias condiciones de vida en la zona rural.

### Figura 19

#### *Déficit cualitativo de vivienda*



*Nota:* El grafico presenta, la información relacionada con el déficit de vivienda en el año 2018 del Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca. Adaptado de, Vivienda y Servicios Públicos, 2018 Terridata DNP, <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/25645>. CC

La figura 19, nos muestra que el déficit de vivienda en San Antonio se acentúa sobre el 45.3 %. Según datos obtenidos por el SISBEN Municipal (2019), hay una distribución predial de la zona rural correspondiente al 96% mientras que en zona urbana encontramos el 3.92%. Esto quiere decir, que en la zona rural hay más de 6.700 predios, y de esos predios, 3.500 no cuentan

con vivienda. Lo anterior dado a que, en su mayoría, las construcciones de estas viviendas son en muros de madera, tejas en zinc y pisos en concreto. Esto, ocasiona que su infraestructura se vea en riesgos, susceptibles a desastres y en discomfort. En total, entre el 60% a 70% de los hogares en San Antonio, tiene una configuración familiar de 4 a 5 personas, en donde 3,214 hogares son del área rural y 540 del área urbana.

### **10.3. Norma Urbanística**

San Antonio del Tequendama, no maneja una norma urbanística específica. Se debe a que, dentro de su Esquema de Ordenamiento Territorial - Capítulo IV, se establecen las Normas de los Sistemas Estructurantes del Territorio, de acuerdo al uso del suelo. Si bien es cierto, se deben cumplir con varios requisitos para poder otorgar una licencia de construcción. Para la zona rurales, lo que se tiene en cuenta es la ubicación del predio y si cumple o no con los requisitos del uso del suelo. Esto se refiere, a que cada uso maneja diferentes actividades que permiten o no la construcción. Se diferencian entre usos de tipo agrícola, las contemplativas o de reforestación, y las que permiten el uso para vivienda y construcciones de hasta de 3 pisos.

## **11. Fase 1 - Datos y descripción climática**

### **11.1. Temperatura**

La temperatura, es un factor climático importante a la hora de realizar un proyecto, dependiendo de los datos que obtengamos (máximas, medios y mínimos) se podrá definir a partir la implementación de la envolvente, el rango de confort. Teniendo en cuenta que en el Municipio de San Antonio del Tequendama no cuenta con una estación meteorológica, se toma como datos anuales (periodo de los últimos 10 años) la estación más cercana, en este caso, la estación del Municipio del Colegio, denominada mesitas con código 2120646.

**Tabla 6***Valores Mínimos Mensuales de Temperatura*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS														
Latitud	4° 34' 43,7" N	X=N=998089	Departamento CUNDINAMARCA		Corriente R. BOGOTÁ		Categoría		CP					
Longitud	74° 26' 20,6" W	Y=E=959880	Municipio EL COLEGIO		Cuenca R. BOGOTÁ		Fecha Instalación		9/01/1990					
Elevación	1057 m.s.n.m	Oficina Provincial3 TEQUENDAMA		Fecha Suspensión										
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROMEDIO/ ANUAL	
2010	18	18	18,2	17	19,2	18,5	19	19	18,5	18	18,5	19	18,41	
2011	18	18	17,8	18	17,5	17	17,7	18	17	17	17,3	18	17,61	
2012	17,2	16,7	19	19	17	18	17,8	18	18	17	18,8	18	17,88	
2013	17	18,2	17,5	18,2	17,9	17,5	17,5	*	21	18,9	18,5	18,1	17,5	18,15
2014		17,5	18,1	17,9	17,7	17,3	18,1	18,2	18	17,5	18,4	19	17,97	
2015	18,9		17,7	18	17,4	17	18,8	19,1	19,2	16,8	16,1	17,1	17,83	
2016	17,5	16,9	17,7	18	17	17,2	17	19	18	17,6	17	18,2	17,59	
2017	17,6	18,5	18	18,5	17,2	18,1	18,4	18,7	18	17,2	17,7	18,4	18,03	
2018	17,3	16,8	17,8	17,2	16,8	17,6	17,3	17	18	17	16,7	18	17,29	
2019	18	18,5	19,2	18,7	18,8	18,4	17,8						18,49	

*Nota.* La tabla 6 muestra los valores en un rango de 10 años de temperatura mínima mensual. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019, <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

**Tabla 7***Valores Máximos Mensuales de Temperatura*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS														
Latitud	4° 34' 43,7" N	X=N=998089	Departamento CUNDINAMARCA		Corriente R. BOGOTÁ		Categoría		CP					
Longitud	74° 26' 20,6" W	Y=E=959880	Municipio EL COLEGIO		Cuenca R. BOGOTÁ		Fecha Instalación		9/01/1990					
Elevación	1057 m.s.n.m	Oficina Provincial3 TEQUENDAMA		Fecha Suspensión										
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROMEDIO/ ANUAL	
2010	35	*	37	33	31,5	31,7	31	31	32	32	31,5	29,8	31,2	32,23
2011	32,5	32	29,9	31	30	31	32,5	31,5	32,8	30	29,5	30	31,06	
2012	30	30,6	30,5	30	30,9	33	32	33	34	33	31	31,9	31,66	
2013	34	32,2	33	33,1	30,8	32,3	32	31	31	31,5	30	28,9	31,65	
2014	31,9	33,2	32,8	32,8	30,6	31,5	34,1	34	33,6	31,9	30,7	31,8	32,41	
2015	31,5		30,9	33,1	32,7	30	32,3	34,2	34,7	34,6	28,4	32	32,22	
2016	32,1	31,8	34,5	32	32	32	33	34	34	32	32	31,3	32,56	
2017	32	33,9	32	31,8	31,9	31,3	31	32,5	33,5	33,3	30,9	31,1	32,10	
2018	31,7	33,1	33,6	31,5	31	30,8	34,3	33	33,3	31,9	29,5	31,7	32,12	
2019	35	33,4	33,6	31,8	32,1	31,7	29,4						32,43	

*Nota.* La tabla 7 muestra los valores en un rango de 10 años de temperatura máxima mensual. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019, <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

**Tabla 8***Valores Medios Mensuales de Temperatura*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS													
Latitud	4° 34' 43,7" N	X=N=998089	Departamento CUNDINAMARCA				Corriente R. BOGOTÁ		Categoría		CP		
Longitud	74° 26' 20,6" W	Y=E=959880	Municipio	EL COLEGIO			Cuenca R. BOGOTÁ		Fecha Instalación		9/01/1990		
Elevación	1057 m.s.n.m		Oficina ProvinciáB TEQUENDAMA				Fecha Suspensión						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROMEDIO/ ANUAL
2010	25	25,6	24,2	23,7	24,6	23,8	23,5	24	23,7	23,8	22,8	24,2	24,08
2011	24,2	22,8	22,6	22,4	22,2	22,7	23,1	23,3	23,1	21,8	21,7	21,7	22,63
2012	21,9	22,9	24,2	23,2	24,3	24	23,5	23,9	24,2	23,3	23,3	23,2	23,49
2013	24,3	23,2	23,7	24,3	22,6	23,8	23,4	25,5	25,7	24,9	23,1	17,7	23,52
2014	23,2	23,5	23,3	23,6	22,9	23,2	24,3	24,2	24,7	23,3	23,1	22,9	23,52
2015	23,4		22,8	23,5	23,5	22,5	24,3	25,2	26,1	23,5	20,8	23,6	23,56
2016	23,9	23,1	24,4	24	24,3	24,1	23,4	24,8	25	24,4	23,2	22,3	23,91
2017	22,3	24,4	22,5	23,4	23	23	23	23,9	23,9	23,3	23,2	22,7	23,22
2018	22,4	22,8	23,4	22,9	23,4	22,4	23,4	24,1	24,2	22,8	22,7	23,6	23,18
2019	24,4	24,6	23,7	23,6	23,2	23,2	23,1						23,69

*Nota.* La tabla 8 muestra los valores en un rango de 10 años de temperatura media mensual. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019, <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

De acuerdo a la tabla 9, se puede observar que los meses de enero, febrero y agosto son los más cálidos manteniendo temperaturas entre los 23.60°C y 24.7°C, mientras que los meses de octubre a diciembre son los más frescos.

**Tabla 9***Valores promedio de Temperatura*

TEMPERATURA PROMEDIO °C	
ENERO	24,70
FEBRERO	23,66
MARZO	23,48
ABRIL	23,60
MAYO	23,40
JUNIO	23,52
JULIO	23,50
AGOSTO	25,65
SEPTIEMBRE	24,51
OCTUBRE	23,46
NOVIEMBRE	23,98
DICIEMBRE	24,10
PROMEDIO MENSUAL	24,0

*Nota.* La tabla 9 muestra los resultados de los valores promedios anuales de temperatura.

Así mismo, se identificó el valor promedio anual en 24°C como base de análisis en el desarrollo de la investigación.

## 11.2. Humedad

**Tabla 10**

*Valores medios Mensuales de Humedad relativa*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS													
Latitud	4° 34' 43,7" N	X=N=998089	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente R. BOGOTÁ			Categoría	CP				
Longitud	74° 26' 20,6" W	Y=E=959880	Municipio	EL COLEGIO	Cuenca R. BOGOTÁ			Fecha Instalación	9/01/1990				
Elevación	1057 m.s.n.m	Oficina Provincial 13		TEQUENDAMA	Fecha Suspensión								
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROMEDI O/ANUAL
2010	61	61	68	73	77	76	76	68	73	73	81	79	72,17
2011	74	77	75	75	78	74	67	63	67	77	80	80	73,92
2012	78	66	63	78	83	75	67	69	68	77	79	75	73,17
2013	66	80	78	75	85	77	72	70	70	76	85	81	76,25
2014	79	79	86	77	83	78	66	64	65	76	83	80	76,33
2015	70	79	76	79	80	84	70	61	56	75	89	77	68,08
2016	81	83	79	85	78	74	73	64	73	79	86	86	78,42
2017	84	73	86	81	85	83	76	73	74	77	81	84	79,75
2018	82	76	78	79	85	83	75	68	71	82	84	74	78,08
2019	73	79	81										77,67
	74,8	67,4	77	78	81,56	78,22	71,33	66,67	68,56	76,89	83,11	79,56	

*Nota.* La tabla 10 muestra los valores medios mensuales de humedad relativa en un rango de 10 años. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019, <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

Se puede evidenciar, que noviembre presenta una humedad del 83%. Por tanto, es importante controlar los aumentos o disminución de humedad y puede verse afectado en los materiales de envolvente y en la salud. Es un factor importante en la automatización de las edificaciones pensado en el confort, ya que nos permite controlar la entrada de aire cuando se utiliza sistemas mecánicos de ventilación (aire acondicionado).

## 11.3. Precipitación

El aumento de las precipitaciones a lo largo del periodo, incrementa la humedad relativa y es posible establecer estrategias bioclimáticas en el aprovechamiento y captación de las aguas lluvias. Como se observa en la tabla 10, los meses donde se presentan más precipitaciones son en febrero con un total de 135.57 mm, abril con 143.32 mm y octubre con 164.69 mm. Es posible, establecer cálculos de volumen con el fin de diseñar y proponer tanques de almacenamiento de aguas lluvia

**Tabla 11***Valores medios Mensuales de Precipitación*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS													
Latitud	4° 34' 43,7" N	X=N=998089	Departamento CUNDINAMARCA		Corriente R. BOGOTÁ		Categoría		CP				
Longitud	74° 26' 20,6" W	Y=E=959880	Municipio EL COLEGIO		Cuenca R. BOGOTÁ		Fecha Instalación		9/01/1990				
Elevación	1057 m.s.n.m		Oficina ProvincialB TEQUENDAMA				Fecha Suspensión						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROMEDIO / ANUAL
2010	11	22,1	63,1	203,2	207,2	109,4	123,6	49,5	90,9	165,9	260,9	169,5	123,03
2011	27,3	310,3	115,5	277,8	174,3	68,7	40,7	33,1	57,2	196,7	377,9	128,4	150,66
2012	278,4	46,4	89,9	178,4	46,6	28,7	52	60,6	28,5	158,5	85,9	103,9	96,48
2013	106,2	99,6	84,9	105,3	141,2	50,6	29,8	25,1	75,8	97,4	237,5	102,7	96,34
2014	145,4	165,6	185	79,5	189,2	43,8	18	18,1	48,7	176,4	142	113,8	110,46
2015	46,9	198	112,6	55,3	77,7	60,6	46,1	34,2	26,2	86,9	81,7	5,1	69,28
2016	68,2	112,8	205,1	119,8	101,8	31,1	82	22,6	175,1	180,5	213,7	83,7	116,37
2017	70,4	76,8	132,4	104,4	133,6	94,3	73,3	60,8	78,4	133,3	304,2	271,2	127,76
2018	63	259,6	90,6	146,1	208,9	99,2	34,5	40,4	138,2	286,6	128,2	44,8	128,34
2019	25,4	64,5	88,9	163,4	117,7	89,5							91,57
	84,22	135,57	116,8	143,32	139,82	67,59	55,56	38,27	79,89	164,69	203,56	113,68	

*Nota.* La tabla 11 muestra los valores medios mensuales de precipitación en un rango de 10 años. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019,

<https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

**11.4. Vientos****Tabla 12***Valores mensuales dirección vientos*

ESTACIÓN : 2120646 MESITAS															
Latitud	0435 N		X=N=997800	Departamento CUNDINAMARCA		CorrienteR. BOGOTÁ		Categoría		CP					
Longitud	7425 W		Y=E=959500	Municipio EL COLEGIO		Cuenca R. BOGOTÁ		Fecha Instalación		9/01/1990					
Elevación	1100 m.s.n.m			Oficina Provincial 13 TEQUENDAMA				Fecha Suspensión							
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE			
2005					SE 1,1	SE 1,1	SE 1,1	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,2	SE 1,1				
2006	SE 2,2	SE 2,2	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 2,1	SE 2,2	SE 2,3	SE 2,4	SE 1,9	SE 2,1	SE 2,1	SE 2,1		
2007	SE 2,4	SE 2,8	SE 2,1	SE 1,9	SE 2	SE 2,1		SE 2,1	SE 2,3	SE 1,9	SE 2	SE 1,9	SE 1,9		
2008	SE 2,2	SE 2,1	SE 2	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 2	SE 2	SE 2,3	SE 2	SE 1,7	SE 1,7	SE 1,9		
2009	SE 1,9	SE 2,1	SE 1,7	SE 1,8	SE 1,9			SE 2,2	SE 2,4	SE 2,2	SE 2,1	SE 2,3	SE 2,3		
2010	SE 2,6	SE 2,5	SE 2,2	SE 1,8	SE 1,7	SE 1,9	SE 1,8	SE 2	SE 1,9	SE 1,9	SE 1,6	SE 1,7	SE 1,7		
2011	SE 2,3	SE 1,9	SE 1,7	SE 1,7	SE 1,7	SE 1,8	SE 2,1	SE 2,1	SE 2,3	SE 1,8	SE 1,6	SE 1,8	SE 1,8		
2012	SE 2	SE 2,1	SE 1,9	SE 1,7	SE 2	SE 2,1	SE 2,1	SE 2	SE 2,3	SE 2	SE 2	SE 2,1	SE 2,1		
2013	SE 2,3	SE 1,9	SE 1,9	SE 2,3			SE 2,3	SE 2,1	SE 2,3	SE 2,2	SE 1,7	SE 1,8	SE 1,8		
2014	SE 2	SE 2,1	SE 2,3	SE 2	SE 1,7	SE 1,9	SE 2,1								

*Nota.* La Tabla 12 muestra los valores en m/s de la velocidad y dirección del viento en un rango de 10 años. Tomado de Histórico de series hidrometeorológicas, Corporación Autónoma Regional CAR, 2019,

<https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. CC

Como se evidencia en la tabla 12, se muestran los valores en m/s de la velocidad y dirección del viento en un periodo de 9 años, que predominan en la región Tequendama. Es claro, que la dirección predominante es la sureste con vientos que van entre los 2 m/s a 2.6 m/s. Estos datos permiten establecer estrategias de diseño en el transcurso del proceso, así mismo, verificar el por qué no se está teniendo confort en el modelo base de vivienda

## 11.5. Análisis del confort en la vivienda rural - Vereda Zaragoza

El principal objetivo de aplicar encuestas en el territorio, fue recolectar información primaria, insumo fundamental acerca de la percepción que tiene la comunidad de la vereda de Zaragoza del Municipio en términos de confort en las viviendas rurales. Este ejercicio, se llevó a cabo aplicando encuestas de percepción las cuales fueron diseñadas y aplicadas a los habitantes de esta vereda.

### Marco Muestral

El universo poblacional a encuestar, fue la comunidad de la Vereda de Zaragoza del municipio de San Antonio del Tequendama. Para el caso de la población, se verificaron aspectos importantes el momento del curso de vida así, estableciendo que las encuestas se aplicarían a población mayor de 15 años.

Con base en la información otorgada por la oficina del SISBEN municipal, para la Vereda de Zaragoza, la población total es de 398 habitantes, la cual será tomada como el universo poblacional a encuestar definido a partir de los 15 años, por tal motivo, se calculó la muestra así:

### Figura 20

*Definición tamaño muestral.*

**Calculadora de Muestras**    **Tamaño de muestra: 58**

Margen de error: 10%  
 Nivel de confianza: 99%  
 Tamaño de Poblacion: 398  
 Calcular

**Margen: 10%**  
**Nivel de confianza: 90%**  
**Poblacion: 398**

$$n = \frac{z^2(p^*q)}{e^2 + \frac{z^2(p^*q)}{N}}$$

**Ecuacion Estadistica para Proporciones poblacionales**

n= Tamaño de la muestra  
 Z= Nivel de confianza deseado  
 p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)  
 q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)  
 e= Nivel de error dispuesto a cometer  
 N= Tamaño de la población

*Nota.* La figura muestra, el cálculo del tamaño de muestra para el desarrollo y aplicación de las encuestas. Tomado de Calculadora de Muestras, Asesoría Económica y Marketing, 2019, [https://www.corporacionaem.com/tools/calc\\_muestras.php](https://www.corporacionaem.com/tools/calc_muestras.php). CC

Sobre la base de 398 personas de 15 años en adelante, habitantes de la Vereda de Zaragoza del municipio de San Antonio del Tequendama, empleando la formula universal para la definición del tamaño muestral, teniendo en cuenta un margen de error del 10%, un nivel de confianza del 90% y una desviación del 50%, se establece que la muestra es válida con 58 personas a encuestar, las cuales fueron aplicadas en su totalidad en el territorio anteriormente descrito y seleccionado como zona de estudio.

**Tabla 13**

*Ficha Técnica encuesta*

---

<b>Estudiante que realizó la encuesta</b>	Arq. Juan Nicolás Sánchez Medina
<b>Marco muestral</b>	Personas de 15 años en adelante, habitantes de la Vereda de Zaragoza del municipio de San Antonio del Tequendama
<b>Tamaño y distribución de la muestra</b>	58 encuestas teniendo en cuenta un margen de error del 10%, un nivel de confianza del 90% y una desviación del 50%
<b>Tipo de muestreo</b>	Muestreo aleatorio simple (M.A.S.): Es un procedimiento de muestreo probabilístico que da a cada elemento de la población objetivo y a cada posible muestra de un tamaño determinado, la misma probabilidad de ser seleccionado.
<b>Técnica de recolección de datos</b>	Entrevista personal con la población marco de referencia, quienes serán abordados en sus viviendas.
<b>Fecha de la recolección de los datos</b>	Del 01 de noviembre al 30 de noviembre de 2019

<b>Tipo de cuestionario</b>	Cuestionario mixto: Integrado por algunas preguntas cerradas y semicerradas
<b>Tipo de preguntas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección única</li> </ul>
<b>Perfiles de la formulación del cuestionario y de la técnica de recolección y análisis de datos</b>	La encuesta tendrá una única temática para ser abordada, y así dirigir su correspondiente análisis, el cual estará enfocado en la percepción del confort térmico de la vivienda rural que conlleva a la identificación de la problemática en términos de confort que presencian los encuestados

*Nota.* La tabla 13 muestra la ficha técnica que incluye información que se tuvo en cuenta para el diseño y aplicación de las encuestas.

### **Formato de encuesta aplicada**

El principal objetivo de aplicar encuestas en el sector de la vereda Zaragoza fue recolectar información primaria, insumo fundamental, para identificar el nivel de percepción y conocimiento de la comunidad frente a los temas de confort térmico y materialidad al interior de las viviendas.

Fue importante contextualizar a la comunidad encuestada frente a las temáticas que se trataron en el desarrollo de la encuesta. El formato fue diseñado única y exclusivamente para el desarrollo de la investigación.

Con el fin de conocer e identificar las problemáticas de disconfort térmico en la vivienda Rural del Municipio de San Antonio del Tequendama, específicamente en la vereda Zaragoza, se diseñó un formato de encuesta el cual como ya se mencionó en la ficha técnica, incluye preguntas que nos permitirá seguir una ruta de análisis. A continuación, la figura 21, muestra el formato utilizado para la aplicación de encuestas.

Figura 21

*Encuesta percepción de confort térmico*

**ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE CONFORT TERMICO EN LA VEREDA ZARAGOZA  
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA**

DATOS GENERALES	
FECHA:	1. OCUPACIÓN:
2. SEXO: a. Mujer: _____ b. Hombre: _____	3. SECTOR: a. Rural: _____

**1. Como califica la temperatura en su vivienda**

- a. Muy fría
- b. Fría
- c. Poco fría
- d. Neutral
- e. Poco caliente
- f. Caliente
- g. Muy caliente

**2. ¿Se siente cómodo con la temperatura de su vivienda?**

- a. Si
- b. No

**3. Como califica la velocidad del aire en su vivienda**

- a. Estática
- b. Normal
- c. Brisa ligera
- d. Alta corriente de aire

**4. En que horarios usted percibe la mayor temperatura dentro de su vivienda**

- a. 8:00 am a 12: am
- b. 1:00 pm a 4:00 pm
- c. 5:00 pm a 8:00 pm

**5. En que horarios usted percibe la menor temperatura dentro de su vivienda**

- a. En la madrugada
- b. En la tarde
- c. En la noche

**6. Tiene conocimiento a que se refiere el termino de CONFORT en la vivienda**

- a. Si
- b. No

**7. Cuál es la zona mas fresca de su vivienda**

- a. Cocina
- b. Sala
- c. Habitaciones
- d. Comedor

**8. Dentro de su vivienda, ¿tiene algún dispositivo de control climático?**

- a. Ventiladores
- b. Aire acondicionado
- c. Ninguno

**9. Cuantas horas durante el día permanece en su vivienda**

- a. 1 a 3 horas
- b. 4 a 6 horas
- c. 7 a 9 horas
- d. 10 a 12 horas

10. ¿Cree usted que los materiales en los que está construida su vivienda, son los adecuados?

- a. Si
- b. No
- c. No sabe

11. ¿Se siente cómodo, con las condiciones ambientales (¿temperatura, humedad, vientos e iluminación)?

- a. Descontento
- b. Poco descontento
- c. Neutral
- d. Satisfecho
- e. Muy satisfecho

11. ¿En la zona en la que usted está ubicado(a) tiene problemas de contaminación del aire por:

SITUACIÓN	SI	NO	NO SABE
a. Emisiones del flujo vehicular			
b. Olores ofensivos			
c. Actividades agropecuarias			
d. Quemadas a cielo abierto			
e. Otro ¿Cuál?			

12. ¿En la zona en la que usted vive tiene problemas de ruido por:

SITUACIÓN	SI	NO	NO SABE
a. Cercanía a bares			
b. Flujo vehicular			
c. Cercanía zonas productoras			
d. Construcciones aledañas			
e. Otro ¿Cuál?			

17. De las siguientes actividades usted cuál realiza en su vivienda

ACTIVIDAD	VIVIENDA	TRABAJO	ESPACIOS PÚBLICOS
a. Separación de las basuras			
b. Ahorro y buen uso del agua			
c. Uso de bombillos ahorradores de energía			
d. Uso de bolsas de tela			
e. Recolección aguas lluvias			

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

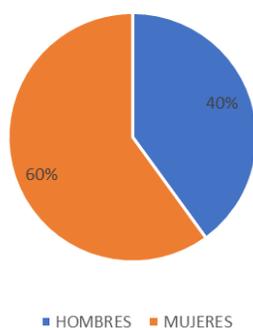
*Nota.* El grafico muestra, el formato de encuesta que se aplicó a la comunidad de la vereda zaragoza del Municipio de San Antonio del Tequendama – Cundinamarca.

En la Vereda de Zaragoza se aplicaron en total 58 encuestas; la información recolectada por medio de esta herramienta fue sistematizada y posteriormente analizada como insumo fundamental, para la identificación de problemáticas en términos de confort que perciben los habitantes de este sector del municipio.

### **Análisis de resultados – Encuesta aplicada comunidad Vereda Zaragoza**

**Figura 22**

Total, población encuestada

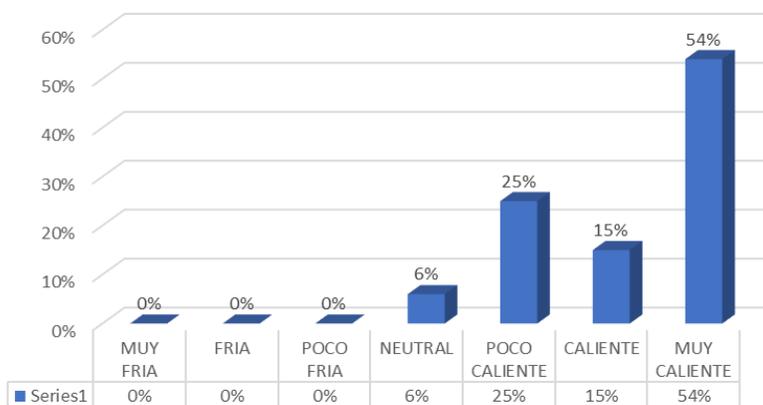


*Nota.* El gráfico muestra, que el mayor porcentaje de población encuestada, se presenta en mujeres como un 60%.

De acuerdo a la figura 22, podemos evidenciar que más de la mitad de los encuestados son mujeres, debido a que es la población que más permanece en la vivienda, en comparación a los hombres ya que en su mayoría salen de las viviendas a realizar trabajos de campo.

**Figura 23**

*Calificación de temperatura en la vivienda*

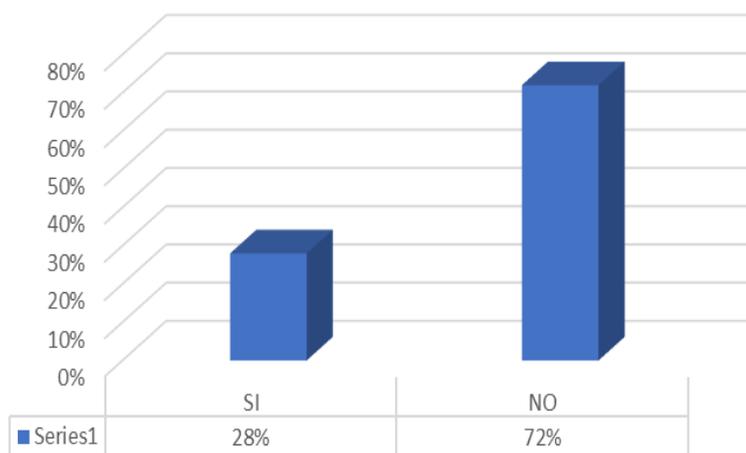


*Nota.* El gráfico presenta, que el 54% de la población encuestada, define su vivienda como muy caliente.

De la población encuestada, el 54% califica que la temperatura en su vivienda es muy caliente, el 15% caliente y el 25% poco caliente. Al analizar estos datos, podemos verificar que si existen problemáticas asociadas a las altas temperaturas y se debe en su mayoría a la mala infraestructura y materialidad que tienen las viviendas, teniendo en cuenta que Zaragoza es una de las veredas más calientes del Municipio.

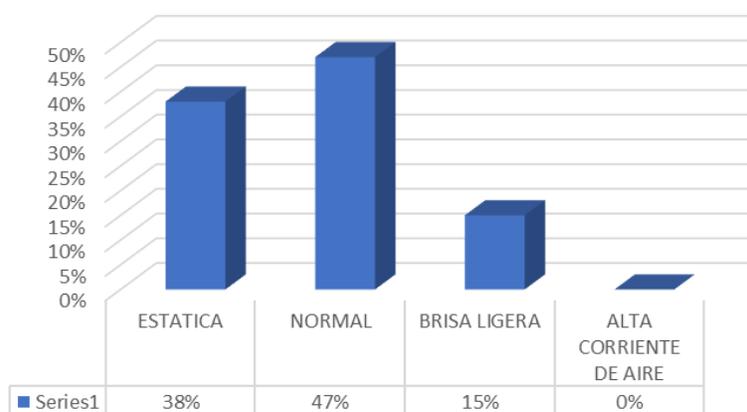
**Figura 24**

*Comodidad de la temperatura en la vivienda*



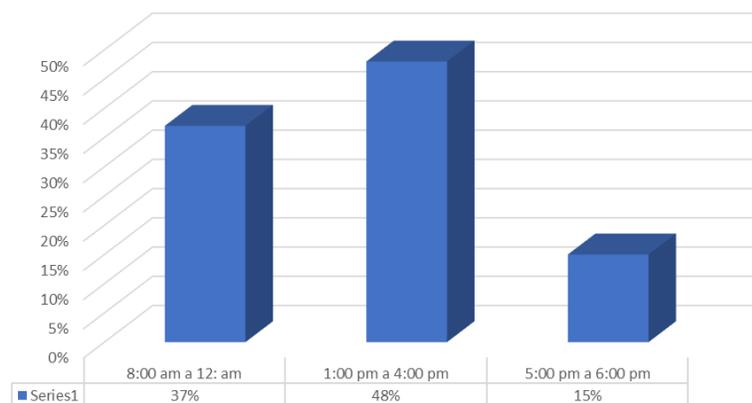
*Nota.* El gráfico presenta, que la mayor parte de la población encuestada, no se siente cómoda con la temperatura de su vivienda.

Al realizar la encuesta de percepción, se pudo identificar que el 72% de las personas no se sienten cómodas con la temperatura de sus viviendas, y se puede relacionar con la figura 24 donde manifiestan que materiales como el metal (teja zinc) irradian bastante calor al interior de la vivienda, evidenciando así, que si existe una problemática de temperatura y discomfort.

**Figura 25***Velocidad del aire en la vivienda*

*Nota.* El grafico muestra, la poca ventilación y velocidad de aire que se presenta en las viviendas rurales del Municipio.

Dentro de las problemáticas asociadas al desconfort de la vivienda, es la falta de ventilación natural. Como se observa en la figura 25, el 38% no percibe las corrientes de aire y el 47% les parece normal, lo que ocasiona que no existan flujos de aire que refresquen o ayuden a cambiar la sensación térmica. Esto también se debe, a que muchas de las viviendas no cuentan con aperturas o ventanas en el diseño y su ubicación no favorece los vientos.

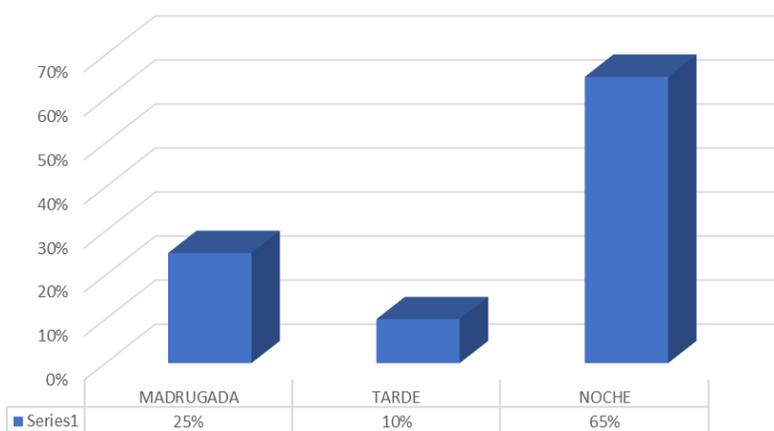
**Figura 26***Horarios de mayor temperatura en la vivienda.*

*Nota.* El grafico muestra, los horarios en donde se presentan mayores elevaciones de temperatura en las viviendas rurales del Municipio.

La figura 26 muestra que el 48% de la población encuestada, menciona el horario de 1:00 pm a 4:00 pm como las horas de mayor calor. Podemos verificar que esto se debe a la alta radiación solar sobre las cubiertas y el mal manejo de materiales en la misma. Mientras que la figura 27, muestra que en horas de la noche el 65% percibe bajas de temperaturas.

**Figura 27**

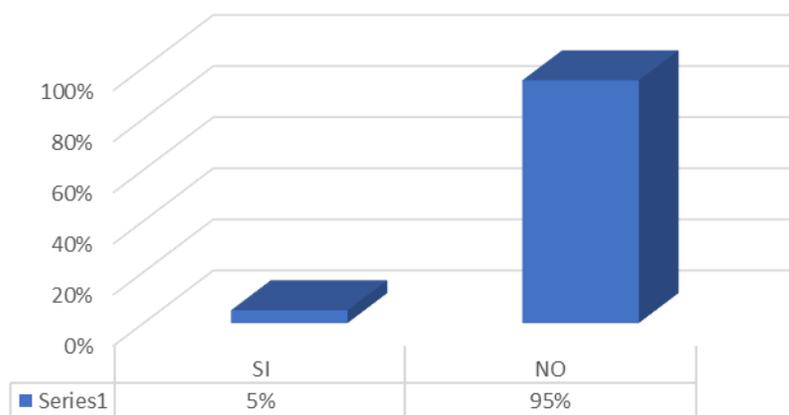
*Horarios de menor temperatura en la vivienda*



*Nota.* El grafico muestra que en horas de la noche es donde menor temperatura se presenta en las viviendas rurales del Municipio.

**Figura 28**

*Conocimiento termino de confort en la vivienda*

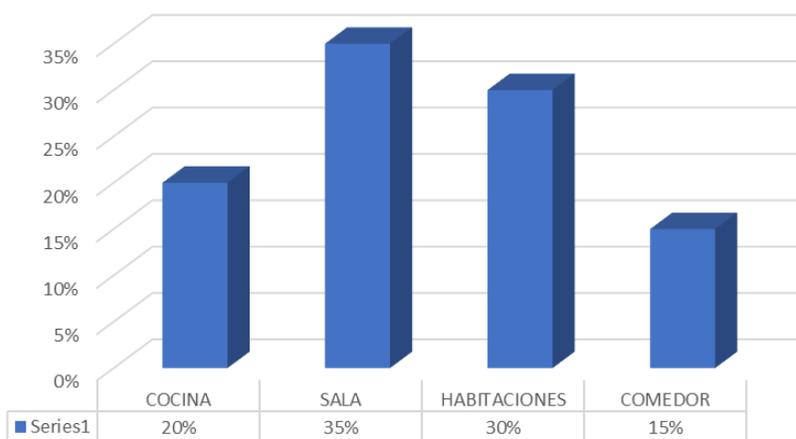


*Nota.* El grafico muestra que el 95% de la población encuestada, no conoce el termino de confort.

En términos de confort vemos que el 95% de la población desconoce el termino y sus beneficios, problema que se ve reflejado en los tipos de construcción y los materiales que usan. Solo el 5% conoce el termino o lo asocio con comodidades dentro de la vivienda.

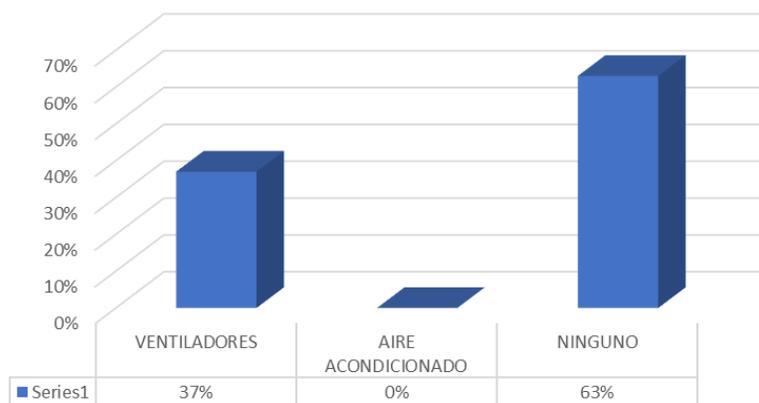
**Figura 29**

*Zona más fresca en la vivienda*



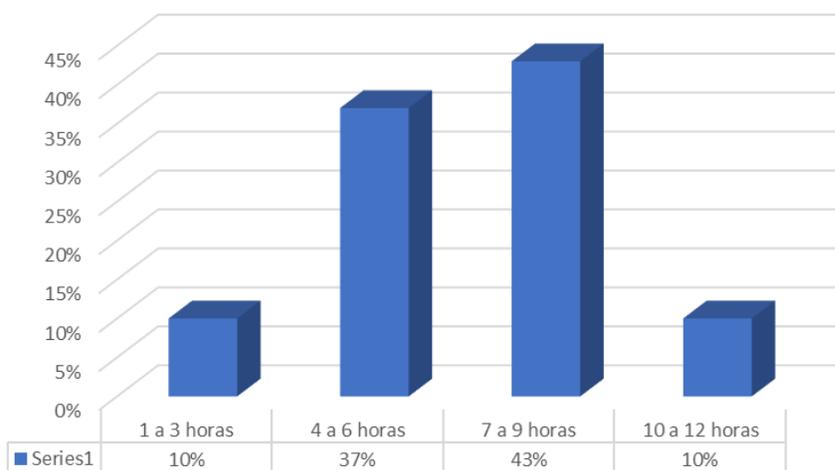
*Nota.* El grafico muestra que la zona más fresca de la vivienda se presenta en la sala y habitaciones.

Al hablar de las zonas más frescas, la población lo relacionó con espacios donde hay sombra, no tienen muros o no da la radiación directa. El 35% indicó que la sala es el espacio más fresco debido a que por lo general, en horas del día, se dejan las puertas abiertas lo que garantiza un flujo de aire. Con respecto a las habitaciones, el 30% manifestó que permanecen en horas de la mañana pero que, al querer estar más tiempo en el día, por las altas temperaturas se tiene que desplazar al exterior.

**Figura 30***Dispositivo de control climático*

*Nota.* El gráfico muestra que parte de la población encuestada, no posee dispositivos de ventilación mecánica.

El uso de dispositivos de control climático no es frecuente en la población rural, siendo el 63% que manifiesta que no poseen y el 37% indicando que el ventilador lo utilizan para refrescar las habitaciones y sala.

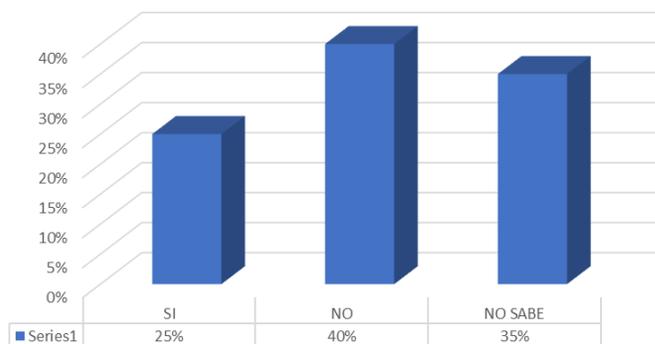
**Figura 31***Permanencia en la vivienda*

*Nota.* El gráfico muestra que la población encuestada pasa entre 7 y 9 horas al día en sus viviendas.

La mayoría de población encuestada, fueron mujeres quienes son las que más habitan las viviendas. El 43% indicó que permanecen de 7 a 9 horas realizando varias actividades, como el manejo del hogar, estudio o venta de productos.

**Figura 32**

*¿Los materiales de construcción de la vivienda son los adecuados?*

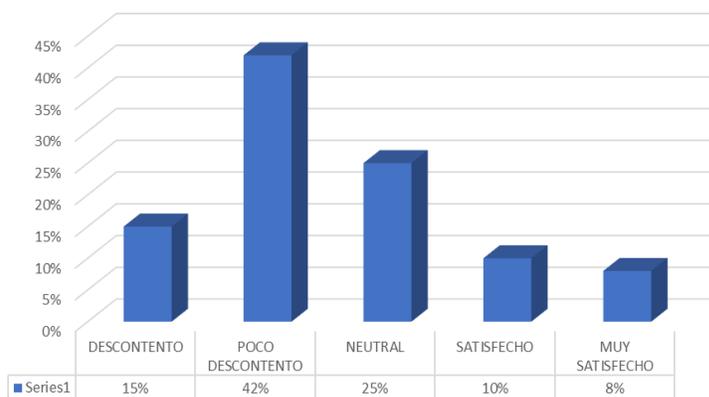


*Nota.* El grafico muestra que el 40% sabe que los materiales de construcción de la vivienda no son los adecuados.

La figura 32 muestra que el 40% de la población, manifiesta que los materiales con los que está construida su vivienda, no son los adecuados, pero por temas económicos o por donaciones los utilizan. Así mismo, el 35% expresa que no sabe si este tipo de materiales (metal, plásticos, madera) son los adecuados para construir lo que se ve relacionado, con una de las preguntas relacionada al conocimiento del confort.

**Figura 33**

*Comodidad condiciones ambientales*



*Nota.* El grafico muestra que el 42% se encuentran descontentos respecto a la comodidad de sus viviendas.

Al finalizar la encuesta, el 42% de la población manifestó que esta poco descontenta con las condiciones ambientales y el 15% en descontento. Esto se puede relacionar con el hecho de que las personas si se sienten en agrado por el clima. Sin embargo, el habitar en las viviendas en las que están, genera descontento y problemáticas puesto que no se tiene una relación de confort entre el exterior y el interior de la vivienda.

## 12. Fase 2 – Descripción proyecto línea base

Teniendo en cuenta las actividades propuestas en esta fase, se llevará a cabo un análisis general de la construcción y estado de la vivienda rural como línea base, con el fin de verificar las principales problemáticas de confort térmico.

### Figura 34

*Tipologías de vivienda rural San Antonio del Tequendama*

*Vivienda tipo 1*



*Vivienda tipo 2*



*Vivienda tipo 3*



*Nota.* El grafico muestra las 3 tipologías de vivienda visitadas, en la vereda zaragoza del Municipio.

De acuerdo a las visitas realizadas, se puede observar (Figura 34) que encontramos 3 tipos de vivienda rural que cuentan con materiales y sistemas constructivos totalmente distintos. Como se evidencio en las encuestas de percepción, la mayoría de habitantes presentan disconfort al interior de sus viviendas y se debe por el mal uso de materiales. Esto, ha generado problemas en la calidad de vida tanto en salud, iluminación, ventilación, temperatura, renovaciones de aire, entre otros.

Por consiguiente, es necesario establecer las condiciones de la línea base con el fin de saber qué medidas bioclimáticas y sustentables se podrían tomar para dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

### 12.1. Confort Adaptativo

Con el fin de establecer cuál es el rango de confort adaptativo, es importante basarse en el estándar ASHRAE 55 y el software CBE THERMAL TOOL, para corroborar los resultados de temperatura operativa para una aceptabilidad del 80% y 90%, los cuales están descritos en la figura 35. Esto permitirá, establecer un punto de partida para buscar el rango de adaptabilidad, que estará dado entre  $22.7^{\circ}\text{C}$  y  $27.7^{\circ}\text{C}$

**Figura 35**

*Confort adaptativo*



Nota. El grafico muestra los rangos operativos aceptables para una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . Adaptado de Herramientas de Confort Térmico, CBE THERMAL TOOL, 2019, <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>. CC

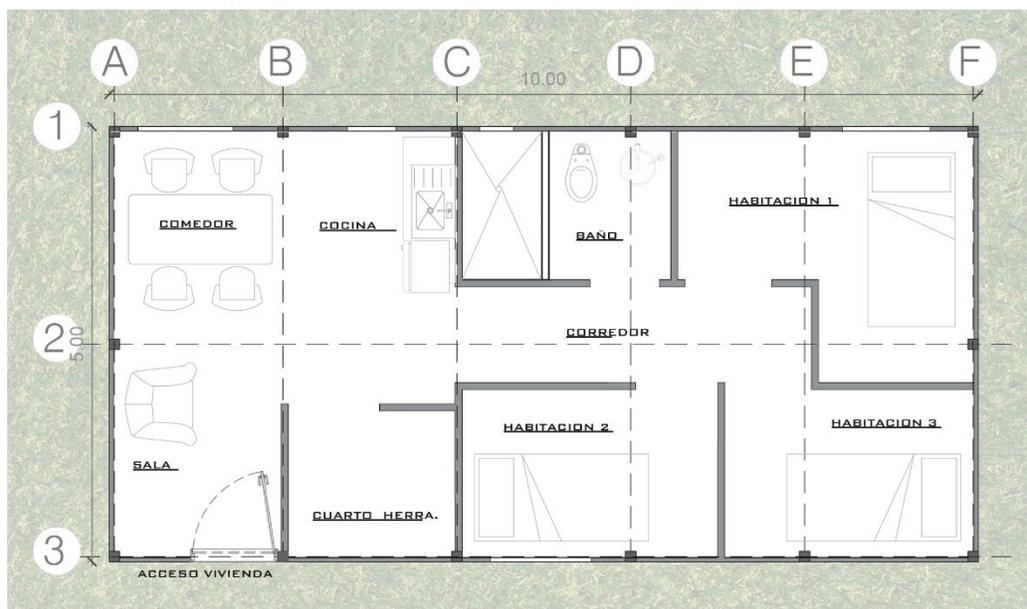
## 12.2. Análisis Arquitectónico

### Vivienda tipo 1

En la figura 36, se evidencia la primera vivienda rural (vivienda tipo 1) ubicada en la Vereda Zaragoza, con un área de 50 m<sup>2</sup> con las siguientes características y distribuciones:

**Figura 36**

*Planta vivienda tipo 1*



*Nota.* El grafico muestra la planta arquitectónica con distribución de espacios para la vivienda tipo 1.

**Tabla 14**

*Programa arquitectónico vivienda tipo 1*

USO	ESPACIO	AREA M2	TOTAL PERSONAS
VIVIENDA RURAL	COCINA / COMEDOR	9,66	6
	SALA	4,82	
	CUARTO HERRAMIENTAS	3,36	
	HABITACION 1	7,94	
	HABITACION 2	5,67	
	HABITACION 3	5,52	
	ZONA DE ASEO	4,10	

*Nota.* La tabla muestra el programa arquitectónico con áreas de la vivienda tipo 1.

Con la ayuda del software Design Builder, se modeló la vivienda tipo 1 con el fin de verificar materiales, el comportamiento térmico al interior de esta y la identificación de las problemáticas que se presentan en este tipo de viviendas.

### Especificación de los materiales actuales en la vivienda tipo 1

Figura 37

Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 1.



	ELEMENTO	MATERIAL	IMAGEN	PROPIEDADES
VIVIENDA TIPO 1	CUBIERTA	TEJA EN ZINC e: 0,023cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 13,043 R-Value (m2-K/W) 0,217 <b>U-Value (W/m2-K) 4,615</b>
	SUELO	PLACA CONCRETO e: 0,12 cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 11,250 R-Value (m2-K/W) 0,299 <b>U-Value (W/m2-K) 3,346</b>
	MUROS	MUROS EN LATA DE ZINC e: 0,023 cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 13,043 R-Value (m2-K/W) 0,247 <b>U-Value (W/m2-K) 4,054</b>
	VIDRIOS	VIDRIO CLARO e: 3mm		Total solar transmission (SHGC) 0,861 Direct solar transmission 0,837 Light transmission 0,898 U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K) 5,829 <b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K) 5,094</b>

Nota. La figura muestra, la composición de materiales para el desarrollo de la vivienda tipo 1.

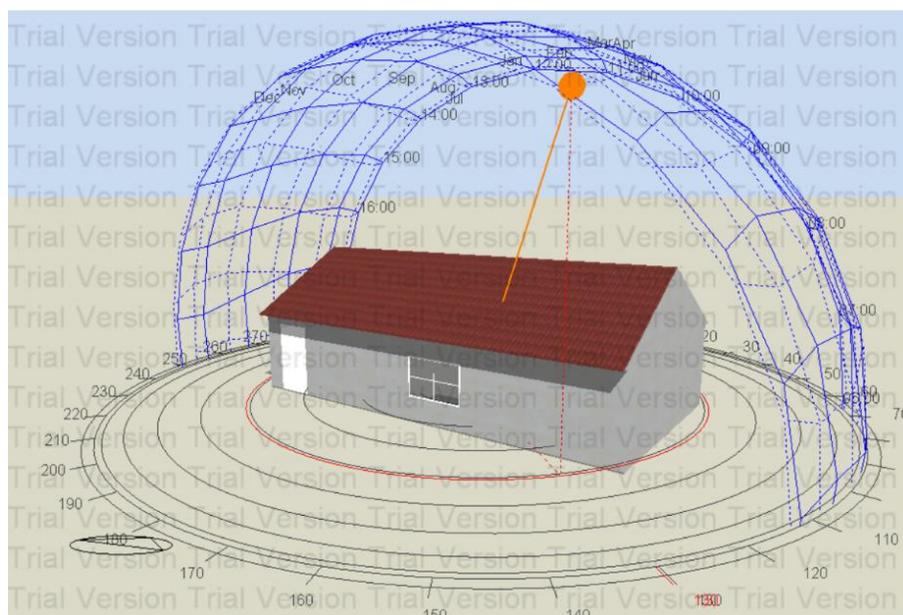
La figura 37 muestra las características y propiedades térmicas de los materiales de la vivienda tipo 1. Este tipo de vivienda, cuenta con diseño y distribución tipo. Su materialidad es

precaria pues utilizan materiales como la teja de zinc para la envolvente de la vivienda. En épocas de calor o frío, se ve un gran aumento de sensación térmica, y como se observa en la figura 37, el metal tiene una gran conductividad, lo que afecta de manera directa al interior de la vivienda. Para estos casos, la población no cuenta con conocimientos ni estrategias bioclimáticas que les permitan establecer medidas de asilamientos.

La vivienda cuenta con todas sus fachadas libres y la incidencia solar es directamente en la fachada sur. Cuenta con solo una entrada y una ventana, lo que no permite una ventilación cruzada al interior. Su cubierta a dos aguas en teja de Zinc comunica directamente al espacio interior lo que causa en épocas de calor un aumento de temperatura. Problemáticas como esta, hacen que la población no pueda realizar algunas de sus actividades al interior de la vivienda y busquen en algunos casos, elementos mecánicos como ventiladores.

### Figura 38

*Modelado de la vivienda tipo 1 con incidencia solar*



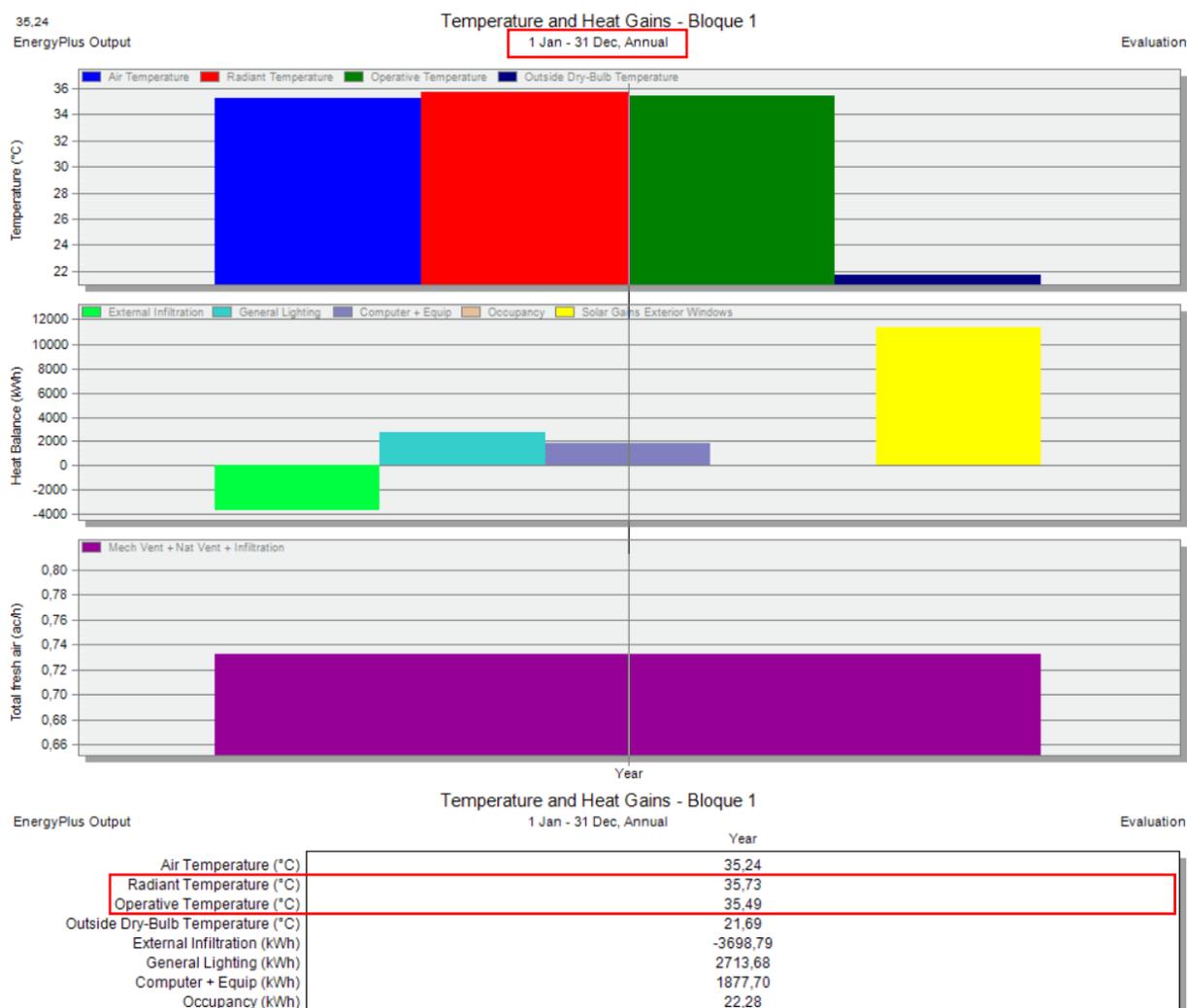
*Nota.* La figura muestra, la incidencia solar al proyecto existente de la vivienda tipo 1.

Continuando con el proceso, se llevó a cabo la simulación anual, con el fin de verificar los meses de más calor y las pérdidas y ganancias internas. La figura 39, muestra el resultado de la simulación anual donde se ve el aumento en la temperatura operativa.

Continuando con el proceso, se llevó a cabo la simulación anual, con el fin de verificar los meses de más calor y las pérdidas y ganancias internas. La figura 39, muestra el resultado de la simulación anual donde se ve el aumento en la temperatura operativa.

**Figura 39**

*Resultados Simulación Vivienda tipo 1*

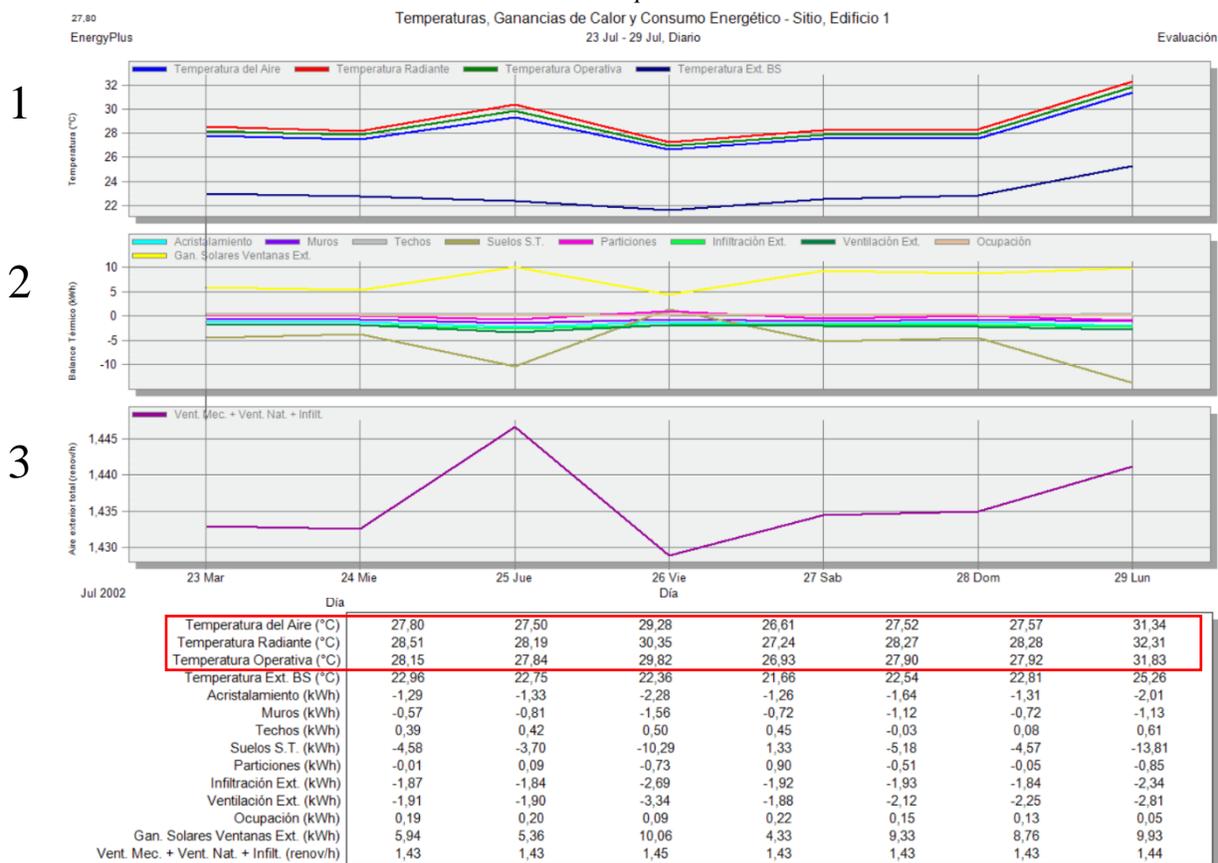


*Nota.* La figura muestra, los resultados obtenidos para una simulación anual a la Vivienda tipo 1.

La figura 39, presenta la simulación anual de la vivienda tipo 1, con el fin de verificar las temperaturas operativas y radiantes para establecer un comparativo respecto a las demás viviendas propuestas.

**Figura 40**

*Resultados simulación semana extrema de verano vivienda tipo 1*



*Nota.* La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación semana extrema de verano para la Vivienda tipo 1.

Como se evidencia en la figura 40, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

- El primer módulo muestra, la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire y operativa verificando un máximo de valores de 31°C. lo anterior demuestra que, en el transcurso de

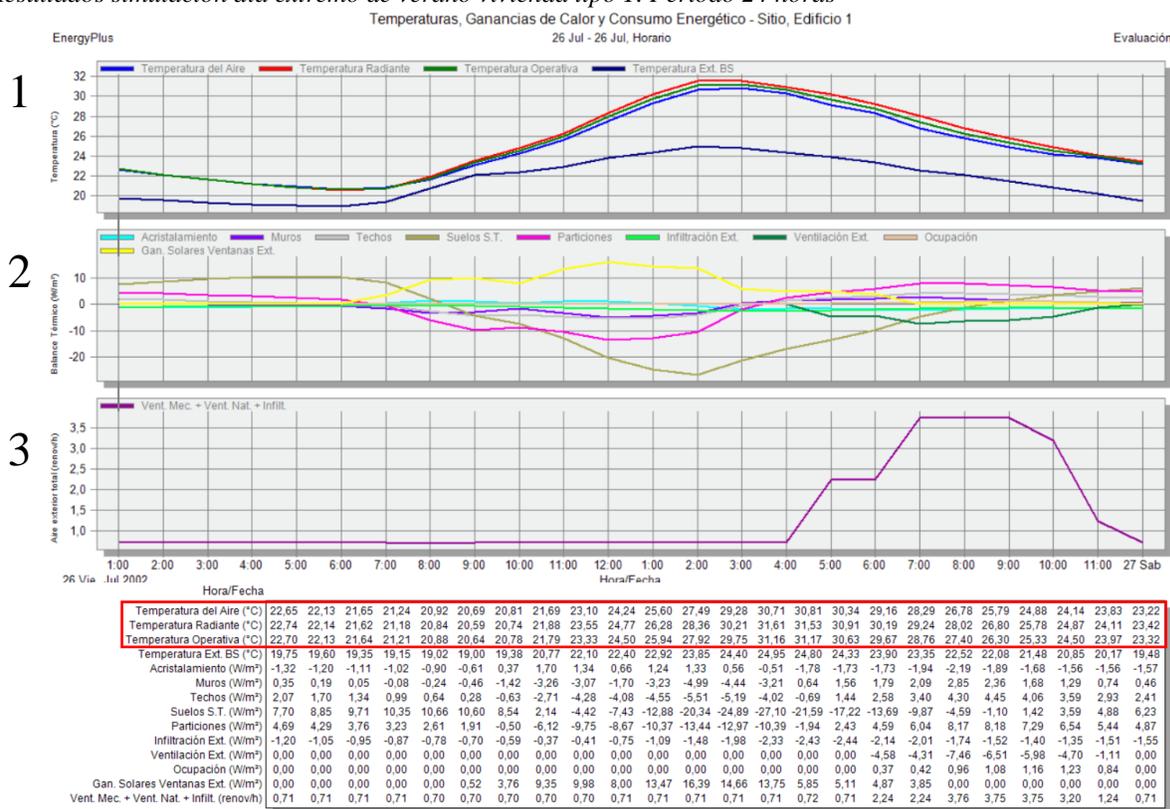
la semana, se identificó los días jueves 26 y lunes 29 con los de mayor temperatura y en donde se presenta el desconfort.

- El segundo modulo, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se identifica la cubierta y muros como el material de mayor ganancia térmica, por ende, es indispensable mirar estrategias de diseño para mejor el comportamiento térmico.
- El tercer modulo, muestra la circulación de aire al interior de la vivienda, la cual es mínimo en los dos primeros días, sin embargo, el tercer día tiene un pequeño aumento que vuelve y disminuye para los días siguientes, reportando un máximo de 1.44 renov/h para el día jueves 25.

Por último, se verifican los resultados de la simulación en datos numéricos lo que confirma las gráficas anteriormente expuestas arrojando una lectura más clara.

**Figura 41**

*Resultados simulación día extremo de verano vivienda tipo 1. Periodo 24 horas*



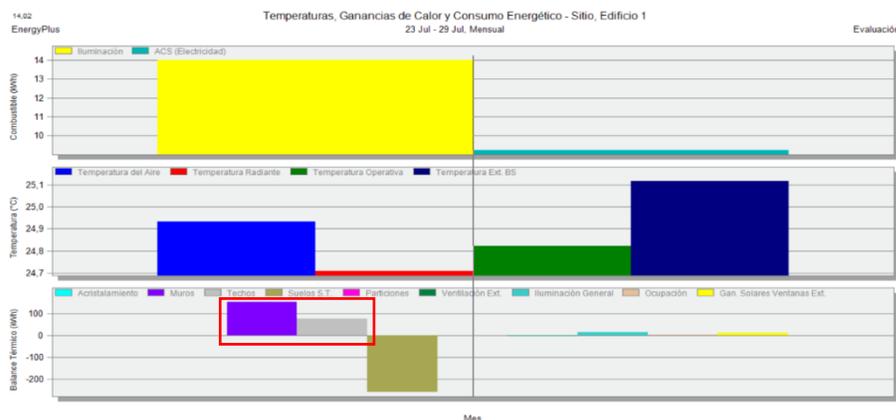
*Nota.* La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación día extremo de verano para la Vivienda tipo 1 en un rango de 24 horas para el día 26 de julio.

Como se evidencia en la figura 41, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

- El primer cuadro muestra, la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire entre las 11:00 am y las 4:00 pm mostrando picos de temperatura de 25°C a 30° así mismo se verifico, el aumento en la temperatura operativa y radiante en ese mismo lapso de tiempo, lo que indica unas horas de discomfort para los habitantes de las viviendas.
- El segundo cuadro, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se identifica una ganancia térmica por ventanas y cubierta ya que, en ese transcurso horario, es donde más radiación hay sobre la vivienda.
- El tercer y último cuadro muestra la circulación de aire en la vivienda, identificando que en el rango de 1:00 am a 4:00 pm hay poca circulación de aire, con un máximo de 0.71 renov/h, mientras que en horas de la tarde – noche ya se ve un pequeño aumento de un máximo de 3.76 renov/h.

**Figura 42**

*Resultados Simulación balance térmico semana vivienda tipo 1*



*Nota.* La figura muestra, los resultados del balance térmico para muros y techos de la vivienda tipo 1

Como se puede observar en la figura 42, de acuerdo a la simulación en balance térmico, los muros y los techos son los que mayor ganancia térmica tienen. Esto demuestra, que si hay una mayor absorción de radiación en el material que hace se vea reflejado como ganancia térmica al interior de la vivienda provocando altas temperaturas. Este es uno de los principales problemas en el uso de materiales inadecuados para la construcción de las viviendas rurales.

## Vivienda tipo 2

La vivienda tipo 2 ubicada en la Vereda Zaragoza, cuenta con un área de 63 m<sup>2</sup> y cuenta con las siguientes características y distribuciones:

**Figura 43**

*Planta vivienda tipo 2*



*Nota.* El grafico muestra la planta arquitectónica con distribución de espacios para la vivienda tipo 2.

**Tabla 15**

*Programa arquitectónico vivienda tipo 2*

USO	ESPACIO	AREA M2	TOTAL PERSONAS
VIVIENDA RURAL	COCINA	7,40	4
	LAVADO	3,06	
	COMEDOR	10,32	
	BAÑO	3,50	
	HABITACION	10,82	
	SALA	11,43	

*Nota.* La tabla 15 muestra el programa arquitectónico con áreas de la vivienda tipo 2.

## Especificación de los materiales actuales en la vivienda tipo 2

Continuando con los lineamientos, la figura 44 muestra la caracterización y propiedades de los materiales que componen la vivienda tipo 2:

**Figura 44**

*Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 2*

Plantilla de Cerramientos		Plantilla de cerramientos del proyecto	
Plantilla		Plantilla de cerramientos del proyecto	
Cerramientos		Cerramientos del proyecto	
Muros exteriores	Muros en madera	Muros en madera	Muros en madera del proyecto
Muros enterrados	Muros enterrados	Muros enterrados	Muros enterrados del proyecto
Cubierta plana	Cubierta plana	Cubierta plana	Cubierta plana del proyecto
Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubiertas inclinadas	Cubierta inclinada del proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubiertas inclinadas	Cubierta inclinada desocupada del proyecto
Particiones	Particiones	Particiones	Partición del proyecto
Semi-Expuesto		Semi-Expuesto del proyecto	
Muros semi-expuestos	Muros semi-expuestos	Muros semi-expuestos	Muro semi-expuesto del proyecto
Techos semi-expuestos	Techos semi-expuestos	Techos semi-expuestos	TEJA EN ZINC
Suelos semi-expuestos	Suelos semi-expuestos	Suelos semi-expuestos	Suelo semi-expuesto del proyecto
Suelos		Suelos del proyecto	
Suelo sobre terreno	Suelo sobre terreno	Suelo sobre terreno	Suelo sobre terreno del proyecto
Suelo enterrado	Suelo enterrado	Suelo enterrado	PISO EN PLACA DE CONCRETO 0.12
Suelos exteriores	Suelos exteriores	Suelos exteriores	Suelo externo del proyecto
Suelos interiores	Suelos interiores	Suelos interiores	Suelo interno del proyecto

VIVIENDA TIPO 2	ELEMENTO	MATERIAL	IMAGEN	PROPIEDADES
	CUBIERTA	TEJA EN ZINC e: 0,023cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 13,043 R-Value (m2-K/W) 0,217 <b>U-Value (W/m2-K) 4,615</b>
	SUELO	PLACA CONCRETO e: 0,12 cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 11,250 R-Value (m2-K/W) 0,299 <b>U-Value (W/m2-K) 3,346</b>
	MUROS	MUROS EN MADERA e: 0,15 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m2-K) 0,933 Valor R (m2-K/W) 1,241 <b>Valor U (W/m2-K) 0,806</b>
	VIDRIOS	VIDRIO CLARO e: 3mm		Total solar transmission (SHGC) 0,861 Direct solar transmission 0,837 Light transmission 0,898 U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K) 5,829 <b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K) 5,894</b>

*Nota.* La figura muestra, la composición de materiales para el desarrollo de la vivienda tipo 2.

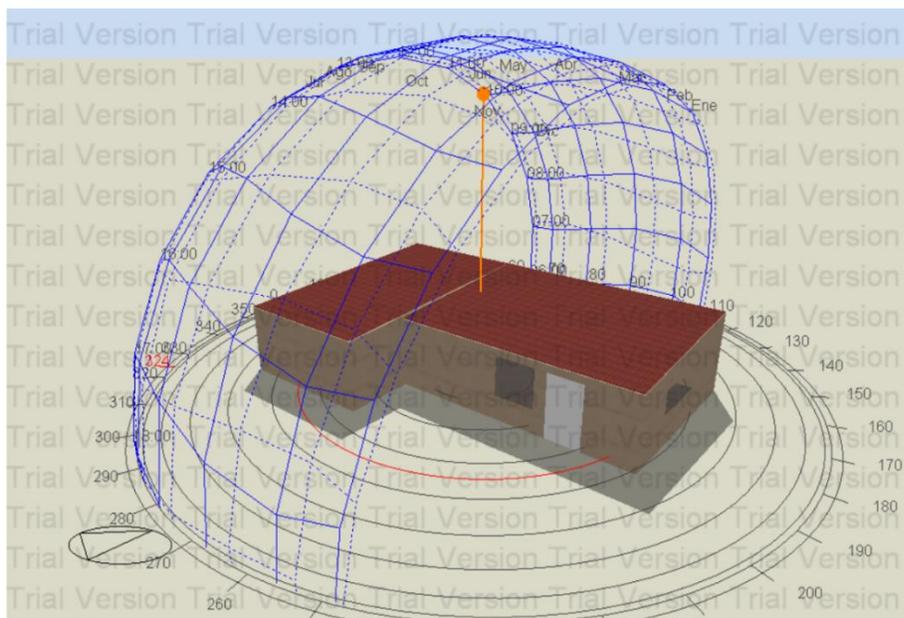
La figura 44 muestra las características y propiedades térmicas de los materiales de la vivienda tipo 2. Esta vivienda, se compone de un diseño y distribución clásica. Su estructura portante se compone de pórticos en madera y su principal envolvente son trozos de madera.

Según las propiedades de este material y el valor de transmitancia térmica, se podría suponer que tiene buenas propiedades de asilamiento, lo que mejoraría las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. Pero, su uso final en la envolvente no es el adecuado, pues colocan trozos de madera en donde no se les realiza ningún tratamiento de intemperie, lo que ocasiona desgaste en el material. Cabe resaltar, que sigue utilizando la cubierta con teja de zinc, material que tiene un alto valor de transmitancia térmica.

Su orientación esta  $90^\circ$  girada respecto al norte, con todas las fachadas libres, por lo que, en épocas cálidas, la incidencia solar se ve reflejada en fachadas nororientales, parte de la habitación y sala.

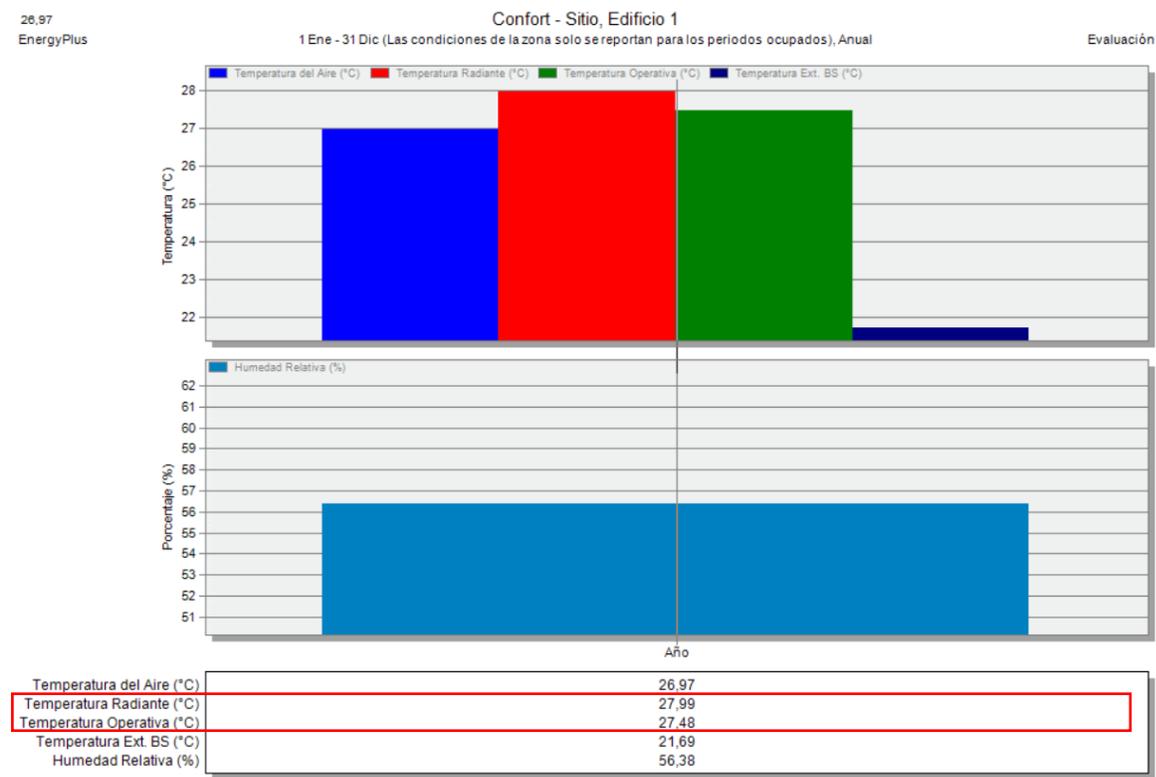
#### Figura 45

*Modelación de la vivienda tipo 2 con incidencia solar*



*Nota.* La figura muestra, la incidencia solar al proyecto existente de la vivienda tipo 2.

Se simuló la vivienda tipo 2, con el fin de verificar el comportamiento térmico de los materiales, así como las posibles problemáticas encontradas:

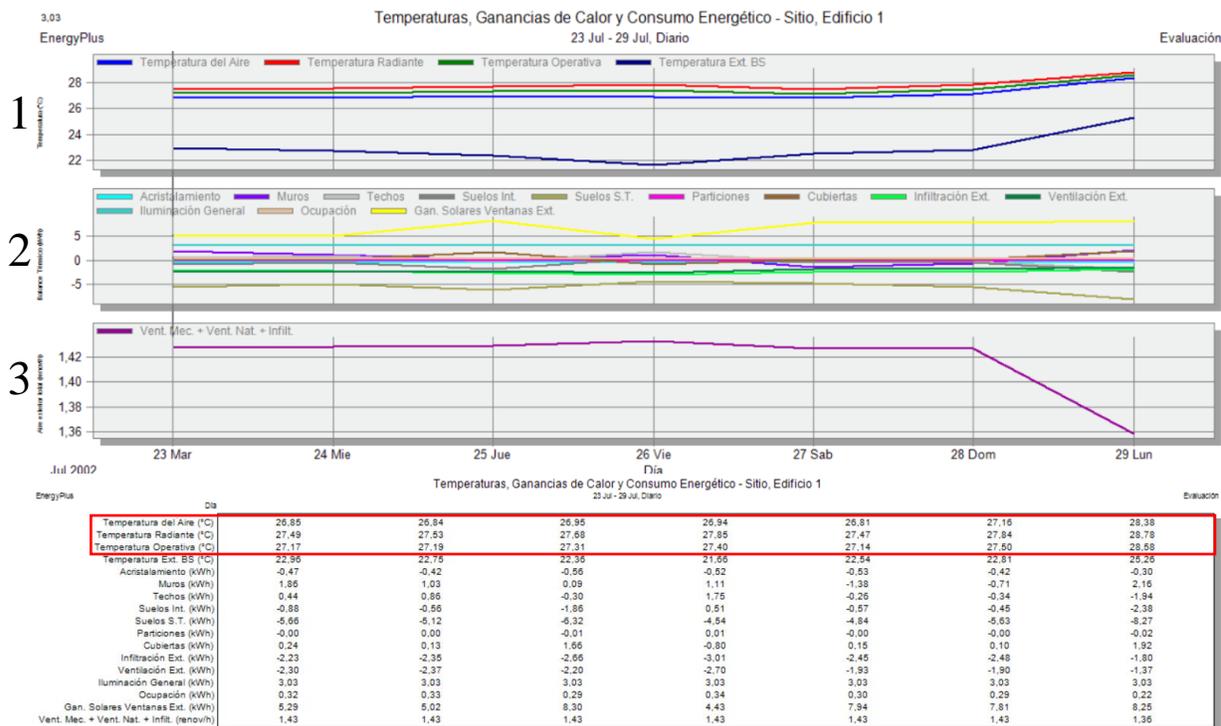
**Figura 46***Simulación anual vivienda tipo 2*

*Nota.* La figura muestra los resultados anuales de temperatura operativa y radiante de la vivienda tipo 2

Como se observa en la figura 46, las temperaturas operativas y radiantes presentan datos de 27°C lo que indica que hay un alto índice de transmitancia térmica por algún material. En este caso, se verificó y simuló dando como resultado, pérdidas de ganancias térmicas en los muros y ganancias térmicas por la cubierta. Como bien se mencionó antes, la cubierta sigue generando las elevadas temperaturas al interior.

Figura 47

Simulación semana extrema de verano vivienda tipo 2



Nota. La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación semana extrema de verano para la Vivienda tipo 2.

Como se evidencia en la figura 47, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

- El primer módulo muestra, la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire y operativa verificando un máximo de valores de 28°C. lo anterior demuestra que, en el transcurso de la semana, se identificó los días viernes 26 y lunes 29 con los de mayor temperatura operativa y en donde se presenta el discomfort.
- El segundo modulo, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se identifica la cubierta y muros como el material de mayor ganancia térmica y el piso en donde menor

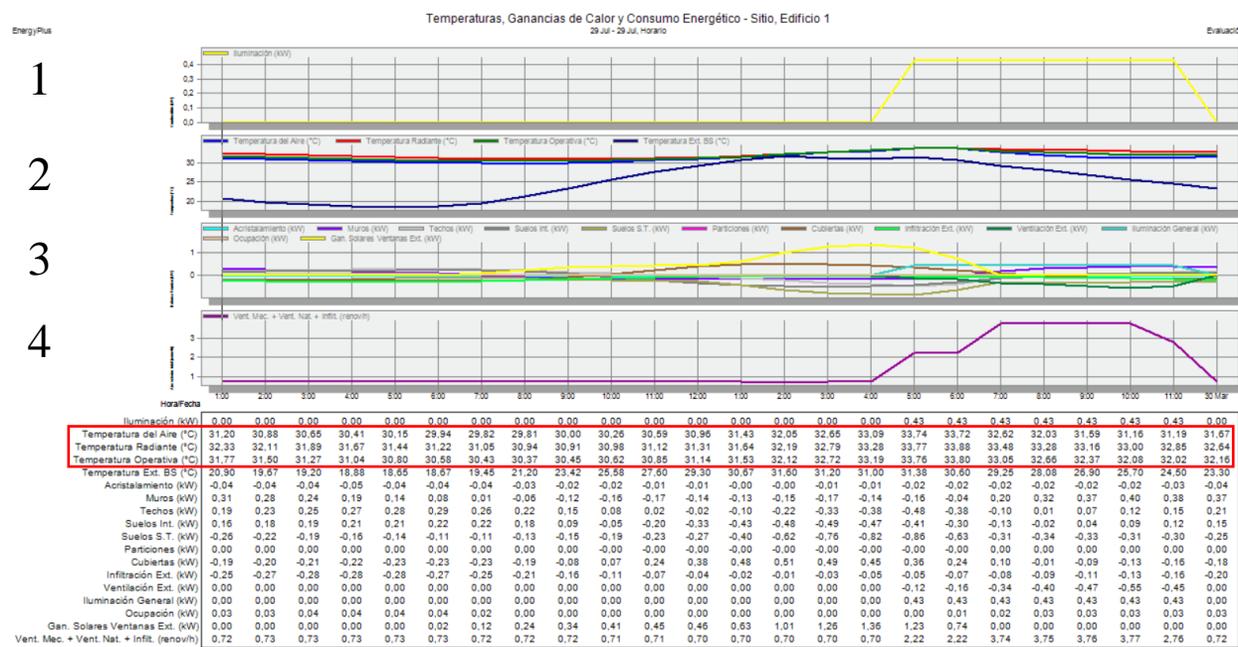
ganancia térmica hay. Por ende, es indispensable mirar estrategias de diseño para mejorar el comportamiento térmico.

- El tercer y último modulo, muestra la circulación de aire al interior de la vivienda, la cual mantiene un flujo continuo desde el martes 23 hasta el domingo 28 con un valor de 1.43 renov/h y se ve un flujo menor de 1.36 renov/h para el día lunes 29.

Por último, se verifican los resultados de la simulación en datos numéricos lo que confirma las gráficas anteriormente expuestas arrojando una lectura más clara.

**Figura 48**

*Simulación día de la semana extrema de verano vivienda tipo 2. Periodo 24 Horas.*



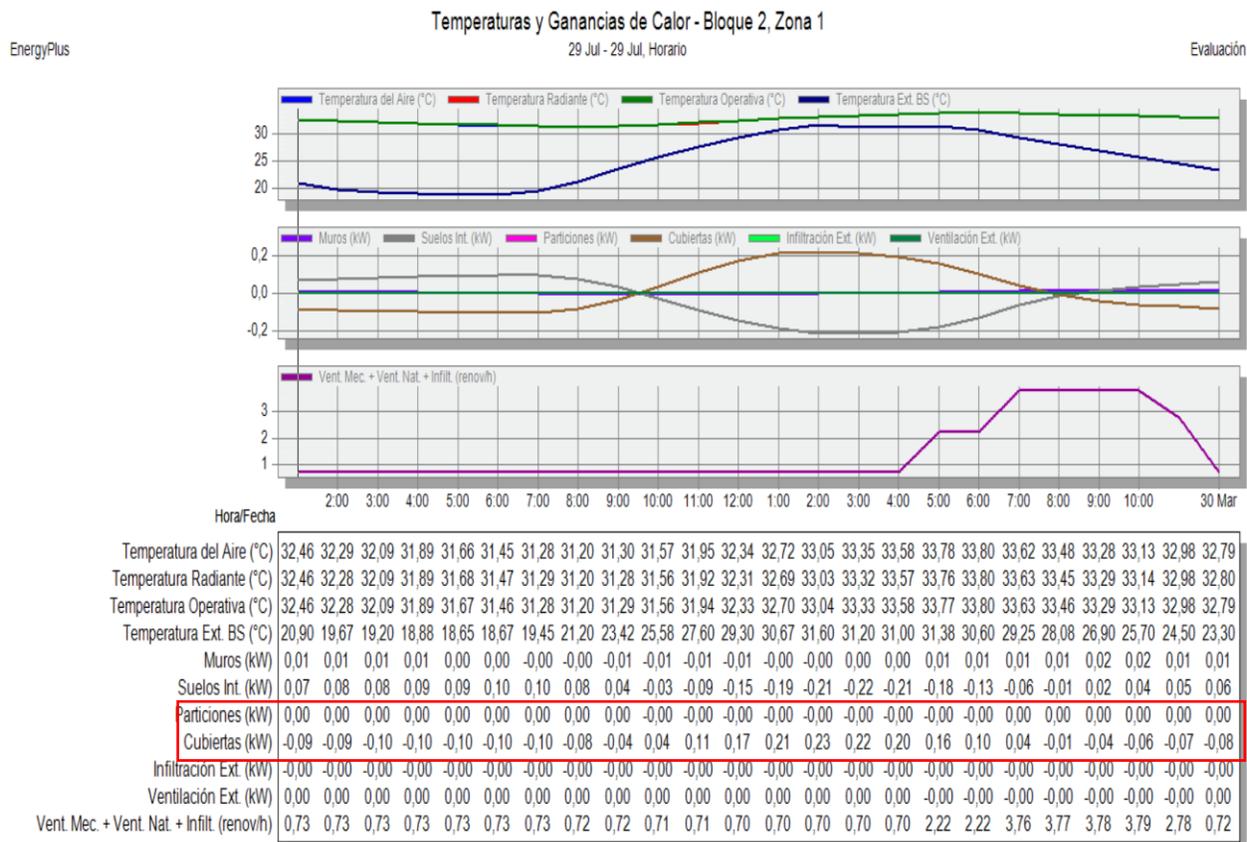
*Nota.* La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación día extremo de verano para la Vivienda tipo 2 en un rango de 24 horas para el día 29 de julio.

Como se evidencia en la figura 48, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

- El primer cuadro muestra, las ganancias de calor por los aparatos eléctricos y por iluminación artificial, donde se verifica que en el lapso de 5:00 pm a 1:00 pm es donde más se utiliza, esto ocasiona un aumento de temperatura por radiación al interior de la vivienda.
- El segundo cuadro, muestra la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire y operativa verificando un máximo de valores de 33°C. Lo anterior demuestra que, en el transcurso de las 24 horas aun no habiendo actividad al interior de la vivienda sigue un aumento de la misma. Se identificó que las 5:00 pm es la hora en donde mayor discomfort se presenta en la vivienda.
- El tercer cuadro, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se evidencia que hay una ganancia térmica respecto a muros y cubierta en horas de la tarde.
- El cuarto cuadro, presenta la circulación de aire en la vivienda, donde se identificó que a en el transcurso del día, hay una circulación con una constante de 0.72 renov/h y que a partir de las 4:00 pm aumenta en un valor hasta 3.77 renov/h. Esto indica que esta vivienda a pesar de tener un alto índice de temperaturas, hay una constante de flujo de aire pero que no se está captando para mejorar las condiciones de confort.

Figura 49

Gancia de calor en cubierta para vivienda tipo 2



Nota. La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación ganancias de calor en cubierta para la Vivienda tipo 2.

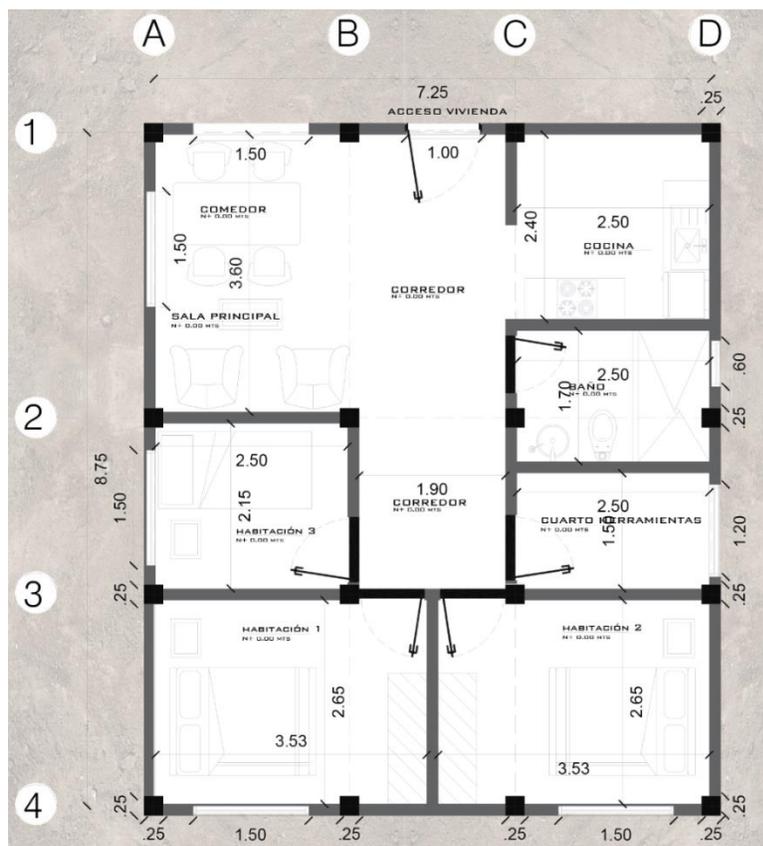
Finalmente, la figura 49 muestra las ganancias térmicas en la cubierta, donde se ve que en el horario de 4:00 pm a 10:00 pm la cubierta de zinc genera la mayor radiación al interior de la vivienda.

### Vivienda tipo 3

La vivienda tipo 3 ubicada en la Vereda Zaragoza, cuenta con un área de 67 m<sup>2</sup> y cuenta con las siguientes características y distribuciones:

Figura 50

Planta vivienda tipo 3



Nota. El grafico muestra la planta arquitectónica con distribución de espacios para la vivienda tipo 3.

Tabla 16

Programa arquitectónico vivienda tipo 3

USO	ESPACIO	AREA M2	TOTAL PERSONAS
VIVIENDA RURAL	COMEDOR / SALA	9,41	5
	COCINA	6,42	
	BAÑO	4,25	
	HABITACION 1	9,39	
	HABITACION 2	9,41	
	HABITACION 3	5,35	
	CUARTO HERRAMIENTAS	3,79	

Nota. La tabla 16 muestra el programa arquitectónico con áreas de la vivienda tipo 3.

## Especificación de los materiales actuales en la vivienda tipo 3

La figura 51 muestra las características y propiedades térmicas de los materiales de la vivienda tipo 3:

**Figura 51**

*Construcción de los materiales implementados en la vivienda tipo 3*

Plantilla de Cerramientos		Plantilla de cerramientos del proyecto	
Plantilla		Plantilla de cerramientos del proyecto	
Cerramientos		Cerramientos del proyecto	
Muros exteriores	Muros en bloque sin pañete	Muros enterrados	Muro enterrado del proyecto
Muros enterrados	Muro enterrado del proyecto	Cubierta plana	Cubierta plana del proyecto
Cubierta plana	Cubierta plana del proyecto	Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubierta inclinada del proyecto
Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubierta inclinada del proyecto	Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubierta inclinada desocupada del proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubierta inclinada desocupada del proyecto	Particiones	Partición del proyecto
Particiones	Partición del proyecto	Semi-Expuesto	
Semi-Expuesto	Muro semi-expuesto del proyecto	Muros semi-expuestos	Muro semi-expuesto del proyecto
Muros semi-expuestos	Muro semi-expuesto del proyecto	Techos semi-expuestos	cubierta plana concreto
Techos semi-expuestos	cubierta plana concreto	Suelos semi-expuestos	Suelo semi-expuesto del proyecto
Suelos semi-expuestos	Suelo semi-expuesto del proyecto	Suelos	
Suelos	Suelo sobre terreno del proyecto	Suelo sobre terreno	Suelo sobre terreno del proyecto
Suelo sobre terreno	Suelo sobre terreno del proyecto	Suelo enterrado	PISO EN PLACA DE CONCRETO 0.12
Suelo enterrado	PISO EN PLACA DE CONCRETO 0.12	Suelos exteriores	Suelo externo del proyecto
Suelos exteriores	Suelo externo del proyecto	Suelos interiores	Suelo interno del proyecto
Suelos interiores	Suelo interno del proyecto		

VIVIENDA TIPO 3	ELEMENTO	MATERIAL	IMAGEN	PROPIEDADES
	CUBIERTA	PLACA CONCRETO e: 0,10 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m²-K) 1,700 Valor R (m²-K/W) 0,728 <b>Valor U (W/m²-K) 1,373</b>
	SUELO	PLACA CONCRETO e: 0,12 cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 11,250 R-Value (m2-K/W) 0,299 <b>U-Value (W/m2-K) 3,346</b>
	MUROS			Valor U de superficie a superficie (W/m²-K) 5,600 Valor R (m²-K/W) 0,349 <b>Valor U (W/m²-K) 2,069</b>
	VIDRIOS	VIDRIO CLARO e: 3mm		Total solar transmission (SHGC) 0,861 Direct solar transmission 0,837 Light transmission 0,898 U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K) 5,829 <b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K) 5,894</b>

*Nota.* La figura muestra, la composición de materiales para el desarrollo de la vivienda tipo 3.

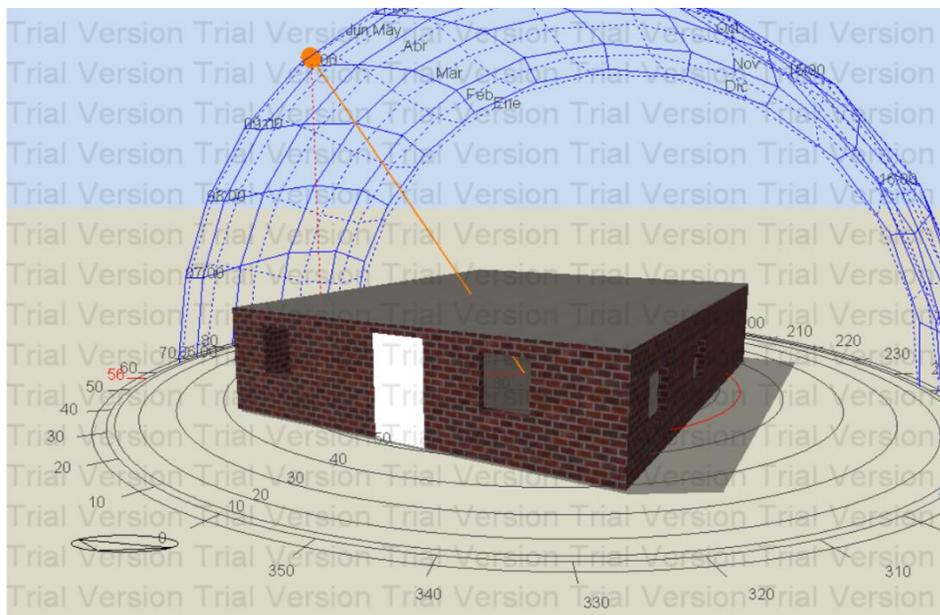
Este tipo de vivienda, se caracteriza por tener una estructura portante en concreto. La envolvente, se define en bloque No. 4 de e: 0.12 cm sin pañetar, y la cubierta en concreto e: 0.10 cm. Como se ve reflejado en los análisis de percepción, esta vivienda no es accesible para la

mayor población residente de la Vereda Zaragoza, pues el uso de materiales como concreto y bloque no permiten que se construya bajo un presupuesto reducido. Es de resaltar, que estas viviendas en algunos casos tampoco se ven en su totalidad construidas, puesto que muchas de las personas que deciden construir en este tipo de materiales, dejan una parte porque se quedan sin recursos, y es donde se ve reflejado en construcciones separadas que no tienen continuidad.

Esta vivienda, cuenta con todas sus fachadas libres, y recibe la mayor parte del año el sol en su fachada norte. El diseño no implica estrategias bioclimáticas por lo que también en épocas de mayor calor, se percibe aumento de temperaturas al interior de la vivienda rural.

### Figura 52

*Modelado de la vivienda tipo 3 con incidencia solar*

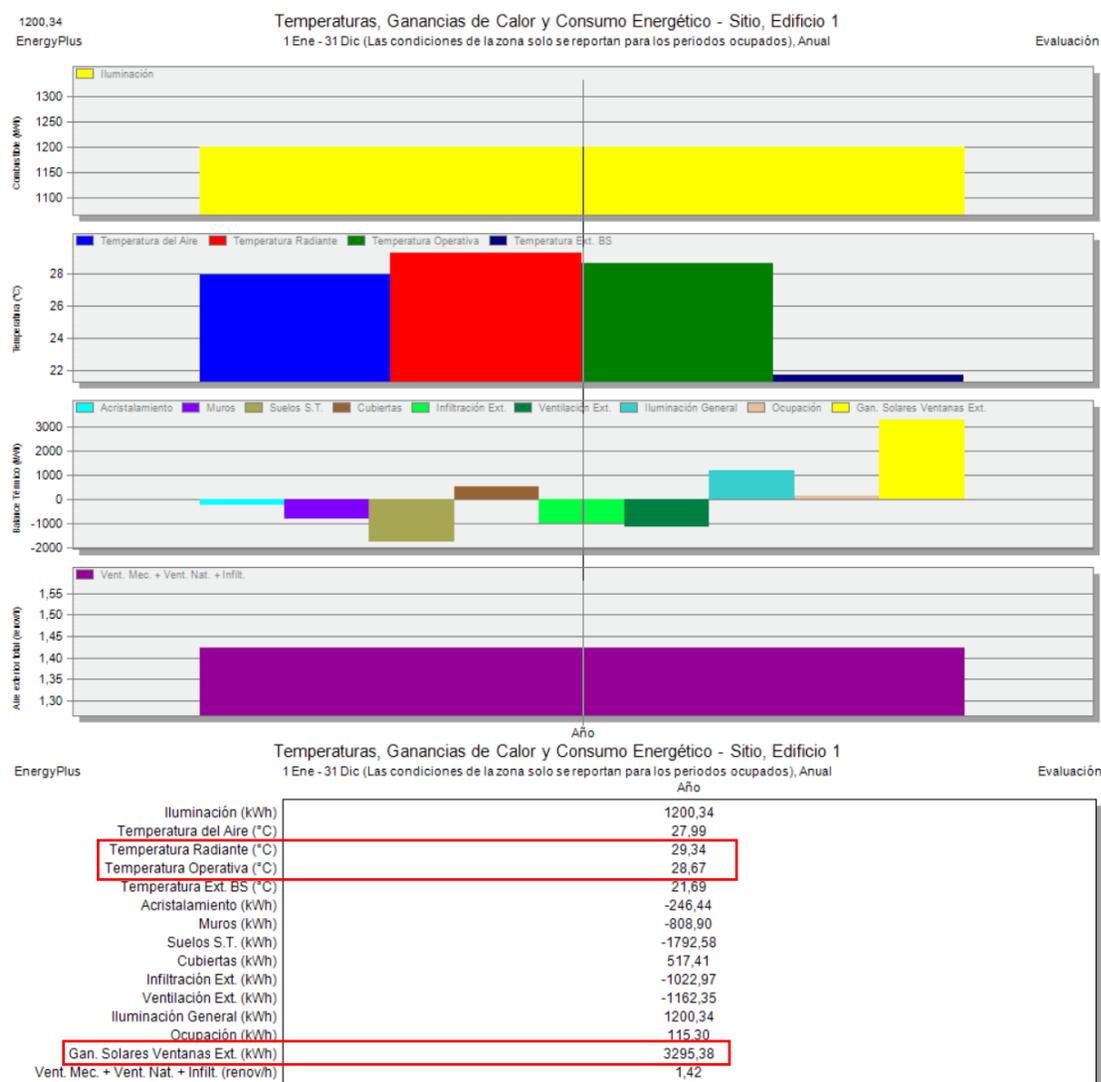


*Nota.* La figura muestra, la incidencia solar al proyecto existente de la vivienda tipo 2.

Con el fin de comprobar el comportamiento térmico de la vivienda tipo 3, se procedió mediante el software Design Builder a realizar una simulación anual, la cual dio como resultado:

Figura 53

## Resultados Simulación anual Vivienda tipo 3

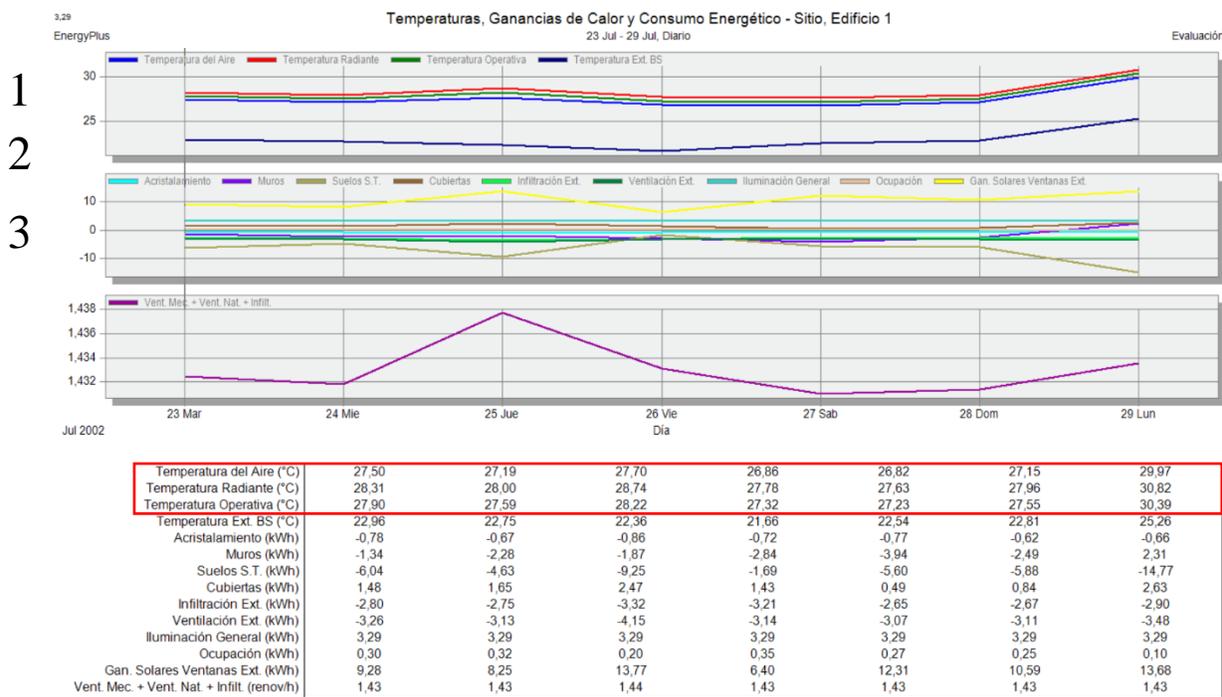


Nota. La figura muestra los resultados anuales de temperatura operativa y radiante de la vivienda tipo 3.

Respecto a la simulación anual, vemos que hay aumento de temperatura tanto en la operativa como en la radiante, y la mayor ganancia se ve reflejada en ganancias solares por ventanas. En este caso, se puede establecer que como las ventanas no cuentan con ningún tipo de aislamiento ni protección, en todo el día está recibiendo la radiación solar generando una alta radiación interna al interior de la vivienda.

Figura 54

Resultados simulación semana extrema de verano vivienda tipo 3



Nota. La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación semana extrema de verano para la Vivienda tipo 3.

Como se evidencia en la figura 54, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

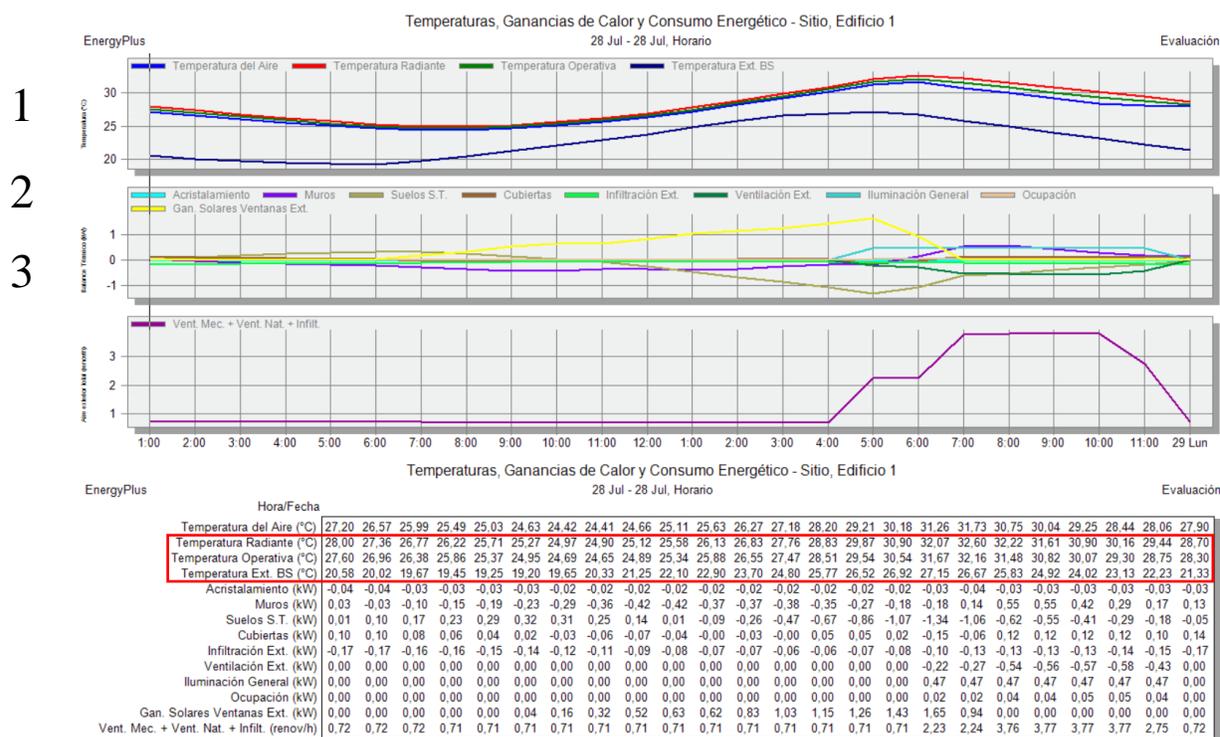
- El primer cuadro muestra, la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire verificando un máximo de valores de 29°C. y una operativa de 30°C, lo anterior demuestra que, en el transcurso de la semana, se identificó los días jueves 25 y lunes 29 con los de mayor temperatura y en donde se presenta el discomfort.
- El segundo cuadro, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se identifica la cubierta como el material de mayor ganancia térmica, por ende, es indispensable mirar estrategias de diseño para mejorar el comportamiento térmico.

- El tercer y último cuadro, muestra la circulación de aire al interior de la vivienda, la cual es casi constante con un total 1.43 renov/h

Por último, se verifican los resultados de la simulación en datos numéricos lo que confirma las gráficas anteriormente expuestas arrojando una lectura más clara.

**Figura 55**

*Simulación día de la semana extrema de verano vivienda tipo 3. Periodo 24 Horas.*



*Nota.* La figura muestra, los resultados obtenidos para la simulación semana extrema de verano para la Vivienda tipo 3.

Como se evidencia en la figura 55, se muestran 3 parámetros que se identificaron de la siguiente manera:

- El primer cuadro muestra, la temperatura del aire, radiante, operativa y exterior de bulbo seco, donde se identificó aumentos progresivos de la temperatura del aire entre las 11:00 am y las 5:00 pm mostrando picos de temperatura de 25°C a 31° así mismo se verifico, el

aumento en la temperatura operativa y radiante en ese mismo lapso de tiempo, lo que indica unas horas de discomfort para los habitantes de las viviendas.

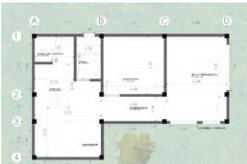
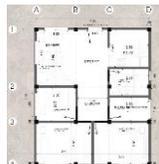
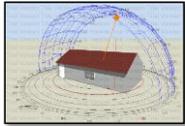
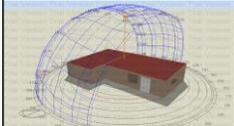
- El segundo cuadro, muestra el balance térmico de la vivienda, donde se identifica una ganancia térmica por ventanas y cubierta ya que, en ese transcurso horario, es donde más radiación hay sobre la vivienda.
- El tercer y último cuadro se muestra la circulación de aire en la vivienda, identificando que en el rango de 5:00 pm a 10:00 pm hay un aumento de circulación de aire, con un máximo de 3.77 renov/h, lo que indica a que debido a que su configuración arquitectónica tiene varias aperturas, genera más entrada de aire al interior.

Según los resultados obtenidos en la simulación, se puede observar que, a pesar de tener una mejora en la utilización de materiales como muros en bloque y cubierta en concreto, aún siguen presentándose elevadas temperaturas operativas. Por lo tanto, es clave en primera instancia, verificar y comprobar cómo se comportan los materiales actuales de las viviendas base con el fin de buscar un diseño con estrategias bioclimáticas, capaces de suplir necesidades y, sobre todo, que cumpla con el rango de temperatura operativa establecida.

## Análisis de resultados viviendas línea base

Tabla 17

Análisis de resultados de las viviendas

DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA			
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA			
SECTOR: VEREDA ZARAGOZA		TEMPERATURA PROMEDIO: 24°C - 26°C	
ALTURA: 1540 m.s.n.m			
RESULTADOS SIMULACION VIVIENDAS RURAL			
ITEM	VIVIENDA TIPO 1	VIVIENDA TIPO 2	VIVIENDA TIPO 3
USO	VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL
IMAGEN REAL			
PLANIMETRIA			
MODELADO			
MATERIALES PREDOMINANTES	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Teja de Zinc Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Trozos de madera Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Placa concreto Muros: Bloque sin pañete Pisos: Placa en concreto
RESULTADOS SIMULACION SEMANA EXTREMA DE VERANO			
TEMPERATURA OPERATIVA	31,83°C	28,58°C	30,39°C
TEMPERATURA RADIANTE	32,31°C	28,78°C	30,82°C
MATERIAL DE MAYOR GANANCIA TERMICA	METAL ( Teja de Zinc)	METAL ( Teja de Zinc)	Cubierta en concreto y ganancia termica por ventanas.
RESULTADOS SIMULACION DIA / PERIODO DE 24 HORAS			
TEMPERATURA OPERATIVA	31,17°C	30,43°C	31,67°C
TEMPERATURA RADIANTE	31,61°C	31,05°C	33,22°C
MATERIAL DE MAYOR GANANCIA TERMICA	METAL ( Teja de Zinc)	METAL ( Teja de Zinc)	Cubierta en concreto y ganancia termica por ventanas.

Nota. La tabla 17 muestra el resultado comparativo del análisis de las viviendas tipo 1, 2 y 3. Dando como resultado que la vivienda tipo 2 es la que menor valores de temperatura operativa como radiante presenta.

Según los resultados de las simulaciones obtenidos en la tabla 17 realizadas a las viviendas rurales como línea base, se determina que la vivienda tipo 2 es la que más se acerca al rango de confort adaptativo establecido. Como se analizó, este tipo de vivienda no cuenta con

sistemas constructivos ni materiales certificados. Funciona en forma, pues es la que menos radiación solar tiene, pero sigue teniendo problemas en la envolvente, cubierta y aperturas. Por ende, y tras haber realizado el diagnóstico principal de este tipo de viviendas, es donde se quiere utilizar el PET como nuevo material de envolvente con el fin de reutilizar el plástico y darle una utilidad, usar la envolvente para mejorar y para establecerse dentro del rango de confort térmico adaptativo.

### **13. Fase 3 – Propuesta diseño vivienda rural**

#### **13.1. Descripción de la vivienda propuesta**

Tras haber analizado las 3 viviendas de la línea base, y haber determinado cual es la que más se acerca al rango de confort térmico adaptativo, se implementó un modelo base de vivienda rural que está determinado por las siguientes características:

Según el análisis de encuestas, las viviendas rurales están habitadas por grupos familiares compuestos por 4 o 5 personas, donde eventualmente se puedan encontrar más de 6, y se definió basándose en las siguientes características:

- Con los datos climáticos, la vivienda propuesta en la vereda Zaragoza, requiere menos ganancias internas para poder cumplir con el rango de confort, por ende, es necesario el uso de materiales que proporcionen buen aislamiento térmico y menor radiación.
- Respecto al emplazamiento, la vivienda tendrá que ser ubicada de manera que el sol en horas de la mañana y tarde, no afecte de manera directa las fachadas de la vivienda.
- Respecto a su distribución espacial y a la conformación del núcleo familiar, se diseñarán espacios compactos donde puedan desarrollar sus actividades sin ningún problema.
- La vivienda contará con iluminación natural en alcobas, baño, sala – comedor y cocinas.

- Se realizará un estudio de vientos para establecer aperturas de ventanas, con el fin de generar una ventilación cruzada al interior mejorando los rangos de confort.
- Su sistema constructivo será prefabricado, implementado el panel prefabricado en PET.
- La relación ventana – pared como factor clave a la hora de realizar el diseño de la vivienda rural.
- El área de la vivienda se estableció en 52 m<sup>2</sup>.

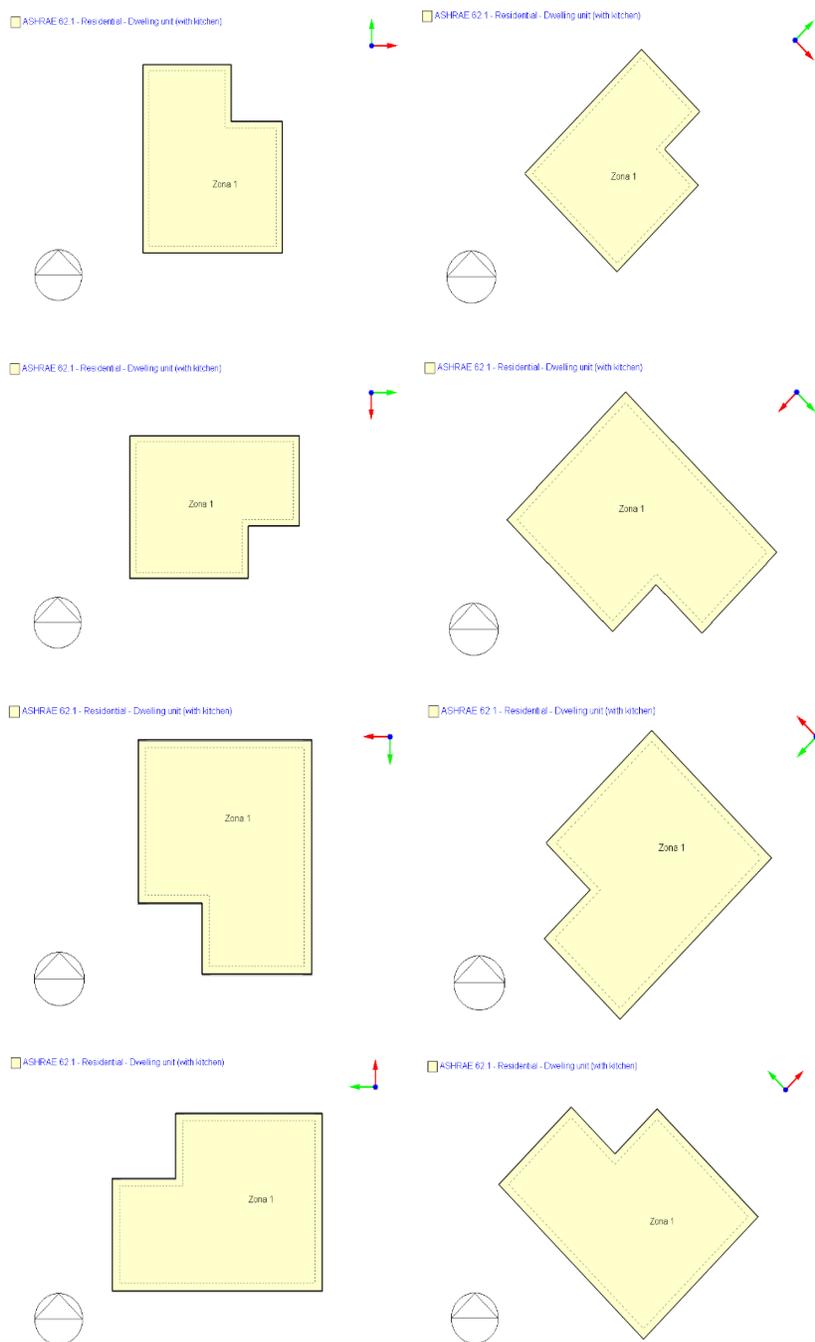
### **13.2. Diseño y parametrización de la vivienda rural**

Con el fin de lograr que la vivienda se diseñe bioclimática y estratégicamente, es necesario establecer unos parámetros de diseño:

#### **13.2.1. Orientación.**

Teniendo un diseño básico estándar, se procede a buscar la mejor orientación; con el fin de aprovechar vientos y disminuir la radiación directa en zonas de habitaciones y sala. Estos son parámetros establecidos, ya que las personas pasan el mayor tiempo del día en la cocina donde preparan sus alimentos o en muchos casos tuestan el café, o en las habitaciones ya que en horas de la noche se presenten subidas de temperatura que ocasiona que se utilicen ventiladores. Con la ayuda del programa Design Builder se exploraron 8 orientaciones distintas, según muestra la figura 60:

Siendo una zona rural donde no se evidencian construcciones que den sombra a la vivienda, se procede a establecer la simulación con los datos meteorológicos previamente introducidos en el software Design Builder.

**Figura 56***Rotación volumen arquitectónico*

*Nota.* La figura muestra, las 8 rotaciones posibles aplicadas a la vivienda propuesta.

De acuerdo a las simulaciones realizadas al volumen arquitectónico, se pudo establecer y concluir lo siguiente:

**Tabla 18**

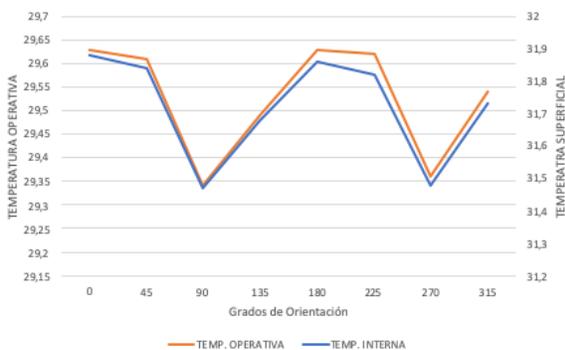
*Resultados orientación volumen arquitectónico*

GRADOS	TEMP. INTERNA	TEMP. OPERATIVA
0	31,88	29,63
45	31,84	29,61
90	31,47	29,34
135	31,68	29,49
180	31,86	29,63
225	31,82	29,62
270	31,48	29,36
315	31,73	29,54

*Nota.* La tabla 18, muestra los resultados obtenidos para la rotación del volumen dando como mejor resultado 90°.

**Figura 57**

*Resultados orientación volumen arquitectónico*



*Nota.* El grafico muestra, la relación entre temperatura operativa y temperatura interna en el proyecto.

Las simulaciones obtenidas, dieron como resultado que la posible mejor orientación es a los 90°, pero aun así no se estaría cumpliendo con el rango de temperatura operativa establecida. Cabe resaltar, que la simulación se trabajó sobre un modelo base, por lo que aún no se ha tomado en cuenta materiales de la vivienda. Esto se hace, con el fin de establecer una forma inicial y una orientación a la que finalmente se le pueden proponer materiales como el panel PET.

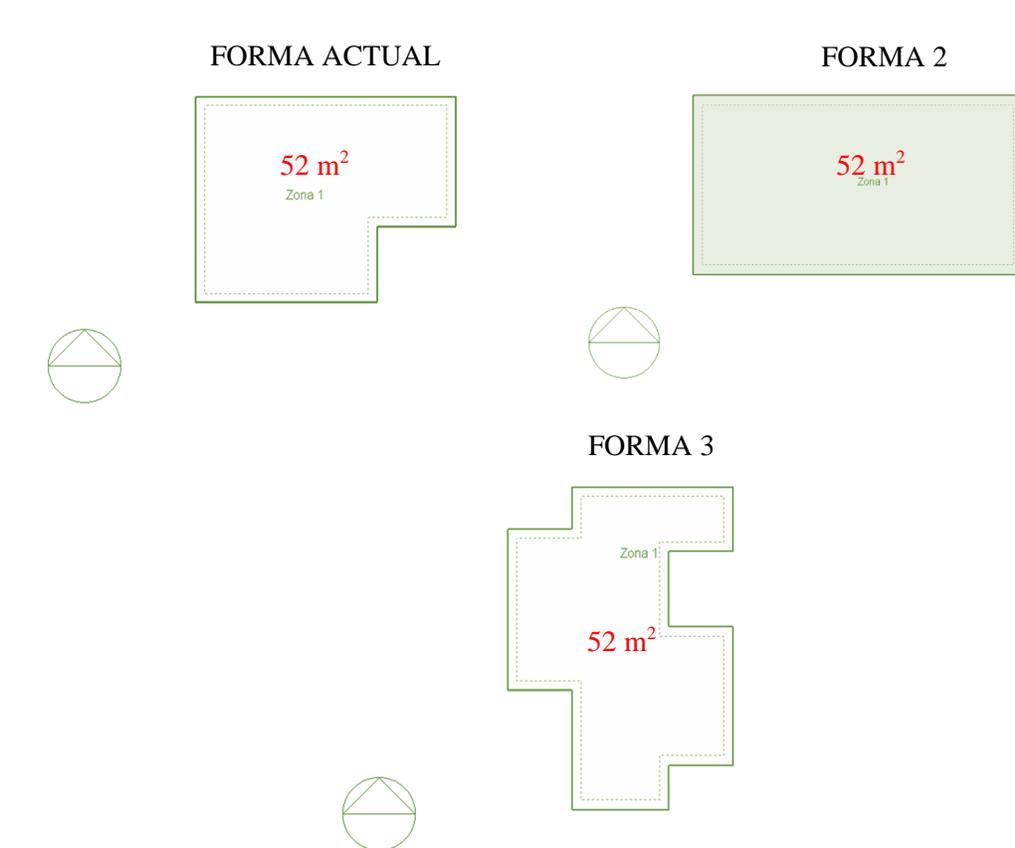
### 13.2.2. Forma.

La forma, depende del comportamiento térmico presente en la vivienda. Es necesario comparar la forma establecida con otras, con el fin de verificar si la que se diseñó actualmente

funciona respecto a las otras, o, al contrario, hay una mejor forma que mejore los resultados. Se establecieron dos formas más con igual metraje ( $52\text{m}^2$ ) que se compararon y simularon con la actual con la misma ubicación de  $90^\circ$ :

**Figura 58**

*Exploración formas vivienda rural.*



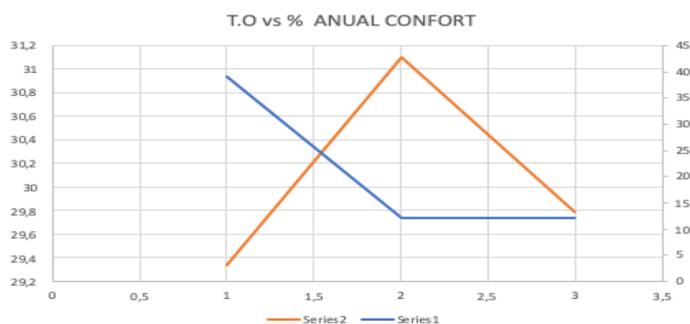
*Nota.* El grafico muestra, 3 formas arquitectónicas propuestas con el fin de simular y verificar resultados.

La tabla 17 y la figura 57, muestran los resultados obtenidos respecto a las 2 formas propuestas versus la inicial o base. La forma actual – inicial es la más adecuada debido a su mejor temperatura operativa que se acerca a la establecida en el rango y su porcentaje anual de confort.

**Tabla 19***Exploración formas vivienda rural*

FORMA	ORIENTACIÓN	PORCENTAJE	TEMP. OPERATIVA
ACTUAL	90°	39	29,34
SECUNDARIA	90°	12	31,1
TERCIARIA	90°	12	29,79

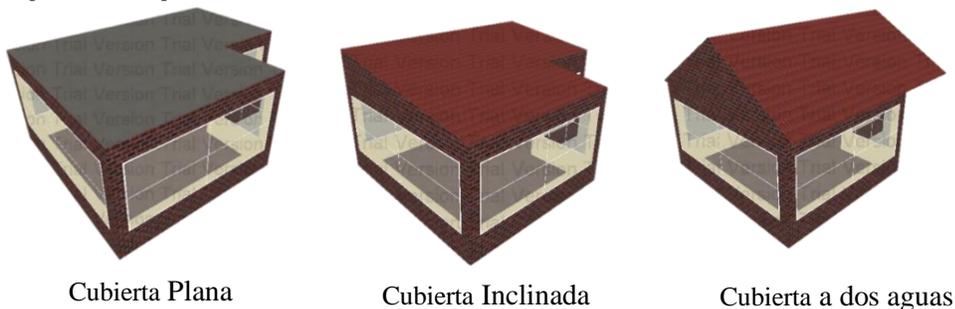
*Nota.* La tabla 19 muestra los resultados de la exploración de formas en la vivienda rural.

**Figura 59***Exploración formas vivienda rural*

*Nota.* La figura muestra, el comparativo entre temperatura operativa y el porcentaje anual de confort.

### 13.2.3. Cubierta.

La cubierta, es una de las zonas más importantes en el proyecto, pues es la que mayor parte del tiempo recibe radiación directa. Es importante diseñar y establecer el tipo de cubierta a utilizar, pues según sea el diseño y material, cambia la forma en la que se trasmite o aísla la temperatura. Para efectos del presente documento, se propusieron 3 tipos de cubierta los cuales fueron simulados dando los siguientes resultados:

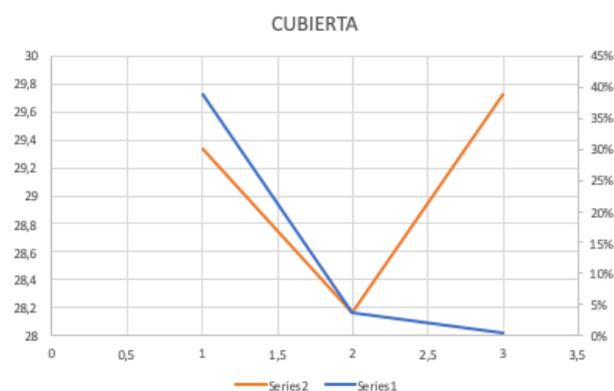
**Figura 60***Exploración Tipo de cubierta*

*Nota.* La figura muestra, el modelado de los 3 tipos de cubierta propuestos.

**Tabla 20***Resultado exploración forma cubierta*

CUBIERTA	ORIENTACIÓN	PORCENTAJE (%)	TEMP. OPERATIVA
PLANA	90°	39	29,34
INCLINADA	90°	0,41	29,73
DOS AGUAS	90°	3,58	28,16

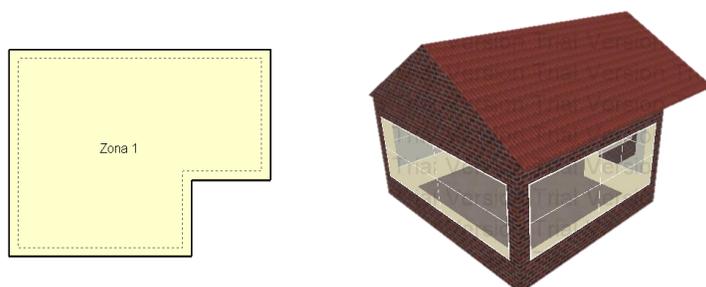
*Nota.* La tabla 20, muestra el resultado de la exploración forma cubierta dando como resultado la cubierta a dos aguas.

**Figura 61***Resultado exploración forma cubierta*

*Nota.* El gráfico muestra, los resultados según los tipos de cubierta propuestos.

La figura 61, muestra que la cubierta a dos aguas es la que mejor porcentaje anual de confort y temperatura operativa tiene respecto a la plana e inclinada.

Como resultados finales, y según los datos obtenidos, se verificó que la mejor forma es la planteada inicialmente, con una rotación de volumen de 90° y una cubierta a dos aguas.

**Figura 62***Resumen de diseño vivienda propuesta*

*Nota.* El gráfico muestra, el resultado según forma y exploración de cubierta.

Ahora, teniendo en cuenta que ya se definió la forma, orientación, y cubierta, se puede establecer un diseño de vivienda rural que cuente con estos parámetros establecidos.

### 13.2.4. Diseño.

Se define un diseño de 52 m<sup>2</sup> y altura de 2.70 m<sup>2</sup>, con las características previamente mencionadas, para un núcleo familiar de 5 personas:

**Tabla 21**

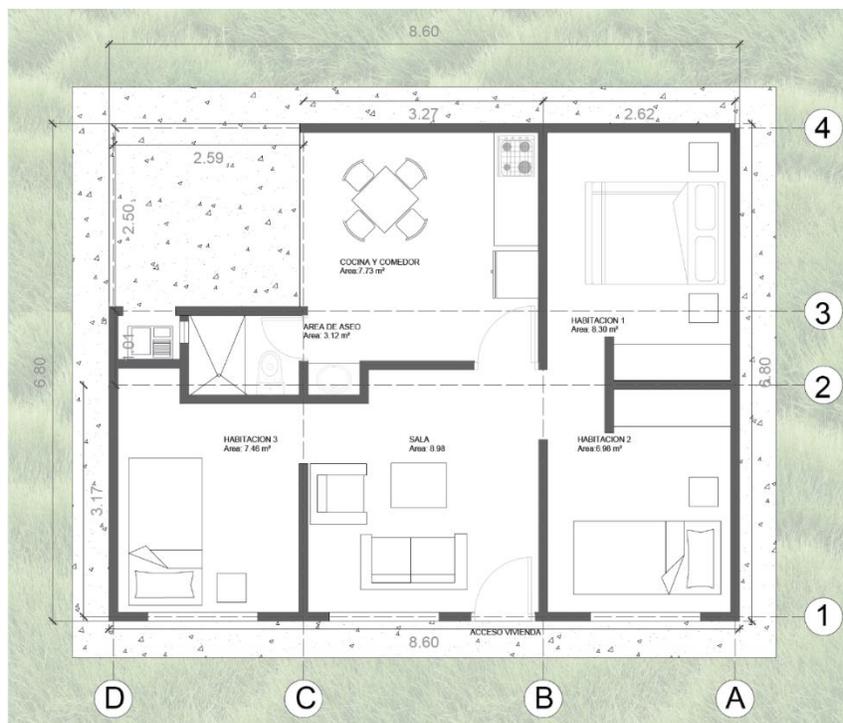
*Programa y distribución Arquitectónico vivienda propuesta*

USO	ESPACIO	AREA M2	TOTAL PERSONAS
VIVIENDA RURAL	COCINA / COMEDOR	7,73	5
	SALA	8,98	
	HABITACION 1	8,30	
	HABITACION 2	6,98	
	HABITACION 3	7,46	
	ZONA DE ASEO	3,12	

*Nota.* La tabla 21 muestra, el programa y distribución arquitectónica de vivienda propuesta

**Figura 63**

*Programa y distribución Arquitectónico de la vivienda propuesta.*



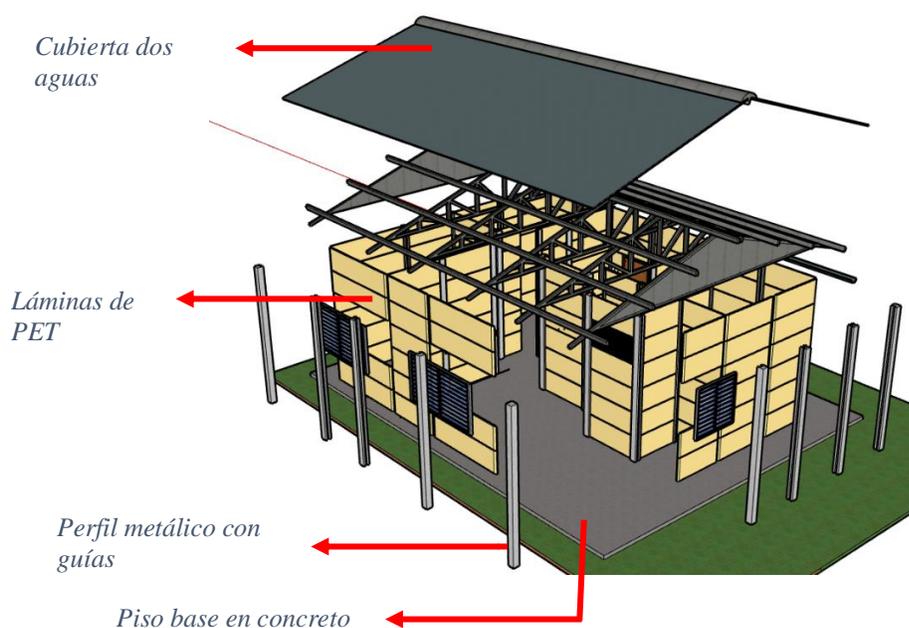
*Nota.* El grafico muestra la planta arquitectónica con distribución de espacios para la vivienda propuesta.

Esta vivienda, cuenta con el diseño final de la forma. La zona de aseo está dividida con el fin de que los integrantes de la vivienda puedan realizar acciones sin interrumpir las de los demás. La cocina, se encuentra en un espacio abierto con el fin de crear ventilación constante al interior de la misma, ya que la mayor parte del tiempo, las personas hacen uso de este espacio. Su estructura portante, se basa en sistemas modulados como los de losas de concretos prefabricados, que se disponen en rieles metálicos como figuras tipo lego. Su base, es una placa de concreto de 0.25 cm de espesor dejando un andén en la periferia con el fin de evitar contacto directo con el suelo. La envolvente, se crea a partir de paneles de PET reciclado y los muros divisorios igualmente.

Con el fin de dar veracidad a que este material sirve, se simulará y comprobará implementándolo en el diseño de la vivienda. Así mismo, se incluirá en caso del que material no cumpla con el rango establecido, un nuevo material de apoyo con el fin de buscar soluciones.

#### Figura 64

*Explotada vivienda propuesta.*



*Nota.* El grafico muestra la descomposición de la vivienda propuesta con materiales.

### 13.2.5. Cálculo renovación de aire.

Con el fin de brindar una adecuada renovación de aire al interior de los espacios de la vivienda rural, se realizó el cálculo mediante el estándar ASHRAE 62.1-tabla 21 (Ventilación para una calidad aceptable de aire interior), con el fin verificar los rangos para una ventilación aceptable.

**Tabla 22**

*Cálculo mínimo de ventilación en zonas de respiración*

**TABLA 6-1 ÍNDICES MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN ZONAS DE RESPIRACIÓN**  
(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

Categoría de ocupación	ÍNDICE de aire exterior para personas $R_p$		ÍNDICE de aire exterior del área $R_a$		Notas	Valores por defecto			Clase de aire
	cfm/ persona	L/s· persona	cfm/ pie <sup>2</sup>	L/ s·m <sup>2</sup>		Densidad de ocupación (Ver Nota 4)	combinada de aire exterior (Ver Nota 5)		
						#/1000 ft <sup>2</sup> or #/100 m <sup>2</sup>	cfm/ persona	L/s· persona	
<b>Residencial</b>									
Unidad comunitaria	5	2.5	0.06	0.3	F,G	F			1
Corredores comunes	—	—	0.06	0.3					1
<b>Almacenes</b>									
Ventas (excepto lo indicado abajo)	7.5	3.8	0.12	0.6		15	16	7.8	2
Áreas comunes de centros comerciales	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Barbería	7.5	3.8	0.06	0.3		25	10	5.0	2
Salones de belleza y corte de uñas	20	10	0.12	0.6		25	25	12.4	2
Almacenes de mascotas (áreas de animales)	7.5	3.8	0.18	0.9		10	26	12.8	2
Supermercados	7.5	3.8	0.06	0.3		8	15	7.6	1
Lavadoras de monedas	7.5	3.8	0.06	0.3		20	11	5.3	2

*Nota.* La tabla 22 muestra los valores establecidos, aplicados a la vivienda propuesta con el fin de brindar una adecuada ventilación interior. Tomado de Minimum Exhaust Rates, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, (pág. 13), por Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Engineers, Inc., 2010.

**Tabla 23**

*Cálculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta*

AREA	M <sup>2</sup>	ALTURA	VOLUMEN	Nº PERSONAS	ASHRAE L/s PER.	ASHRAE L/s M <sup>2</sup>
COCINA / COMEDOR	7,73	2,7	20,87	3	2,5	0,3
HABITACION 1	8,30	2,7	22,41	2	2,5	0,3
HABITACION 2	6,98	2,7	18,85	2	2,5	0,3
HABITACION 3	7,46	2,7	20,14	1	2,5	0,3
SALA	8,98	2,7	24,25	5	2,5	0,3
ZONA DE ASEO	3,12	2,7	8,42	1	2,5	0,3

*Nota.* La tabla 23 muestra el cálculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta.

**Tabla 24**

*Calculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta*

AREA	AREA ASHRAE	RENOV. PER L/s	TOTAL L/s	RENOV. M <sup>3</sup> /H	RENV. / H	RENOV. MINUTO
COCINA / COMEDOR	2,319	7,5	9,819	35,3484	1,69	35,43
HABITACION 1	2,490	5,0	7,490	26,964	1,20	49,87
HABITACION 2	2,094	5,0	7,094	25,5384	1,36	44,28
HABITACION 3	2,238	2,5	4,738	17,0568	0,85	70,85
SALA	2,694	12,5	15,194	54,6984	2,26	26,6
ZONA DE ASEO	0,936	2,5	3,436	12,3696	1,47	40,86

Nota. La tabla 24 muestra, el cálculo mínimo de ventilación en zonas de respiración para vivienda propuesta

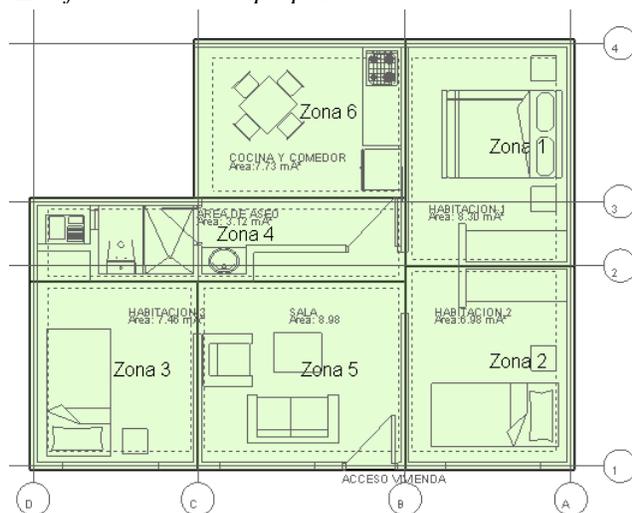
Como se observa en la tabla 23, la cocina/comedor es la zona que menos renovaciones requiere, y esto se debe por la apertura que se dejó, pero las habitaciones son las que mayor renovación de aire requieren, por lo que es necesario revisar en temas de relación ventana – pared y porcentajes de apertura, con el fin de cumplir con el objetivo propuesto.

### 13.2.6. Estrategias Bioclimáticas aplicadas al proyecto.

Teniendo el volumen arquitectónico definido, se proponen diseños de ventanas para los espacios propuestos tomando en el análisis, el factor luz día, los porcentajes de confort anual y las temperaturas operativas. Así mismo, se evalúa su posición, tamaño, porcentaje de apertura y forma, con el fin de lograr el confort.

**Figura 65**

*Zonificación vivienda propuesta*



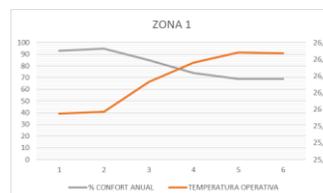
Nota. La figura muestra, la composición por zonas de la vivienda propuesta.

Se tomó una escala de progresión cada 20%, comenzando en 0% hasta el 100% para la ventana, en donde según la figura 66, arrojó valores de temperatura operativa y confort anual en donde se evaluó y escogió la más apropiada para establecer en el diseño.

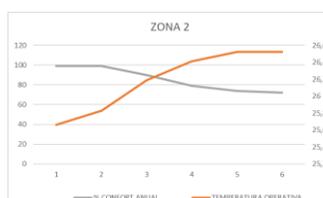
**Figura 66**

*Resultados porcentaje de apertura por espacios*

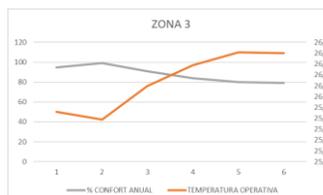
	% DE APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 1</b>	10	25,95	93
	20	25,97	95
	<b>40</b>	<b>26,33</b>	<b>85</b>
	60	26,56	74
	80	26,68	69
	100	26,67	69



	% APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 2</b>	10	25,66	99
	20	25,83	99
	<b>40</b>	<b>26,19</b>	<b>90</b>
	60	26,41	79
	80	26,52	74
	100	26,52	72



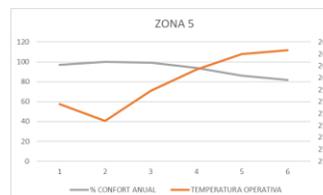
	% APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 3</b>	10	25,86	95
	20	25,79	99
	<b>40</b>	<b>26,10</b>	<b>91</b>
	60	26,29	84
	80	26,41	80
	100	26,40	79



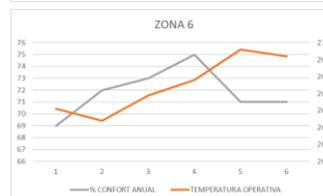
	% APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 4</b>	10	26,26	86
	20	26,00	92
	<b>40</b>	<b>26,09</b>	<b>90</b>
	60	26,26	85
	80	26,38	81
	100	26,41	78



	% APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 5</b>	10	25,78	97
	20	25,64	100
	<b>40</b>	<b>25,89</b>	<b>99</b>
	60	26,07	94
	80	26,20	86
	100	26,23	82



	% APERTURA	TEMPERATURA OPERATIVA	% CONFORT ANUAL
<b>ZONA 6</b>	10	26,61	69
	20	26,54	72
	<b>40</b>	<b>26,69</b>	<b>73</b>
	60	26,78	75
	80	26,96	71
	100	26,92	71

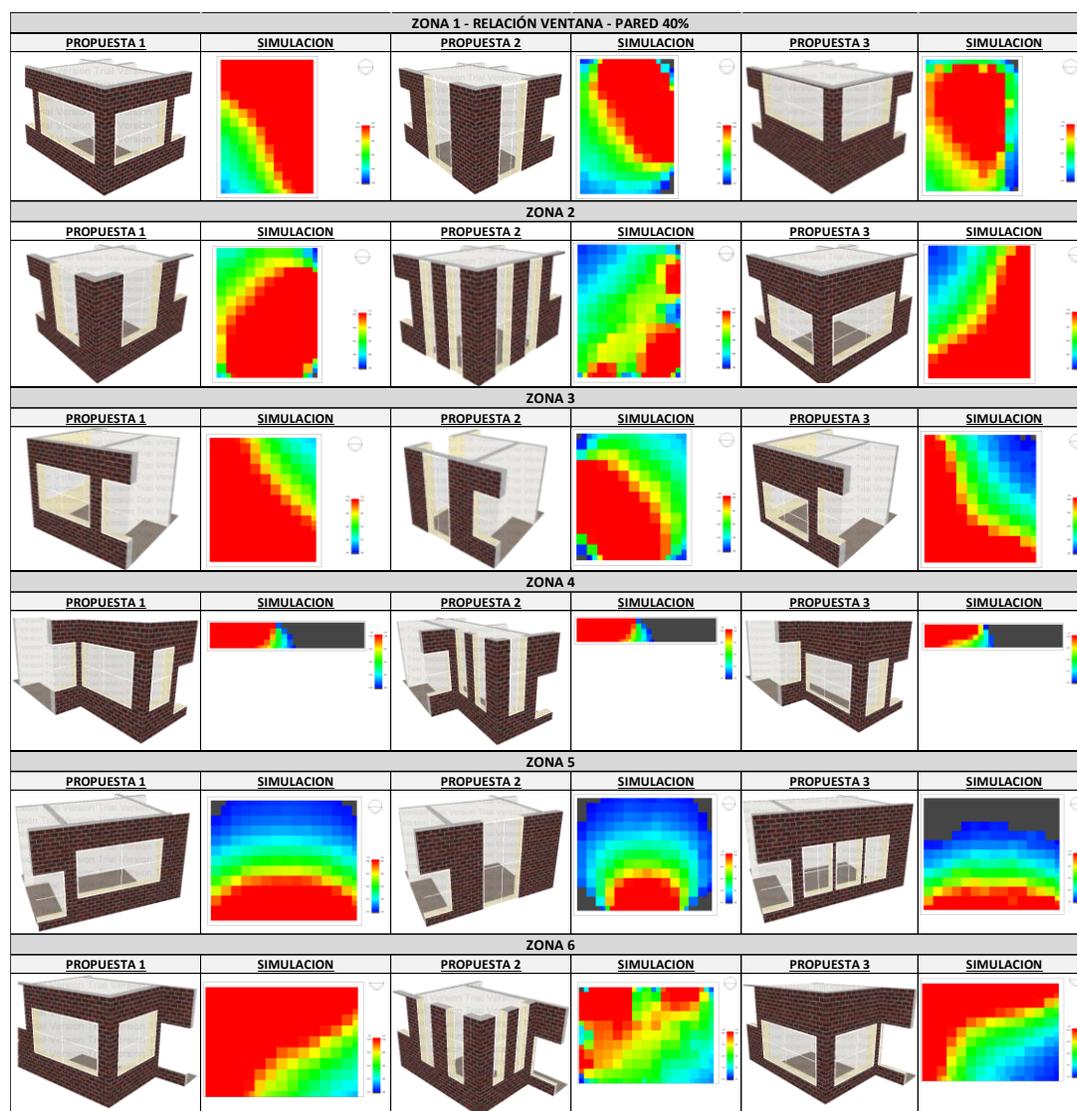


*Nota.* La figura muestra, los resultados por zonas del porcentaje de apertura, dando resultado de temperatura Operativa y confort anual.

La figura 66 muestra los resultados obtenidos, en donde se verifica que el 40% de relación es la más indicada por tener equilibrio entre la temperatura operativa y el porcentaje de confort anual. Ahora, con el fin de saber qué posición es la más adecuada para la ventana, se simulará y verificará el factor luz diurna y el ratio de uniformidad promedio. Para este caso, se tomaron 3 posiciones diferentes de ubicación.

**Figura 67**

*Resultados Relación Ventana – Pared con el 40%*



*Nota.* La figura muestra, los resultados de simulación por zonas, donde se ve la cantidad de luz según apertura y posición de la ventana.

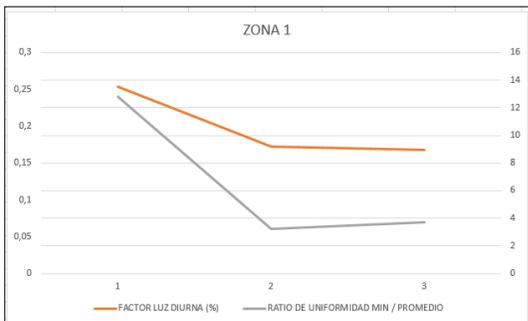
La grafica 67 muestra, tres tipos de ubicación de ventana con una apertura del 40% para los espacios 1,2,3,4,5 y 6, donde se evidencia la ganancia lumínica indicando si es posible establecer una u otra opción.

La figura 68 muestra los resultados obtenidos para el factor luz diurna (%) y el ratio de uniformidad min/promedio con relación 40% de apertura ventana.

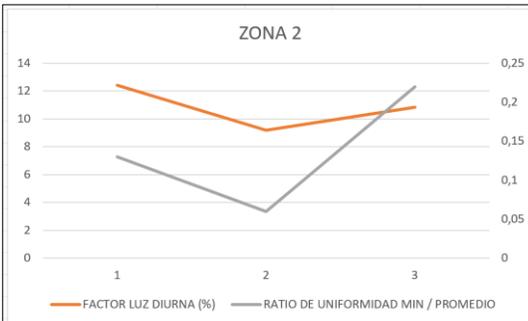
**Figura 68**

*Resultados tabulados Relación Ventana – Pared con el 40%*

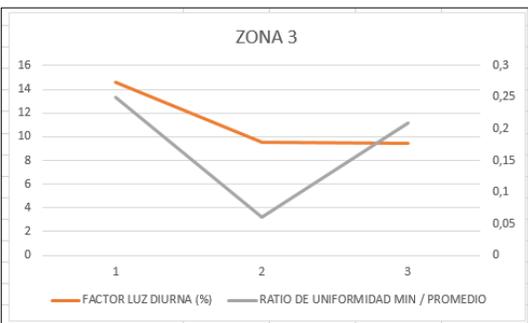
ZONA 1		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	13,5	0,24
2	9,18	0,06
3	8,96	0,07



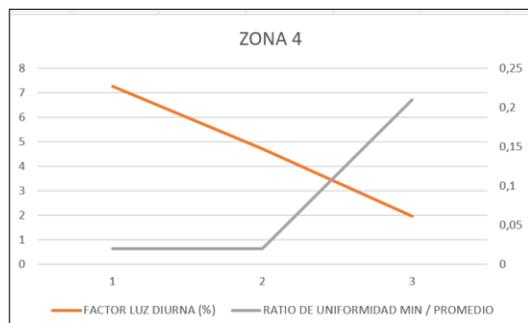
ZONA 2		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	12,42	0,13
2	9,18	0,06
3	10,85	0,22



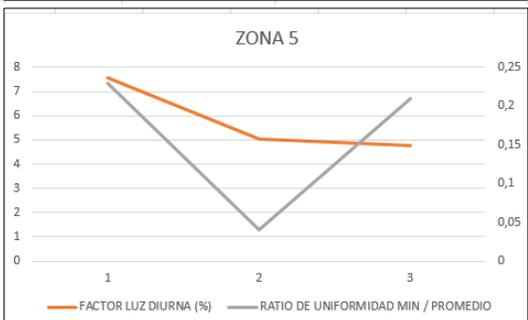
ZONA 3		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	14,56	0,25
2	9,51	0,06
3	9,45	0,21



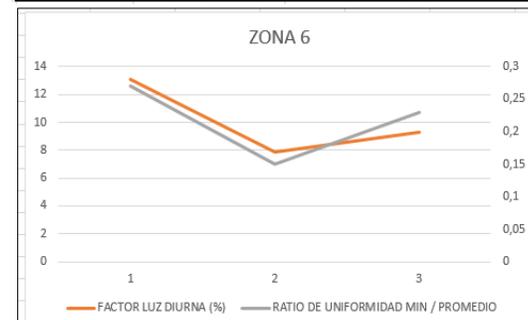
ZONA 4		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	7,28	0,02
2	4,73	0,02
3	1,96	0,21



ZONA 5		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	7,55	0,23
2	5,04	0,04
3	4,77	0,21



ZONA 6		
40% DE VENTANA	FACTOR LUZ DIURNA (%)	RATIO DE UNIFORMIDAD MIN / PROMEDIO
1	13,06	0,27
2	7,88	0,15
3	9,29	0,23



*Nota.* La figura muestra, los resultados de simulación con el 40%, indicando la mejor posición de la ventana para cada espacio y el factor luz diurna.

La grafica de la figura 68, muestran el porcentaje del CLD (Factor luz diurna) y el ratio de uniformidad min/promedio, en donde según cada zona y con una apertura del 40% de ventana con cada propuesta, se escogieron cuáles son las más indicadas analizando que no se evidencie un espacio tan luminosos ni tan oscuro y evitando el deslumbramiento.

Continuando con el proceso de diseño, es necesario identificar por zonas las temperaturas operativas y renovaciones AC/H, con el fin de establecer la mejor para cada espacio. Se simuló los 6 espacios de las viviendas con aperturas del 0% al 100%.

**Figura 69**

*Resultados renovaciones ac/h – con el 60% de apertura*

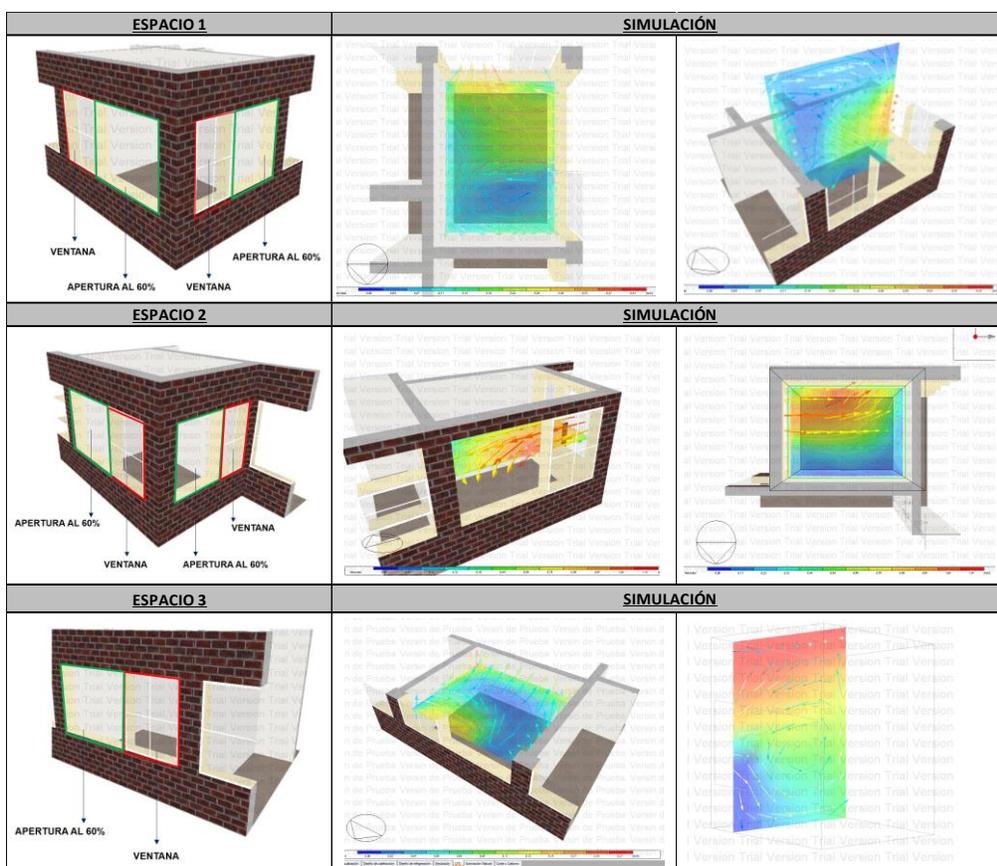


*Nota.* La figura muestra, los resultados, donde el 60% de apertura es el que mejor garantiza las renovaciones de aire al interior de la vivienda propuesta.

La figura 69 muestra, que para que haya una renovación constante de aire en donde no sea ni muy alta ni muy baja, se debe tener una apertura del 60%, ya que es la más equilibrada respecto a la temperatura operativa. Estas renovaciones, cuentan para los espacios calculados anteriormente y en especial para las habitaciones. Con la ayuda del software Design Builder, y el plugin de CFD, se logró recrear el espacio con los porcentajes de apertura y ubicación, con el fin de verificar el flujo continuo de aire. Se simularon los espacios 1, 2 y 3 con sus respectivas variaciones.

**Figura 70**

*Resultados simulaciones CFD para los espacios 1,2 y 3*



*Nota.* La figura muestra, la simulación con CFD con la apertura del 60% para los espacios 1, 2 y 3. Aquí se ve el flujo continuo de ventilación gracias a la posición y apertura propuesta.

### 13.2.7. Materialidad del proyecto.

El PET como material reciclable, toma alrededor de 500 años en biodegradarse (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2019), y se ha convertido en un problema a nivel mundial. Tiene características que lo definen como material que perdura, aparte de ofrecer soluciones sustentables. Su uso en la construcción, ha venido tomando fuerza; pues la gran cantidad de residuos sólidos de este tipo, ha ocasionado que muchos de los proyectos y emprendedores tomen este material como solución práctica a las problemáticas generadas por este tipo de residuos. Se decide utilizar este material para la envolvente, ya que es resistente al agua (humedad), impermeable, termoacústico y sismo resistente. La tabla 24 muestra los datos de conductividad térmica.

**Tabla 25**

*Conductividad térmica de los materiales*

ITEM	VALOR W(m/k)
PVC (polivinylchloride)	0,19
PET (polietilenotereftalato)	0,24

*Nota.* La tabla 25 muestra la conductividad térmica de los materiales para el PVC y el PET.

Como se ve en la tabla 25, la conductividad térmica del PET es buena, sin embargo, es posible mejorarla mediante capas de aislante con espuma de poliuretano. Así mismo, es posible compararlo con materiales ya utilizados hoy en día como lo es el PVC que han sido utilizados por grandes empresas como AZEMBLA.

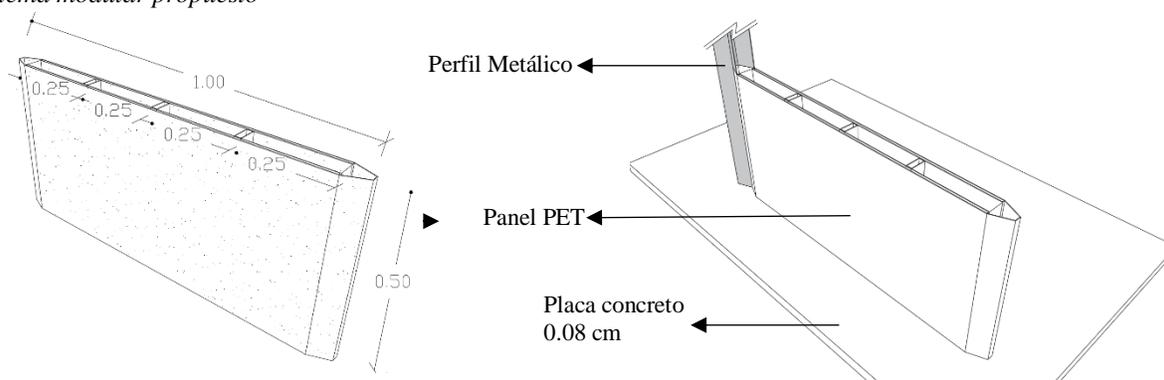
Para efectos del trabajo, es necesario establecer el ciclo y la descomposición del material, así como el manejo final para desarrollar el panel PET.

- El residuo plástico es recuperado por recuperadores ambientales
- Se realiza un proceso de limpieza (aquí se realiza el lavado, retiro de etiquetas, pegantes y tapas)
- Se realiza clasificación del tipo de plástico, en este caso, solo se verifican los PET
- Al tener seleccionados los plásticos PET, se lleva a una máquina trituradora que se encarga de dejar en partículas pequeñas el material.
- Con las partes ya trituradas, se funde en una máquina extrusora de boquilla plana.

Se diseñó un panel de medidas 1.00 cm x 0.50 x 0.06, el cual ira apilado verticalmente y apoyado sobre columnas metálicas de apoyo tipo “H” en donde irán encajadas. Para casos donde se requiera, se podrá cortar a la medida solicitada. (ver anexo 2).

**Figura 71**

*Sistema modular propuesto*



MATERIAL REQUERIDO PARA UN (01) PANEL PET		
PANEL PET M <sup>3</sup>	PESO Gramos	No. Botellas
0,03	2500	62,5
CANTIDAD DE PET GENERADA EN UN AÑO		
KILOS PET /AÑO	PESO Gramos	No. Botellas
1953	1953000	48825
CANTIDAD DE PET NECESARIA PARA UNA CASA 52 M <sup>2</sup>		
PANELES TOTAL		No. Botellas
135		8437,5

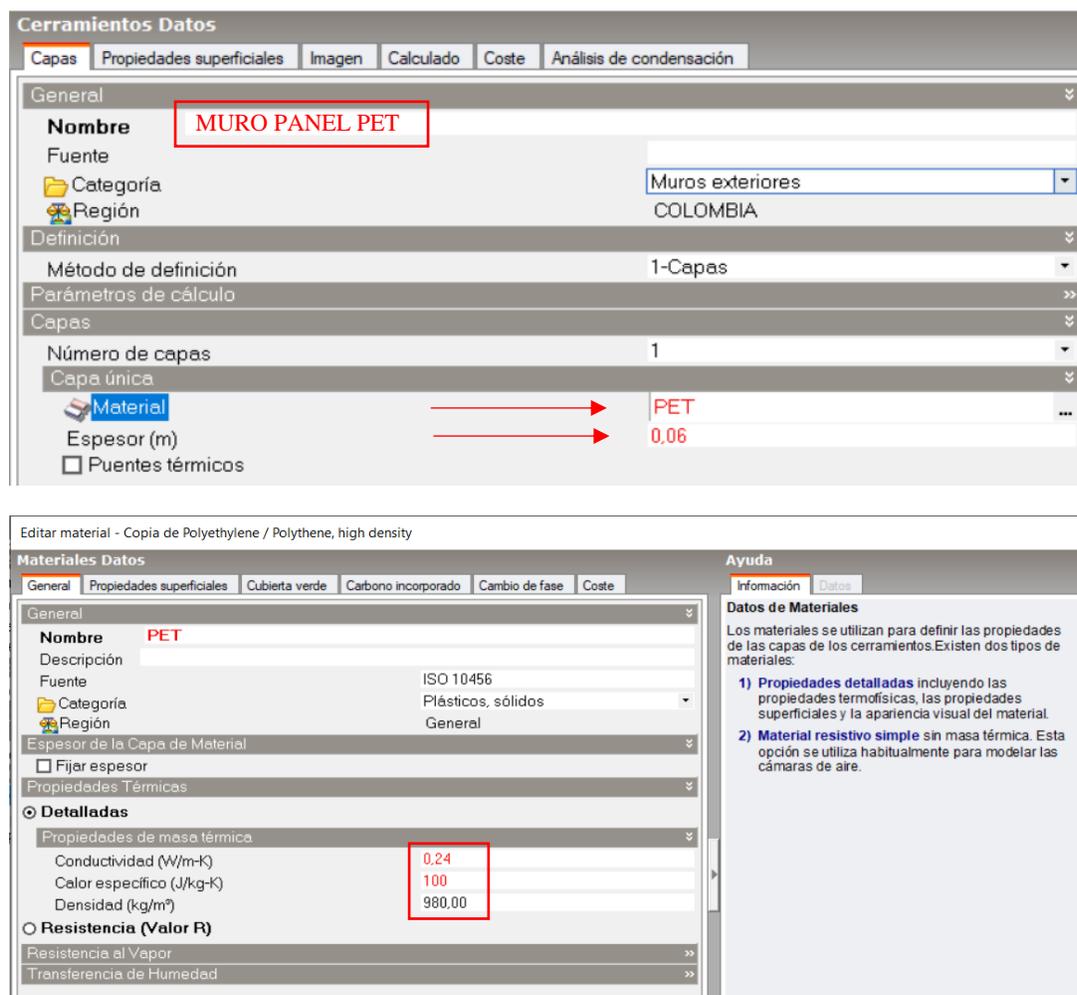
*Nota.* El grafico muestra, la composición y el sistema modular con paneles PET para la vivienda.

Teniendo el material seleccionado y la propuesta modular de la vivienda, se realiza la simulación, aplicando todas las estrategias evaluadas con el fin de verificar los datos, y si con la aplicación del material se cumple con el rango de confort térmico adaptativo establecido anteriormente.

Se comienza elaborando el material PET con las propiedades térmicas. La figura 72 muestra el proceso en el software Design Builder.

**Figura 72**

*Proceso elaboración panel PET*



*Nota.* El gráfico muestra, la composición de capas y la conductividad térmica para armar la lámina en PET.

La figura 73 muestra las características y propiedades térmicas de los materiales de la vivienda propuesta:

**Figura 73**

*Construcción de los materiales implementados en la vivienda propuesta*

VIVIENDA PROPUESTA	ELEMENTO	MATERIAL	IMAGEN	PROPIEDADES
	CUBIERTA	CUBIERTA EN LAMINAS DE PET e: 0,05 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m <sup>2</sup> -K) <b>4,800</b> Valor R (m <sup>2</sup> -K/W) <b>0,348</b> <b>Valor U (W/m<sup>2</sup>-K) 2,871</b>
	SUELO	PLACA CONCRETO e: 0,12 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m <sup>2</sup> -K) <b>9,000</b> Valor R (m <sup>2</sup> -K/W) <b>0,321</b> <b>Valor U (W/m<sup>2</sup>-K) 3,114</b>
	MUROS	MUROS EN LAMINA PET e: 0,06 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m <sup>2</sup> -K) 4,000 Valor R (m <sup>2</sup> -K/W) 0,420 <b>Valor U (W/m<sup>2</sup>-K) 2,381</b>
	VIDRIOS	VIDRIO CLARO e: 3mm		Total solar transmission (SHGC) <b>0,861</b> Direct solar transmission <b>0,837</b> Light transmission <b>0,898</b> U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m <sup>2</sup> -K) <b>5,829</b> <b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m<sup>2</sup>-K) 5,894</b>

Plantilla de Cerramientos	Plantilla de cerramientos del proyecto
Plantilla	
Cerramientos	
Muros exteriores	MUROS LAMINA PET
Muros enterrados	Muro enterrado del proyecto
Cubierta plana	Cubierta plana del proyecto
Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubierta inclinada del proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	PET PARA CUBIERTA
Particiones	Partición del proyecto
Semi-Expuesto	
Suelos	
Suelo sobre terreno	PISO EN PLACA DE CONCRETO 0.12
Suelo enterrado	Suelo sobre terreno del proyecto
Suelos exteriores	Suelo externo del proyecto
Suelos interiores	Suelo interno del proyecto

*Nota.* El gráfico muestra, la composición y valor térmico de los materiales que van a componer la vivienda propuesta.

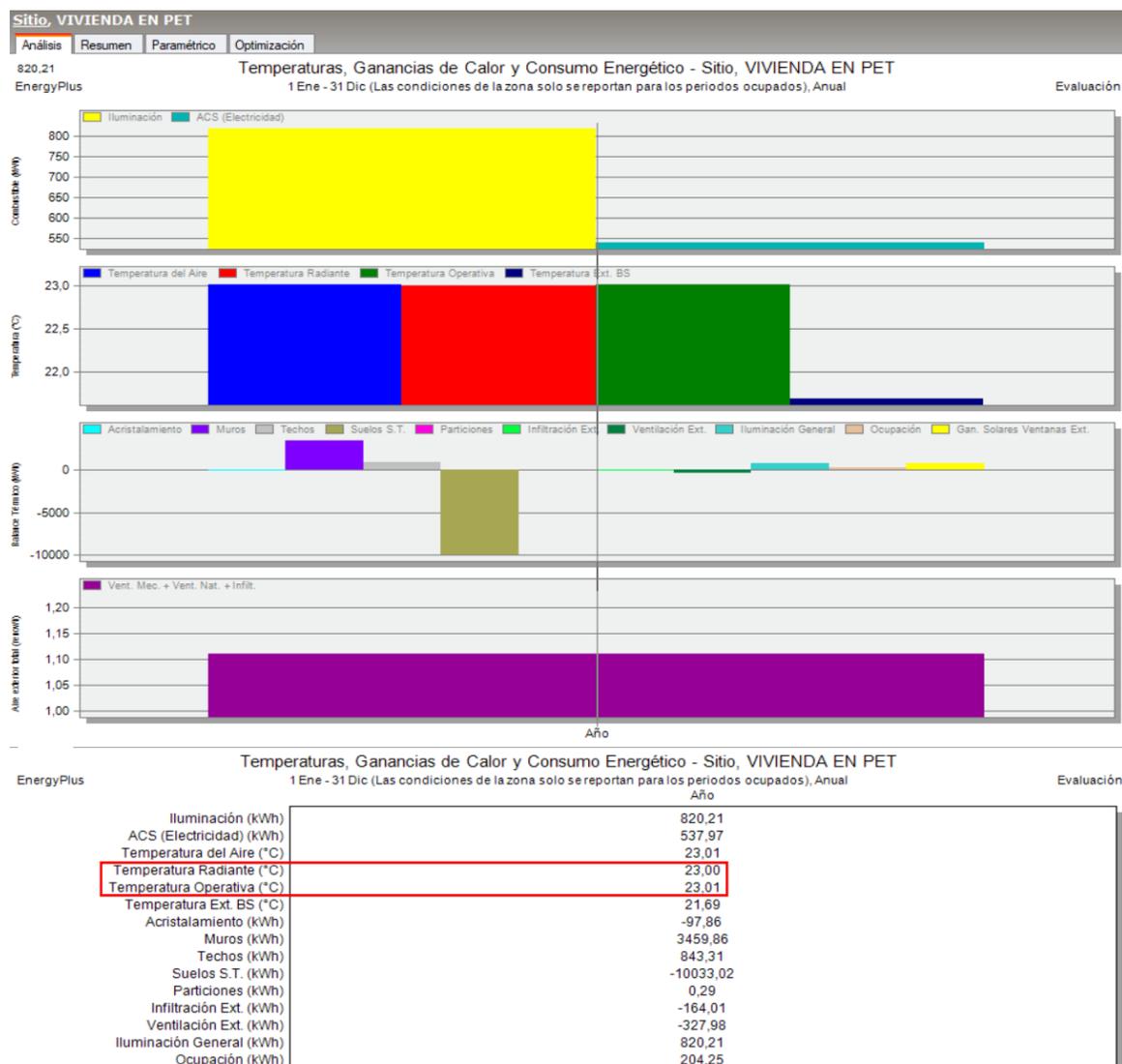
Para este tipo de vivienda, se quiso que el material aplicado en la envolvente, sirviera también para la cubierta, pero con un valor menor al de los muros. El piso base, está conformado por una placa de concreto de 0.12 cm y finalmente, las ventanas estarían construidas con vidrio crudo de 3 mm de espesor.

### 13.3. Resultados De Simulación Vivienda Propuesta

Se realizó la simulación de la vivienda propuesta con todas las estrategias implementadas, teniendo en cuenta cumplir con el rango de confort adaptativo. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Figura 74**

*Resultados simulación anual en la vivienda propuesta*

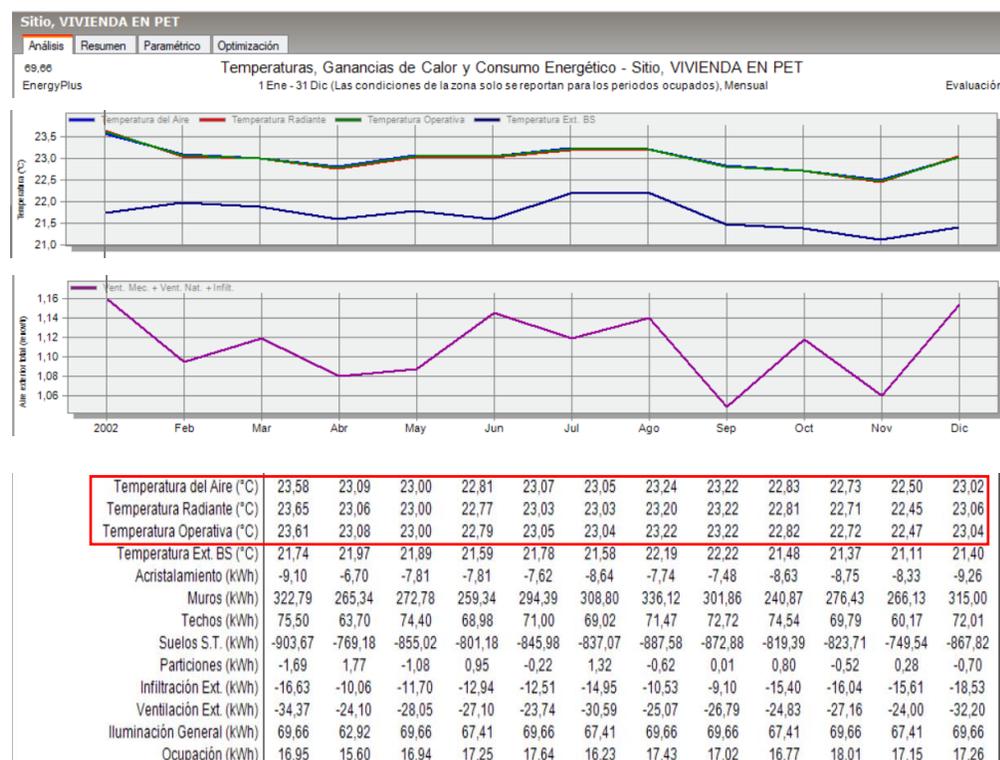


*Nota.* El grafico muestra, la simulación anual de la vivienda propuesta, dando como resultados temperaturas operativas y radiantes bajas en comparación con las viviendas tipo 1, 2 y 3.

La figura 74, nos muestra que, en la simulación anual, las temperaturas operativa y radiante bajaron respecto a las líneas bases analizadas. Vemos que hubo un aumento de ganancia térmica en muros, pero sin afectación del interior de la vivienda. La cubierta que se propuso del mismo material, disminuyó la ganancia térmica generando menor radiación.

**Figura 75**

*Resultados simulación mensual en la vivienda propuesta*



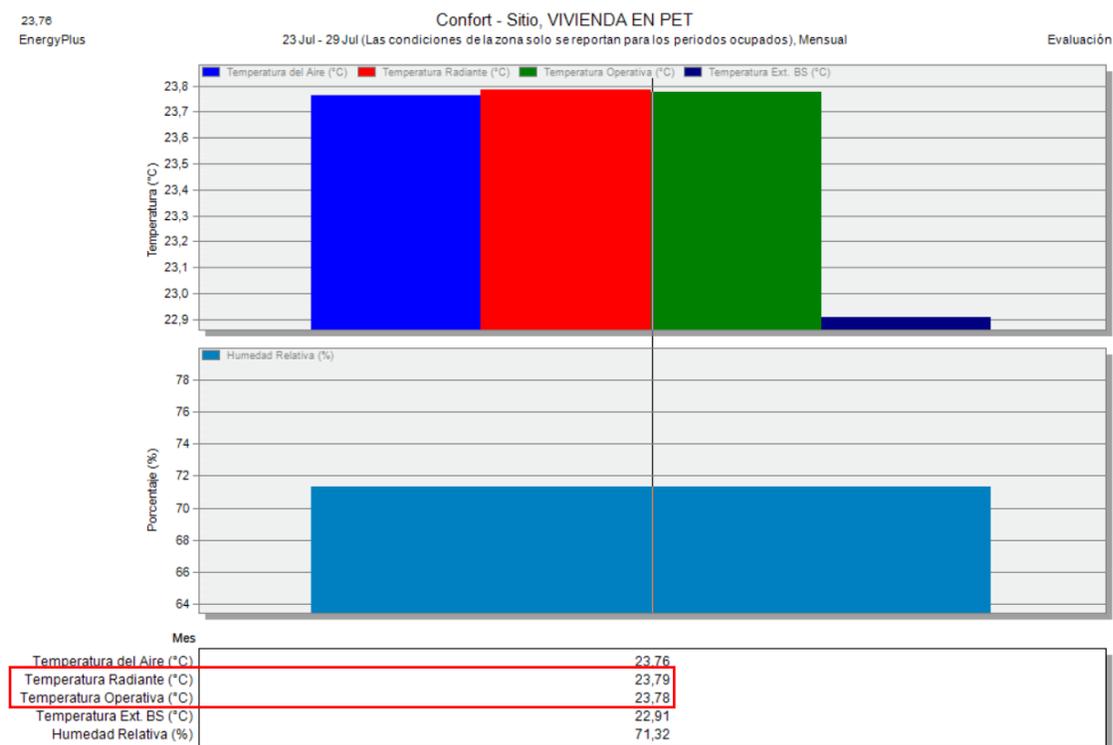
*Nota.* El gráfico muestra, la simulación mensual de la vivienda propuesta, en donde se observa las temperaturas operativas y radiante entre los 22°C y 23°C.

La figura 75, nos muestra la simulación mensual. Se observa que el mes de enero es donde más aumentó, registrando una temperatura operativa de 23.65°C, mientras que noviembre

es el mes donde baja a un registro de 22.45°C. Se evidencia también, que los muros son los de mayor ganancia térmica a lo largo del año, pero que no afecta a la temperatura operativa establecida. Continuando con el proceso, se simuló con la semana extrema de verano dando como resultado:

**Figura 76**

*Resultados simulación semana extrema de verano*



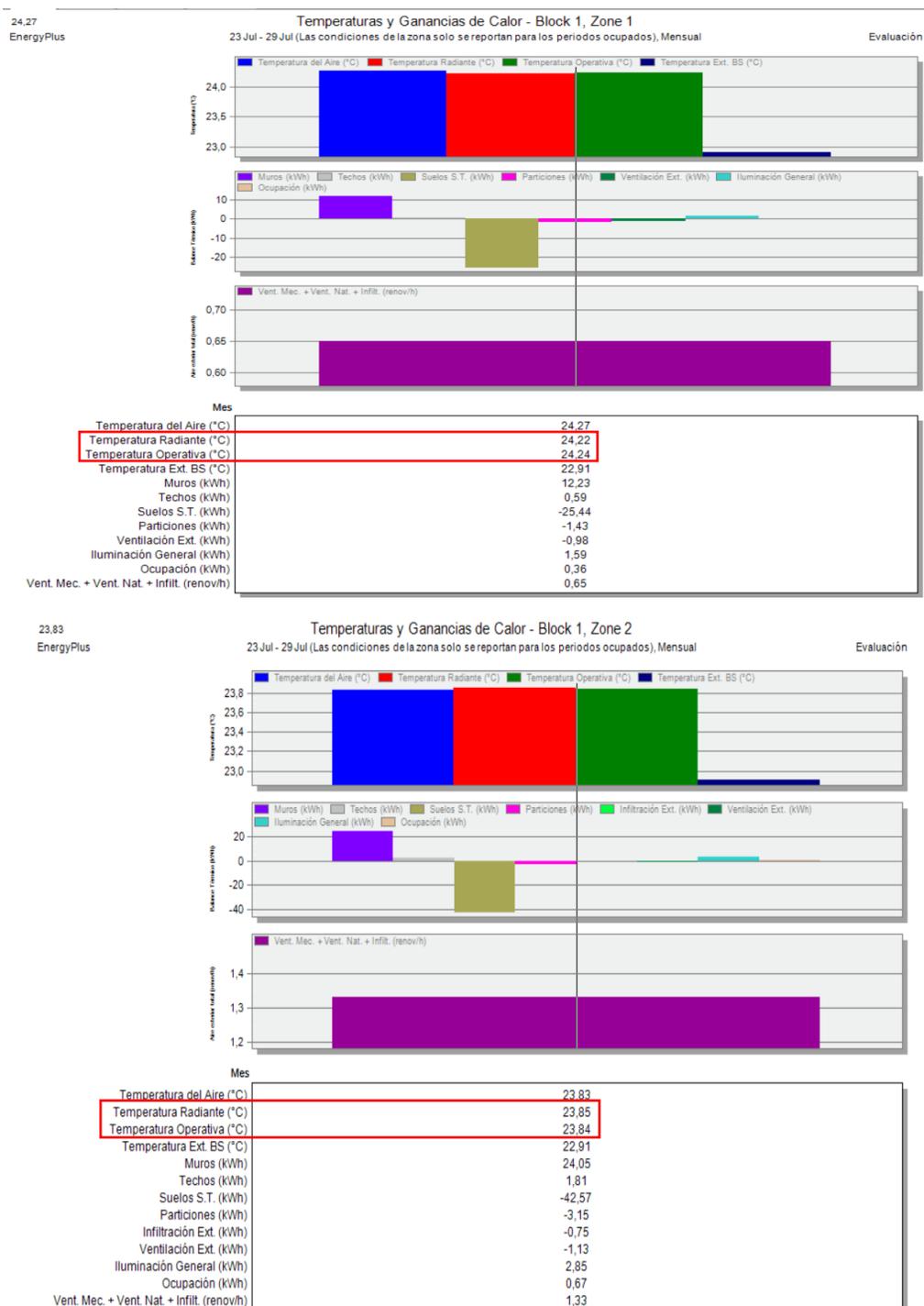
*Nota.* El grafico muestra, la simulación de la semana más extrema de verano, dando como resultados temperaturas de 23°C.

Los espacios son fundamentales y es necesario revisar mediante la simulación, si la temperatura operativa disminuyo o aumento con todas las estrategias implementadas anteriormente (Ubicación, forma, relación ventana – pared, Factor luz día, renovación ac/h etc.)

La figura 77 muestra las simulaciones en la semana extrema de verano para cada espacio que compone la vivienda, en donde se obtuvo:

Figura 77

Resultados simulación semana extrema de verano espacios 1 y 2

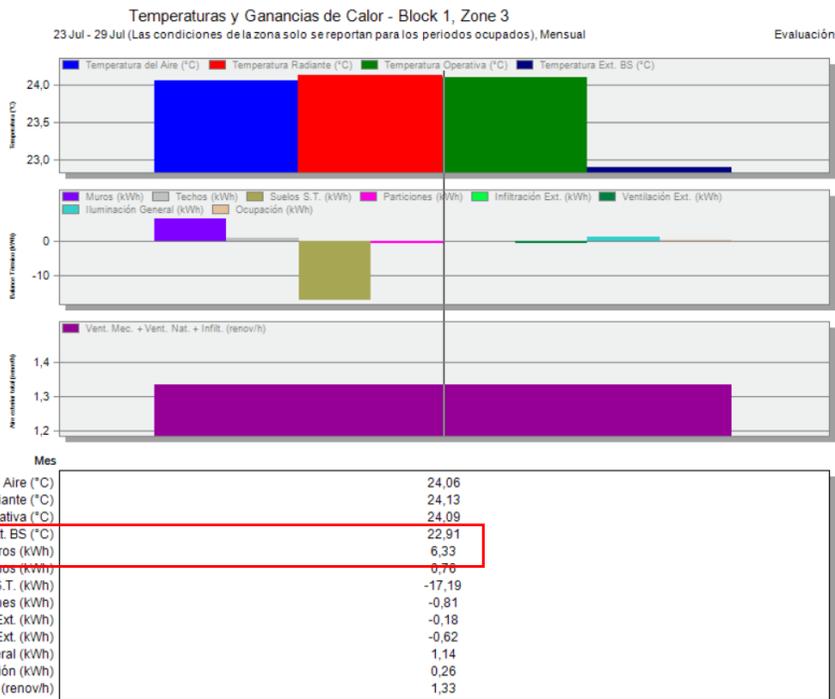


Nota. El grafico muestra, la simulación de la semana más extrema de verano para los espacios 1 y 2, donde se observa las bajas temperaturas. Se observa ganancias térmicas en muros y perdida en suelos.

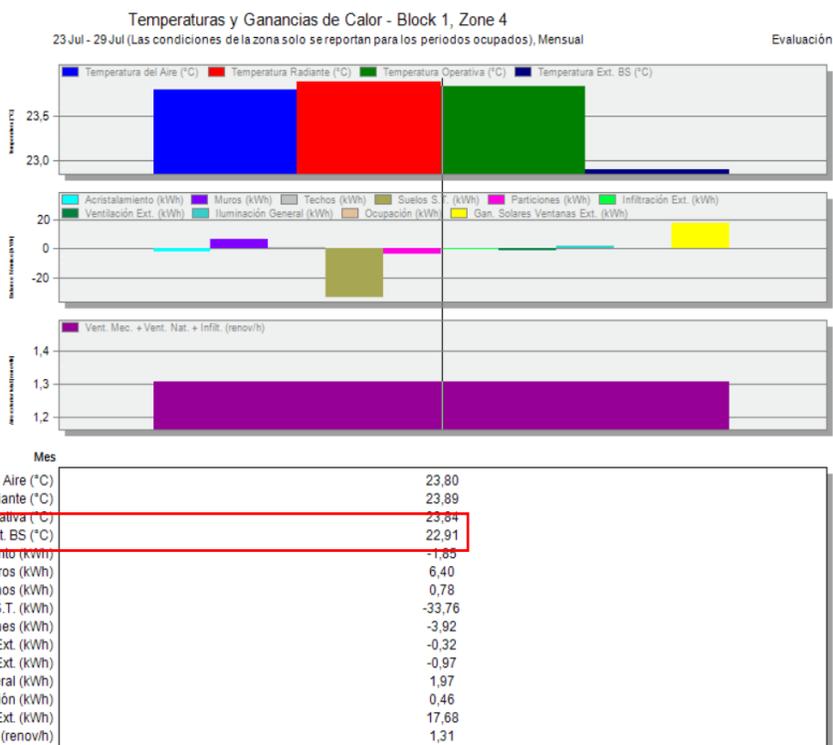
Figura 78

Resultados simulación semana extrema de verano espacios 3 y 4

4.06  
nergyPlus



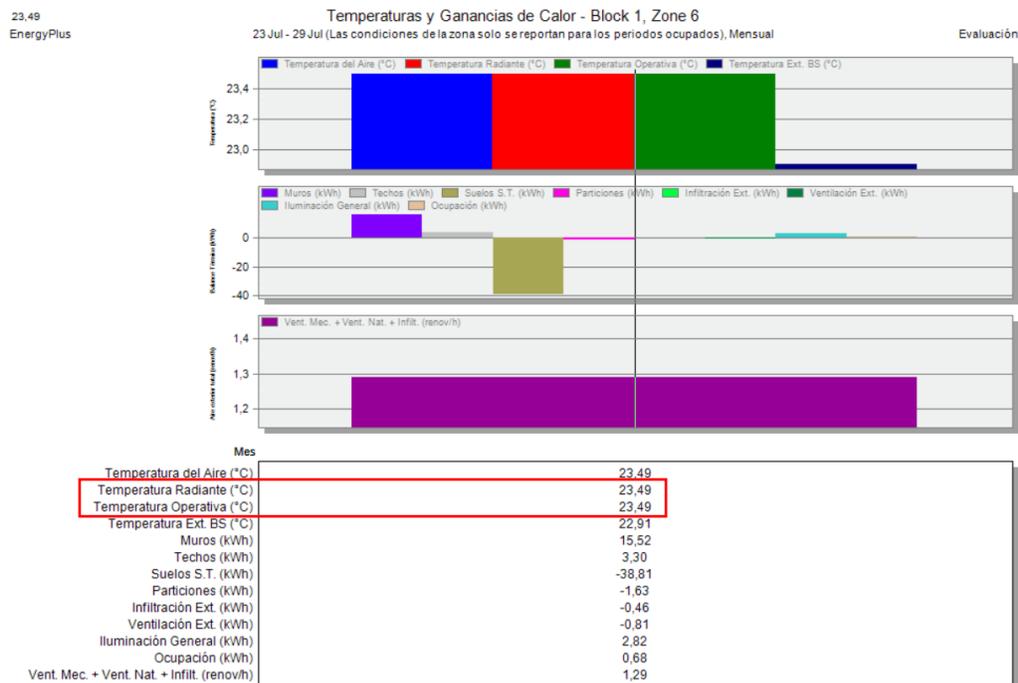
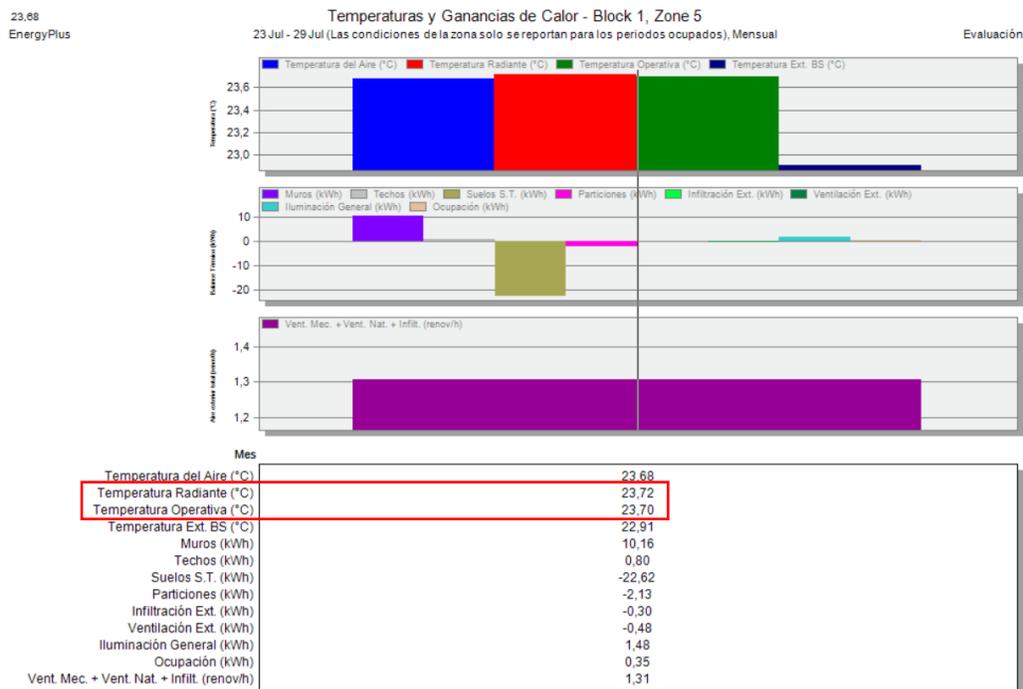
23.80  
EnergyPlus



Nota. El grafico muestra, la simulación de la semana más extrema de verano para los espacios 3 y 4, donde se observa las bajas temperaturas. Se observa ganancias térmicas en muros y perdida en suelos.

Figura 79

## Resultados simulación semana extrema de verano espacios 5 y 6



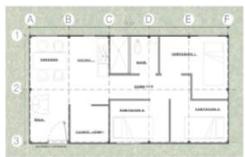
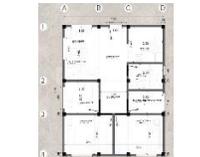
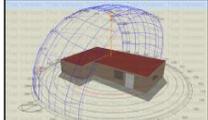
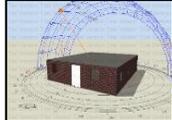
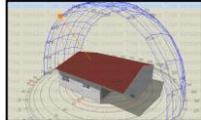
Nota. El grafico muestra, la simulación de la semana más extrema de verano para los espacios 5 y 6, donde se observa las bajas temperaturas. Se observa ganancias térmicas en muros, cubierta y perdida en suelos.

Como se observa en las figuras 77, 78 y 79, los resultados obtenidos para cada espacio de la vivienda, en el periodo extremo de verano, cumplen con el estándar ASHRAE de confort adaptativo, ya que se encuentran dentro del rango de los 21°C y los 27°C. Por consiguiente, se puede establecer que las estrategias aplicadas al proyecto, sirvieron para alcanzar el objetivo principal y a su vez a la utilización del PET como material de construcción en la envolvente.

La tabla 25 muestra los resultados comparativos de las simulaciones de las líneas base y las realizadas en la propuesta.

**Tabla 26**

*Resultados simulaciones viviendas base y vivienda propuesta*

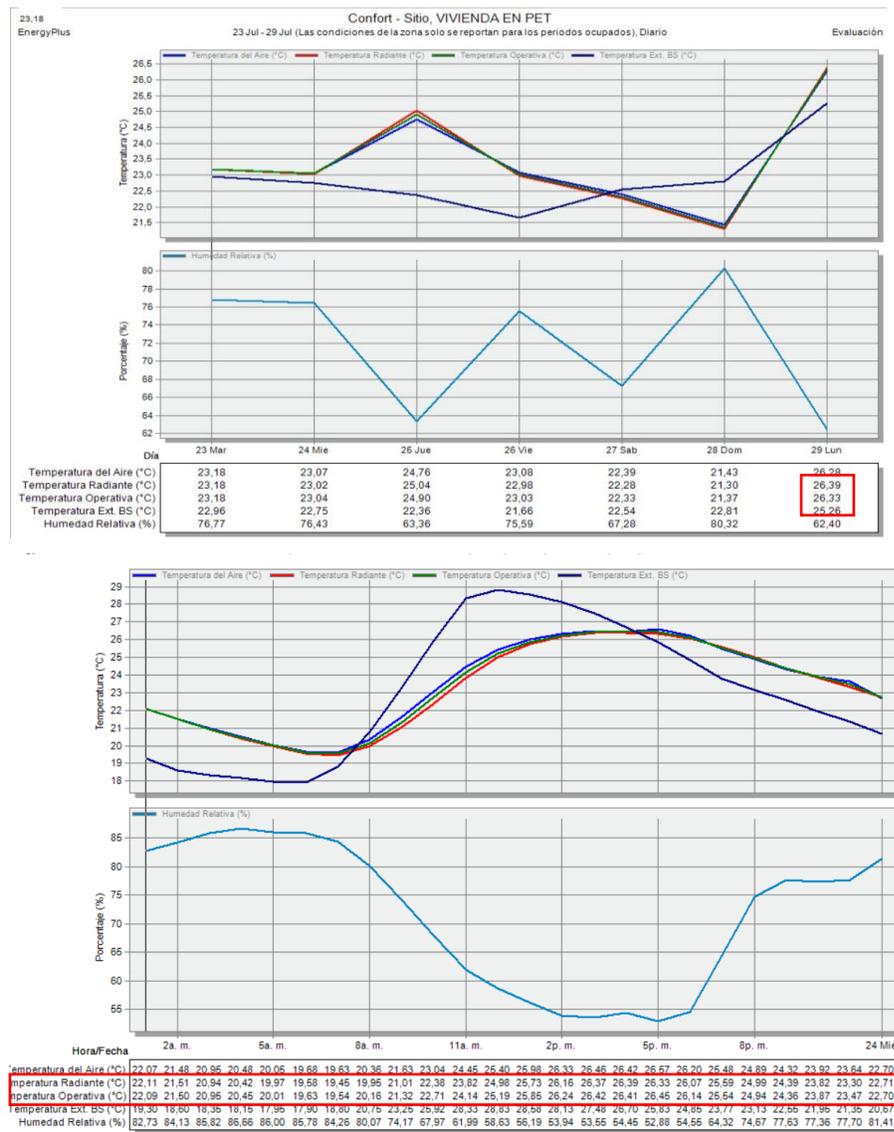
DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA				
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA				
TEMPERATURA PROMEDIO: 24°C - 26°C				
SECTOR: VEREDA ZARAGOZA				ALTURA: 1540 m.s.n.m
RESULTADOS SIMULACION VIVIENDAS RURAL				RESULTADOS SIMULACION VIVIENDA RURAL PROPUESTA
ITEM	VIVIENDA TIPO 1	VIVIENDA TIPO 2	VIVIENDA TIPO 3	VIVIENDA PROPUESTA
USO	VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL
<b>IMAGEN REAL</b>				
<b>PLANIMETRIA</b>				
<b>MODELADO</b>				
<b>MATERIALES PREDOMINANTES</b>	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Teja de Zinc Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Trozos de madera Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Placa concreto Muros: Bloque sin pañete Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Laminas PET Muros: Laminas PET Pisos: Placa en concreto
<b>RESULTADOS SIMULACION SEMANA EXTREMA DE VERANO</b>				
TEMPERATURA OPERATIVA	31,83°C	28,58°C	30,39°C	26,33 °C
TEMPERATURA RADIANTE	32,31°C	28,78°C	30,82°C	26,39 °C
<b>RESULTADOS SIMULACION DIA / PERIODO DE 24 HORAS</b>				
TEMPERATURA OPERATIVA	31,17°C	30,43°C	31,67°C	26,45 °C
TEMPERATURA RADIANTE	31,61°C	31,05°C	33,22°C	26,33 °C

Nota. La tabla 26 muestra Resultados simulaciones viviendas base y vivienda propuesta. Se observa que la vivienda propuesta mejora y reduce las temperaturas operativas y radiantes.

De otro lado, se simuló el día de la semana más extremo de verano dando como resultado un aumento en el día 29 de julio.

**Figura 80**

*Resultados simulación semana extrema de verano y horario 24 horas.*



*Nota.* El gráfico 80 muestra Resultados simulaciones día extremo vivienda propuesta. Se observa que la vivienda propuesta mejora y reduce las temperaturas operativas y radiantes

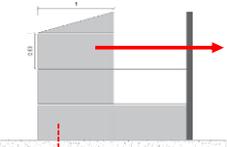
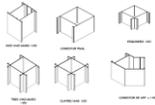
Ahora con el fin de establecer si hubo una disminución significativa en este día, se procedió a simular con horario de 24 horas, que según la figura 80 muestra temperaturas operativas entre los 20°C y 26°C cumpliendo con el rango del confort térmico adaptativo.

### 13.3.1. Comparativo con el sistema constructivo AZEMBLA.

Con el fin de identificar y comparar el material propuesto, con los que actualmente se emplean para las construcciones como lo es el PVC, se quiere revisar el sistema utilizado por la empresa colombiana AZEMBLA, que maneja proyectos de vivienda, hospitalarios, colegios, entre otros, con el fin de brindar alternativas constructivas sostenibles. La idea de comparar el material utilizado por AZEMBLA y el propuesto en esta tesis experimental, es observar que cualidades y que ventajas pueden tener.

**Tabla 27**

*Comparativo sistema propuesto vs AZEMBLA*

COMPARATIVO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS																				
<u>ITEM</u>	VIVIENDA PROPUESTA	AZEMBLA - CASA CARIBE																		
<u>USO</u>	VIVIENDA RURAL - 52m <sup>2</sup>	VIVIENDA																		
<u>IMAGEN REAL</u>																				
<u>PLANIMETRIA</u>																				
<u>ENVOLVENTE</u>	<p>SISTEMA MACIZO</p> <p>Láminas de PET macizas</p>  <p>SISTEMA MODULAR DE LAMINAS</p> <p>Láminas PET, de dimensiones: 1.00 x 0.50 x 0.06</p>	<p>SISTEMA VACIADO DE CONCRETO</p> <p>SISTEMA LIVIANO</p>  <p>SISTEMA CONSTRUCTIVO RBS</p> <p>Láminas PVC, de dimensiones: 1.235 x 0.60 x 0.100</p> 																		
<u>SISTEMA CONSTRUCTIVO</u>																				
<u>CONDUCTANCIA TERMICA</u>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDUCTIVIDAD TERMICA</th> </tr> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR W(m/k)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PVC (Polyvinylchloride)</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>PET (polietileno tereftalato)</td> <td>0,24</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTIVIDAD TERMICA		ITEM	VALOR W(m/k)	PVC (Polyvinylchloride)	0,19	PET (polietileno tereftalato)	0,24	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDUCTIVIDAD TERMICA</th> </tr> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR W (m2/k)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Panel PVC sin relleno</td> <td>4.363</td> </tr> <tr> <td>Panel PVC con Poliuretano</td> <td>3.99</td> </tr> <tr> <td>Panel PVC relleno de concreto</td> <td>7.363</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTIVIDAD TERMICA		ITEM	VALOR W (m2/k)	Panel PVC sin relleno	4.363	Panel PVC con Poliuretano	3.99	Panel PVC relleno de concreto	7.363
CONDUCTIVIDAD TERMICA																				
ITEM	VALOR W(m/k)																			
PVC (Polyvinylchloride)	0,19																			
PET (polietileno tereftalato)	0,24																			
CONDUCTIVIDAD TERMICA																				
ITEM	VALOR W (m2/k)																			
Panel PVC sin relleno	4.363																			
Panel PVC con Poliuretano	3.99																			
Panel PVC relleno de concreto	7.363																			

*Nota.* La tabla 27 muestra el comparativo del sistema propuesto y el Azembla, donde se muestra la conductividad térmica para cada material

Con el fin de establecer una posible comparación con el sistema de AZEMBLA, se realizó la simulación de la vivienda propuesta utilizando muros, cubiertas y particiones en PVC, con espesores específicos. La figura 81 muestra las características de los materiales asignados:

**Figura 81**

*Características de los materiales PVC*

Plantilla de Cerramientos		Plantilla de cerramientos del proyecto		
Plantilla		Plantilla de cerramientos del proyecto		
Cerramientos		Cerramientos del proyecto		
Muros exteriores		MUROS EN PVC AZEMBLA		
Muros enterrados		Muro enterrado del proyecto		
Cubierta plana		Cubierta plana del proyecto		
Cubiertas inclinadas (ocupada)		Cubierta inclinada del proyecto		
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)		CUBIERTA EN PVC AZEMBLA		
Particiones		Partición del proyecto		
Semi-Expuesto		Semi-Expuesto del proyecto		
Muros semi-expuestos		Muro semi-expuesto del proyecto		
Techos semi-expuestos		CUBIERTA EN PVC AZEMBLA		
Suelos semi-expuestos		Suelo semi-expuesto del proyecto		
Suelos		Suelos del proyecto		
Suelo sobre terreno		PISO EN PLACA DE CONCRETO 0.12		
Suelo enterrado		Suelo sobre terreno del proyecto		
Suelos exteriores		Suelo externo del proyecto		
Suelos interiores		Suelo interno del proyecto		

VIVIENDA PROPUESTA CON MATERIALES DE PVC	ELEMENTO	MATERIAL	IMAGEN	PROPIEDADES
	CUBIERTA	LAMINA EN PVC e: 64,00 mm		Valor U de superficie a superficie (W/m²-K) 2,500 Valor R (m²-K/W) 0,570 <b>Valor U (W/m²-K) 1,754</b>
	SUELO	PLACA CONCRETO e: 0,12 cm		U-Value surface to surface (W/m2-K) 11,250 R-Value (m2-K/W) 0,299 <b>U-Value (W/m2-K) 3,346</b>
	MUROS	LAMINAS PVC e: 0,10 cm		Valor U de superficie a superficie (W/m²-K) 1,600 Valor R (m²-K/W) 0,795 <b>Valor U (W/m²-K) 1,258</b>
	VIDRIOS	VIDRIO CLARO e: 3mm		Total solar transmission (SHGC) 0,861 Direct solar transmission 0,837 Light transmission 0,898 U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K) 5,829 <b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K) 5,894</b>

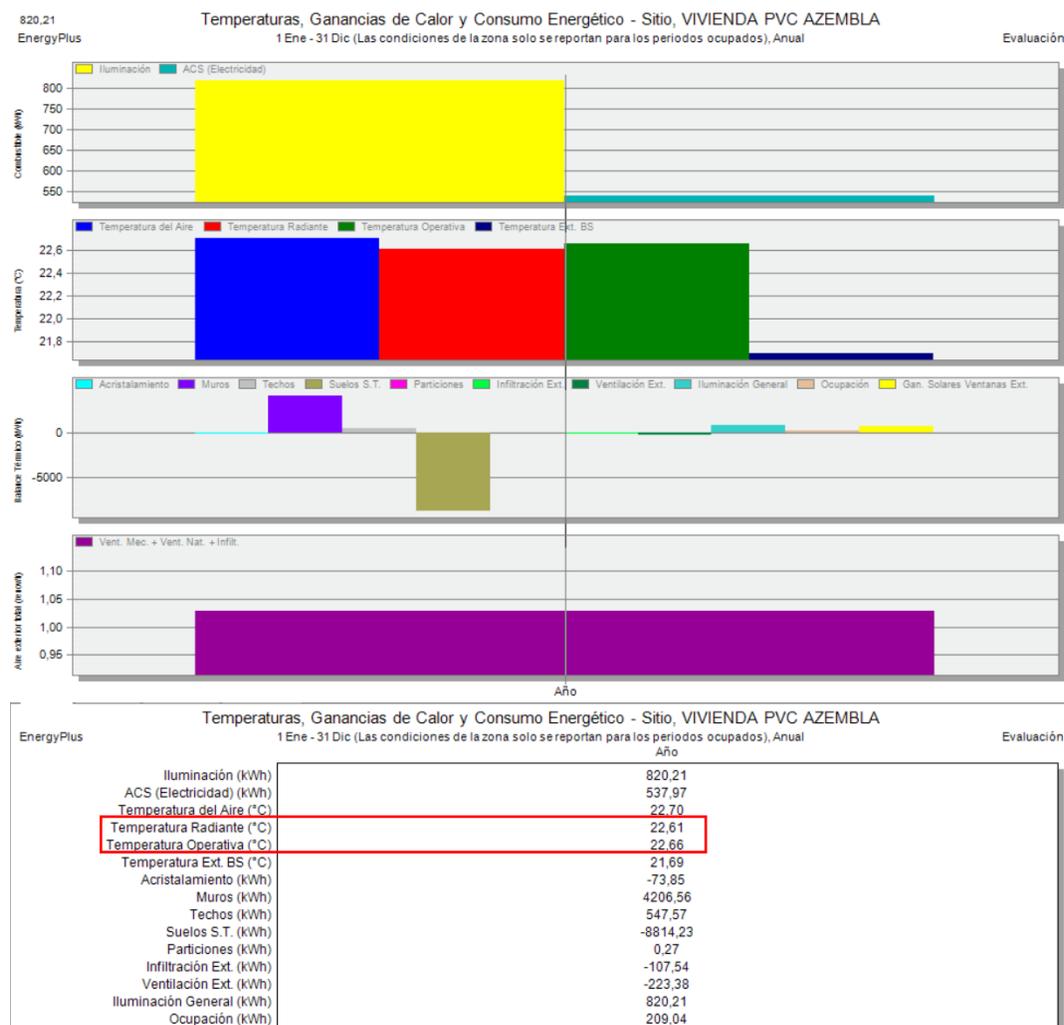
Nota. El grafico muestra, la composición y valor térmico de los materiales que van a componer la vivienda en PVC,

Al realizar la composición de los materiales, vemos que el PVC tiene propiedades térmicas buenas en donde se muestran valores bajos respecto a los propuestos en la vivienda.

Con el fin de verificar estos valores, se procede a simular anual, mensual y la semana más extrema en la vivienda propuesta.

**Figura 82**

*Simulación anual vivienda propuesta con PVC*

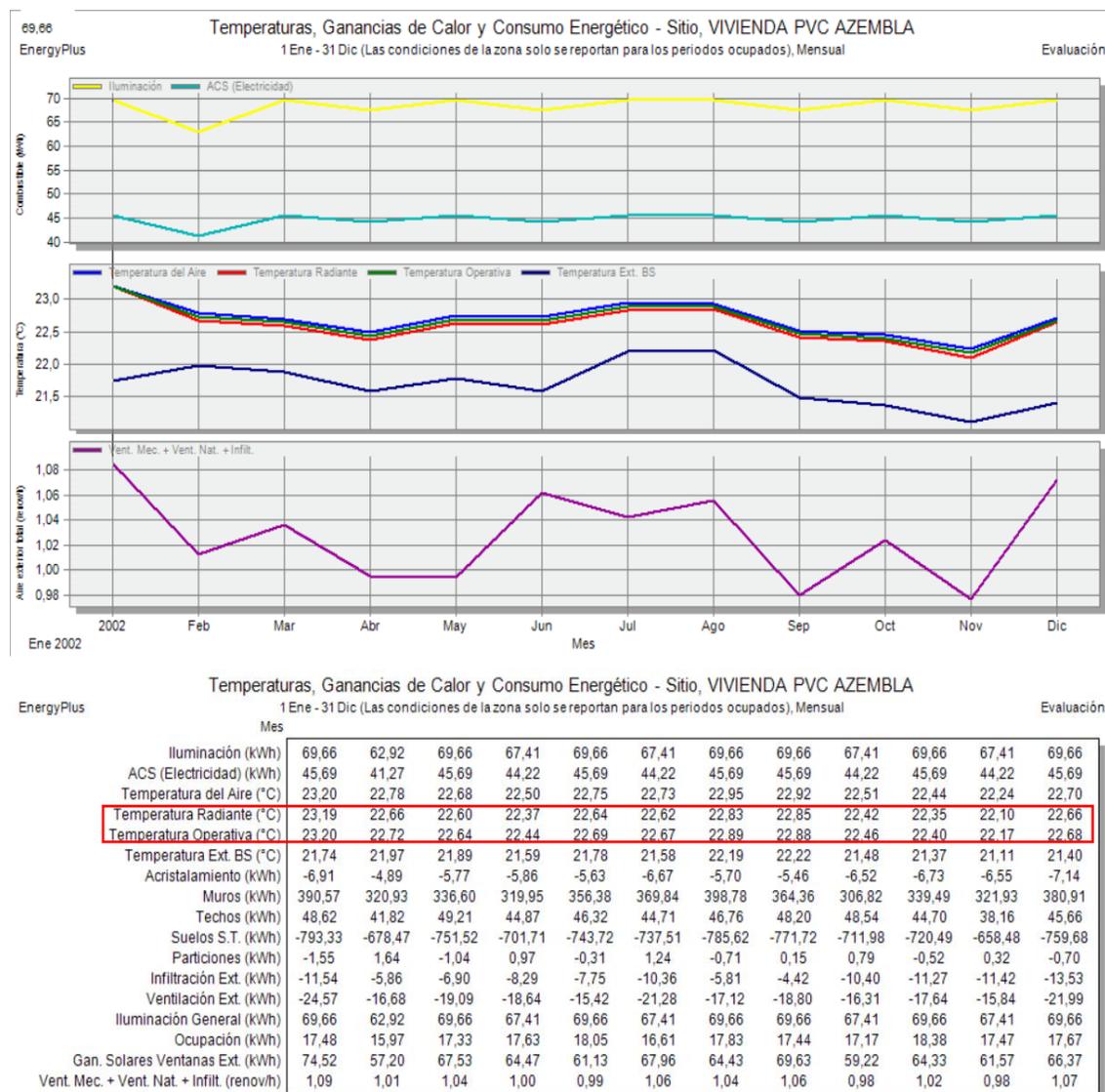


*Nota.* El gráfico muestra, los resultados de la simulación anual a la vivienda propuesta con paneles en PVC, lo que logra reducir considerablemente las temperaturas.

La figura 82, muestra la simulación anual de la vivienda en PVC. Como se observa, los valores de temperatura operativa y radiante disminuyen en valores de 22°C. Se evidencia, que los muros tienen ganancias térmicas, pero no afectan al interior de la vivienda.

Figura 83

Simulación mensual vivienda propuesta con PVC

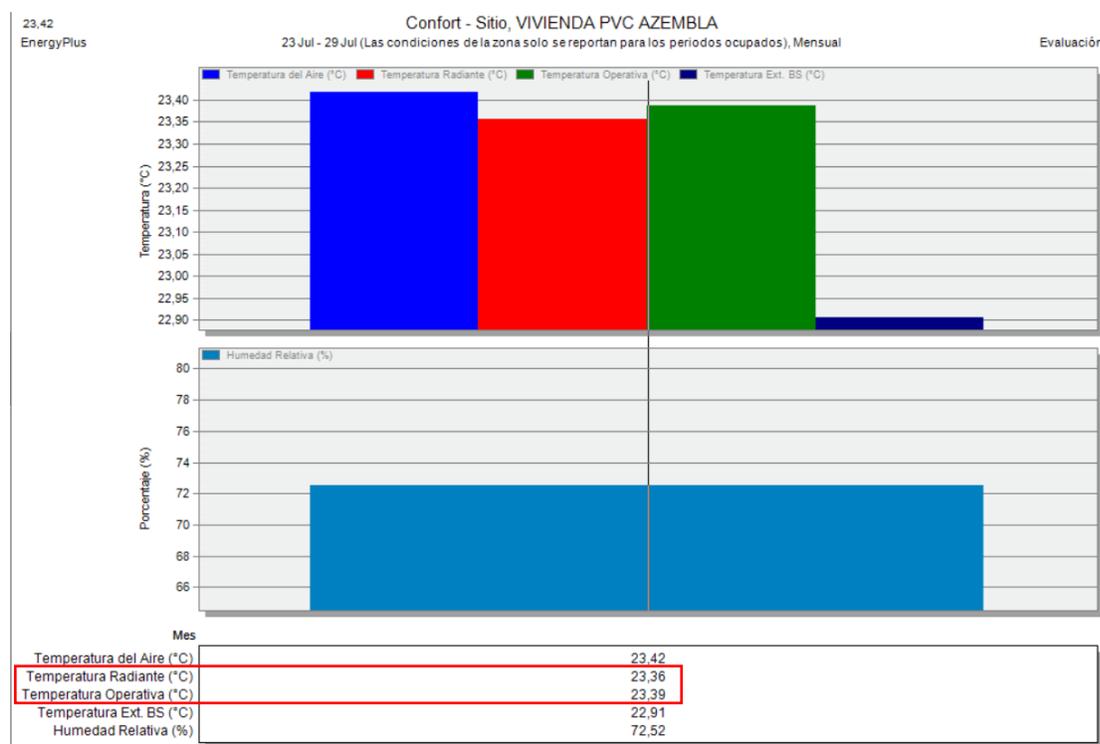


Nota. El gráfico muestra, los resultados de la simulación mensual de la vivienda propuesta con paneles en PVC, lo que logra reducir considerablemente las temperaturas.

La figura 83, muestra los resultados de la simulación mensual. Se verifica que la temperatura operativa sigue estando sobre los 22°C y que el mes donde hay un aumento de 1°C es en enero, lo cual no afectaría al confort. Se observa, que los valores de temperatura operativa y radiante son equilibrados.

**Figura 84**

*Simulación semana más extrema de verano vivienda propuesta con PVC*

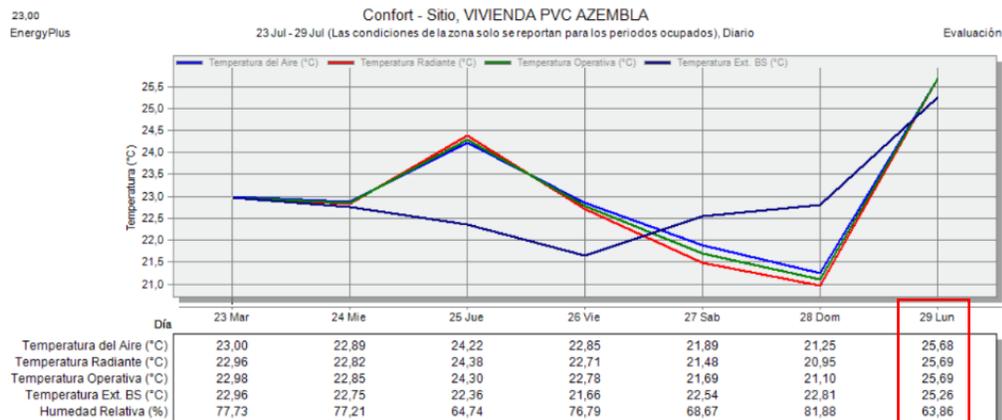


*Nota.* El grafico muestra, los resultados de la simulación semana extrema de verano de la vivienda propuesta con paneles en PVC, donde se ve que las temperaturas se mantienen en 23°C

La figura 84, muestra los resultados obtenidos para la simulación de la semana más extrema de verano, donde se observa que sube 1°C la temperatura operativa y radiante. Igualmente, se cumple con el rango de confort térmico adaptativo. Es importante resaltar, que es posible mejorar estos datos con el uso de aislantes térmicos como el poliuretano. La figura 85, muestra en el rango de la semana, que el día lunes 29 de julio se presenta la mayor temperatura de 22.98°C.

Figura 85

Simulación semana más extrema de verano vivienda propuesta con PVC



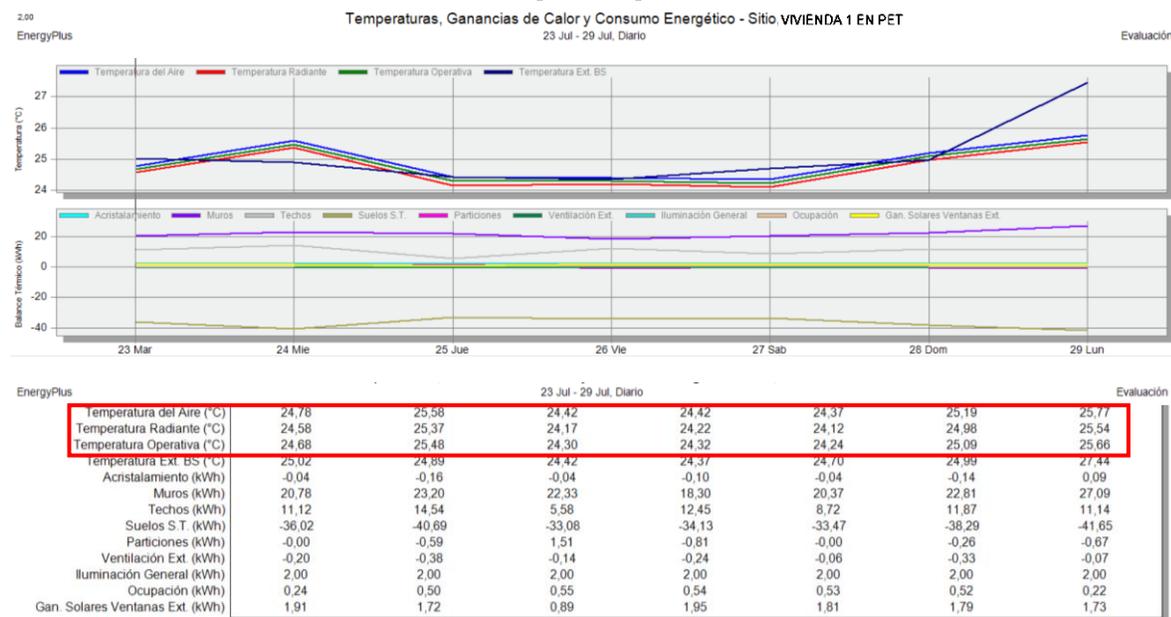
Nota. El grafico muestra, que el día lunes 29 es donde se presenta mayores temperaturas.

Con el fin de establecer una comparación entre las viviendas actuales simuladas y panel PET, se procede a comparar las viviendas tipo 1, 2 y 3 pero aplicando las láminas en PET.

### SIMULACION VIVIENDA TIPO 1 CON PANEL PET.

Figura 86

Simulación semana extrema de verano vivienda tipo 1 con panel en PET

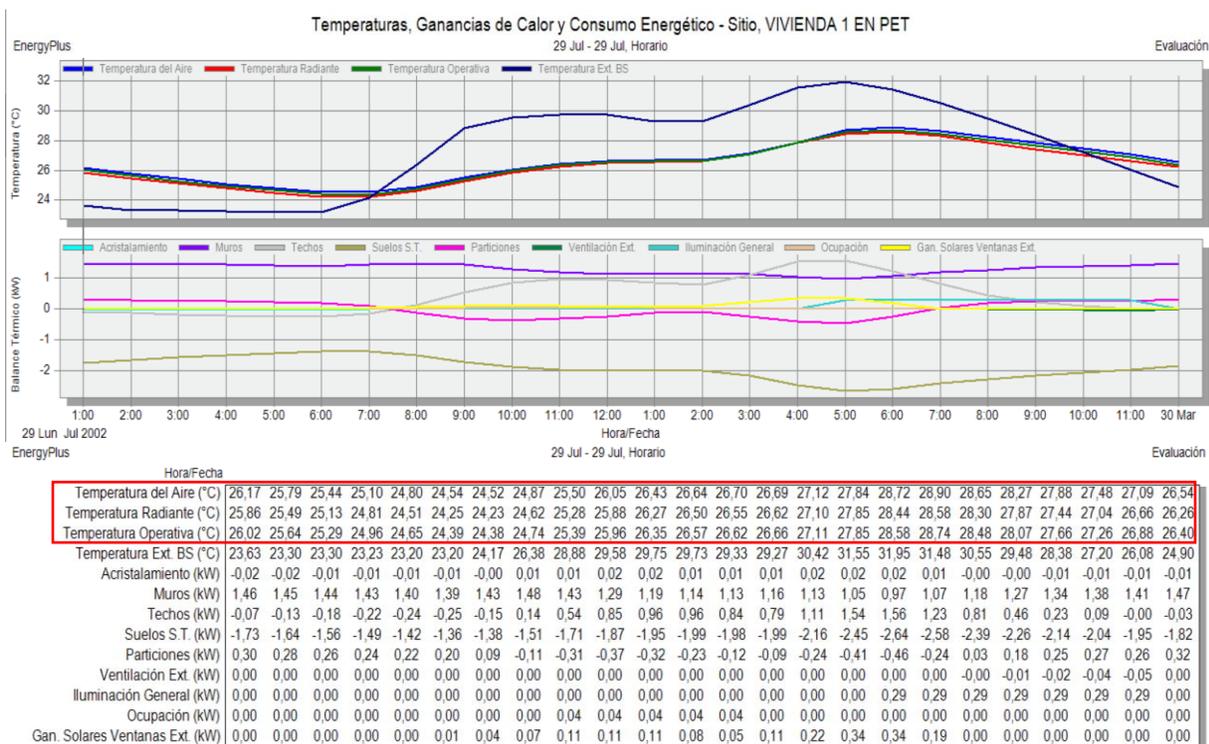


Nota. El grafico muestra, que el día lunes 29 es donde se presenta mayores temperaturas

Como se observa en la figura 86, se simuló la vivienda tipo 1 aplicando el panel PET, donde se verifica una disminución significativa tanto de temperatura operativa como radiante. Así mismo, se observó, que el día lunes 29, fue donde mayor se presentó aumento de temperatura con 25.66°C.

**Figura 87**

*Simulación día extremo de verano vivienda tipo 1 con panel PET, periodo 24 horas*



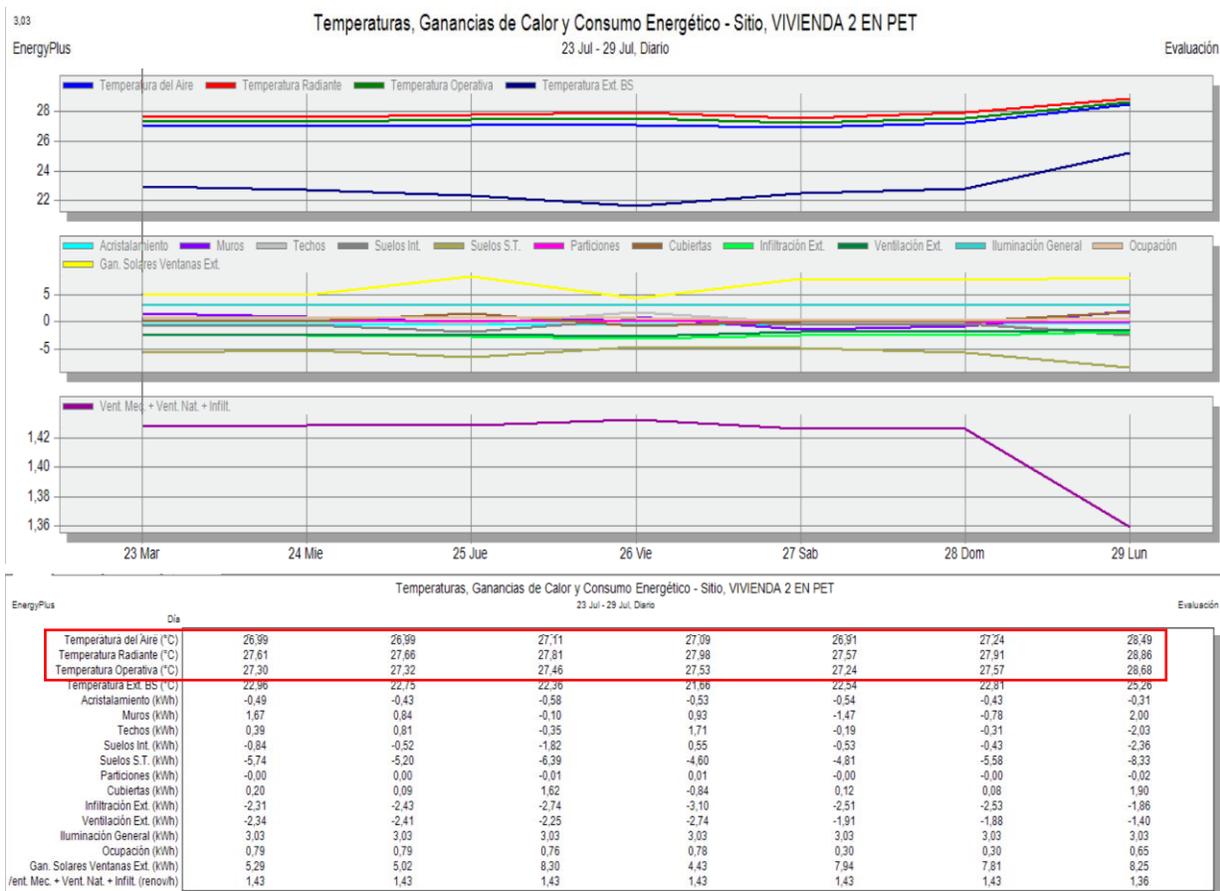
Nota. El gráfico muestra, que durante la simulación hora/día del lunes 29, se presentaron temperaturas entre los 24°C y 28°C.

La figura 87 muestra que usando el panel PET, se logra llegar al nivel de confort establecido el cual corresponde a 22.7°C a 27.7°C, exceptuando la zona horaria que corresponde desde las 5:00 pm hasta las 11:00 pm.

## SIMULACION VIVIENDA TIPO 2 CON PANEL PET.

Figura 88

Simulación semana extremo de verano vivienda tipo 2 con panel PET.



Nota. El gráfico muestra, que el día lunes 29 es donde se presenta mayores temperaturas

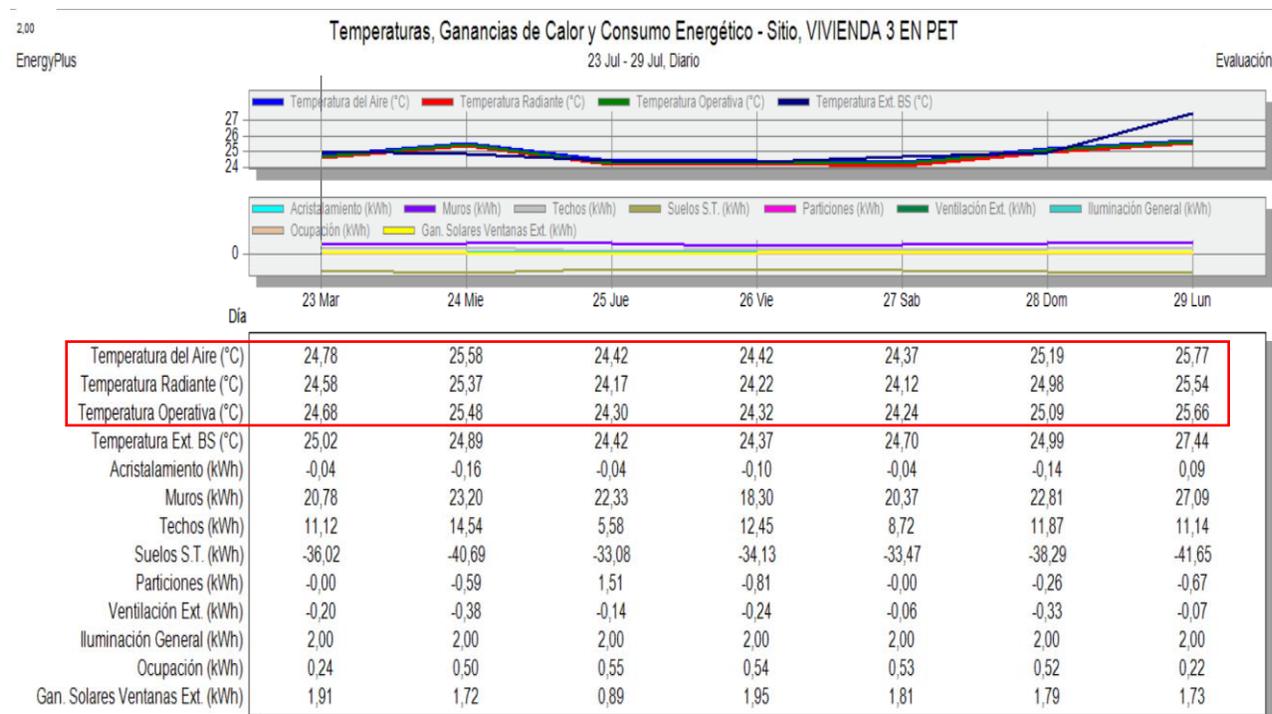
Como se observa en la figura 88, se simuló la vivienda tipo 2 aplicando el panel PET, donde se verifica una disminución significativa tanto de temperatura operativa como radiante. Así mismo, se observó, que el día lunes 29, fue donde mayor se presentó aumento de temperatura con 28°C.



## SIMULACION VIVIENDA TIPO 3 CON PANEL PET.

**Figura 90**

*Simulación semana extremo de verano vivienda tipo 3 con panel PET.*

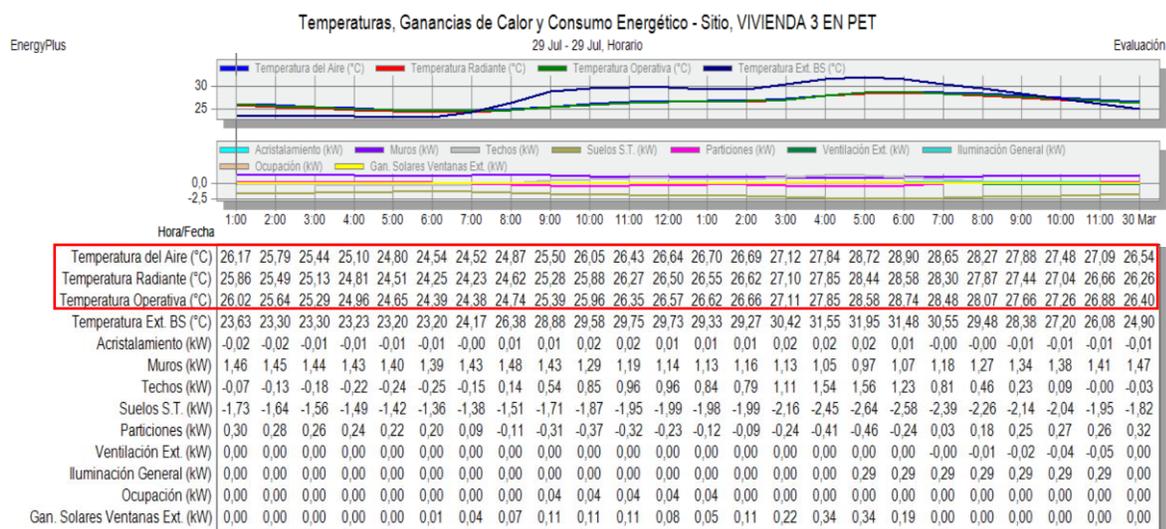


Nota. El gráfico muestra, que el día lunes 29 es donde se presenta mayores temperaturas

Como se observa en la figura 90, se simuló la vivienda tipo 3 aplicando el panel PET, donde se verifica una disminución significativa tanto de temperatura operativa como radiante. Así mismo, se observó, que el día lunes 29, fue donde mayor se presentó aumento de temperatura con 25.66 °C y 25.54°C.

Figura 91

Simulación día extremo de verano vivienda tipo 3 con panel PET, periodo 24 horas.



Nota. El gráfico muestra, que durante la simulación hora/día del lunes 29, se presentaron temperaturas entre los 27°C y 29°C.

La figura 91 muestra que usando el panel PET, se logra llegar al nivel de confort establecido el cual corresponde a 22.7°C a 27.7°C en la franja horaria de 1:00 am a 3:00 pm, pero de otro lado no se logra cumplir, ya que en la franja horaria de 6:00 pm a 8:00 pm sube a 28°C.

Tabla 28

## Resultados finales comparativos

		DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA TEMPERATURA PROMEDIO: 24°C - 26°C ALTURA: 1540 m.s.n.m							
		SECTOR: VEREDA ZARAGOZA							
		RESULTADOS SIMULACION VIVIENDAS RURAL							
ITEM		VIVIENDA TIPO 1		VIVIENDA TIPO 2		VIVIENDA TIPO 3		RESULTADOS SIMULACION VIVIENDA RURAL PROPUESTA	RESULTADOS SIMULACION VIVIENDA PROPUESTA EN PVC
USO		VIVIENDA RURAL		VIVIENDA RURAL		VIVIENDA RURAL		VIVIENDA RURAL	VIVIENDA RURAL
IMAGEN REAL									
PLANIMETRIA									
MODELADO									
MATERIALES PREDOMINANTES		Cubierta: Teja de Zinc Muros: Teja de Zinc Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Láminas PET Muros: Láminas PET Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Trozos de madera Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Teja de Zinc Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Placa concreto Muros: Bloque sin pañete Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Teja de Zinc Muros: Teja de Zinc Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Láminas PET Muros: Láminas PET Pisos: Placa en concreto	Cubierta: Láminas PVC Muros: Láminas PVC Pisos: Placa en concreto
TEMPERATURA OPERATIVA		31,83°C	25,66°C	28,58°C	RESULTADOS SIMULACION SEMANA EXTREMA DE VERANO		24,30°C	26,33 °C	25,69° C
TEMPERATURA RADIANTE		32,31°C	25,54°C	28,78°C	28,68°C	30,39°C	24,17°C	26,39 °C	25,69° C
					28,86°C	30,82°C			
					RESULTADOS SIMULACION DIA / PERIODO DE 24 HORAS				
TEMPERATURA OPERATIVA		31,17°C	26,88°C	30,43°C	28,75°C	31,67°C	27,85°C	26,45 °C	23,39 °C
TEMPERATURA RADIANTE		31,61°C	26,68°C	31,05°C	28,85°C	33,22°C	27,85°C	26,33 °C	23,36 °C

Nota. La tabla 28 muestra los resultados finales comparativos entre el sistema propuesta, las viviendas tipo 1, 2 y 3 y el de Azembla.

Según los resultados obtenidos en la tabla 28, se ve claramente que el usar el sistema en PVC, genera mayores beneficios al proyecto, pues baja las temperaturas operativas y radiantes. Es un sistema altamente eficiente, pues ha logrado crear un material que se puede utilizar para cualquier clima así se verifica que los valores térmicos presentados son eficientes. Es de resaltar que el sistema PVC, puede ser complementado con aislantes como se mencionó previamente y que mejoraría el desempeño térmico al interior de la vivienda, no solo en el diseño propuesto, si no aplicado a las viviendas tipo 1, 2 y 3.

Con el fin de verificar la eficacia del panel PET, se procede a realizar la tabulación y grafica de datos con el fin de establecer franjas en horas, para verificar cuales están confort y cuales en disconfort.

**Tabla 29**

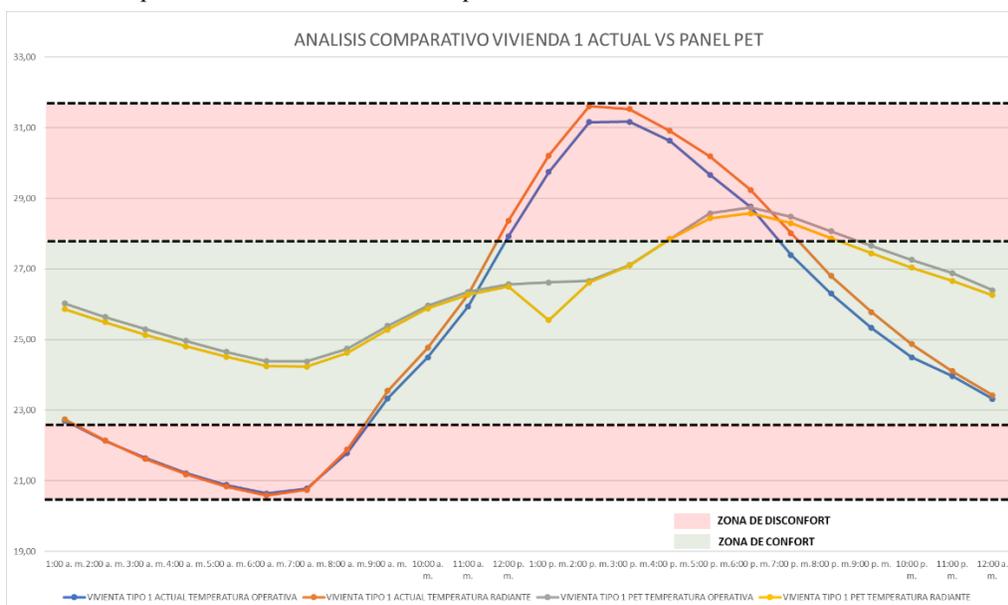
*Tabulación de datos Vivienda tipo 1 VS panel PET*

DIA / 24 HORAS	VIVIENTA TIPO 1 ACTUAL		VIVIENTA TIPO 1 PET	
	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE
1:00 a. m.	22,70	22,74	26,02	25,86
2:00 a. m.	22,13	22,14	25,64	25,49
3:00 a. m.	21,64	21,62	25,29	25,13
4:00 a. m.	21,21	21,18	24,96	24,81
5:00 a. m.	20,88	20,84	24,65	24,51
6:00 a. m.	20,64	20,59	24,39	24,25
7:00 a. m.	20,78	20,74	24,38	24,23
8:00 a. m.	21,79	21,88	24,74	24,62
9:00 a. m.	23,33	23,55	25,39	25,28
10:00 a. m.	24,50	24,77	25,96	25,88
11:00 a. m.	25,94	26,28	26,35	26,27
12:00 p. m.	27,92	28,36	26,57	26,50
1:00 p. m.	29,75	30,21	26,62	25,55
2:00 p. m.	31,16	31,61	26,66	26,62
3:00 p. m.	31,17	31,53	27,11	27,10
4:00 p. m.	30,63	30,91	27,85	27,85
5:00 p. m.	29,67	30,19	28,58	28,44
6:00 p. m.	28,76	29,24	28,74	28,58
7:00 p. m.	27,40	28,02	28,48	28,30
8:00 p. m.	26,30	26,80	28,07	27,87
9:00 p. m.	25,33	25,78	27,66	27,44
10:00 p. m.	24,50	24,87	27,26	27,04
11:00 p. m.	23,97	24,11	26,88	26,66
12:00 a. m.	23,32	23,42	26,40	26,26

*Nota.* La tabla 29 muestra los resultados finales comparativos entre vivienda tipo 1 actual y con Panel PET.

**Figura 92**

*Análisis comparativo vivienda 1 actual VS panel PET.*



*Nota.* El gráfico muestra la gráfica de los resultados obtenidos simulando los materiales de la vivienda tipo 1 y la misma, pero con panel PET.

Como se observa en la figura 92 y la tabla 29, se distinguen dos secciones, la primera en donde se evidencia la zona de confort la cual esta enmarcada por una temperatura operativa de 22.7°C y 27.7°C; y la segunda como la zona de disconfort, donde se presentan temperaturas que superan o no alcanzan el rango de confort térmico establecido. Para el caso de la vivienda tipo 1, se verifico que:

- La vivienda actual tipo 1, presenta un máximo de 10 horas de confort en un rango de 24 horas.
- La vivienda actual tipo 1 con panel PET, presenta un máximo de 19 horas de confort en un rango de 24 horas.

**Tabla 30**

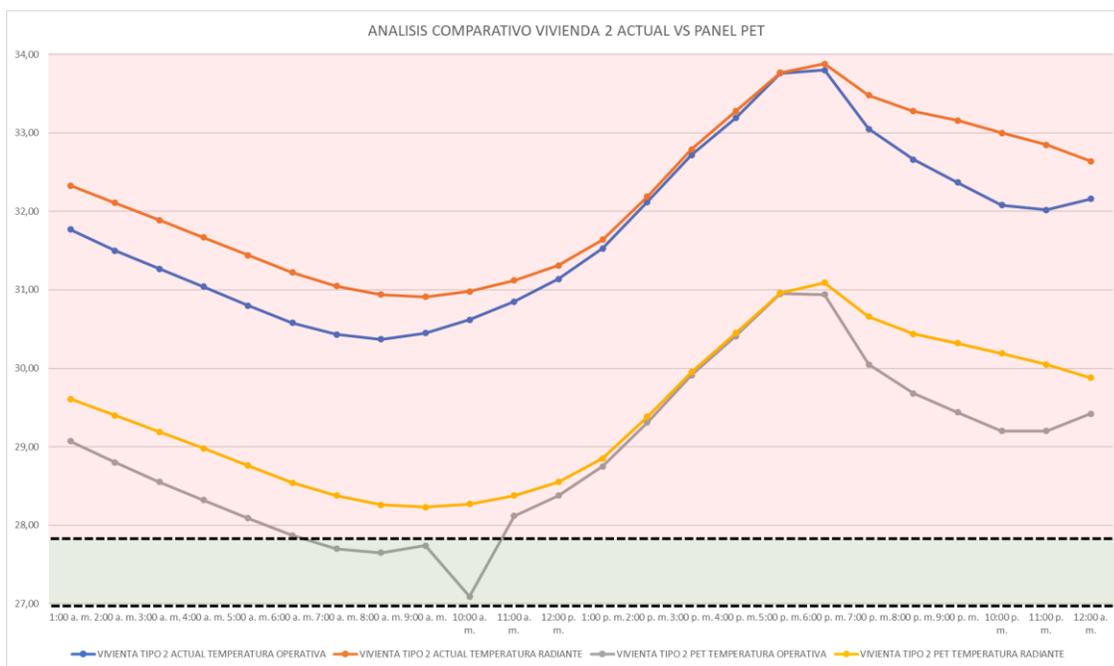
*Tabulación de datos Vivienda tipo2 VS panel PET*

DIA / 24 HORAS	VIVIENTA TIPO 2 ACTUAL		VIVIENTA TIPO 2 PET	
	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE
1:00 a. m.	31,77	32,33	29,07	29,61
2:00 a. m.	31,50	32,11	28,80	29,4
3:00 a. m.	31,27	31,89	28,55	29,19
4:00 a. m.	31,04	31,67	28,32	28,98
5:00 a. m.	30,80	31,44	28,09	28,76
6:00 a. m.	30,58	31,22	27,87	28,54
7:00 a. m.	30,43	31,05	27,70	28,38
8:00 a. m.	30,37	30,94	27,65	28,26
9:00 a. m.	30,45	30,91	27,74	28,23
10:00 a. m.	30,62	30,98	27,09	28,27
11:00 a. m.	30,85	31,12	28,12	28,38
12:00 p. m.	31,14	31,31	28,38	28,55
1:00 p. m.	31,53	31,64	28,75	28,85
2:00 p. m.	32,12	32,19	29,31	29,38
3:00 p. m.	32,72	32,79	29,91	29,95
4:00 p. m.	33,19	33,28	30,41	30,45
5:00 p. m.	33,76	33,77	30,95	30,96
6:00 p. m.	33,80	33,88	30,94	31,09
7:00 p. m.	33,05	33,48	30,05	30,66
8:00 p. m.	32,66	33,28	29,68	30,44
9:00 p. m.	32,37	33,16	29,44	30,32
10:00 p. m.	32,08	33,00	29,20	30,19
11:00 p. m.	32,02	32,85	29,20	30,05
12:00 a. m.	32,16	32,64	29,42	29,88

*Nota.* La tabla 29 muestra los resultados finales comparativos entre vivienda tipo 1 actual y con Panel PET.

**Figura 93**

*Análisis comparativo vivienda 2 actual VS panel PET.*



Nota. El gráfico muestra la gráfica de los resultados obtenidos simulando los materiales de la vivienda tipo 2 y la misma, pero con panel PET.

Como se observa en la figura 93 y la tabla 30, se distinguen dos secciones, la primera en donde se evidencia la zona de confort la cual está enmarcada por una temperatura operativa de 22.7°C y 27.7°C; y la segunda como la zona de disconfort, donde se presentan temperaturas que superan o no alcanzan el rango de confort térmico establecido. Para el caso de la vivienda tipo 2, se verifico que:

- La vivienda actual tipo 2, no presenta rangos de confort en un periodo de 24 horas
- La vivienda actual tipo 2 con panel PET, presenta un máximo de 3 horas de confort en un rango de 24 horas.

**Tabla 31**

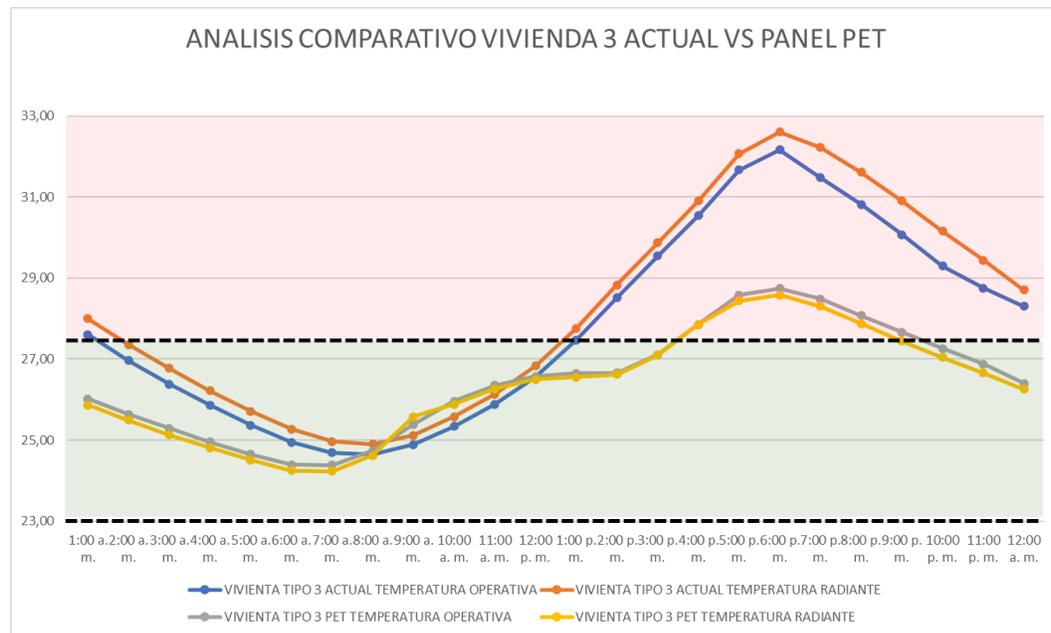
*Tabulación de datos Vivienda tipo 3 VS panel PET*

DIA / 24 HORAS	VIVIENDA TIPO 3 ACTUAL		VIVIENDA TIPO 3 PET	
	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE	TEMPERATURA OPERATIVA	TEMPERATURA RADIANTE
1:00 a. m.	27,60	28,00	26,02	25,86
2:00 a. m.	26,96	27,36	25,64	25,49
3:00 a. m.	26,38	26,77	25,29	25,13
4:00 a. m.	25,86	26,22	24,96	24,81
5:00 a. m.	25,37	25,71	24,65	24,51
6:00 a. m.	24,95	25,27	24,39	24,25
7:00 a. m.	24,69	24,97	24,38	24,23
8:00 a. m.	24,65	24,90	24,74	24,62
9:00 a. m.	24,89	25,12	25,39	25,58
10:00 a. m.	25,34	25,58	25,96	25,88
11:00 a. m.	25,88	26,13	26,35	26,27
12:00 p. m.	26,55	26,83	26,57	26,50
1:00 p. m.	27,47	27,76	26,65	26,55
2:00 p. m.	28,51	28,83	26,66	26,62
3:00 p. m.	29,54	29,87	27,11	27,10
4:00 p. m.	30,54	30,90	27,85	27,85
5:00 p. m.	31,67	32,07	28,58	28,44
6:00 p. m.	32,16	32,60	28,74	28,58
7:00 p. m.	31,48	32,22	28,48	28,30
8:00 p. m.	30,82	31,61	28,07	27,87
9:00 p. m.	30,07	30,90	27,66	27,44
10:00 p. m.	29,30	30,16	27,26	27,04
11:00 p. m.	28,75	29,44	26,88	26,66
12:00 a. m.	28,30	28,70	26,40	26,26

*Nota.* La tabla 31 muestra los resultados finales comparativos entre vivienda tipo 3 actual y con Panel PET.

**Figura 94**

*Análisis comparativo vivienda 3 actual VS panel PET.*



*Nota.* El gráfico muestra la gráfica de los resultados obtenidos simulando los materiales de la vivienda tipo 2 y la misma, pero con panel PET.

Como se observa en la figura 94 y la tabla 31, se distinguen dos secciones, la primera en donde se evidencia la zona de confort la cual está enmarcada por una temperatura operativa de  $22.7^{\circ}\text{C}$  y  $27.7^{\circ}\text{C}$ ; y la segunda como la zona de discomfort, donde se presentan temperaturas que superan o no alcanzan el rango de confort térmico establecido. Para el caso de la vivienda tipo 3, se verifico que:

- La vivienda actual tipo 3, presenta un máximo de 13 horas de confort en un periodo de 24 horas.
- La vivienda actual tipo 3 con panel PET, presenta un máximo de 19 horas de confort en un rango de 24 horas.

#### **14. Alcance y limitaciones**

En el momento de la puesta en marcha del presente proyecto de investigación, se presentaron algunas limitaciones, una de ellas se dio a la hora de realizar la aplicación de las encuestas en campo, debido a la dificultad en el acceso a la zona identificada. Esto a su vez, que las viviendas rurales que se visitaron se encontraban en terrenos montañosos, inclinados y distantes uno del otro, por lo que dificultaba el transporte. De otro lado, la información disponible con respecto a datos hidrometeorológicos, es precaria, por lo que actualmente en el Municipio de San Antonio del Tequendama, no cuenta con una estación de monitoreo lo que conllevó a tomar como datos de referencia la estación meteorológica más cercana.

Por otro lado, se logró dar alcance a los objetivos establecidos para el desarrollo de esta investigación, mediante la metodología planteada siguiendo el curso y cumplimiento a cada una de las fases que la componen.

Teniendo en cuenta el alcance de la presente investigación, no se incorporó el componente económico, debido a que los procesamientos y desarrollo del panel, conllevan tiempo el cual no fue estimado para el desarrollo de la investigación

De otro lado, se deja establecido las características térmicas que presenta este tipo de material y su comportamiento aplicado a una vivienda rural, con el fin de que sirva como referente y apoyo para las personas que quieran desarrollar futuras investigaciones.

Finalmente, el alcance de la investigación no contempla la construcción del panel PET, esto debido a los costos para su fabricación y no se cuenta con la maquinaria necesaria para su elaboración.

Con el desarrollo de la investigación se logró comprobar que con la implementación de la envolvente en paneles PET se alcanza los niveles de confort térmico.

## **15. Conclusiones**

Actualmente, en el municipio de San Antonio del Tequendama, no existen iniciativas que incorporen la construcción de viviendas a partir de residuos sólidos aprovechables, capaces de remplazar los convencionales y que además sean de bajo costo, motivo por el cual la presente propuesta de la construcción con envolvente en láminas de PET reciclado, es una buena opción para ser aplicada en el municipio y que se desarrolle a futuro. Esto, permitiría la incursión de nuevos emprendimientos dirigidos al sector de la construcción en el municipio.

Se logró identificar, que San Antonio del Tequendama es un Municipio que desarrolla procesos de recuperación de residuos sólidos como el PET, insumo que es viable para la construcción de la envolvente de las viviendas rurales y que se utiliza, para ayudar a las personas de bajos recursos y contribuir con una óptima disposición final de este tipo de residuos. Con la ayuda del análisis de percepción de confort térmico realizado, se evidenció que, por los altos

niveles de temperatura, la baja ventilación y las condiciones climáticas ambientales, son factores que conllevan a tener un desconfort térmico.

La utilización de materiales reciclables como medio sostenible de construcción, y la aplicación de estrategias pasivas que se aplicaron a la vivienda rural de la Vereda Zaragoza, permite incentivar a la comunidad y en especial a los que no poseen recursos, en realizar la construcción de vivienda sostenible a bajo costo y sostenible.

Con el fin de identificar la percepción de confort térmico que tiene la comunidad de San Antonio del Tequendama, se logró aplicar una herramienta de análisis tipo encuesta que permitió evidenciar que parte de la problemática asociada a la vivienda rural campesina, se debe al mal uso de los materiales en los sistemas constructivos actuales. Así mismo, la mayoría de la población encuestada, desconoce el termino de Confort y cómo influye en la calidad de vida.

Durante el desarrollo de la investigación, se ha podido comprobar mediante simulaciones que las viviendas tipo (1,2 y 3) en un rango de 24 horas, las temperaturas operativas variaron entre los 30 y 31°C. Esto, asociado al mal uso de materiales en la construcción de las mismas. De igual manera, se evidencio que el uso del metal es el de mayor valor térmico y predomina en la mayoría de las viviendas. De acuerdo a la comparación realizada de los tres tipos de vivienda de la línea base, en relación a la materialidad, se concluye que ninguno es capaz de alcanzar el rango de confort térmico adaptativo.

Se ha podido comprobar mediante simulaciones térmicas que, utilizando el método de confort térmico adaptativo, que, en un rango de 24 horas, la vivienda **tipo 1** para el grupo familiar de 6 personas y 50 m<sup>2</sup>, al utilizar el panel PET logra tener un máximo de 19 horas de confort, la vivienda **tipo 2** para el grupo familiar de 4 personas y un área de 63m<sup>2</sup>, un máximo de 3 horas de confort y la vivienda **tipo 3** para el grupo familiar de 5 personas y un área de 67m<sup>2</sup>

para un grupo familiar de 5 personas un máximo de 19 horas de confort. Esto indica que, si hay una reducción térmica significativa respecto a las viviendas base, evidenciando se puede implementar el panel PET como material de construcción para las viviendas rurales campesinas.

Así mismo, se puede concluir que, mediante la propuesta de los paneles en PET prefabricado en la vivienda propuesta, se logró reducir considerablemente las temperaturas operativas, las cuales alcanzaron los 26,45°C, alcanzando el rango de confort térmico establecido.

Este trabajo de investigación proporciono una vivienda rural campesina, que será habitada por grupos familiares de 4 a 5 personas y que, mediante las soluciones implementadas, se logró generar un confort térmico. De otro lado, el modo en que se realizó el modelado del panel, logro verificar que los rangos de temperatura, alcanzaron los niveles esperados según se definió en el estándar ASHRAE 55.

Respecto al costo – beneficio, se puede concluir que, este sistema proporciono un manejo adecuado del reciclaje que permita ser recolectado y agrupado con el fin de brindar la materia prima para el desarrollo del panel y que mediante el apoyo de la Alcaldía Municipal y la empresa de Servicios Públicos PROGRSAR ESP SAS, se logre conseguir el convenio y apoyo para la elaboración del mismo.

Las simulaciones realizadas tuvieron en cuenta dos datos importantes, uno de ellos es el valor de la temperatura promedio año que resume las condiciones generales que se presentan en el lugar. Y el segundo que corresponde al día con temperatura máxima, lo que permitió identificar el posible comportamiento frente a los efectos del cambio climático

Teniendo en cuenta los parámetros del modelo en confort adaptativo aun en presencia de altos valores de humedad relativa los resultados de la línea mejorada respetan los estándares de confort las 18 horas al día.

Con base en el anexo No. 1, las dimensiones y formato que se presentan para la elaboración del panel PET, es posible a partir de este tipo de maquinaria.

Para un panel PET se van 62.5 botellas, y para una vivienda total con área de 52 m<sup>2</sup> con las especificaciones dadas en el diseño, se necesitan 8437.5 botellas. Como se representa en el cuadro de recolección de residuos PET, al año se recoge un total de 1953 Kilos lo que quiere decir que en un año se podrían realizar 5 viviendas completas.

Dado que la vivienda tipo 2 fue lo que se escogió para realizar el diseño arquitectónico implementado, se resalta por tener los siguientes aspectos: Por su forma, la vivienda tipo 2 al momento de realizar las simulaciones, es la que mejor datos de temperaturas operativas y radiantes presenta; así mismo, esta vivienda cuenta con aperturas que permiten el flujo continuo de ventilación cruzada, que permitió tener en cuenta para la propuesta de diseño rural.

Por último, cabe resaltar, que este trabajo de grado apporto a aquellas investigaciones que tratan del uso adecuado de residuos sólidos como el PET y que permite avanzar en nuevas técnicas constructivas, así mismo, la importancia que tiene el querer innovar en la construcción de las viviendas rurales campesinas.

## Referencias

- Gordillo, L. (2015). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. *Decreto 037*.
- ABC Pack. (noviembre de 2019). ABC Pack. Obtenido de <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/pet-polietileno-tereftalato/#:~:text=Es%20un%20pol%C3%ADmero%20lineal%2C%20con,%2C%20inyecci%C3%B3n%20soplado%20y%20termoformado>.
- ACAIRE. (2017). Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones RITE. Bogotá, Colombia.
- Alcaldía Municipal de San Antonio Del Tequendama - Cundinamarca. (2015). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. San Antonio del Tequendama - Cundinamarca.
- Alcaldía Municipal de San Antonio del Tequendama - Cundinamarca. (2016). Plan de Desarrollo Municipal "LUCHO POR SAN ANTONIO 2016 - 2019". San Antonio del Tequendama - Cundinamarca.
- Amaro, F. (14 de mayo de 2018). MundoArqui. Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <http://mundoarquiusat.blogspot.com/2018/05/el-desafio-de-la-arquitectura-actual.html#:~:text=Ya%20lo%20dijo%20Rem%20Koolhaas,de%20la%20superficie%20del%20planeta>.
- Andes, U. d. (2002). Conductancia Térmica en Global en paneles de PVC. Bogotá D.C. Obtenido de

[https://azembla.com.co/sites/default/files/documents/COMPORTAMIENTO%20TERMI  
CO%20100mm.pdf](https://azembla.com.co/sites/default/files/documents/COMPORTAMIENTO%20TERMI<br/>CO%20100mm.pdf)

- Armacell. (2019). From bottle to Foam. Armacell offers a wide range of eco-friendly, lightweight materials for structural core and insulation applications based on 100% recycled polyethylene terephthalate PET, págs. 1-12.
- Ashrae. (2010). Ashrae 55. En Ashrae, Ashrae Standar 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (pág. 44). Atlanta.
- ASHRAE. (2019). Standar 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. En ASHRAE, ASHRAE 62.1 - 2019 (pág. 58). Atlanta: ANSI approved.
- Azembla Innovación Constructiva. (2020). Azembla. Obtenido de <https://azembla.com.co/es>
- AZoM. (21 de julio de 2004). Paneles plásticos livianos fabricados a partir de plásticos reciclados - Paneles para vehículos comerciales y otras aplicaciones. págs. 25-27.
- Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2020). CAR. Obtenido de <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>
- Editorial, E. (2018). ArchDaily Colombia. Obtenido de <https://www.archdaily.co/co/884921/argentina-propone-ladrillos-fabricados-con-desechos-de-plastico-para-construir-viviendas-sociales>
- Empresa de Servicios Públicos PROGRESAR S.A ESP. (2018). Informe sentencia Rio Bogotá Resíduos Sólidos. San Antonio del Tequendama - Cundinamarca.
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos Y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para La Autoconstrucción. Revista invi, 23-63.
- Gaggino, R. (2019). Diseño experimental de elementos de construcción. Revista Pensum, 43-68.

HSB Noticias. (20 de Marzo de 2020). Recuperado el Mayo de 2020, de

<http://m.hsbnoticias.com/noticias/economia/industria-de-la-construccion-le-apuesta-materiales-pvc-par-599611>

Industrial, C. (26 de octubre de 2019). Proceso de Extrusión. Tijuana, Mexico.

Koh, H. W. (18 de abril de 2018). Advanced Recycled Polyethylene Terephthalate Aerogels from Plastic Waste for Acoustic and Thermal Insulation Applications. págs. 1-13.

Lokensgard., R. &. (2003). INDUSTRIA DEL PLÁSTICO. PLÁSTICO INDUSTRIAL. Madrid, España: Paraninfo. Recuperado el 2019

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural. (23 de Septiembre de 2003). Ministerio de Ambiente. Recuperado el 2019, de

<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1045%20-%202003.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. (23 de septiembre de 2003).

Ministerio de Ambiente. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1045%20-%202003.pdf>

Ministerio de Vivienda, C. y. (15 de Julio de 2015). Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Obtenido de <https://www.cccs.org.co/wp/download/resolucion-0549-de-2015/?wpdmdl=5681&refresh=602c286a13d251613506666>

Ministerio de Vivienda, C. y. (10 de julio de 2015). Resolución 0549 de 2015. "Por el cual se reglamenta el capítulo 1 del título 7 de la parte 2, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015 en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones". Bogotá, Bogotá D.C, Colombia.

Ministerio de Vivienda, C. y. (19 de Octubre de 2020). Minvivienda. Obtenido de

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-11/anexo-i.-politica-publica-de-vivienda-de-interes-social-rural.pdf>

Ojeda, M. (28 de junio de 2011). Tecnologia de los Plásticos. Obtenido de

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-termicas.html>

Toolbox, t. E. (2003). The Engieenering Toolbox. Obtenido de Thermal Conductivity of selected

Materials and Gases.: [https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)

Valencia, N. (2016). ArchDaily Colombia. Obtenido de [https://www.archdaily.co/co/792028/en-](https://www.archdaily.co/co/792028/en-5-dias-se-construyo-esta-vivienda-con-ladrillos-de-plastico-reciclado)

[5-dias-se-construyo-esta-vivienda-con-ladrillos-de-plastico-reciclado](https://www.archdaily.co/co/792028/en-5-dias-se-construyo-esta-vivienda-con-ladrillos-de-plastico-reciclado)

## ANEXO 1

## 1. Ficha técnica maquina extrusora

A continuación, se da a conocer el posible modelo de maquina extrusora que puede llegar a generar el panel PET.

## Información Básica

No. de Modelo.	YF	Capas de la Junta	Multicapa
Tornillo No.	Doble tornillo	Automatización	Automático
Computerizado	No Computerizado	Certificación	CE , ISO9001:2008
Personalizado	Personalizado	Condición	Nueva

## Información Adicional

Marca	CAMEL	Embalaje	Standard Shpping Package
Estándar	25mx2.5mx2.2m	Origen	Zhangjiagang Jiangsu China
Código del HS	84772090	Capacidad de Producción	800 PCS/Year

The advertisement for Camel Machinery displays several industrial extrusion machines in a factory setting. It also shows various finished plastic products, including panels with different textures and colors, and sheets. The company's branding, including the 'CAMEL' logo and 'Plastic Solution' slogan, is prominently featured. Contact information and certification logos (SGS, CE, ISO) are also included.

## Datos técnicos:

El modelo	Anchura máx. (Mm)	Modelo de la extrusora	Salida máx(kg/h)	La potencia del motor (kw)
CMDX108	108	SJZ51/105	100	18.5
CMDX 180	180	SJZ51/105 o SJZ55/110	100/150	18.5/22
CMDX 240	240	SJZ65/132	250	37
CMDX 300	300	SJZ65/132	250	37
CMDX 400	400	SJZ80/156	350	55
CMDX 500	500	SJZ80/156	350	55
CMDX 600	600	SJZ80/156	400	75

## ANEXO 2

## 1. CORTE AXONOMETRICO PANEL PET

