

Información Importante

La Universidad Santo Tomas, informa que el autor ha autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional de CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tenga **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomas informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**Análisis del Comportamiento Termodinámico de la Tipología de Vivienda Rural
Productiva Actual del Corregimiento de Berlín**

Juan Camilo Sánchez Rangel

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Director

Nombre del director

M.Sc. Juan Felipe Quijano García.

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Ingenierías y Arquitectura

Arquitectura

2021

Dedicatoria

Este proyecto de grado está dedicado a mis padres Romelia Rangel Rueda, Jaime Sánchez Romero, a mis hermanos Jhon Jaime, Alberth Giovanny, Luz Marina y Karol Tatiana, quienes fueron el motor y muchas veces la luz que iluminó el camino para hoy lograr esta meta. Esta titulación es tanto de ellos como mía.

Por otro lado quiero dedicarla a mis segundos padres Clara Inés Velásquez Pérez y Eduardo Díaz Otero, a la familia León y Marcial Gordillo en México que me acogieron fraternalmente y me dieron un hogar lejos del mío.

También se la quiero dedicar a mis tíos maternos Juan Carlos, Salomón y Roque Rangel Rueda y a mis tíos paternos Ciro Romero, Ernesto Sánchez y Jhaqueline Camacho, por su apoyo incondicional, por las veces que me levantaron el ánimo cuando quería desfallecer y por apoyarme en cada proyecto y aventura que deseo iniciar.

Por último y no menos impórtate también quiero dedicarle esta tesis a una esta persona que ha sido mi compañera de viaje, Angie Julay Albarracín me diste luz en muchos momentos de oscuridad, me brindas fortaleza en momento de debilidad y me brindas un amor y una amistad incondicional, te amo y muchas gracias.

Gracias totales a todos.

Agradecimientos

Quiero manifestar mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el M.Arch Juan Felipe Quijano García quien estuvo presente en todo este proceso, por haberme facilitado los equipos de mediciones requeridos y por haberme brindado toda su experiencia, sabiduría y mucha paciencia y por estimular el conocimiento de la bioclimática y enseñarme cómo abordar estos temas tan importantes.

Agradecimiento especial para los habitantes del corregimiento de Berlín que de muy amable me permitieron realizar la toma de datos en sus viviendas así como las encuestas.

Agradecer al Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM del departamento de Santander por la atención e información suministrada sobre los parámetros climáticos del corregimiento. Materiales que fueron base clave para poder dar inicio al proceso de investigación.

Agradecer de ante mano toda la paciencia y entrega que tuvo la docente Yina Paola Delgado del CRAI de la biblioteca, Santo Tomas gracias a ella le dio una luz a este proyecto y logra ubicar información y aspectos importante.

A todos ustedes muchas gracias por su tiempo, ayuda e intelecto que sin duda fortaleció esta investigación.

Contenido

	Pág.
Introducción	24
1. Análisis del Comportamiento Termodinámico de la Tipología de Vivienda Rural Productiva Actual del Corregimiento de Berlín.....	26
1.1 Planteamiento del Problema.....	26
1.2 Justificación.....	28
1.3 Objetivos	30
1.3.1 Objetivo General.....	31
1.3.2 Objetivos Específicos	31
2. Marco Referencial.....	32
2.1 Modelo Estético.....	32
2.1.1 Evaluación del Aislamiento por Ropa.....	34
2.1.2 Tasa de Metabolismo.....	37
2.1.3. Tansmitancia Térmica (Valor U).....	39
2.1.4. Parámetros a Medir.....	41
2.2 Marco Legal	42
3. Metodología	44
3.1 Instrumentos de Medición Utilizados	49
3.2 Etapa de Reconocimiento.....	50
3.2.1 El entorno	51
3.2.2 Accesibilidad	52
3.2.3 Aspectos Socioeconómicos	53

3.2.4 Clima.....	55
3.2.3 Los usuarios.....	65
3.2.4 Arquitectura.....	70
4. Resultados.....	84
4.1 Procesamiento de la Información.....	84
4.1.1 Codificación de los Resultados de la Encuesta Realizada en la Investigación.....	85
4.1.2 Procesamiento de la Encuesta.....	95
4.1.3 Información Recopilada en la Salida de Campo.....	97
4.2 Predeterminantes de la Simulación.....	106
4.2.1 Modelo Tridimensional.....	106
4.3 Resultados del Comportamiento de las Zonas de la Vivienda Tipo.....	110
4.3.1 Zona del Baño.....	112
4.3.2 Zona de la Cocina.....	114
4.3.3 Zona de la Sala.....	116
4.3.4 Zona de la Habitación Principal.....	118
4.3.5 Zona de la Habitación Auxiliar.....	120
4.3.6 Conclusiones Sobre el Comportamiento de las Zonas.....	122
4.4 Resultados Comparativos de las Zonas vs. La Vivienda Tipo.....	122
4.4.1 Simulación Térmica de la Vivienda Tipo.....	123
4.4.1 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico del Baño.....	125
4.4.2 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Cocina.....	126
4.4.3 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Sala.....	127
4.4.4 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Habitación Principal.....	128

4.4.5 Análisis de la vivienda tipo vs análisis térmico de la habitación auxiliar.	129
4.5 Identificación de Estrategias para el Mejoramiento del Confort Térmico Dentro de la Vivienda Tipo.....	130
4.6 Estrategias Propuestas.....	131
4.6.1 Proporción del Acristalamiento en Fachada.....	132
4.6.2 Control de la Estanqueidad en la Vivienda Tipo.....	133
4.6.3 El Invernadero como Sistema de Calefacción Pasiva.....	135
4.6.4 Utilización de Materiales para la Conservación Térmica.....	136
4.7 Resultados del Comportamiento Térmico de la Vivienda Modificada.....	140
4.7.1 Conclusión Térmica de la Vivienda Tipo.....	143
5. Conclusiones.....	144
5.1 Los Materiales y los Elementos Arquitectónicos.....	144
Referencias.....	146
Apéndices.....	148

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Predicted Mean Vote (PMV)</i>	34
Tabla 2. <i>Valores del Aislamiento de la Ropa en Clo.</i>	35
Tabla 3. <i>Aislamiento Térmico por Prendas</i>	35
Tabla 4. <i>Cálculo de Factor de la Vestimenta por Prendas.</i>	37
Tabla 5. <i>Tasa de Metabolismo</i>	38
Tabla 6. <i>Parámetros a Medir en la Salida de Campo</i>	41
Tabla 7. <i>Valores de la Escala de Ashrae.</i>	47
Tabla 8. <i>Escala de Confort ASHRAE.</i>	48
Tabla 9. <i>Porcentaje de Población (Alcaldía de Toná, 2019)</i>	66
Tabla 10. <i>Cuadro de Áreas.</i>	74
Tabla 11. <i>Cuadro de Área</i>	75
Tabla 12. <i>Cualidades Térmicas de la Cubierta en la Teja de Asbesto.</i>	79
Tabla 13. <i>Cualidades Térmicas de la Cubierta en Teja de Barro.</i>	79
Tabla 14. <i>Desglose de la Cubierta</i>	80
Tabla 15. <i>Cualidades Térmicas de Muro en Ladrillo h15.</i>	80
Tabla 16. <i>Análisis de Muro en Ladrillo Hueco h15.</i>	80
Tabla 17. <i>Cualidades Térmicas de Muro en Tapia Pisada.</i>	81
Tabla 18. <i>Análisis de Muro en Tapa Pisada.</i>	81
Tabla 19. <i>Cualidades Térmicas de Muro en Ladrillo a la Vista.</i>	81
Tabla 20. <i>Cualidades Térmicas de Piso en Concreto.</i>	82
Tabla 21. <i>Análisis en Piso de Concreto</i>	82

Tabla 22. <i>Cualidades Térmicas del Piso en Cerámica Vidriada Clara.</i>	82
Tabla 23. <i>Análisis de Piso en Cerámica Vidriada Clara.</i>	83
Tabla 24. <i>Tiempo de las Personas Encuestadas Viviendo en Berlín.</i>	85
Tabla 25. <i>Número de Personas que Viven Dentro de la Vivienda.</i>	86
Tabla 26. <i>Promedio de Edades</i>	87
Tabla 27. <i>Número de Horas que los Habitantes Pasan Dentro de la Vivienda</i>	88
Tabla 28. <i>Actividades Principales Dentro de la Vivienda.</i>	89
Tabla 29. <i>Promedio de Habitaciones Dentro de las Viviendas Encuestadas</i>	90
Tabla 30. <i>Número de Personas que Duermen por Habitación.</i>	91
Tabla 31. <i>Sensación Térmica del Usuario de la Vivienda.</i>	92
Tabla 32. <i>Sensación de la Intensidad Luminosa.</i>	93
Tabla 33. <i>Intensidad Lumínica Dentro de los Espacios</i>	94
Tabla 34. <i>Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 1.</i>	97
Tabla 35. <i>Temperatura de la Cubierta el Día 1.</i>	98
Tabla 36. <i>Temperatura del Suelo en el Día 1.</i>	98
Tabla 37. <i>Temperatura de la Vivienda el Día 1.</i>	98
Tabla 38. <i>Temperatura Radiante de los Materiales el Día 1.</i>	99
Tabla 39. <i>Temperatura Operativa de las Viviendas Día 1.</i>	99
Tabla 40. <i>Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 2.</i>	100
Tabla 41. <i>Temperatura de la Cubierta el Día 2.</i>	100
Tabla 42. <i>Temperatura del Suelo en el Segundo Día.</i>	100
Tabla 43. <i>Temperatura Dentro de la Edificación en el Día 2.</i>	101
Tabla 44. <i>Temperatura Radiante de los Materiales.</i>	101

Tabla 45. <i>Temperatura Operativa de las Viviendas Día 2.</i>	101
Tabla 46. <i>Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 3.</i>	102
Tabla 47. <i>Temperatura de la Cubierta el Día 3.</i>	102
Tabla 48. <i>Temperatura del Suelo en el Tercer Día.</i>	102
Tabla 49. <i>Temperatura Dentro de la Edificación en el Tercer Día.</i>	103
Tabla 50. <i>Temperatura Radiante de los Materiales.</i>	103
Tabla 51. <i>Temperatura Operativa de las Viviendas Día 3.</i>	103
Tabla 52. <i>Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 4.</i>	104
Tabla 53. <i>Temperatura de la Cubierta el Día 4.</i>	104
Tabla 54. <i>Temperatura del Suelo en el Cuarto Día.</i>	105
Tabla 55. <i>Temperatura Dentro de la Edificación en el Cuarto Día.</i>	105
Tabla 56. <i>Temperatura Radiante de los Materiales.</i>	105
Tabla 57. <i>Temperatura Operativa de las Viviendas día 4.</i>	105

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Índice de Fanger.</i>	33
Figura 2. <i>Tabla Metabólica de Acuerdo a la Actividad Realizada.</i> Adaptado de Determinación del metabolismo energético. (1999) Nota: 1 Met equivale a 58.2 w/m ²	38
Figura 3. <i>El valor U. Tansmitancia Térmica en Edificaciones.</i>	39
Figura 4. <i>Resistencia Térmica Superficiales de Cerramiento en Contacto con el Aire Exterior en m². C/K.</i>	41
Figura 5. <i>Desarrollo Metodológico.</i>	44
Figura 6. <i>Zona de Muestreo.</i>	45
Figura 7. <i>Evidencia Fotográfica de la Salida de Campo.</i>	46
Figura 8. <i>Equipo Utilizado en la Investigación, Medidor de Ambientes Kestrel ref. 3000</i>	49
Figura 9. <i>Equipo Utilizado en la Investigación, Termómetro Infrarrojo Lasergríp gm 400</i>	50
Figura 10. <i>Localización.</i>	51
Figura 11. <i>Plano Localización y Corte Topográfico.</i>	52
Figura 12. <i>Plano Localización y Corte Topográfico</i>	53
Figura 13. <i>Plano Localización y Corte Topográfico</i>	53
Figura 14. <i>Rango de Temperatura.</i>	55
Figura 15. <i>Localización de la Estación Meteorológica.</i>	57
Figura 16. <i>Promedios Diarios Mensuales de Temperatura y Radiación</i>	58
Figura 17. <i>Rango de Radiación</i>	59
Figura 18. <i>Rango de Bulbo Seco con Humedad Relativa.</i>	60
Figura 19. <i>Temperatura de Bulbo Seco con Punto de Roció</i>	61

Figura 20. <i>Rango de Nubosidad.</i>	61
Figura 21. <i>Rango de Temperatura del Suelo.</i>	62
Figura 22. <i>Rango de Velocidad del Viento</i>	63
Figura 23. <i>Rosa de los Vientos</i>	63
Figura 24. <i>Análisis del Grafico Psicométrico en Exterior</i>	65
Figura 25. <i>Viviendas Encuestadas.</i>	67
Figura 26. <i>Plano de Equipamientos del Corregimiento.</i>	71
Figura 27. <i>Tipología de las Plantas</i>	72
Figura 28. <i>Localizacion e Implantacion de la Vivienda Tipo.</i>	73
Figura 29. <i>Axonometría Arquitectónica de la Vivienda Tipo</i>	77
Figura 30. <i>Axonometría Arquitectónica de los Materiales de la Zona</i>	78
Figura 31. <i>Localización de las Viviendas Encuestadas.</i>	84
Figura 32. <i>Tiempo de las Personas Encuestadas Viviendo en el Corregimiento</i>	86
Figura 33. <i>Porcentaje de Personas que Viven Dentro de la Vivienda</i>	87
Figura 34. <i>Promedio de Edad de las Personas Encuestadas.</i>	88
Figura 35. <i>Número de Horas que los Habitantes Pasan Dentro de la Vivienda.</i>	89
Figura 36. <i>Actividad Principal Dentro de la Vivienda.</i>	90
Figura 37. <i>Promedio de Habitaciones Dentro de las Viviendas Encuestadas</i>	91
Figura 38. <i>Número de Personas que Duermen Dentro de una Misma Habitación.</i>	92
Figura 39. <i>Sensación Térmica del Usuario Dentro de la Vivienda.</i>	93
Figura 40. <i>Sensación de la Intensidad Luminosa en los Espacios</i>	94
Figura 41. <i>Intensidad Lumínica Dentro de los Espacios</i>	95
Figura 42. <i>Modelado Tridimensional de la Vivienda Tipo.</i>	107

Figura 43. <i>Zona de Baño.</i>	108
Figura 44. <i>Zona de Cocina.</i>	109
Figura 45. <i>Zona de Sala.</i>	109
Figura 46. <i>Zona de Habitaciones.</i>	109
Figura 47 <i>Zonas de la Vivienda Tipo.</i>	111
Figura 48. <i>Análisis Térmico del Baño.</i>	112
Figura 49. <i>Análisis Térmico de la Cocina.</i>	114
Figura 50. <i>Análisis Térmico de la Sala.</i>	116
Figura 51. <i>Análisis térmico de la Habitación Principal.</i>	118
Figura 52. <i>Análisis Térmico de la Habitación Auxiliar.</i>	120
Figura 53. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo.</i>	123
Figura 54. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs El Baño.</i>	125
Figura 55. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Cocina.</i>	126
Figura 56. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Sala.</i>	127
Figura 57. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Habitación Principal.</i>	128
Figura 58. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Habitación Auxiliar.</i>	129
Figura 59. <i>Tabla Psicométrica.</i>	130
Figura 60. <i>Listado de Palette 2030.</i>	131
Figura 61. <i>Planta Arquitectónica Vivienda Tipo Modificada.</i>	132
Figura 62. <i>Acristalamiento</i>	133
Figura 63. <i>Tipología de Evolventes</i>	134
Figura 64. <i>Distribución de Espacios.</i>	134
Figura 65. <i>Utilización de Vestíbulos.</i>	135

Figura 66. <i>Esquema de Funcionamiento de Invernadero.</i>	136
Figura 67. <i>Muro Compuesto.</i>	137
Figura 68. <i>Sección de Cubierta Propuesta.</i>	138
Figura 69. <i>Chimenea.</i>	139
Figura 70. <i>Descripción Contraventana.</i>	140
Figura 71. <i>Análisis Térmico de la Vivienda Posterior a la Aplicación de Estrategias.</i>	141

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. <i>Encuesta en Confort Térmico de la Vivienda Productiva Rural</i>	149
Apéndice B. <i>Evidencia Salida de Campo</i>	150

Resumen

Esta investigación busca evaluar, mediante una metodología de análisis, el comportamiento térmico de la vivienda productiva rural aislada, en clima de alta montaña. Así, las veinte viviendas observadas se ubican en el corregimiento de Berlín, perteneciente al municipio de Tona, en el departamento de Santander. Todas están enmarcadas en un pueblo agrícola y en un clima frío húmedo, según información climatológica de estaciones oficiales. El objetivo de la investigación es analizar el comportamiento termodinámico de la tipología existente de la vivienda rural productiva en el corregimiento de Berlín, con el fin de identificar patologías y proponer alternativas de diseño que mejoren la calidad de vida de los habitantes. Para lograrlo se hicieron tres tipos de análisis: bioclimático, termodinámico y de confort térmico.

Para el análisis bioclimático, se hizo el levantamiento arquitectónico de la vivienda tipo, basado en la observación *in situ* de las viviendas encuestadas, teniendo en cuenta los materiales tradicionales de la zona. Como herramientas para determinar el confort término de la vivienda tipo se emplearon *Climate Consultant* y *Design Builder*. Finalmente, se compararon los resultados de los análisis y se identificaron los aciertos y las falencias de la vivienda tipo. Además, se determinaron estrategias que contrarrestaran las patologías identificadas y que favorecieran el confort térmico de las viviendas rurales del corregimiento de Berlín.

Palabras Clave: Vivienda rural productiva, Confort Térmico, Comportamiento termodinámico, Bioclimática, Ambiente, Simulación térmica.

Abstract

This investigation seeks to evaluate, through an analysis methodology, the thermic behavior of a productive rural isolated living place in a high mountain weather condition. As explained before the twenty living places observed are located at the Berlin Township, which belongs to Tona municipality, in Santander department. All of them located in an agricultural town and in a cold, humid weather, according to climatologic information of the official stations. The main goal of this investigation is to analyze the thermodynamic behavior of the existing typology in the rural productive living place at the Berlin Township, through that we can identify possible pathologies and propose design alternatives to improve the quality of living of Berlin population. To achieve this we went through three kinds of analysis: bioclimatic, thermodynamic and thermic comfort.

For the bioclimatic analysis, we went through the architectural survey of the living place type, based on the site observation of all surveyed living places, taking in to a count all traditional materials in the area. The tools used to determine the thermic comfort of the type living place are *Climate Consultant* y *Design Builder*. Finally the analysis outcome results were compared and the successes and failures of the type living place were identified. Additionally strategies were developed to counter the identified pathologies and favor the thermic comfort of the rural living places at the Berlin Township.

Key words: Productive rural living place, Thermic Comfort, thermodynamic behavior, Bioclimatic, Environment, thermic simulation.

Glosario

Lista alfabética de términos y sus definiciones necesarias para la comprensión del documento.

Absorción Solar: También llamada absorbanza, representa la fracción de radiación incidente que es absorbida por un material, con valores que van de 0.0 a 1.0 depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales

ACIMUT: Desplazamiento del plano vertical que contiene al sol con relación a su posición al mediodía medido sobre el plano del horizonte. Se considera positivo durante la mañana y negativo durante la noche.

Bioclimática: El término de construcción bioclimático engloba un extenso abanico de opciones, si bien en términos generales la descripción de arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios o viviendas teniendo presente las condiciones climáticas, aprovechando recursos libres (sol, flora, lluvia, vientos) para reducir los impactos ambientales, procurando reducir los consumos energéticos, definición extraída de diccionario arquitectónico

Calor Especifico: Capacidad de la materia para acumular energía en su unidad de masa, este valor va desde el máximo para el agua ($4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$) hasta los más bajos como el hormigón ($0.9218 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$).

Carta Solar: Diagrama en el que se representa la posición del sol sobre un lugar determinado para fechas diferentes y a diferentes horas, es función de la altura del sol y el acimut del punto (orientación con respecto al sur) En el eje vertical se sitúa la altura solar en grados sexagesimales y en el eje horizontal el acimut medido desde el sur.

Confort: El estado psicofisiológico (mental y físico) que expresa satisfacción con el ambiente biotérmico y sensorial que rodea al usuario.

Confort Térmico: Es una sensación neutral de la persona respecto a un ambiente térmico determinado, también tiene relación con una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico, depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Conductancia: Propiedad de una capa de material, esta depende del espesor específico de dicha capa, representa su capacidad para conducir el calor y es cuadrado grado Celsius ($W/m^2\text{°C}$).

Conductividad térmica: Cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la superficie de un material, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras. Es un valor constante medido en $W/m\text{°C}$ que depende de la temperatura del material, la densidad, la porosidad y el contenido de agua entre otros.

Clima: Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado de la atmósfera y su evolución en un lugar geográfico determinado.

Desing Builder: Es un programa que tiene una estructura modular, con un avanzado modelado 3D que funciona como núcleo y un conjunto de módulos de análisis acoplados a él, actualmente el programa cuenta con unos módulos, cada uno de ellos ofrece un tipo de tarea o análisis específico.

Estación meteorológica: Sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer un comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.

Evapotranspiración: Proceso metabólico por el cual, mediante la exudación, el cuerpo pierde calor con la evaporación del sudor de la superficie de la piel.

Humedad Relativa: Porcentaje de vapor de agua que tiene el aire en relación al máximo que puede contener a su temperatura sin saturarse, se mide en %.

Humedad Específica: Cantidad absoluta de vapor de agua que contiene un aire determinado. Se mide en gr/Kg de aire seco.

Índice de Fanger: Permite valorar la sensación térmica global correspondiente a determinado ambiente térmico. El cálculo del porcentaje de personas insatisfechas (PPD) permitirá predecir el porcentaje de personas que consideran dicha situación como no comfortable.

Incidencia térmica: Dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura debido a su masa térmica. Se mide en número de Kilocalorías o Julios para elevar un grado su temperatura.

Ganancias internas: Este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere al calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólico, a los sistemas de iluminación de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta

Ganancias por conducción: Flujos de calor a través de la envolvente del edificio la cantidad de calor ganado o perdido dependerá de las características térmicas de los materiales empleados de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta.

Ganancias por ventilación: Las pérdidas y ganancias por ventilación ocurren cuando el aire exterior ingresa y circula a través del edificio, lo cual implica también que el aire interior sea expulsado hacia afuera. Cuando la temperatura del aire exterior es mayor que la del aire interior se tienen ganancias y viceversa.

Ganancias solares directas: Ganancia de calor absorbido por la superficie de un material ante la radiación solar que incide a través de superficies transparentes, como el vidrio o los vanos.

Ganancias solares indirectas: Proceso en el que la radiación solar incide primero, aumenta la temperatura de la superficie exterior de los cerramientos, para después generar un flujo de calor por conducción a través de estos.

Lux: Iluminación de una superficie unitaria, 1 lumen/m².

Masa térmica: La masa térmica es el valor de la capacidad potencial de almacenamiento de calor en un conjunto o sistema. Los muros de agua, pisos de hormigón y muros de adobe o tapia, son ejemplos de masa térmica.

Precipitación: En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero como rocío no neblina, que son formas de condensación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o monto pluviómetro. Se mide por mm/m²h.

Psicrometría: Estudia las propiedades del aire y la humedad saber estas propiedades, es importante para dimensionar instalaciones de ventilación y climatización.

PMV (Predicted Mean Vote): Índice de bienestar, que obtenido por una muestra de personas encuestadas, dan una clasificación de -3 a +3 a la sensación provocada por el ambiente (siendo -3 frío, 0 neutro o en confort y +3 calor).

Radiación: Es una emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas que se manifiesta en cualquier cuerpo por el simple hecho de encontrarse a una cierta temperatura.

Radiación solar indirecta: Componente de la radiación solar que al encontrar pequeñas partículas en su camino hacia la tierra es difundida en todas las direcciones a través de la atmosfera.

Radiación solar directa: Radiación que llega a la superficie de la tierra en forma de rayos provenientes del sol sin cambios de dirección.

Temperatura Operativa: La temperatura operativa es la temperatura uniforme de un recinto negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad total de energía por radiación y convección en el ambiente, que en el local real no uniforme.

La temperatura operativa es una ponderación de la temperatura radiante media de los cerramientos del local y la temperatura seca del aire, considerando que ambas contribuyen a la temperatura ambiental con sus coeficientes de transferencia de calor radiante y convectivo.

Esta magnitud mide las condiciones ambientales que determinan la temperatura en las que el cuerpo humano elimina calor por convección y por radiación, para garantizar un grado mínimo de bienestar térmico.

Temperatura de Bulbo Húmedo. La temperatura de bulbo húmedo depende de la cantidad de agua que se evapora por unidad de tiempo y a su vez, este parámetro, depende de la humedad relativa ambiente del aire (un aire que esté saturado no puede absorber más agua, por lo tanto, no modificará la temperatura del termómetro de bulbo húmedo).

Temperatura de Bulbo Seco: Es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.

Viento: Es un desplazamiento de aire generado por las diferencias de presión entre masas de aire; el aire se mueve de las zonas más altas presión (anticiclón) a las zonas de baja presión (depresión).

Velocidad del aire: El viento produce energía esta siempre en movimiento. El contenido energético del viento depende de su velocidad, cerca del suelo es baja, aumentado rápidamente con la altura las depresiones terrestres y más sobre las colinas.

Sistemas pasivos: Se los llama pasivos ya que no se utilizan otros dispositivos electromagnéticos (bombas, recicladoras, ventiladores, etc.) para recolectar el calor. Esto sucede por principios físicos básicos como la conducción, radiación y convección del calor

Sobrecalentamiento: Es un fenómeno que se produce a lo largo de todo el año como consecuencia de la transformación, en un espacio cerrado, de la energía radiante de origen solar en energía térmica.

Introducción

Una de las bases económicas del país es la agricultura, y buena parte de ella se desarrolla en la montaña. Allí, las familias campesinas sacan adelante sus cosechas con esfuerzos inimaginables para los habitantes urbanos, últimos consumidores de los productos agrícolas. Ese es uno de los motivos que nos compromete a observar la calidad de vida y en específico, la calidad de la vivienda productiva rural en clima frío húmedo, cuyas condiciones pueden llegar a ser severas para la salud de los campesinos que habitan y cultivan la montaña.

Dicho lo anterior, este proyecto se enfoca en el estudio del confort térmico de un conjunto de viviendas en el corregimiento de Berlín (municipio de Tona), las cuales guardan características similares en cuanto a sus sistemas constructivos; a esta tipología de vivienda se le denomina vivienda tipo a lo largo de esta investigación. Cabe señalar que la zona en donde se ubican las viviendas incluidas, está al pie del páramo de Santurbán.

Este proyecto de investigación se planteó como objetivo principal analizar el confort térmico de las viviendas tipo construidas en el corregimiento de Berlín en el municipio de Tona. Para lograr este objetivo se diseñó un estudio de tipo descriptivo, de carácter cualitativo y cuantitativo. La información de base se recolectó mediante encuestas que permitieron conocer aspectos físicos, poblacionales, y de ocupación con el fin de establecer la relación entre los habitantes y las viviendas que habitan. A partir de estos datos, se calculó el índice de confort térmico para cada vivienda. Una de las condiciones claves para la elección de las viviendas encuestadas fue homogeneidad en la construcción; es decir, que la vivienda no presentara variaciones significativas con respecto a su morfología inicial.

La información recopilada de las mediciones *in situ*, sumada a la información obtenida sobre la parte técnica y constructiva de la vivienda, permitió realizar simulaciones de ganancias térmicas, de confort térmico y de PMV de Fanger en Design Builder y Climate Consultant además de compararlas con ayuda de los softwares. De esta manera, se estudió la relación del interior del objeto arquitectónico con el exterior. Con base en este resultado, se realizó una propuesta de materiales y diseño para mejorar el confort térmico de la vivienda.

El uso de *Design Builder* y *Climate Consultant* fue clave para el análisis bioclimático de la vivienda. Con el fin de desarrollar la metodología propuesta, dichos programas permitieron ingresar los datos recolectados y llevar a cabo una comparación con los métodos que permiten analizar el confort térmico de la vivienda. En síntesis, este trabajo se propone una metodología de análisis de confort térmico aplicable para clima frío húmedo.

Finalmente, el estudio determinó que con el adecuado uso de estrategias y materiales puede aumentar el confort térmico dentro de la vivienda tipo, generando espacios más confortables y adecuados para los habitantes.

Por último, cabe señalar algunos de los autores que enmarcan el estudio con sus conceptos fueron: Polv Ole Fanger, quien aporta el concepto principal de desarrollo y análisis de este proyecto de investigación el cual es índice de confort. Y Baruch Givoni quien desarrolla el diagrama de confort térmico, para identificar las principales estrategias que contribuyan al mejoramiento del confort térmico de la vivienda tipo y el desarrollo de estrategias para cada uno de los climas en específico.

1. Análisis del Comportamiento Termodinámico de la Tipología de Vivienda Rural Productiva Actual del Corregimiento de Berlín

1.1 Planteamiento del Problema

En sus inicios, las viviendas tenían como fin resguardar de los peligros del exterior; los aspectos de confort eran irrelevantes; pero a medida que los grupos sociales se volvieron sedentarios, el ser humano fue detectando la necesidad de tener espacios más confortables. Por lo tanto, empezaron a hacerse cambios en la construcción de las viviendas y a buscar nuevos materiales y formas de distribuir los espacios, ya fuera por confort o símbolo de estatus. Actualmente, la vivienda se guía tanto por los espacios y los materiales, como por la tecnología que lleva a agilizar los procesos domésticos y cualificar el confort.

Debido a esto, el presente estudio se realiza en la zona rural de un corregimiento ubicado en alta montaña y se enfoca en el análisis de una vivienda rural productiva situada en condiciones bioclimáticas que no procuran el confort ni protegen la salud de la población campesina de esa región. Siendo así, para poder procurar el bienestar y confort en cualquier tipo de vivienda es necesario conocer las características geográficas, climáticas, demográficas y la forma de subsistencia local. Al mismo tiempo, hace falta conocer la cultura y la idiosincrasia de la comunidad, para poder comprender de forma integral la tipología de vivienda, los materiales de construcción tradicionales de la zona y la forma en que sus habitantes los han adaptado de acuerdo con sus posibilidades, con el entorno y con las tendencias de los sistemas constructivos actuales a los que pueden acceder.

En Colombia, el área rural es fundamental debido a que la agricultura desempeña un papel crucial en el bienestar de la población. Aunque no es reconocida como un renglón principal de la economía colombiana, si es la columna vertebral que proporciona alimentos y materia prima.

De acuerdo con el DANE (2019) el empleo en el campo ha disminuido un 14% respecto a hace dos (2) décadas. Al inicio del 2000, el empleo en el campo representaba un 35% y diecinueve años después el empleo en el campo había descendido a un 21%. Aun así, de acuerdo con ProColombia (2019) después de la explotación y exportación petrolífera, el agro continúa siendo la segunda actividad económica que más desarrollan los colombianos. (<https://investincolombia.com.co/en/sectors/agricultural-products-food-production>)

Así pues, según el mismo censo, en Colombia el campesinado está cerca de iniciar un proceso de envejecimiento. Las siguientes cifras muestran el estado actual de los grupos etarios en la Colombia rural: el 32.7% es mayor de 65 años; el 22.3% está en el rango de los 41 a los 64 años; el 21% entre los de 26 a los 40 años. Y los campesinos más jóvenes (entre 18 y 25 años) representan un 24% de la población nacional. Obedeciendo a este panorama obtenido del DANE, la población campesina envejecida necesita, y tiene derecho a mejorar las condiciones de sus viviendas para garantizar la dignificación de su trabajo.

Por estas razones, se propone el estudio de la vivienda rural productiva y de las alternativas para su adecuación bioclimática para el corregimiento de Berlín, municipio de Tona, en el departamento de Santander. Este corregimiento está ubicado en una zona de alta montaña, en el pie del páramo de Santurbán y Norte de Santander; éste corresponde a la parte alta de la Cordillera Oriental, por lo que presenta una temperatura que oscila entre los -3 y los 15 grados centígrados, según el IDEAM. Esta temperatura contrasta con los 24 y 28 grados de la ciudad de Bucaramanga (capital del departamento) que se encuentra a 60 kilómetros de dicho corregimiento.

En la observación *in situ* de la periferia urbana de Berlín (corregimiento de Tona) no fueron identificadas técnicas de construcción vernáculas, como las que propone el Centro Nacional de Energía Renovable – CENER (2018), que permitan la adaptación de las edificaciones a sus contextos geográficos, demográficos y climáticos. Por consiguiente, el presente proyecto plantea un análisis tipológico que permite evidenciar desaciertos de planificación en la construcción de las viviendas, así como errores que puedan afectar la salud física y mental de los habitantes. Esta identificación temprana permitiría prever errores en futuras planificaciones y construcciones.

Así pues, el análisis del comportamiento termodinámico de la tipología de vivienda rural productiva de esta región, pasa por la identificación de patologías y posibilita las alternativas de diseño que mejoren la calidad de vida de los habitantes.

1.2 Justificación

El planteamiento del problema visualizado en este proyecto, se basa en estudios que tratan sobre la relación de las bajas temperaturas y las afectaciones de la salud física y mental de los seres humanos, como se evidencia en el estudio realizado en España por los laboratorios NORMON (2018), sobre “los efectos del frío en la salud”. Se menciona que (1) el frío incrementa en un 20% el riesgo de infarto en el miocardio y en ocasiones, (2) afecta negativamente la salud mental, ya que algunas personas sufren de depresión, cuando se exponen a bajas temperaturas; aunque la exposición a éstas no sea la principal causa, es un factor que tiene alta incidencia en enfermedades cardiovasculares, ya que se ha demostrado mayor probabilidad de sufrir infarto cuando hay exposiciones a temperaturas bajas por tiempo prolongado.

Del mismo modo, en el estudio realizado por el ayuntamiento Nuevo Baztán, España (2018), se constató que las temperaturas menores a 18 grados durante un tiempo de 3 meses o más,

pueden ocasionar daños en el sistema cardiovascular y el sistema inmunológico en adultos sedentarios y se basa en un estudio cuantitativo realizando simulaciones térmicas.

En Reino Unido, la doctora Sanz (2019) ha estudiado más a fondo estos aspectos y afirma que, por cada grado que la temperatura cae por debajo de 18°C, se registra un aumento en las muertes por fallo en el sistema cardiovascular, hasta de un 1,5%. Esto se atribuye a que con el frío aumentan las probabilidades de sufrir infarto y derrames cerebrales, esto es causado principalmente a que las temperaturas bajas producen el estrechamiento de los vasos sanguíneos, lo cual aumenta la presión arterial puesto es necesario más presión para que la sangre pase por las venas y las arterias estrechas.

En el contexto nacional, según un estudio realizado por el DANE, la edad promedio de los campesinos colombianos es superior a los 50 años; esta variable aumenta el riesgo de ataque cardíaco. De igual manera, un informe realizado por colegio Americano de Cardiología registra que la enfermedad cardíaca es la principal causa de muerte en hombres de 45 a 54 años, así como en personas mayores de 65 años. Para el caso de las mujeres, la probabilidad de sufrir ataques cardíacos aumenta cuando son mayores de 65 años. En Colombia, un estudio del DANE (2019) muestra que 20.728 personas fallecen debido a problemas cardíacos al año. Esto indica que actualmente los ataques cardíacos afectan a más personas que la violencia. Así, por ejemplo, se observó que 10.993 personas fueron víctimas de agresiones que terminaron en deceso.

Por otra parte, un análisis desarrollado en 2018 por el Observatorio de Salud Pública de Santander (OSP) evidenció que las enfermedades cardiovasculares ocasionaron más de 16.000 muertes en Santander entre 2012 y 2016. El mismo análisis mostró tasas globales que oscilaron entre 140 y 170 muertes por cada 100.000 habitantes. Esto evidenció que las enfermedades cardiovasculares se constituyen en la principal causa de muerte en este departamento. De otro lado, Santander ocupa el octavo lugar a nivel nacional con más casos de infartos; los primeros lugares los ocupan Tolima, Caldas, Risaralda, Huila, Cundinamarca, Antioquia. Entre los años 2012 y

2016, el departamento de Tolima contó con tasas globales que oscilaron entre 300 y 320 muertes por cada 100.000 habitantes.

Por estos motivos, relacionados con la salud pública, este proyecto de investigación pretende contribuir a mejorar la calidad de vida de los campesinos que habitan la alta montaña en el corregimiento de Berlín (Santander). Para lograrlo, es necesario llevar a cabo un estudio detallado del comportamiento termodinámico de las tipologías existentes, que permita solucionar las dificultades de la interacción con las características ambientales con ayuda de un modelo de vivienda. De esta manera, se puede contribuir a la prevención del deterioro en la salud mediante la mejora de la calidad de la vivienda. Al mismo tiempo que se protege la vida y la salud térmica de los habitantes del corregimiento de Berlín en el municipio de Tona.

1.3 Objetivos

La problemática de los métodos de construcción empleados en el corregimiento Berlín, en el municipio de Tona, ha mostrado un déficit del confort térmico en la tipología actual de la vivienda rural productiva. En consecuencia, se hace necesario revisar estos métodos, las falencias que han tenido en su aplicabilidad a las condiciones físicas y espaciales del caso particular. De esta manera, es posible entender el comportamiento térmico de las edificaciones y con ello, identificar los aciertos tanto como las falencias de la vivienda tipo, del corregimiento de Berlín.

La hipótesis de esta investigación radica en que las decisiones de construcción de estas viviendas no apuntan a un producto final sino de una construcción progresiva o variable, es decir, que está abierta a recibir modificaciones.

1.3.1 Objetivo General

Analizar el comportamiento termodinámico de la tipología existente para la vivienda rural productiva en el corregimiento de Berlín, con el fin de identificar patologías y proponer alternativas de diseño que mejoren la calidad de vida de los habitantes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1.** Delimitar una zona de estudio en el corregimiento de Berlín en el municipio de Tona donde existan viviendas rurales aisladas
- 2.** Realizar un estudio tipológico y el levantamiento del plano del caso de estudio.
- 3.** Identificar promedios de factores climáticos de la zona de estudio para el análisis bioclimático de la vivienda productiva rural.
- 4.** Evaluar mediante el software, el comportamiento térmico de la vivienda productiva rural en el clima frío húmedo en el corregimiento de Berlín en el municipio de Tona, Santander.
- 5.** Aplicar un método de comparación de eficiencia térmica para diferentes configuraciones espaciales en la vivienda rural productiva.

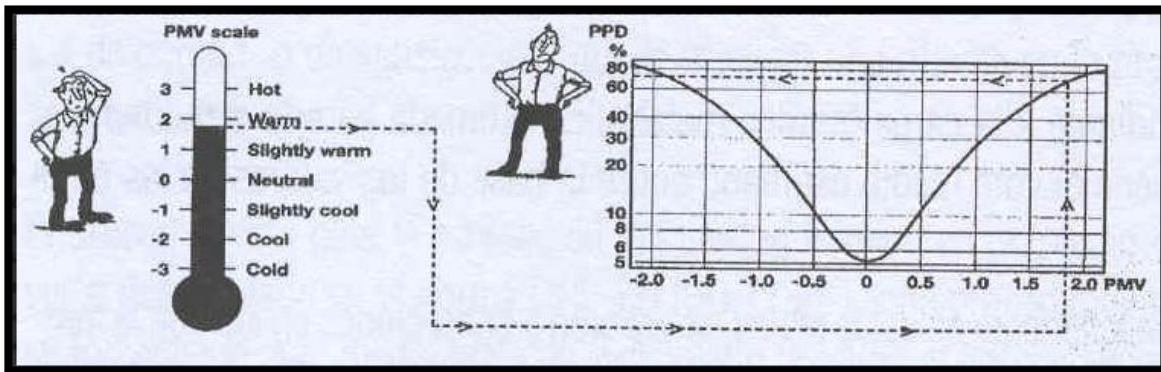
2. Marco Referencial

La vivienda rural productiva aislada debe responder a diferentes condiciones climáticas. En particular, debe responder a los cambios de temperatura del aire, a la radiación solar, a la humedad relativa y a la velocidad del viento; la comprensión de estas variables en el diseño de la vivienda permite garantizar al habitante la sensación de comodidad en su espacio. El conocimiento de las condiciones de confort térmico interior asociado con la toma de decisiones conveniente para el diseño de espacios interiores, garantiza que los habitantes obtengan un ambiente térmico eficiente y digno que garantice la habitabilidad y por consiguiente mejoren su calidad de vida.

Existen diferentes parámetros (o variables) para obtener los índices que permiten definir el nivel de confort térmico aceptable y el grado de disconformidad de los habitantes, entre los que se encuentran:

2.1 Modelo Estético.

Propuesto por (FANGER, 1970) en donde propone una ecuación válida para interiores, conocida como el índice de la opinión media prevista (Predicted Mean Vote: PMV) que realiza la predicción de la sensación térmica promedio para un gran grupo de personas, en la escala de sensación térmica de siete puntos de ASHRAE que demuestra en la siguiente figura, y una vez está prevista la sensación térmica puede ser transferido a la comodidad térmica en forma de porcentaje predicho de personas en un grupo grande que no estarán satisfechas, con intervalos PMV. Un PMV de 0 no significa que cada individuo tiene neutralidad térmica por lo que incluso entonces el PPD no es cero. El cuál es la base de la norma internacional ISO Standard 9920:2010.

Figura 1. Índice de Fanger.

Adaptado de Iso 9920, (2010)

En el uso de esta gráfica se advierte que en ambientes neutros donde el voto medio vale cero, existe aproximadamente también un 5% de insatisfechos, por lo que aun, y en las mejores condiciones, siempre habrá una pequeña proporción de personas insatisfechas. Un ambiente térmico se considera aceptable cuando el porcentaje estimado de insatisfechos está por debajo del 10%

Estos índices se determinan basándose en seis parámetros

- Velocidad del aire
- Temperatura Radiante media
- Temperatura Seca
- Presión de Vapor
- Metabolismo de la persona
- Tipo de aislamiento térmico del vestuario

Fanger estructuró el índice PMV mediante estudios estadísticos, haciendo que un determinado número de personas, expuestas a un determinado ambiente térmico, dieran una calificación al grado de confort en función de la siguiente escala numérica.

Tabla 1. *Predicted Mean Vote (PMV)*

Sensación Térmica	Muy Frio	Frio	Ligeramente frio	Confortable	Ligeramente Caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3

Adaptado de ISO 9920 (2010)

El promedio de las calificaciones dadas para ese ambiente térmico, es el valor PMV para esa situación en concreto. Existen una serie de tablas que facilitan el propio método donde se encuentran relacionadas las siguientes variables

- Carga térmica metabólica
- Temperatura
- Velocidad relativa del aire respecto del cuerpo
- Tipo de vestido

Así en función de la carga metabólica estimada de la actividad que desarrolla el operario, se elige la tabla adecuada y, en función del resto de variables, se toma el valor PMV

Por otro lado, también extrajo de esos estudios estadísticos una serie de tablas. En ellas se podía predecir el porcentaje de gente que se encontraría térmicamente incómoda para un determinado valor de PMV.

2.1.1 Evaluación del Aislamiento por Ropa

La ropa reduce la pérdida de calor. Por lo tanto, se clasifica según su valor de aislamiento. El valor de aislamiento térmico que proporciona la ropa puede estimarse mediante la consulta de las tablas ISO 7730, ISO 9920. Dichas tablas facilitan su cálculo a partir de combinaciones habituales de ropa, o bien, mediante la selección personalizada de las prendas del trabajador. Si la tarea se desarrolla sentado, entonces al valor del aislamiento proporcionado por la ropa se le debe

añadir el aislamiento que el asiento proporciona. Las unidades para medir el aislamiento térmico de la ropa son el Clo, y los metros cuadrados Kelvin por vatio. (m^2K/W)

Siendo así, la unidad normal usada para medir el aislamiento de ropa es la unidad Clo, aunque también se utiliza la unidad más técnica de m^2K/W (1Clo: $0.155m^2K/W$)

Como complemento, la escala de ropa (Clo) se ha diseñado considerando que una persona desnuda tenga un calor de 0.0 Clo, y alguien vestido con un traje tipo negocio tenga un calor de 1.0 Clo. En las siguientes tablas se muestran algunos valores normales de Clo.

Tabla 2. Valores del Aislamiento de la Ropa en Clo.

Tipo de Ropa	Aislamiento Térmico (clo.)
Desnudo	0 clo.
Ropa Ligera (ropa de verano)	0.5 clo.
Ropa Media (Traje completo)	1 clo.
Ropa Pesada (Uniforme militar de invierno)	1.5 clo.

Adaptado de INSHT-NTP74 Ergonomía del ambiente térmico UNE en ISO 9920. (2010)7

Tabla 3. Aislamiento Térmico por Prendas

TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)
<i>Ropa Interior</i>		<i>Vestido manga corta</i>	0.29
Sujetador + tanga	0.04	<i>Vestido manga larga de verano</i>	0.29
Sujetador + media hasta la rodilla+ tanga	0.06	<i>Vestido de manga larga de invierno</i>	0.40
Tanga hombre	0.03	Jersey	
Calzoncillo Corto	0.04	<i>Ligero manga corta con cuello V sintético</i>	0.25
Calzoncillo media pierna	0.08	<i>Ligero manga corta cuello en V de algodón</i>	0.20
Camiseta de tirantes de algodón	0.06	<i>Ligero manga larga sintético</i>	0.28

TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)
Camiseta de algodón	0.10	<i>De manga larga sin cuello de lana</i>	0.36
TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento Térmico (clo)
Camiseta manga larga de algodón	0.12	Varios	
<i>Camisas y Blusas</i>		<i>Overol</i>	0.52
Polo de manga Corta	0.17	<i>Chaqueta de trabajo sintética</i>	0.21
Camiseta de manga Corta	0.19	<i>Chaqueta de trabajo de algodón</i>	0.26
Camisa de manga larga ligera	0.20	<i>Blusa de laboratorio</i>	0.35
Camisa de manga larga normal	0.25	<i>Smoking de verano</i>	0.13
Camisa de manga larga Franela	0.34	<i>Smoking de invierno</i>	0.45
Blusa sin cuello	0.25	<i>Chaleco</i>	0.13
<i>Pantalones</i>		Zapatos – Calcetines	
Pantalones cortos de algodón	0.08	<i>Calcetines Finos</i>	0.02
Pantalón ligero	0.20	<i>Calcetines gruesos</i>	0.05
Pantalón normal	0.25	<i>Media pierna finos</i>	0.03
Pantalón de franela	0.28	<i>Media pierna gruesos</i>	0.10
Pantalón-peto con tirantes	0.28	<i>Zapatos – Calcetines</i>	0.03
<i>Faldas y Vestidos</i>		<i>Zapatilla de deporte</i>	0.02
Falda altura rodilla verano	0.15	<i>Guantes gruesos</i>	0.08
Falda altura rodilla invierno	0.23	<i>Pasa montañas o bufanda de lana</i>	0.05

Adaptado de Modelo Pedro. Gregori Torada, Enrique: Ergonomía 2 confort y estrés térmica alfa omega – UPC México 2001

Para esta investigación se definió el factor de la vestimenta, por prendas de la siguiente forma

Tabla 4. *Cálculo de Factor de la Vestimenta por Prendas.*

CÁLCULO DE FACTOR DE LA VESTIMENTA POR PRENDAS			
HOMBRE		MUJER	
ROPA	(clo)	ROPA	(clo)
Camisa manga larga ligera	0.20	Sujetador + Tanga	0.04
Pantalón normal	0.25	Blusa sin cuello	0.25
Tanga hombre	0.03	Pantalón normal	0.25
CÁLCULO DE FACTOR DE LA VESTIMENTA POR PRENDAS			
HOMBRE		MUJER	
Calcetines Finos	0.02	Pasa montañas o bufanda de lana	0.05
Zapatilla de deporte	0.02	Calcetines Finos	0.03
Pasa montañas o bufanda de lana	0.05	Zapatos	0.03
Chaqueta de trabajo sintética	0.21	Chaqueta de trabajo sintética	0.21
Total	0.78	Total	0.88

Adaptado de INSHT-NTP74 Ergonomía del ambiente térmico UNE en ISO 9920. (2010)

2.1.2 Tasa de Metabolismo.

El Met es la unidad de Medida del índice metabólico y corresponde a 3.5ml O₂/kg x min, que es el consumo mínimo de oxígeno que el organismo necesita para mantener sus constantes vitales. El índice metabólico es la cantidad de energía que se libera o consume en una determinada unidad de tiempo. En un adulto, el índice metabólico basal (IMB) es la cantidad de las calorías diarias necesarias para mantener las funciones básicas de su cuerpo. El metabolismo basal se calcula en kilocalorías/día y depende del sexo, la altura y el peso, entre otros factores. Nuestro metabolismo está al mínimo mientras dormimos (0.8 Met) y se incrementa al máximo

durante actividades deportivas, pudiendo superar los 10 Met. La siguiente tabla muestra unos ejemplos de niveles metabólicos para diversas actividades.

Figura 2. *Tabla Metabólica de Acuerdo a la Actividad Realizada.*

Actividad	W.m ²
Dormir	40
Recoestado	45
Descanso, sentado	55
Descanso, de pie	70
a 2 km-h ⁻¹	110
Caminar en horizontal, suelo llano y firme sin carga	
a 3 km-h ⁻¹	140
a 4 km-h ⁻¹	165
a 5 km-h ⁻¹	200
Caminar en horizontal, suelo llano y firme con carga	
10kg, 4 km-h ⁻¹	185
30 kg, 4 km-h ⁻¹	250
Caminar cuesta arriba, suelo liso y firme sin carga	
Inclinación de 5°, 4 km-h ⁻¹	180
Inclinación de 15°, 3 km-h ⁻¹	210
Inclinación de 25°, 3 km-h ⁻¹	300
Caminar cuesta arriba, suelo liso y firme con una carga de 20 kg	
Inclinación de 15°, 4 km-h ⁻¹	270
Inclinación de 25°, 4 km-h ⁻¹	410
Caminar cuesta abajo a 5 km-hol, sin carga	
Inclinación de 5°	135
Inclinación de 15°	140
Inclinación de 25°	180
Subir por una escalera de mano, inclinada 70°, a un velocidad de 11,2 m-min ⁻¹	
Sin carga	290
con una carga de 20 kg	360
Empujar o tirar de una vagoneta, 3,6 km-h ⁻¹ , suelo llano y firme	
fuerza de empuje: 12 kg	290
fuerza de tiro: 16 kg	375
Empujar una carretilla, suelo llano, 4,5 km-h ⁻¹ , ruedas de goma, 100 kg de carga	230
Limar hierro	
42 golpes de lima/min	100
60 golpes de lima/min	190
Trabajar con un mazo, a 2 manos, peso del mazo 4,4 kg, 15 golpes/min	290

Trabajo de carpintería	serrado a mano	220
	serrado a máquina	100
	cepillado a mano	300
Colocar ladrillos, 5 ladrillos/min		170
Atornillar		100
Cavar una zanja		290
Actividad sedentaria (oficina, hogar, escuela, laboratorio)		70
De pie, actividad ligera (comprar, laboratorio, industria ligera)		95
De pie, actividad media (dependiente de tienda, trabajo doméstico, trabajo con máquina)		115
Trabajo con máquina herramienta		
	ligero (ajuste, montaje)	100
	medio (carga)	140
	pesado	210
Trabajo con una herramienta manual		
	ligero (pulido ligero)	100
	medio (pulido)	160
	pesado (taladrado pesado)	230

Adaptado de Determinación del metabolismo energético. (1999)

Nota: 1 Met equivale a 58.2 w/m²

Para esta investigación se definió que la tasa de metabolismo a utilizar es:

Tabla 5. *Tasa de Metabolismo*

TASA DE METABOLISMO			
HOMBRE		MUJER	
Actividad	(met)	Actividad	(met)
De pie, actividad media	1.98	Cocinando	1.8
Total	1.98	Total	1.8

Nota: Esta tabla demuestra el metabolismo que se tendrá en cuenta para la simulación térmica, dentro de la vivienda tipo, determinado dependiendo de las principales actividades que se llevan a cabo dentro de la construcción

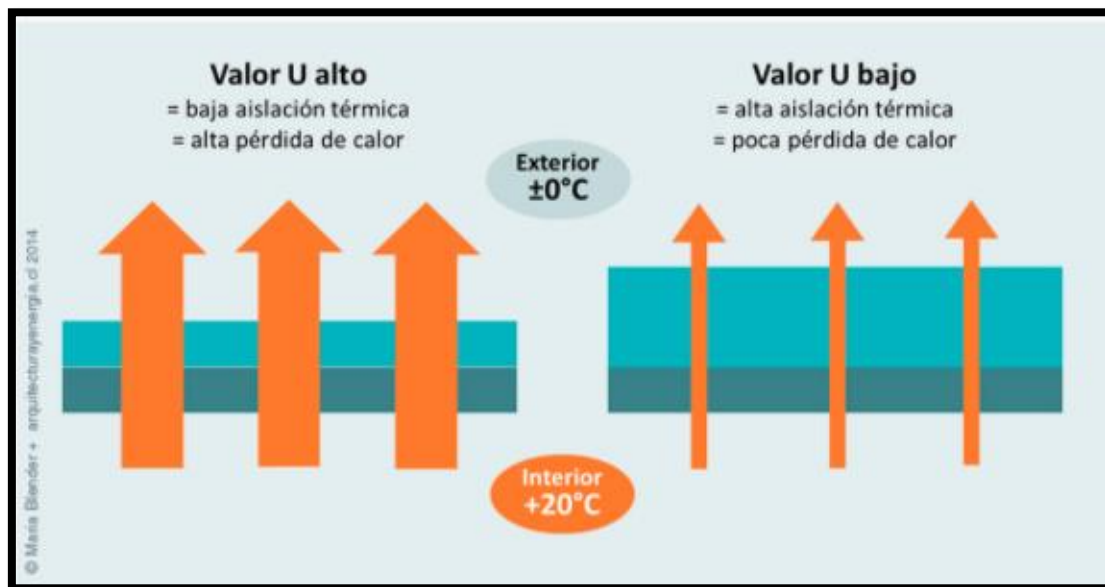
Adaptado de Determinación del metabolismo energético.

2.1.3. Tansmitancia Térmica (Valor U).

De acuerdo con la normativa NCH 853-2007, la tansmitancia térmica se define como el “flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes separados por dicho elemento.” Por lo tanto, la unidad dentro del sistema métrico decimal es el $(W/m^2 \cdot C)$, Watt por metro cuadrado por Celsius.

La tansmitancia térmica es una característica específica de un elemento constructivo, como un muro o techo. Depende de la conductividad térmica y la geometría de los materiales que lo componen, así como de la radiación térmica y la convección en las superficies del elemento. Se utiliza principalmente para determinar la pérdida de calor de un edificio a través de los elementos que componen la envolvente.

Figura 3. El valor U. Tansmitancia Térmica en Edificaciones.



Adaptado de Dossier de Servicios Energéticos VERUS

Las variables de transmitancia térmica y el efecto de aislamiento térmico (resistencia térmica) son indirectamente proporcionales. Esto quiere decir que cuanto mayor sea la transmitancia térmica, menor será el efecto de aislamiento térmico del elemento.

El valor de U depende de la resistencia térmica de cada uno de los elementos que componen la superficie. Y, en particular, ésta obedece al espesor de cada capa y a su conductividad térmica. Revisemos las fórmulas necesarias para calcular la transmitancia térmica de la envolvente.

2.1.3.2 Cálculo de Transmitancia Térmica. La fórmula en general para calcular el valor de U, es:

$U=1/R_t$, donde:

- U = Transmitancia Térmica ($W/m^2 \cdot C$).
- R_t = Resistencia térmica total del elemento compuesto por capas ($m^2 \cdot C/W$), que se obtiene según:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

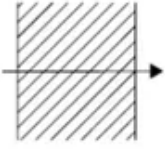
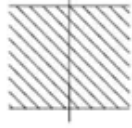
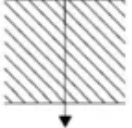
Donde:

- R_{si} = Resistencia térmica superficial inferior
- R_{se} = Resistencia térmica superficial exterior
- R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencia térmica de cada capa, que se obtienen según:

$R = e/\lambda$, donde:

- e = Espesor del material (m)
- λ = Conductividad térmica del material ($W/C \cdot m$).

Figura 4. Resistencia Térmica Superficiales de Cerramiento en Contacto con el Aire Exterior en $m^2 \cdot C/K$.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Adaptado de Dossier de Servicios Energéticos VERUS

2.1.4. Parámetros a Medir

Cuando se mide el ambiente térmico de una vivienda es importante recordar que la persona no puede sentir la temperatura local, sino el calor que pierde su cuerpo. Por lo tanto, los parámetros que se deben medir son aquellos que afectan la pérdida de energía. Aquí se señalan:

Tabla 6. Parámetros a Medir en la Salida de Campo

TA	Temperatura del aire	$^\circ C$
TR	Temperatura radiante media	$^\circ C$
TI	Temperatura Interna	m/s
HR	Humedad Relativa	%

Estas mediciones se toman con el propósito de hacer un pre-dimensionamiento análogo de la Temperatura operativa, para entender el contexto térmico sobre el cual el usuario hace intercambio de temperatura al interior de la vivienda e identificar posibles fenómenos de sobre enfriamiento o sobrecalentamiento.

2.2 Marco Legal

Este proyecto se rige por la legislación vigente sobre Políticas Públicas de Construcción Sostenibles en Colombia:

- La Ley 388 de 1997: Esta ley preserva la autonomía de cada persona en su territorio, rigiéndose por las normativas referentes al espacio público y al concepto que dice “el bien común prima sobre el bien particular”.
- Resolución No. 549 de 2015. Plantea las normas constructivas y de ahorro energético que oscilan entre el 20 y el 30% que deben cumplir las nuevas construcciones en el país.
- Decreto 1285 del 2015: Este Decreto define los lineamientos políticos sobre la construcción en el contexto de un urbanismo sostenible, que incluya “el acompañamiento a las entidades territoriales para el desarrollo de incentivos locales, la definición de estándares de diseño y construcción para el uso eficiente de los recursos.
- Ley 210 del 2016: Esta ley tiene como objetivo establecer los lineamientos para la formulación de la política; se fijan los parámetros generales para otorgar beneficios económicos e incentivos financieros.
- Ley 99 de 1993: la presente ley es la encargada de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.
- Ley 1625 del 2013: La presente ley tiene por objetivo dictar normas orgánicas para dotar las áreas metropolitanas de un régimen político, administrativo y fiscal, que rigen dentro de su autonomía.

De igual manera se revisaron algunos documentos de planeación:

- Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: el punto de interés para el estudio es el fortalecimiento de las viviendas rurales
- La guía bioclimática de urbanismo: Esta guía tiene como intención aplicar las variables bioclimáticas con miras a un desarrollo sostenible en arquitectura.
- El Programa Nacional para el uso racional y eficiente de la energía y para las energías renovables (proure): Este programa nos habla de los enfoques que debemos tomar en el desarrollo sostenible en relación con la disminución de los impactos ambientales y el incremento de las productividades y el manejo eficiente de recursos y su impacto en los procesos productivos.
- La cámara colombiana de la construcción (Camacol). Esta es una asociación gremial de carácter nacional sin ánimo de lucro, que reúne a nivel nacional empresas y personas naturales.
- Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones: Consejo colombiano de construcción sostenible (cccs) es una organización privada y cuenta con un importante reconocimiento internacional por su aporte a la promoción de mejores prácticas en la construcción.

Por otro lado, se les dará relevancia a las siguientes normas constructivas:

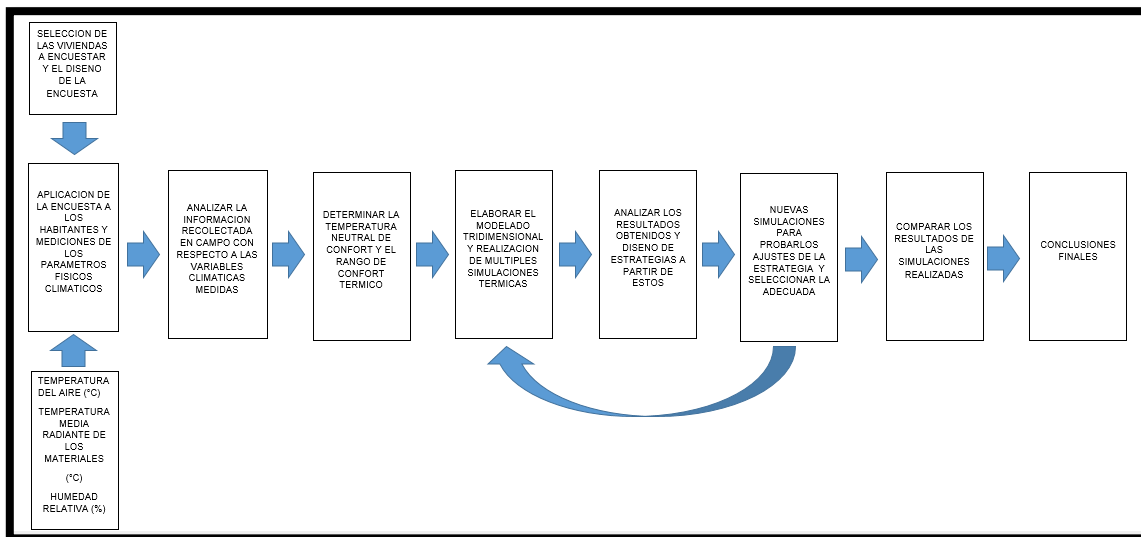
- Mejoramiento de la habitabilidad rural del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: este decreto nos ayuda a analizar a los derechos que los trabajadores agrarios tienen y como los pude ayudar el gobierno con una mayor producción.

- Norma NSR 10 título k: Este título de la NSR-10 nos define los parámetros y especificaciones arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes.

3. Metodología

La metodología empleada en esta investigación está basada en estudios realizados con enfoques cuantitativos y cualitativos. En la siguiente figura se muestra de manera simplificada el esquema metodológico con que se realizó esta investigación.

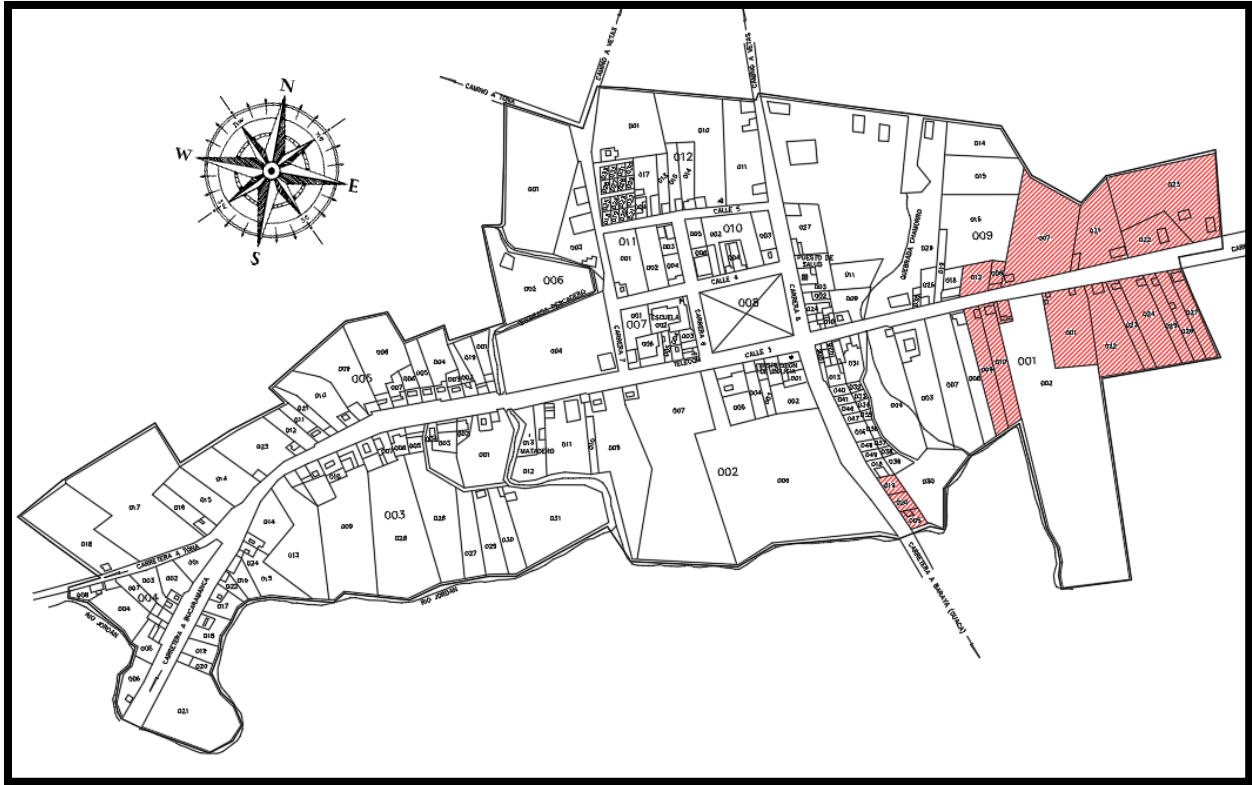
Figura 5. Desarrollo Metodológico.



Para el muestreo de esta investigación se consideraron 20 viviendas de las 285 viviendas que aproximadamente, conforman el corregimiento de Berlín. Las viviendas seleccionadas corresponden al 7% del total de las viviendas del corregimiento. De esta manera, el tamaño de la muestra corresponde al método científico utilizado, según el cual, el muestreo fué deliberado, crítico o por juicio; esto quiere decir, que la muestra se seleccionó con base en el conocimiento de

la población y de acuerdo con el propósito del estudio. En este caso, la investigación requería viviendas productivas aisladas, las cuales han sido señaladas con color rojo, en la siguiente figura.

Figura 6. Zona de Muestreo.



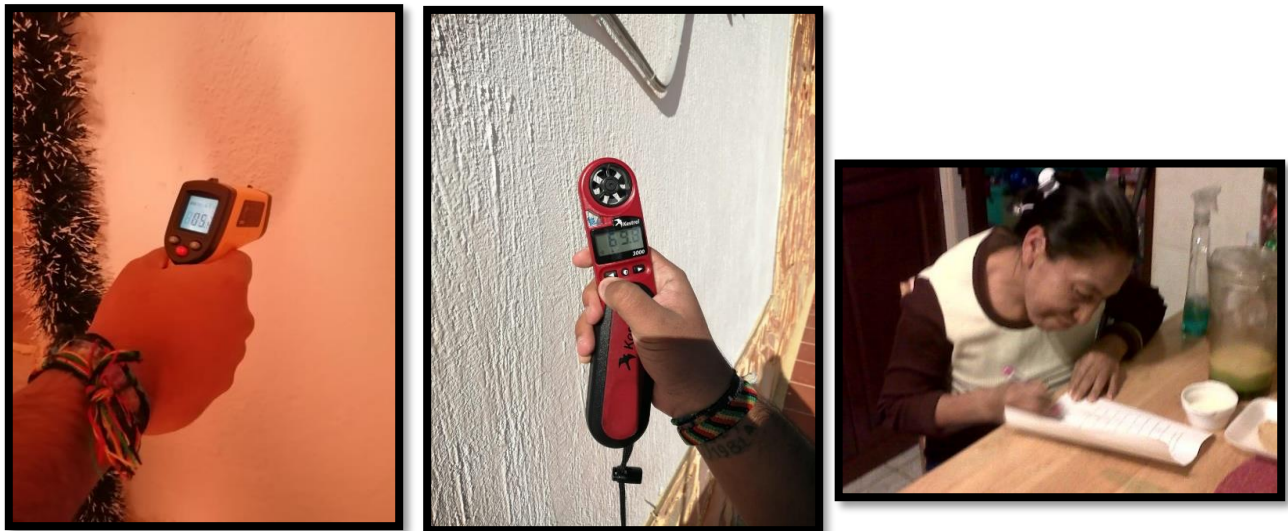
Adaptado de EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial) del corregimiento de Tona.

A continuación, se explican los aspectos más relevantes en la metodología para el trabajo de campo:

- Se tomó como criterio que en cada vivienda puede realizarse una sola encuesta, cuidando que los individuos encuestados fueran mayores de 18 años y menores de 70 años.
- Las encuestas se realizaron tanto en horario matutino como vespertino, en horarios comprendidos entre las 9:00 a.m. y las 4:00 p.m.

- Las mediciones se realizaron en horario de 4:00 p.m. a 6:00 p.m.,
- El área donde se procuró instalar el equipo de medición fue la sala. La mayoría de las veces el equipo interno se instaló en el centro del espacio, entre 0.5 m y 1.2 m de distancia de la superficie, el equipo externo se instaló en los porches de la vivienda a una altura entre 0.9 y 1.2m.
- Una vez terminadas las preguntas sobre la percepción del ambiente, se anotaron los parámetros climáticos que los equipos de medición marcaron: la temperatura del aire interior, temperatura del aire exterior, temperatura radiante interna y temperatura radiante externa de los materiales de la vivienda. Estos sirvieron para constatar resultados con la simulación en el software *Design Builder*.

Figura 7. Evidencia Fotográfica de la Salida de Campo.



Todo este trabajo de campo se realizó durante el mes de enero del 2021 teniendo en cuenta que, según los datos históricos suministrados por el IDEAM, en este mes se presentan las temperaturas medias más altas.

En el caso de las viviendas elegidas se tomaron mediciones de humedad relativa interior, temperatura radiante de los muros y cubierta, temperatura del aire interior y exterior. Estas variables fueron empleadas para determinar el índice de Fanger.

Para el desarrollo de esta investigación se establecieron los siguientes parámetros conductuales y psicológicos que tienen un efecto significativo en la percepción que las personas tienen del espacio.

Se desarrolló un modelo predictivo de adaptación de confort térmico interior en la vivienda productiva rural aislada en el que se combinaron las características de los modelos estáticos y adaptivos, permitiendo la retroalimentación de las relaciones vinculantes, debido a la posibilidad que disponen los ocupantes de modificar las condiciones térmicas de la vivienda.

Para la evaluación del confort térmico interior se empleó la encuesta de percepción con escala administrada a los ocupantes de las viviendas. Para lo que se adaptaron los valores de la escala de ASHRAE Tabla N°7. Esta encuesta contiene dos grupos de información.

Tabla 7. *Valores de la Escala de Ashrae.*

PARÁMETROS	Ambientales	Temperatura del aire
FACTORES	Adaptabilidad del Espacio	Humedad relativa
		Velocidad del aire
		Modificación de elementos y dispositivos
		Movilidad del ocupante del espacio
		Sexo
	Fisiológicos	Edad
		Peso
		Tasa de metabolismo
		Estado de salud
		Intercambio de calor por ingestión de bebidas y alimentos
Socioculturales y psicológicos	Historial térmico	
	Tiempo de permanencia	
	Variabilidad temporal y estímulo físico ambientales	
	Tipo de vestimenta	
		Expectativas de confort
		Contacto visual con el exterior

Nota: Este cuadro nos presenta las variables de parámetros (ambientales, adaptabilidad del espacio) y factores (fisiológicos, socioculturales y psicológicos) a tener en cuenta al momento de la simulación térmica.

Adaptado de información recopilada en salida de campo.

Uno se refiere a las características del edificio, la identificación de las personas, el tipo de ropa que usa y su actividad durante los 30 minutos previos al momento de la encuesta. La segunda parte se refieren a la evaluación de la sensación térmica del sujeto, para lo que se utilizaron tres escalas

Propuestas en la norma ISO 7730 (2005) y el Ashrae Standard 55(2013). De acuerdo a estas, a la persona se le encuesta sobre su percepción térmica (Escala de confort ASHRAE), donde 0 es neutral y donde +3 es mucho calor y -3 es mucho frio; la aceptación personal (aceptable o no aceptable); También se le pregunta sobre su humedad superficial y si sensación de humedad.

Tabla 8. *Escala de Confort ASHRAE.*

PUNTUACIÓN	ESCALA ASHRAE	ESCALA DE BEDFORD	ACEPTABILIDAD	PREFERENCIA (MCINTYRE)
3	Caliente	Demasiado cálido	Inaceptable	Quiere más fresco
2	Cálido	Muy cálido		
1	Levemente cálido	Cálido confortable	Aceptable	Sin cambio
0	Neutral	Confortable		
-1	Levemente fresco	Fresco confortable		
-2	Fresco	Muy fresco	Inaceptable	Quiere más cálido
-3	Frio	Demasiado fresco		

Nota: Esta tabla nos muestra la escala de Ashrae y de Bedford, y como varia el confort térmico de las personas, tomando de base estas escalas para determinar el confort térmico adecuado de la vivienda tipo.

Adaptado de Iso 9920, (2010)

3.1 Instrumentos de Medición Utilizados

Las temperaturas del aire interior y humedad relativa se midieron con el kestrel 3000 cuyas especificaciones son:

- Velocidad del viento: m/seg, escala 0.1 a 40.00m/s, resolución 0.1m/s, precisión ≤ 3937 ft/min: $\pm 3\%$ F.S o ≥ 3937 ft/min: $\pm 4\%$ F.S.
- Temperatura/Termisor: Escala -10 a 55°C (14 a 131°F), resolución 0.1 °F/C, precisión $\pm 1.2^\circ\text{C}$ ($\pm 2.5^\circ\text{F}$)
- Humedad relativa: Escala 10.0 a 95.0%, resolución 0.1% precisión $\pm 4\%$ HR (de 10% a 70%HR) o $\pm 4\%$ Lect. $+1.2\%$ HR($>70\%$ HR).

Figura 8. *Equipo Utilizado en la Investigación, Medidor de Ambientes Kestrel ref. 3000*



Adaptada de la página de Kestel.

Termómetro de mano profesional para medir temperaturas sin contacto con grado de emisión ajustable con las siguientes especificaciones:

- Rango de temperatura infrarroja, -50°C a 330°C o -58°F a 626°F
- Resolución óptica 20:1
- Tiempo de respuesta: 150ms
- Longitud de onda: 8-14 μm
- Emisividad, digital ajustable desde 0.1 hasta 1.0
- Temperatura de operación, 0 a 50°C (32 a 122°F)
- Temperatura de almacenamiento: -10 a 60°C (14 a 140°F)

Figura 9. *Equipo Utilizado en la Investigación, Termómetro Infrarrojo Lasergrip gm 400*



Adaptado de gadgetmou.

3.2 Etapa de Reconocimiento

La primera etapa de reconocimiento consiste en la identificación de las variables necesarias para el análisis bioclimático de los casos concretos de estudio, las cuales se verán a continuación:

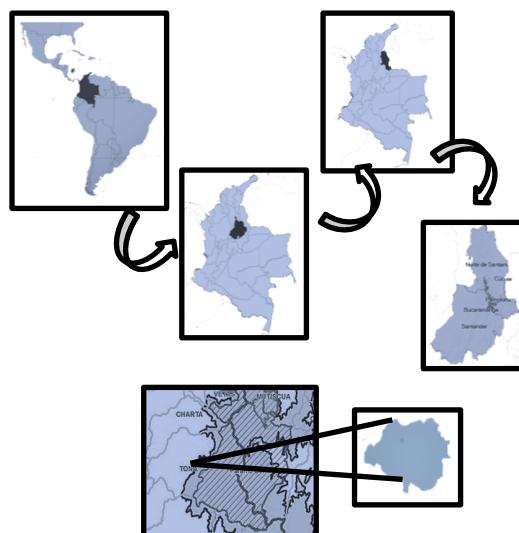
- El entorno

- El Clima
- Los usuarios
- La arquitectura

3.2.1 El entorno

Para zona de estudio se escogen las viviendas rurales aisladas en el corregimiento de Berlín municipio de Tona. El Páramo de Berlín, ubicado al nororiente del departamento de Santander entre los municipios de Toná (Santander) y Silos (Norte de Santander), es parte del Páramo de Santurban, está atravesado por la vía carreteable que comunica las capitales departamentales de Santander y Norte de Santander, e históricamente se ha consolidado como un emporio de producción de cebolla larga, siendo esta la principal actividad económica del centro poblado que lleva su mismo nombre. Fué fundado el 25 de febrero de 1550 la superficie actual de tona es de 42 km² está a una altitud de 3310 msnm y la población actual según el último censo realizado por el DANE de es 7085 habitantes y la densidad del municipio de Tona es de 20.72 hab/km².

Figura 10. Localización.



Adaptado de Google Maps

El municipio de Tona, está a tan sólo 37 km de Bucaramanga. Sin embargo, Berlín viene siendo un corregimiento del municipio de Tona, y se encuentra ubicado en el Km 67 de la vía que conduce de Bucaramanga a Cúcuta. **(Ver figura 11).**

Figura 11. *Plano Localización y Corte Topográfico.*



Adaptación gauus Vemir(2020)

3.2.2 Accesibilidad

La única ruta para llegar al corregimiento de Berlín es terrestre y va desde Bucaramanga hasta Tona (por la Vía Bucaramanga-Cúcuta). Su distancia desde la capital de Santander es de 74 Km y la duración aproximada del viaje es de 1h 44 minutos en carro; 4h 20 minutos en bicicleta; y 12h 21 minutos a pie. **(Ver figura 12 y 13).**

Figura 12. *Plano Localización y Corte Topográfico*

Adaptación de gauss Vemir2020

Figura 13. *Plano Localización y Corte Topográfico*

Adaptado de Google maps (2020)

3.2.3 Aspectos Socioeconómicos

Este estudio tiene como prioridad ofrecer información relevante para el futuro diseño de viviendas bioclimáticas en las zonas más vulnerables del corregimiento de Berlín, municipio de Tona. Los siguientes datos están basados en informes de economía, industria, ganadería, minería, población y servicios que han sido elaborados por la gobernación de Santander sobre el municipio de Tona y la zona del páramo de Santurbán. (Alcaldía de Tona, 2019)

3.2.3.1 Agricultura. El corregimiento de Berlín basa su economía en cultivos como: cebolla junca, apio, papa, y zanahoria. La producción de cebolla se da en la zona del Páramo de Berlín en una proporción de 20 toneladas diarias, que son enviadas a Bucaramanga, Cúcuta, Pamplona y exportadas en una pequeña parte a Venezuela. (Alcaldía de Toná, 2019)

3.2.3.2 Industria. Este sector se ha desarrollado en forma muy incipiente mediante cooperativas a las cuales se han asociado empresas como lácteos del Gramal, panaderías, carpinterías, y algunas artesanías). Existen, además, algunas microempresas como la fábrica de cacaítos, caramelos típicos del municipio y la criadora procesadora de pollos Ave Oriente, ubicada en el corregimiento de la Corcova. (Gobernación de Santander, 2019)

3.2.3.3 Ganadería La ganadería es otra fuente importante de economía del municipio.

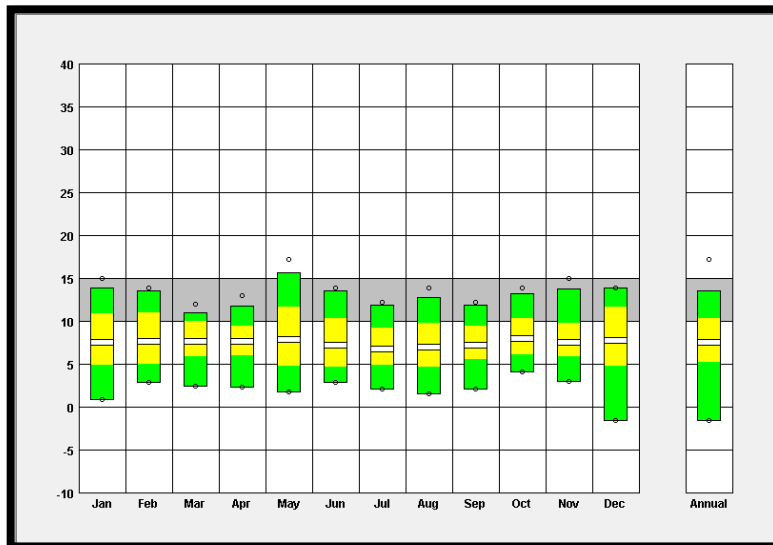
- De esta actividad se obtienen alimentos y materia prima.
- Está representada así: ganado vacuno, ovino, caballar, mular, porcinos, cunicultura, y piscicultura, especialmente la trucha.

3.2.3.4 Minería. Según el Ministerio de minas y energía, no se encuentra ninguna empresa con el aval técnico para hacer minería ni extracción de recursos en esta zona. (Ministro de minas y energía, 2019)

3.2.4 Clima.

En el siguiente gráfico, se observa que el rango máximo de temperatura se muestra en los meses de abril y mayo; por otra parte, el rango mínimo se encuentra en los meses de febrero y marzo. Aun así, se debe señalar que la temperatura media queda muy alejada de la zona de confort durante todos los meses. (Ver Figura 14).

Figura 14. *Rango de Temperatura.*

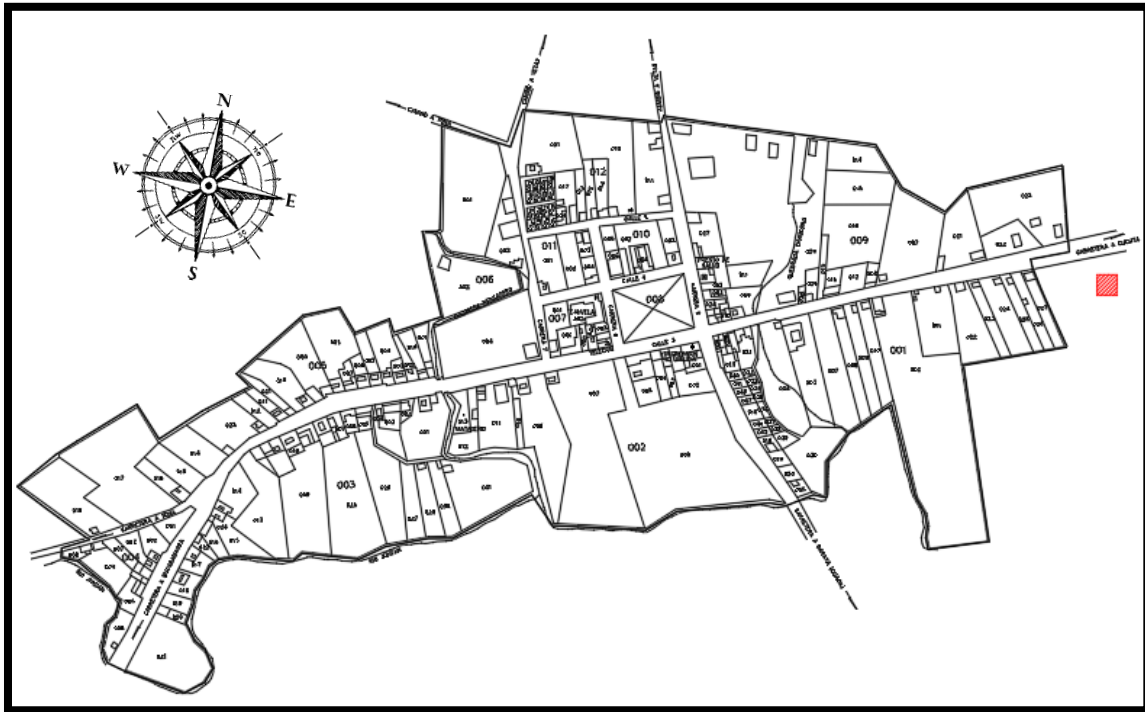


Adaptado en base a datos del IDEAM del año 2017

3.2.2.1 Estación Meteorológica. Se escoge la estación meteorológica de Berlín, área operativa 08 (Santander y Arauca), identificada en la base de datos de la CDMB, entidad a la que se le solicita la información.

La estación se encuentra ubicada en la zona rural del corregimiento de Berlín, la CDMB posee datos horarios del 2010 hasta el 2019 de radiación solar, temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa y precipitación, estas variables constituyen los parámetros necesarios para la definición del clima, el establecimiento de una zona de confort para el entorno y el ingreso de valores promedios para la simulación digital.

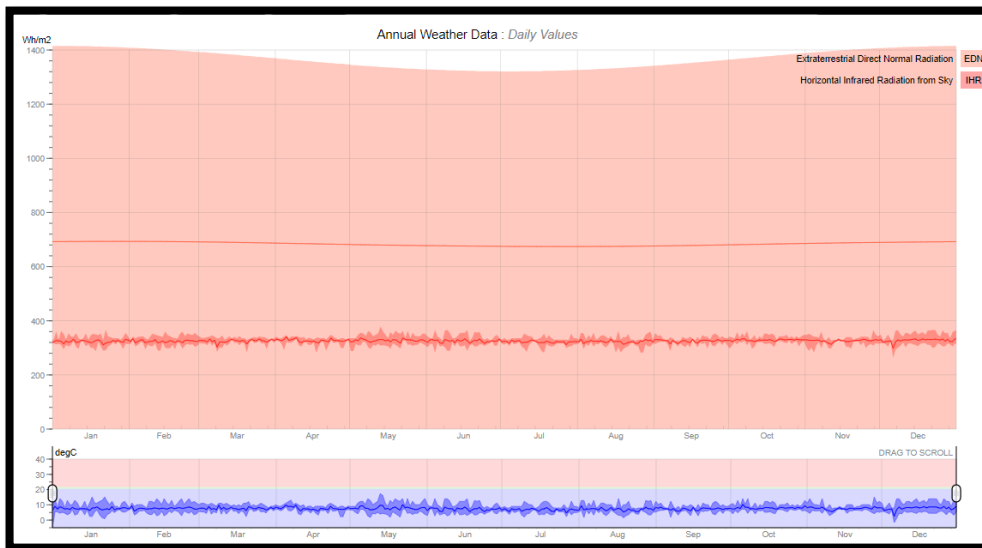
En la siguiente figura se localiza la estación para definir su proximidad con el casco urbano del corregimiento de Berlín, tanto el casco urbano como la estación se encuentran en la altitud 3.310 MSNM, por lo que puede asegurar que las condiciones medidas en la estación no difieren en gran medida a las que se presentan en el corregimiento de Berlín.

Figura 15. Localización de la Estación Meteorológica.

Adaptado EOT del municipio de Tona (2020)

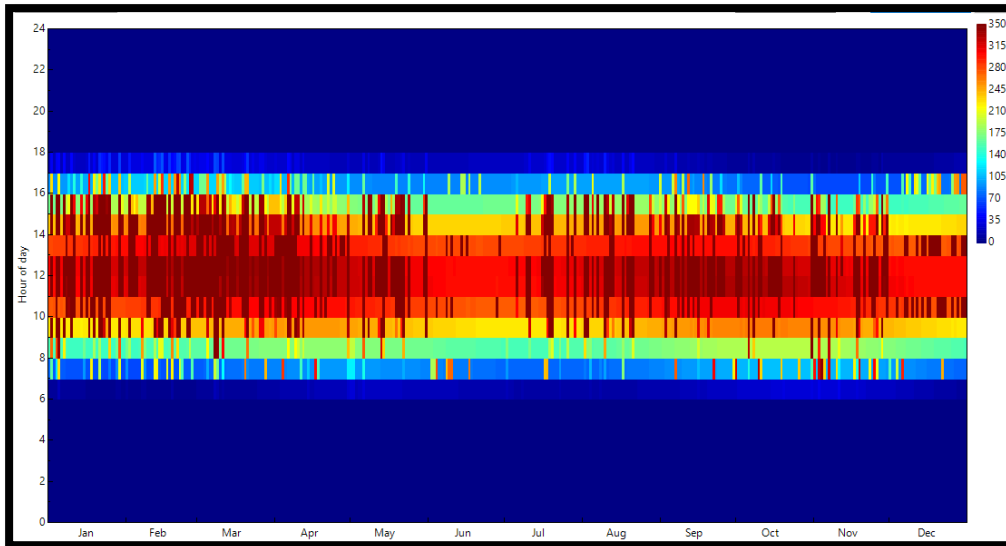
3.2.2.2 Radiación. En el siguiente gráfico se encuentran cuatro variables: la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo, la radiación global horizontal y la radiación difusa. Se observa que el comportamiento de la temperatura del bulbo seco y bulbo húmedo es muy similar en todo el año, exceptuando los meses de junio y diciembre, cuando el comportamiento de los bulbos es idéntico entre ellos. En el mes febrero, el bulbo seco tiene una pequeña elevación alcanzando la zona de confort.

La radiación difusa y la radiación global horizontal son variables todo el año. Así, la radiación global toca su punto máximo en los meses de diciembre, enero y febrero; y por otro lado, la radiación difusa tiene sus picos máximos en los meses de febrero marzo y abril

Figura 16. Promedios Diarios Mensuales de Temperatura y Radiación

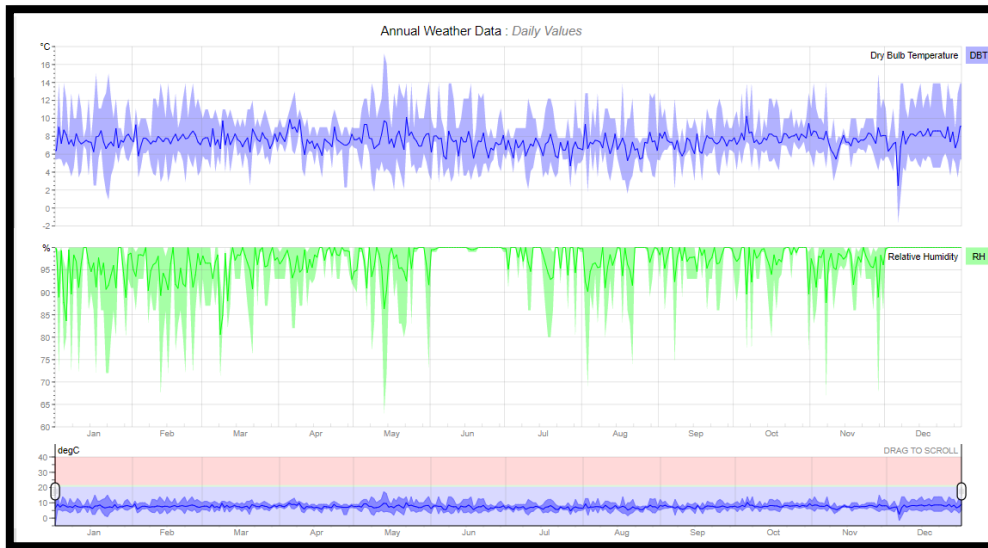
Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

3.2.2.3 Rango de Radiación. Los rangos de radiación promedio durante el año están representados en la siguiente gráfica. Allí se observa que la radiación directa normal se encuentra en sus rangos máximos durante los meses de febrero y marzo. De otra parte, la radiación global horizontal y total surface mantienen rangos muy similares para todos los meses, excepto diciembre y febrero que son rangos más altos.

Figura 17. *Rango de Radiación*

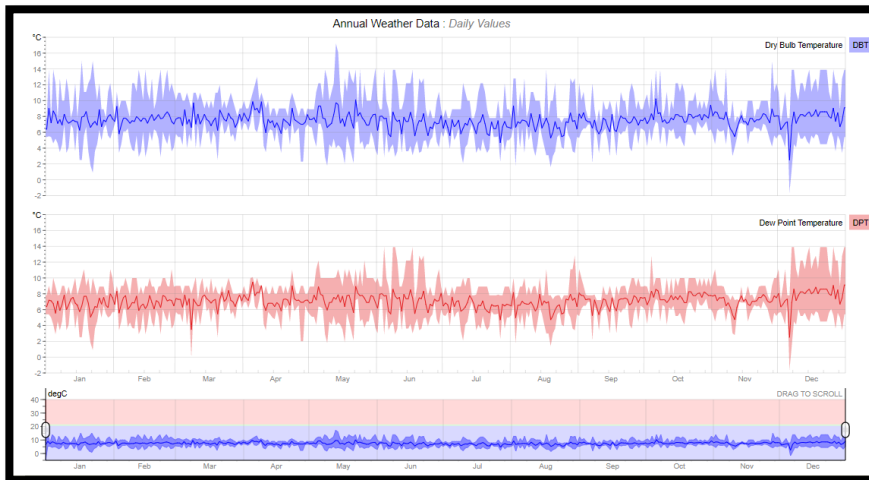
Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020.

3.2.2.4 Bulbo Seco Vs. Humedad Relativa. La humedad registrada durante cada mes del año varía entre 70% a 100% aproximadamente y sus porcentajes más bajos se presentan en las horas del mediodía. Por otro lado, la temperatura de bulbo seco registra entre 10°C y 15°C, y las horas del mediodía son las más calientes del día.

Figura 18. Rango de Bulbo Seco con Humedad Relativa.

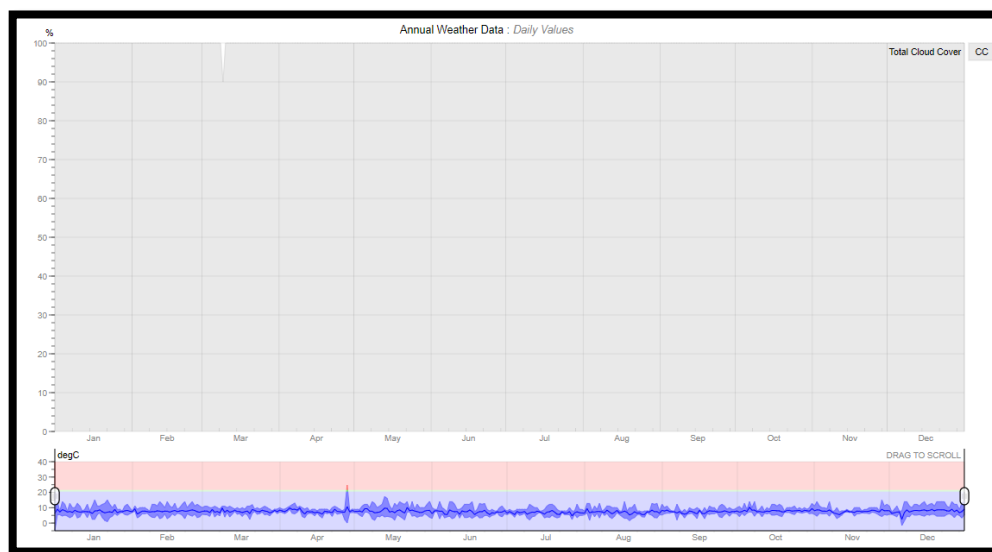
Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

3.2.2.5 Bulbo Seco Contra Punto de Rocío. En el gráfico 5 se observa el comportamiento de la temperatura del bulbo seco y del punto de rocío; en cada mes del año se evidencia un aumento proporcional entre las dos variables. Siendo así, el bulbo seco es directamente proporcional con el punto de rocío, es decir, a mayor temperatura del bulbo, mayor temperatura de punto de rocío. Y dicha tendencia se da en las horas del mediodía donde se alcanzan temperaturas de 12 °C y 10 °C respectivamente. Para las horas restantes del día, los valores de la temperatura son menores y constantes.

Figura 19. *Temperatura de Bulbo Seco con Punto de Roció*

Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

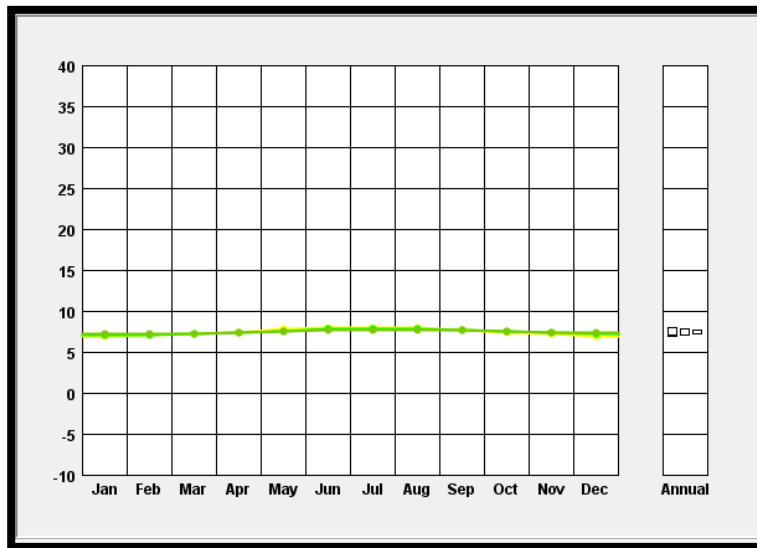
3.2.2.6 Nubosidad. El porcentaje de nubosidad en el corregimiento de Berlín es casi invariable durante todos los meses del año; es decir que constantemente presenta una nubosidad media alta. En los meses de enero, febrero y marzo se percibe un porcentaje promedio de nubosidad del 95%. El resto de meses se encuentra un porcentaje de 98% a 100%.

Figura 20. *Rango de Nubosidad.*

Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

3.2.2.7 Temperatura del Suelo. El diagrama que el IDEAM hace sobre la temperatura promedio del suelo en Tona (corregimiento de Berlín) muestra sus variaciones dependiendo de la época del año. (Ver figura 19).

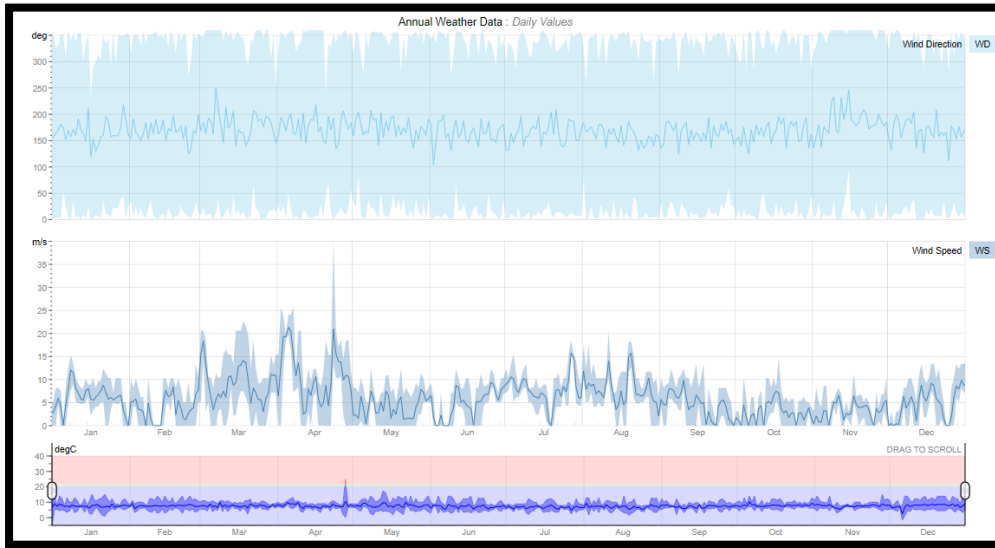
Figura 21. *Rango de Temperatura del Suelo.*



Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

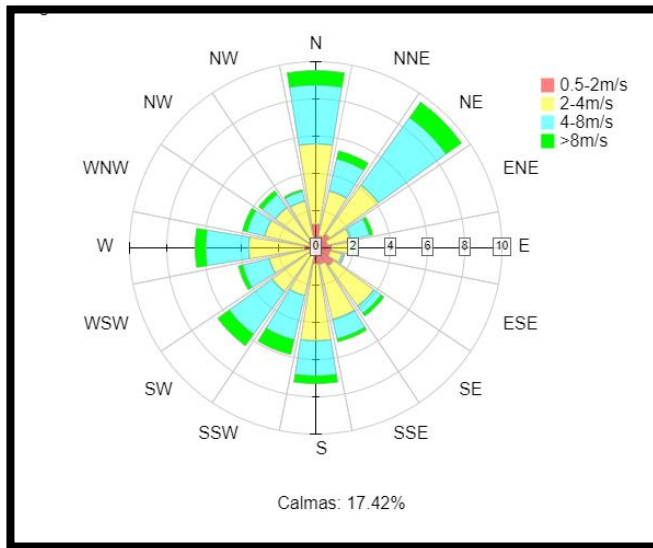
3.2.2.8 Vientos. En la gráfica del IDEAM, se observa que el rango de Velocidad del viento es variable durante todo el año con velocidades diferenciales; los meses con mayor velocidad del viento son marzo y abril, los cuales llegan a velocidades de 15 m/s.

Figura 22. Rango de Velocidad del Viento



Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

Figura 23. Rosa de los Vientos



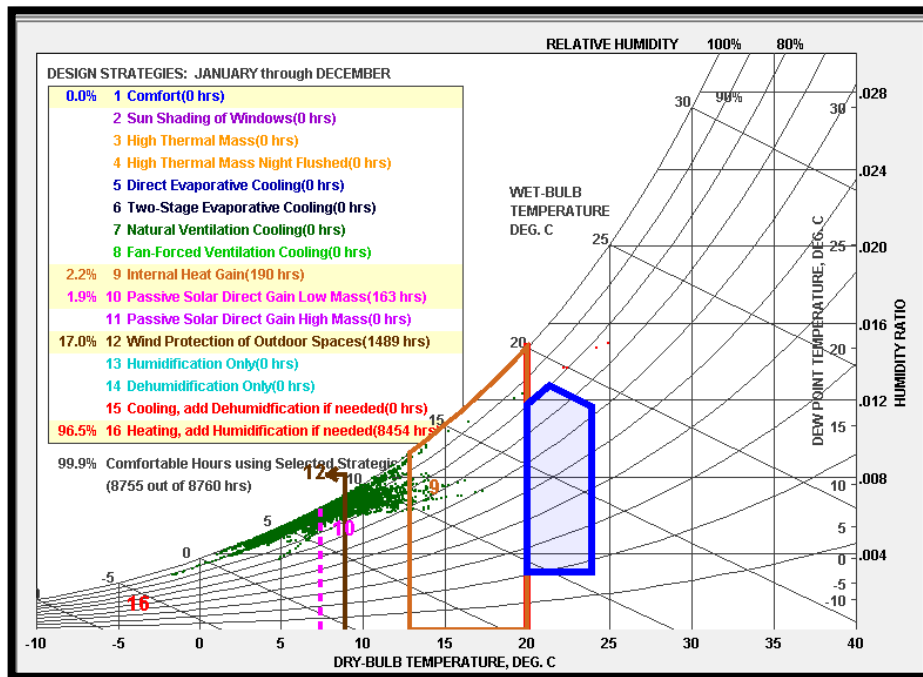
Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

3.2.2.9 Análisis del Grafico Psicométrico en Exterior. La Tabla Psicométrica que se muestra a continuación muestra las diferentes estrategias bioclimáticas que se pueden utilizar para mitigar la disconformidad térmica en el corregimiento de Berlín.

Esta gráfica es elaborada según el “adaptive comfort model en ASHRAE Standard 55-2010”. El modelo adaptivo fue desarrollado basado en estudios realizados en la universidad de California, donde realizaron estudios de campo en cuatro continentes, con condiciones climáticas diferentes entre ellos, con la idea de que sus ocupantes dinámicamente interactúan con el ambiente mediante los cambios de ropa, abrir ventanas, entre otros. El modelo adaptivo puede ser aplicado solo en edificios donde no existen sistemas mecánicos.

En el grafico psicométrico, la zona de confort esta demarcada por el color azul, los demás colores determinan las estrategias bioclimáticas que se pueden utilizar para las características del clima del corregimiento de Berlín.

Cada punto verde representa una hora del “año tipo”, para un total de 8760 horas. El porcentaje de hora que está dentro de la zona de confort es nulo. Las estrategias bioclimáticas que aumentarán el porcentaje de confort son: (9) – Internal Heat Gain, (10) – *Passive solar direc gain low Mass*, (12) – *wind protection of outdoor spaces*, (16) – *Heating, add Humidification if needed*.

Figura 24. *Análisis del Grafico Psicrométrico en Exterior.*

Elaboración propia a partir de bases de datos de CDMB e IDEAM 2017-2020

6.2.2.9 Conclusiones. Las determinantes climáticas del corregimiento de Berlín debería ser la principal preocupación para la construcción de una vivienda, basándose en ellas se genera una buena ubicación u orientación para disminuir el impacto que estas determinantes le generen a la vivienda, las determinantes son el punto más importante para el desarrollo correcto de la construcción.

3.2.3 Los usuarios. Previo al levantamiento de los casos de estudio, se debió acceder a los propietarios y usuarios de las casas, quienes autorizaron las visitas necesarias durante el tiempo pertinente para reunir la información del estudio, que consistió en encuestas, levantamientos arquitectónicos y registros fotográficos para facilitar el modelado tridimensional y el inventario de los materiales utilizados en la construcción de la vivienda rural productiva aislada.

Según la teoría adaptativa, el sistema de medición de confort consta de un cuestionario administrado a los ocupantes del edificio al mismo tiempo que se registran los parámetros ambientales interiores.

Consultar a los usuarios se hace una tarea primordial previa asunto arquitectónico debido a que finalmente es quien habita el espacio el que define su grado de confort.

3.2.4.1 Demografía. La población se concentra especialmente en el municipio de Toná, situación que está relacionada con las condiciones de accesibilidad vial y por las características agroecológicas comerciales y turísticas del área. Para el año 2009 se tiene proyectada una población de 6.006 habitantes, cálculo basado de contrastar la población de 1993 con la de 1999 que reporta un índice de crecimiento poblacional de 1.109262229. (ver tabla 10) (Alcaldía de Toná, 2019)

Actualmente un 26% del total de las viviendas en Tona se encuentran en arriendo, lo que equivale aproximadamente a 48 familias que a un futuro pueden ser potenciales demandantes de vivienda; en 59 viviendas viven sus propietarios

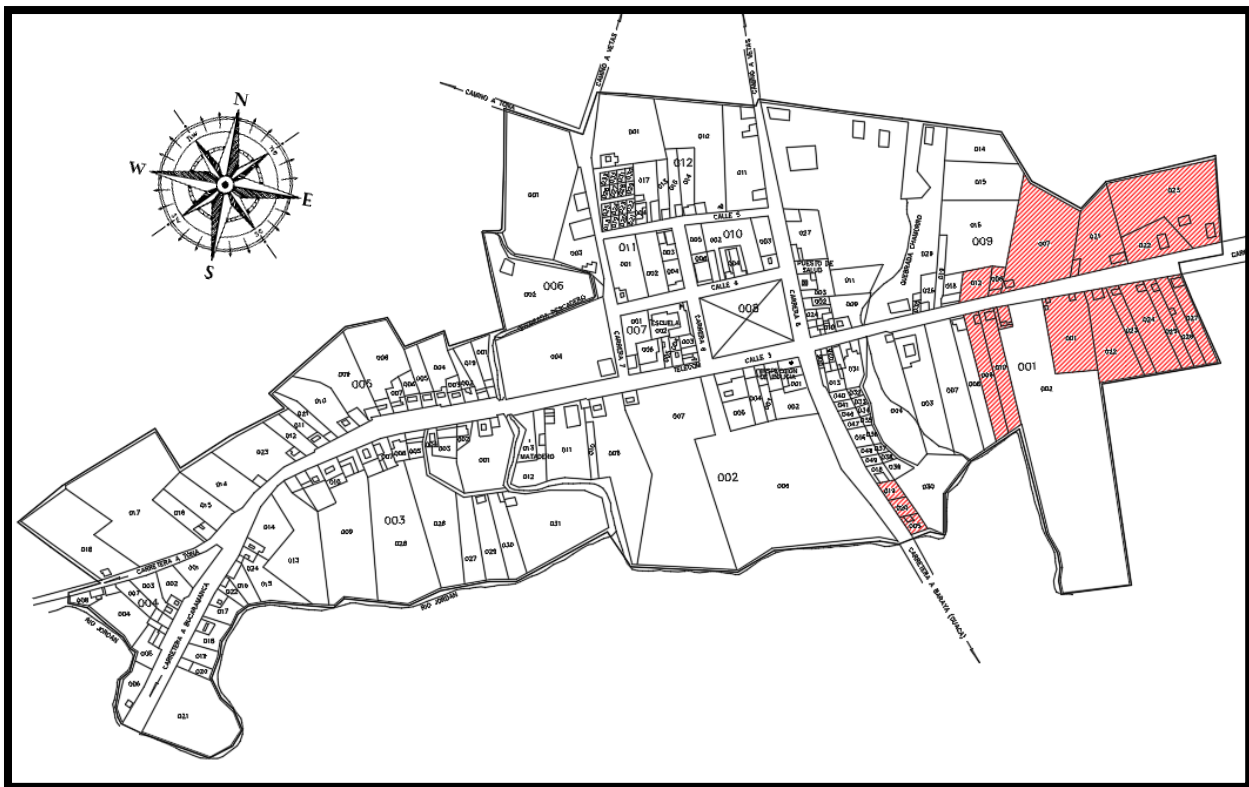
Tabla 9. *Porcentaje de Población (Alcaldía de Toná, 2019)*

Población	Hombres	Mujeres	Total
Población de Cabecera	178	185	363
Población Resto	1078	771	1849
Total	1256	956	2212

Adaptación de información brindada por la alcaldía de Tona (2020)

3.2.4.2 Localización de Casos de Estudio. La selección de los casos estudiados dependió de un análisis de observación y un método de muestro critico o por juicio, es decir que se seleccionó con base en el conocimiento de esa población y de acuerdo con el propósito del estudio, donde nos enfocábamos en la vivienda productiva rural aislada, las viviendas elegidas han sido señaladas con el color rojo, en la siguiente figura.

Figura 25. *Viviendas Encuestadas.*



Adaptado EOT del municipio de Tona (2020)

3.2.4.3 Encuesta. Como se mencionó anteriormente para definir una zona de confort, según el modelo adaptivo es necesario conocer ciertos factores del usuario, sobre los cuales se profundizará más adelante, para obtener estos datos se generó un formato de encuesta, a partir de

estas encuestas y los levantamientos arquitectónicos realizados se puede determinar la vivienda tipo del corregimiento de Berlín.

3.2.3.3.1 Primera Pregunta. Género, con esto podemos identificar y afirmar lo que nos plantea el estudio realizado por GPA en España que los hombres tienen más riesgo de sufrir enfermedades cardiacas en condiciones normales, pero han surgido ciertos estudios realizados por Biobanco de Reino Unido donde se refuta, esto ya que las mujeres con ciertos factores aumentan las posibilidades de haber sufrido y sufrir enfermedades cardiacas, también se ratifica que la primera causa de mortalidad en las mujeres no es el cáncer de mama. La mayoría de las mujeres mueren de enfermedades cardiovasculares. Así en Europa alrededor del 40% de todas las mujeres sufren enfermedades Cardiovasculares.

3.2.3.3.2 Segunda Pregunta. Edad, El análisis de la edad debe hacerse para hacer un porcentaje de las personas que sufran de enfermedades cardiacas por esta, ya que según estudios realizados por el doctor López Ferre en el 2012, ya que la insuficiente cardiaca afecta en un 10% personas mayores de 70 años y esta es la principal razón por la que las personas mayores de 65 años son hospitalizados.

3.2.3.3.3 Tercera Pregunta. ¿Cuánto tiempo al día pasa dentro de la vivienda?, según un estudio realizado por AIMC Marcas en el 2015, pasamos la mayor parte del tiempo dentro de la vivienda en promedio de 12 a 15 horas diarias, lo que se supone a un

promedio de 62.3% del total. Este porcentaje aumenta a 67,1% los fines de semana, estadísticas que no radican en igual cantidad en los campesinos.

3.2.3.3.4 Cuarta Pregunta. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en el corregimiento de Berlín?, en esta pregunta se plantea cuánto tiempo han estado expuestos al frío del sector, puesto que a mayor tiempo de exposición al frío aumenta la probabilidad de sufrir alguna enfermedad cardíaca o psicológica.

3.2.3.3.5 Quinta Pregunta. ¿Cuántas personas habitan la vivienda y que edades tienen?, esta pregunta nos sirve para determinar los riesgos de los habitantes del sector para determinar la edad promedio, ya que según estudios las personas mayores de 60 años son principalmente las personas con el índice más alto de sufrir un infarto.

3.2.3.3.6 Sexta Pregunta. ¿Cuánto tiempo al día pasa dentro de la vivienda?, según un estudio las personas en las ciudades pasan en promedio entre semana dentro de las viviendas entre el 30 y el 40% del día y los fines de semana pasan más del 70% del día dentro de las edificaciones, por otro lado estas afirmaciones en los cascos rurales son diferentes valoraciones, puesto que en promedio entre semana pasan entre un 20 a 25% del día dentro de las viviendas y los fines de semana aumenta al 80% según este estudio.

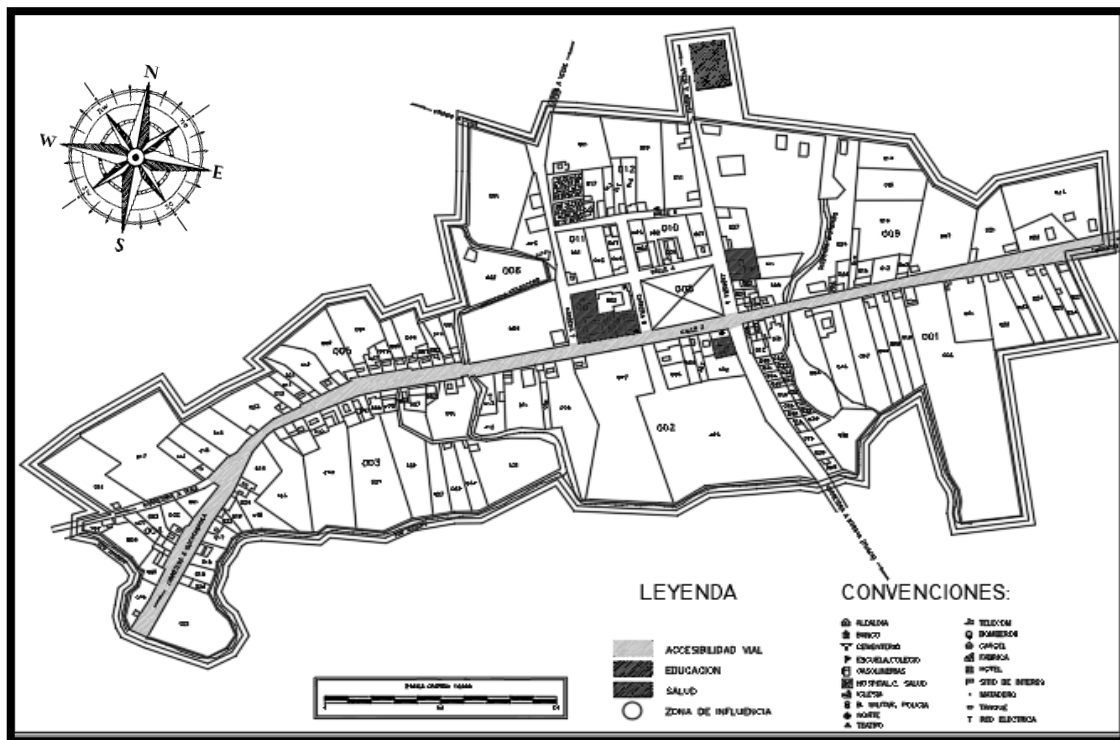
3.2.3.3.7 Séptima Pregunta. ¿Cuenta con suficiente luz natural dentro de la vivienda?, la importancia de la iluminación natural dentro de las viviendas nos ayuda a

fortalecer nuestro sistema inmunológico, mejoramiento de nuestro reloj biológico, optimiza la función cognitiva de nuestro cerebro, aumenta la producción serotonina lo que nos hace sentirnos bien y disminuye los riesgos de depresión, aporta una sensación de bienestar y confort, que ayuda a combatir el estrés y el cansancio.

3.2.3.3.8 Octava Pregunta. ¿Siente frío dentro de su vivienda y en que épocas del año?, esta pregunta es la necesaria para llevar un seguimiento de las temperaturas internas de las viviendas para saber cuáles viviendas interfieren en el estado anímico de sus habitantes por su temperatura interna.

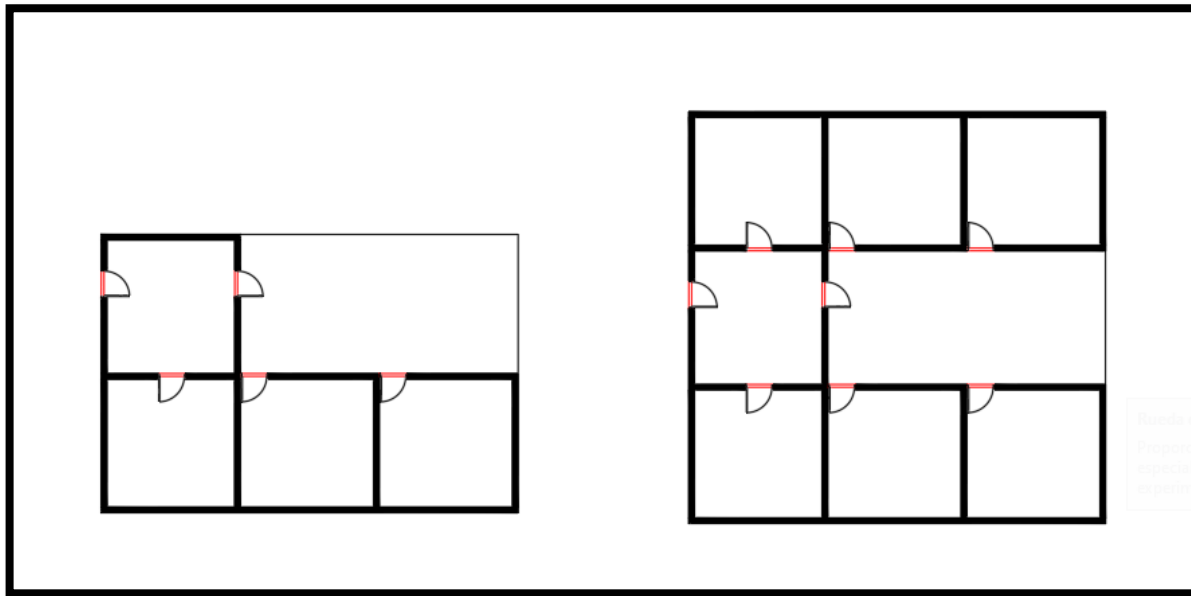
3.2.4 Arquitectura

3.2.4.1 Localización. Habiendo seleccionado la zona rural del corregimiento de Berlín, Santander como área de estudio, se recurre a la alcaldía de Tona para obtener información catastral, a través de los planos contenidos en el Esquema de Ordenamiento Territorial, por medio de los cuales se Figura la localización.

Figura 26. Plano de Equipamientos del Corregimiento.

Adaptado EOT del municipio de Tona (2020)

La vivienda rural es una mezcla de los vestigios de hábitat indígena prehispánico y de la implantación de la cultura europea de la arquitectura del sur de la península ibérica, que utilizó nuevos materiales de construcción. En general, la tipología de la vivienda rural en el corregimiento de Berlín presenta una diversidad de formas de emplazamiento en los lotes y de formas en las planta como lo son U y L como se demuestra en la siguiente figura, con una constante en las galerías que generalmente están ubicadas en la fachada principal y orientadas hacia el occidente, con el fin de recibir los rayos de la tarde y mantener la temperatura en la noche, igualmente, una parte de este espacio se utiliza para el almacenamiento de los productos agrícolas.

Figura 27. *Tipología de las Plantas*

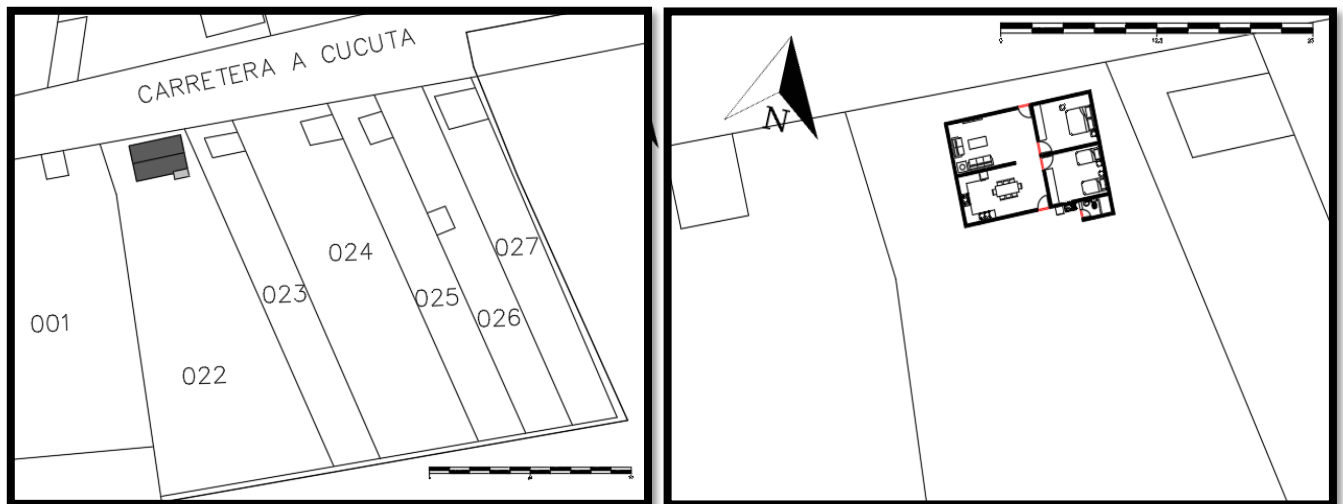
3.2.4.2 Morfología de Manera General, estas son Algunas Apreciaciones con Respecto a la Tipología Elegida en el Corregimiento de Berlín. Estas fueron unas de las características principales observadas en la zona:

- La edificación es poco esbelta y muy compacta, con poco contacto hacia el exterior, lo que indica que hay poca posibilidad de pérdida de energía
- La vivienda aislada genera una gran área de intercambio con el exterior, esto genera una exposición térmica respecto al exterior e indica que la radiación solar es captada por sus muros laterales y por la cubierta.
- El déficit lumínico que se observa mayormente en la sala que es el lugar más cerrado de la vivienda y cuenta con contacto directo hacia el exterior

- La incidencia directa de la radiación solar está dada por la implantación de las viviendas, las cuales se encuentran ubicadas en su fachada más larga hacia el Este, fachada por la cual se plantea dentro del diseño arquitectónico del lugar.

Por medio de la siguiente tabla se compraran los porcentajes con respecto al área del lote de are construida total, habitaciones, área de cultivo, área de carga y descarga

Figura 28. Localizacion e Implantacion de la Vivienda Tipo.



3.2.4.3 Vivienda Tipo.

En la salida de campo realizada el 14 de enero del 2021 se determinaron los materiales y la morfología de la vivienda con base en el número de viviendas encuestadas y su morfología.

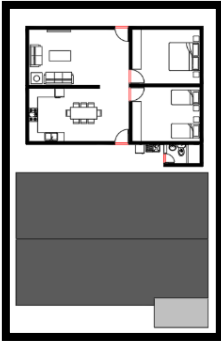
En dicha salida se observó que el 80% de las viviendas encuestadas tuvieron tejas de asbesto (fibrocemento) para solucionar sus cubiertas. Por tal motivo, este material se tomó como

base para determinar la vivienda que más se repite en la zona, y que en esta investigación ha sido denominada vivienda tipo.

Así mismo, el 90% de las viviendas encuestadas cuentan con muros en ladrillo hueco h15, con estuco y yeso. Este material se incluirá en la vivienda tipo o modelo, que servirá para la simulación térmica.

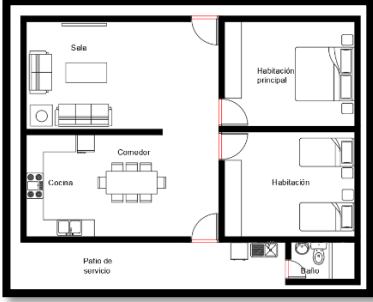
Por otra parte, en el 70% de las viviendas encuestadas se observaron pisos en concreto, que también se incluirán en el diseño de la vivienda que servirá para la simulación.

Tabla 10. Cuadro de Áreas.

VIVIENDA TIPO	ÁREA	m^2	% DE ÁREA DEL LOTE
	LOTE	2789.63	100%
	CONSTRUIDA	122.47	4.30%
	HABITACIONES	40.0	1.45%
	ÁREA DE CULTIVO	2454.48	87.8%
	ÁREA DE CARGA Y DESCARGA	75.32	2.70%

Nota: Esta tabla muestra: el área construida, el área de las habitaciones, área del lote total, el área de cultivos y área de carga y descarga en la vivienda.

Tabla 11. Cuadro de Área

VIVIENDA TIPO	ZONA	ESPACIOS	ÁREA (m ²)
	SOCIAL	Sala	28.00
		Baño	3.97
	PRIVADO	Cocina comedora	26.90
		Patio de Servicio	9.06
INTIMO	Baño	3.97	
	Habitación Principal	20.50	
	Habitación	19.50	
		Total	122.47

Nota: Esta tabla muestra el porcentaje de la zona social (sala, Baño), de la zona privada (cocina, comedor, patio de servicios) y la zona íntima (baño, habitación principal y la habitación). Por otro lado, muestra el área de cada una de las zonas descritas dentro de la vivienda.

Adaptado de la salida de campo.

3.2.4.3 Los Materiales de la Vivienda Tipo. Paralelo al levantamiento de los planos arquitectónicos, en las visitas de campo se hizo un registro fotográfico con el fin de facilitar el modelado tridimensional y se creó un registro de los materiales utilizados en cada una de las viviendas.

En la siguiente figura se presenta la volumetría aislada y una paleta de los materiales utilizados en cada uno de los casos de estudio, los cuales se tuvieron en cuenta para generar la vivienda tipo que posteriormente se empleará en la fase de simulación.

3.2.4.4 Los Materiales de la Zona. En las visitas de campo se evidenció que la principal forma de construcción es la mampostería, que a su vez hace necesario el posicionamiento de columnas para su desarrollo estructural. Con el fin de comprobar la eficacia térmica de las viviendas del corregimiento, se decidió comparar los materiales tradicionales característicos de las viviendas construidas al principio, las cuales están hechas con muros de tapia pisada. Este ejercicio

se explicará a profundidad más adelante. Fue así como se encontraron tres elementos arquitectónicos para el análisis.

- Materiales de cubierta presentes en la zona

Cubierta en teja en asbesto o fibrocemento

Cubierta en teja en zinc ondulada

Cubierta en teja de barro

- Materiales de muro presentes en la zona

Muro en ladrillo hueco (h15)

Muro en tapia pisada

Muro en ladrillo macizo (temosa)

- Materiales de piso presentes en la zona

Piso en concreto.

Figura 29. Axonometría Arquitectónica de la Vivienda Tipo

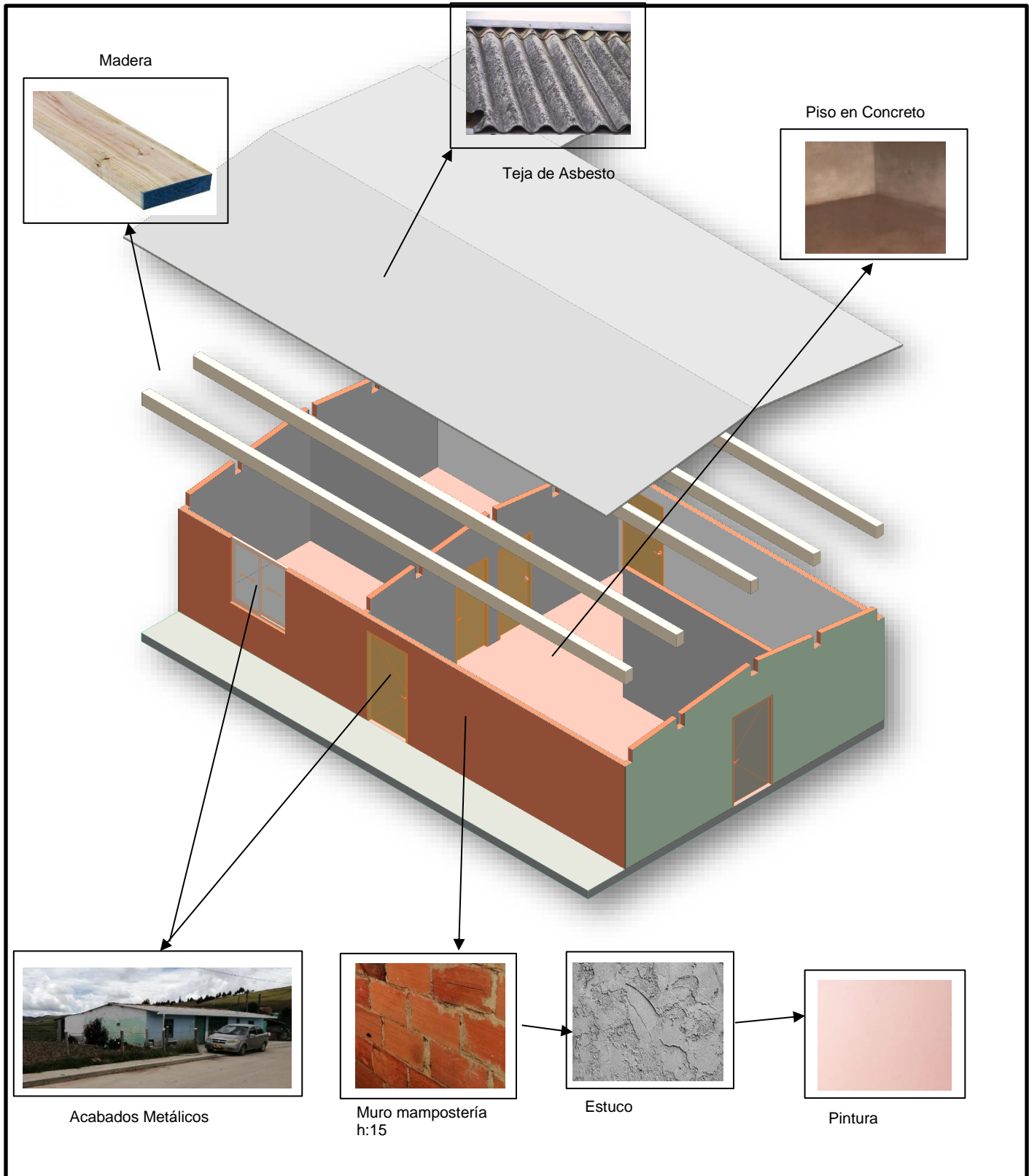
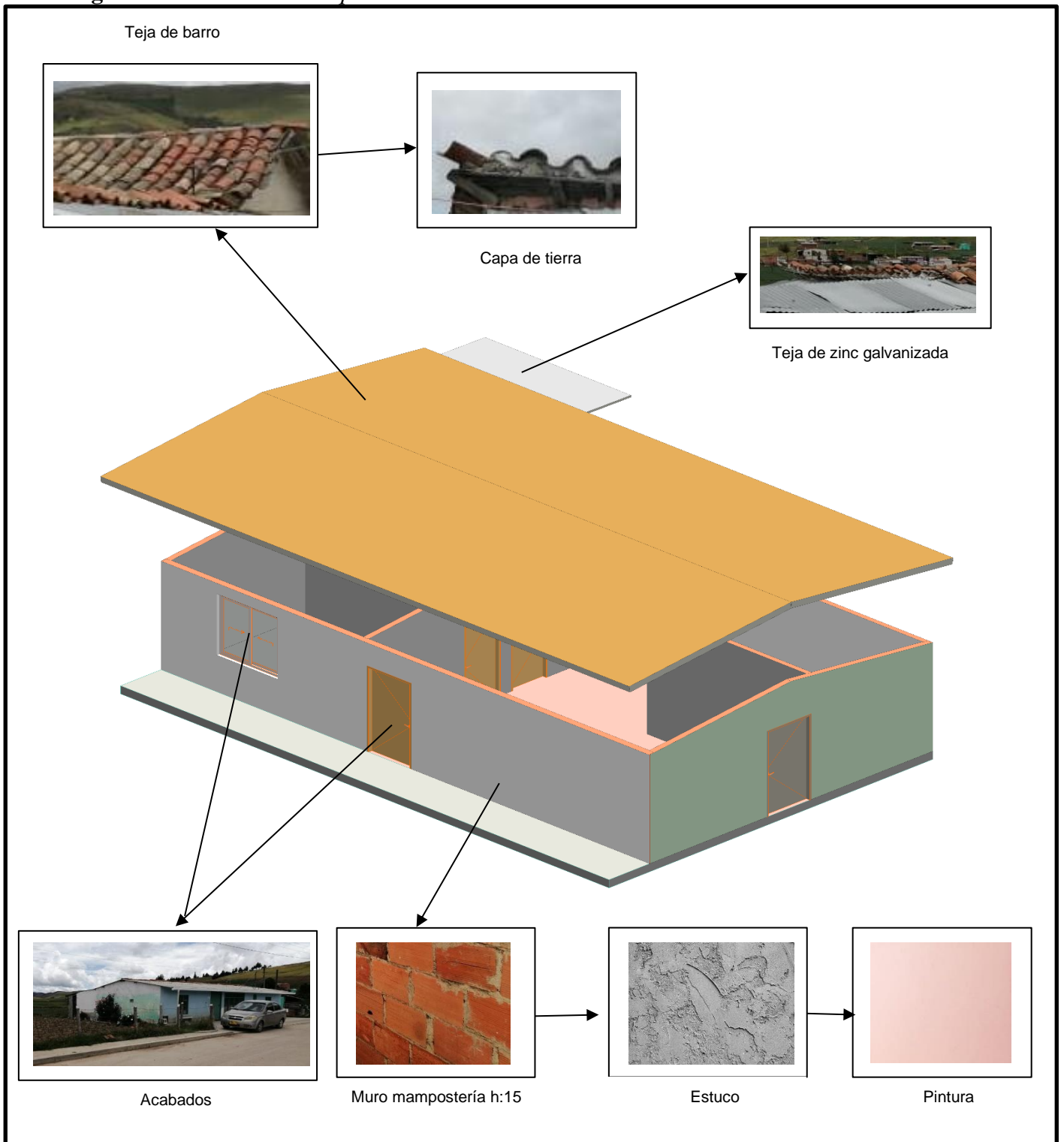


Figura 30. Axonometría Arquitectónica de los Materiales de la Zona.



3.2.4.4 Propiedades Térmicas de los Materiales. De acuerdo con los requerimientos del programa *Design Builder*, se tabulan las propiedades térmicas de los materiales, con las características necesarias para realizar las simulaciones.

Las siguientes tablas muestran las cualidades térmicas de los elementos de cubiertas, muros y pisos con los materiales que los componen.

- Características térmicas de materiales de cubierta.

Tabla 12. *Cualidades Térmicas de la Cubierta en la Teja de Asbesto.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °C	W/m ² °C
Cubierta con teja de Asbesto	Teja de Asbesto	6	700	0,145 a 0,15	5,53

Nota: Esta tabla muestra las cualidades térmicas y los componentes de la cubierta en teja de asbesto. Esta es la principal cubierta que se encuentra en el corregimiento de Berlín y que se va a integrar en la vivienda tipo.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la Universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 13. *Cualidades Térmicas de la Cubierta en Teja de Barro.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Cubierta con teja de barro, tierra y caña brava pañetada	Teja de barro	20	2000	1,3	6,43
	Tierra	70	1500	0,6	3,896
	Caña brava (arundo donax)	25	234	0,06	1,796
	Mortero de Cal	10	1800	0,87	6,60

Nota: Aquí se muestran las cualidades térmicas y los componentes de la cubierta en teja de barro, tierra y cabaña brava.

Adaptado de un estudio realizado por la Universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 14. *Desglose de la Cubierta*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPELOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Cubierta con teja de barro, tierra y caña brava pañetada	Teja de barro, Tierra, Caña brava, mortero de cal	125	4984	2,83	5.429

Nota: Esta tabla muestra las cualidades térmicas de la cubierta en teja de asbesto.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

- Características térmicas de los materiales de muro.

Tabla 15. *Cualidades Térmicas de Muro en Ladrillo h15.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPELOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Muro de ladrillo hueco h15.	Ladrillo hueco h15.	150	1000	0,45	1,986
	Friso de mortero de cemento	8	2000	1,4	5,691
	Pañete de yeso.	2	600	0,29	5,653

Nota: Aquí se muestran las cualidades térmicas y los componentes del muro en ladrillo h15, este es el principal recubrimiento que se encuentra en el corregimiento de Berlín.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 16. *Análisis de Muro en Ladrillo Hueco h15.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPELOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Muro de ladrillo hueco h15	Ladrillo hueco h15, Friso de mortero cemento, Pañete de yeso.	160	1660	2,14	4,085

Nota: Esta tabla muestra las cualidades térmicas del muro en ladrillo hueco h15.

Adaptado de catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 17. *Cualidades Térmicas de Muro en Tapia Pisada.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Muro de tapia pisada.	Tapia pisada	480	1600	0,7	1,168
	Mortero de cal	10	1800	0,87	5,509

Nota: En esta tabla se muestran las cualidades térmicas y los componentes del muro en tapia pisada y mortero de cal.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 18. *Análisis de Muro en Tapa Pisada.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Muro en tapia pisada	Tapia pisada y mortero de cal	490	3400	1,57	2.074

Nota: Aquí se presentan las cualidades térmicas del muro en tapia pisada.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 19. *Cualidades Térmicas de Muro en Ladrillo a la Vista.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Muro de ladrillo a la vista	Ladrillo macizo temosa	120	1800	0.87	3.24

Nota: Aquí se sintetizan las cualidades térmicas y componentes del muro en ladrillo macizo temosa.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

- Características térmicas de los materiales de piso.

Tabla 20. *Cualidades Térmicas de Piso en Concreto.*

ELEMENTO ARQUITECTONICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Piso en concreto	Mortero de nivelación	40	1800	0,52	4,049
	Concreto en masa sin vibrar	100	2100	1,05	2,297

Nota: La tabla muestra las cualidades térmicas y los componentes del piso en concreto. Este es el principal recubrimiento que se encuentra dentro de las viviendas en el corregimiento de Berlín. Adaptado principalmente de un estudio realizado por la universidad distrital Francisco José de Caldas. Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 21. *Análisis en Piso de Concreto*

ELEMENTO ARQUITECTONICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Piso en Concreto	Mortero de nivelación, concreto en masa sin vibrar.	140	3900	1,57	3,858

Nota: Esta tabla muestra las cualidades del piso en concreto.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 22. *Cualidades Térmicas del Piso en Cerámica Vidriada Clara.*

ELEMENTO ARQUITECTONICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Piso en cerámica vidriada clara.	Cerámica vidriada clara	12	2500	1,4	4,575
	Mortero de nivelación.	40	1800	0,52	3,485
	Concreto en masa sin vibrar	100	2100	1,05	3,276

Nota: La tabla presenta las cualidades térmicas y los componentes del piso en concreto. Este es un componente que se encuentra en algunas viviendas en el corregimiento de Berlín.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la universidad distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

Tabla 23. *Análisis de Piso en Cerámica Vidriada Clara.*

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	TRANSMITANCIA TÉRMICA
		mm	Kg/m ³	W/m °K	W/m ² °C
Piso de cerámica vidriada clara.	Cerámica vidriada, mortero de nivelación y concreto en masa sin vibrar.	152	6400	2,97	3,828

Nota: Aquí se presentan las cualidades de piso en cerámica vidriada.

Adaptado principalmente de un estudio realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Especificaciones técnicas para la construcción de vivienda y del catálogo de elementos constructivos del CTE.

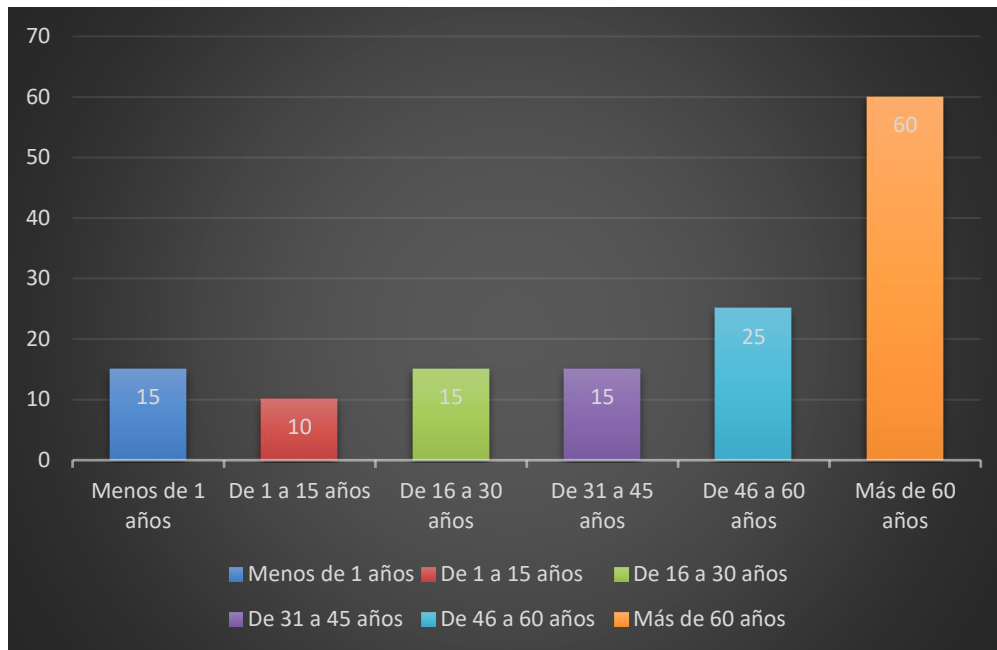
información recolectada se presenta a continuación. Las preguntas de la encuesta están detalladas en el Apéndice A.

4.1.1 Codificación de los Resultados de la Encuesta Realizada en la Investigación.

1. Tiempo que la persona encuestada lleva viniendo en el corregimiento.

Tabla 24. *Tiempo de las Personas Encuestadas Viviendo en Berlín.*

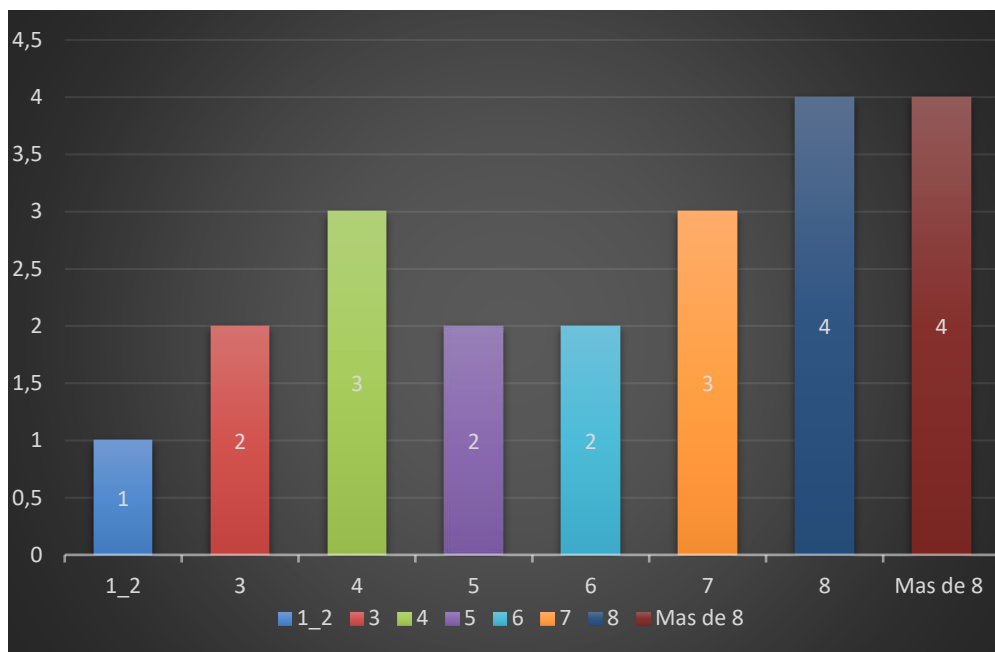
Personas Encuestadas	N° de personas
Menos de un año	15
De 1 a 15 años	10
De 16 a 30 años	15
De 31 a 45 años	15
De 46 a 60 años	25
Más de 60 años	42
TOTAL	122

Figura 32. *Tiempo de las Personas Encuestadas Viviendo en el Corregimiento*

2. Número de Personas que habitan dentro de la vivienda.

Tabla 25. *Número de Personas que Viven Dentro de la Vivienda.*

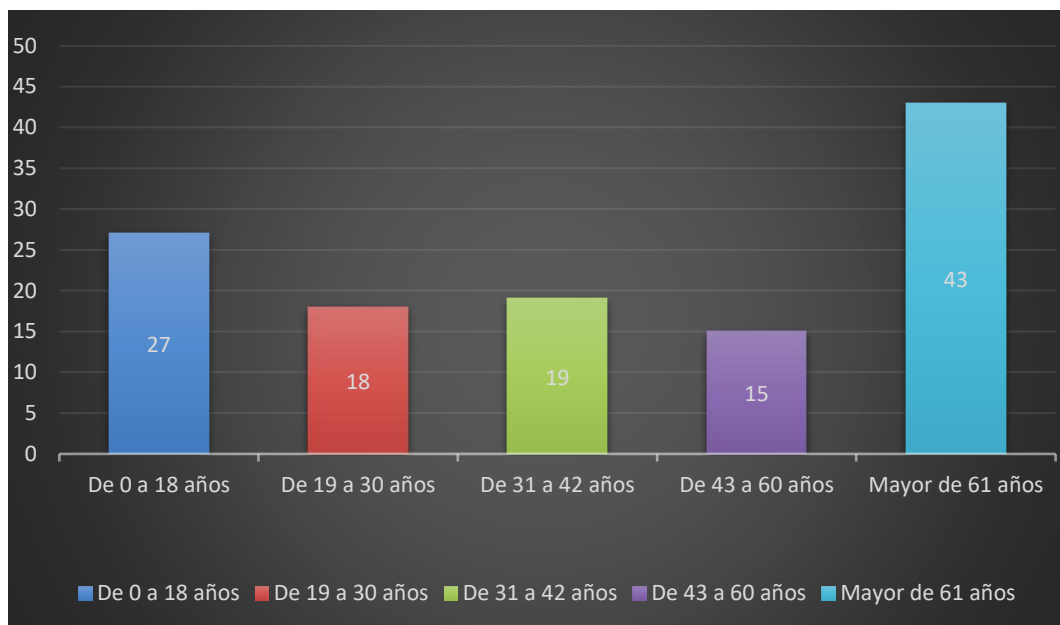
Número de Personas	Nº viviendas
1-2	1
3	2
4	3
5	2
6	2
7	3
8	4
Más de 8	3
TOTAL	20

Figura 33. *Porcentaje de Personas que Viven Dentro de la Vivienda*

2.1 Promedio de edades que tienen las personas encuestadas.

Tabla 26. *Promedio de Edades*

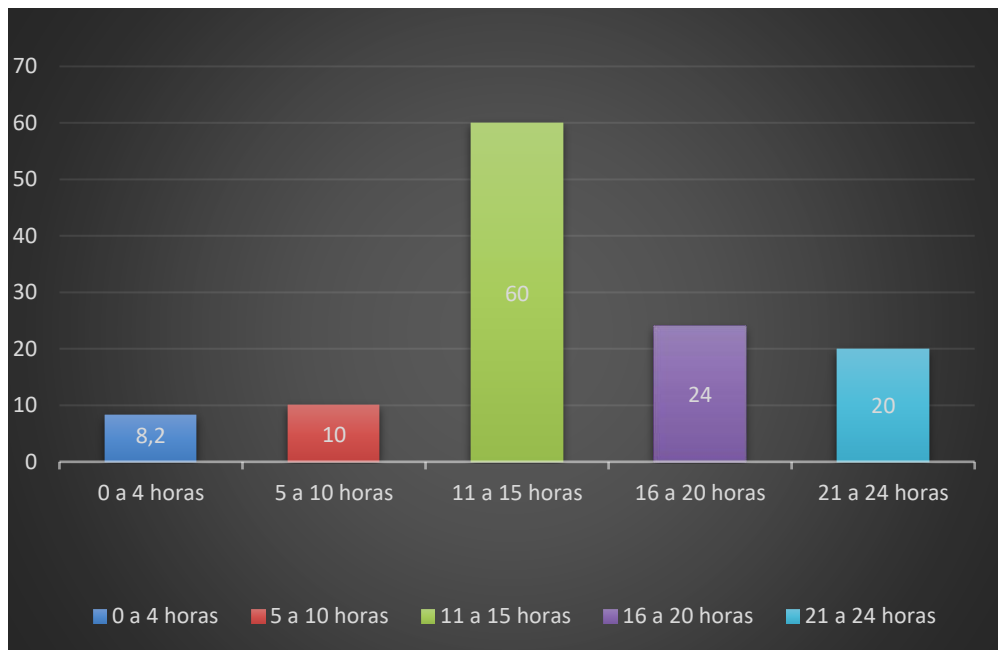
Promedio de Edad	N° de personas
De 0 a 20 años	27
De 21 a 30 años	18
De 31 a 40 años	19
De 41 a 50 años	15
Mayor de 50 años	43
TOTAL	122

Figura 34. Promedio de Edad de las Personas Encuestadas.

3. Cuanto tiempo al día pasa dentro de la vivienda.

Tabla 27. Número de Horas que los Habitantes Pasan Dentro de la Vivienda

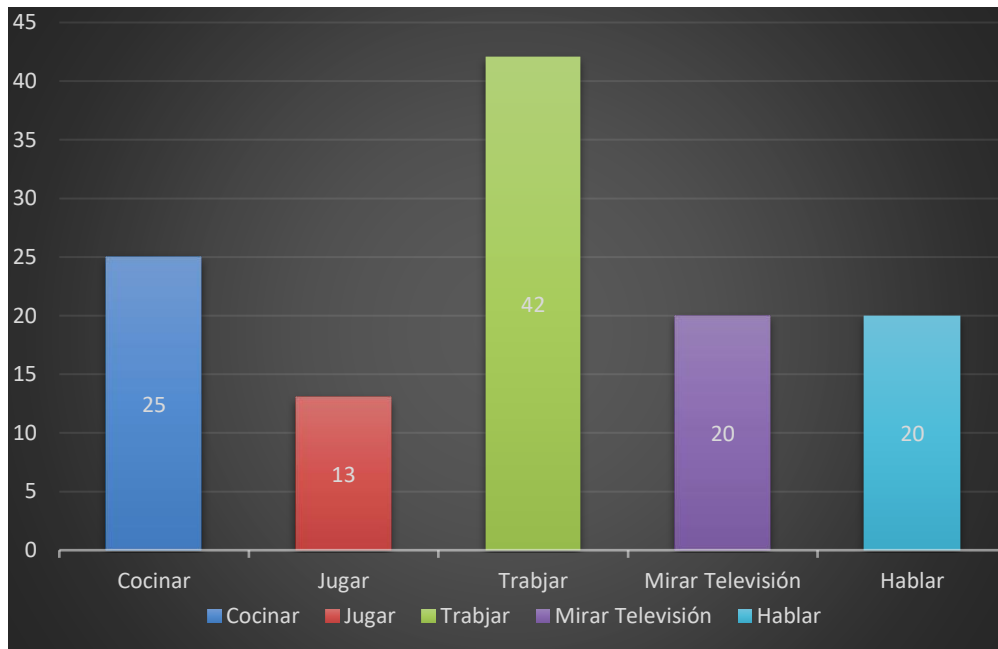
Número de horas dentro de la vivienda	N° de personas
Menos de 4 horas diarias	8
Entre 5 a 10 horas diarias	10
Entre 11 a 15 horas diarias	60
Entre 16 a 20 horas diarias	24
Entre 21 a 24 horas diarias	20
TOTAL	122

Figura 35. Número de Horas que los Habitantes Pasan Dentro de la Vivienda.

4. Cuáles son las Principales Actividades Dentro de la Vivienda.

Tabla 28. Actividades Principales Dentro de la Vivienda.

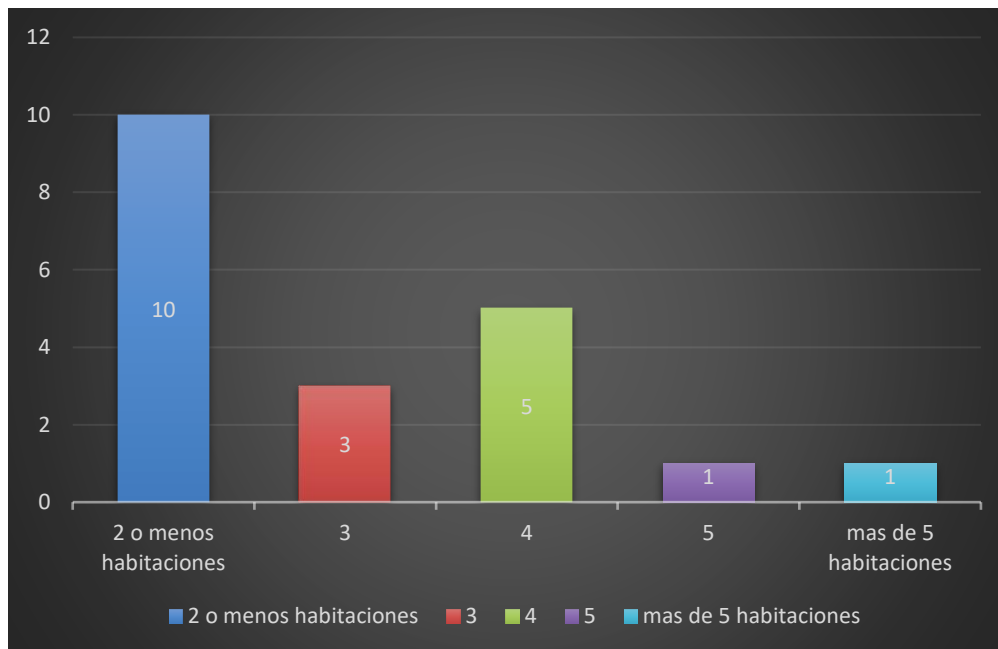
Actividad principal dentro de la vivienda	Principales actividades
Cocinar	25%
Jugar	13%
Trabajar	42%
Mirar televisión	22%
Hablar	18%
TOTAL	100%

Figura 36. *Actividad Principal Dentro de la Vivienda.*

5. Número de habitaciones por que tiene la vivienda.

Tabla 29. *Promedio de Habitaciones Dentro de las Viviendas Encuestadas*

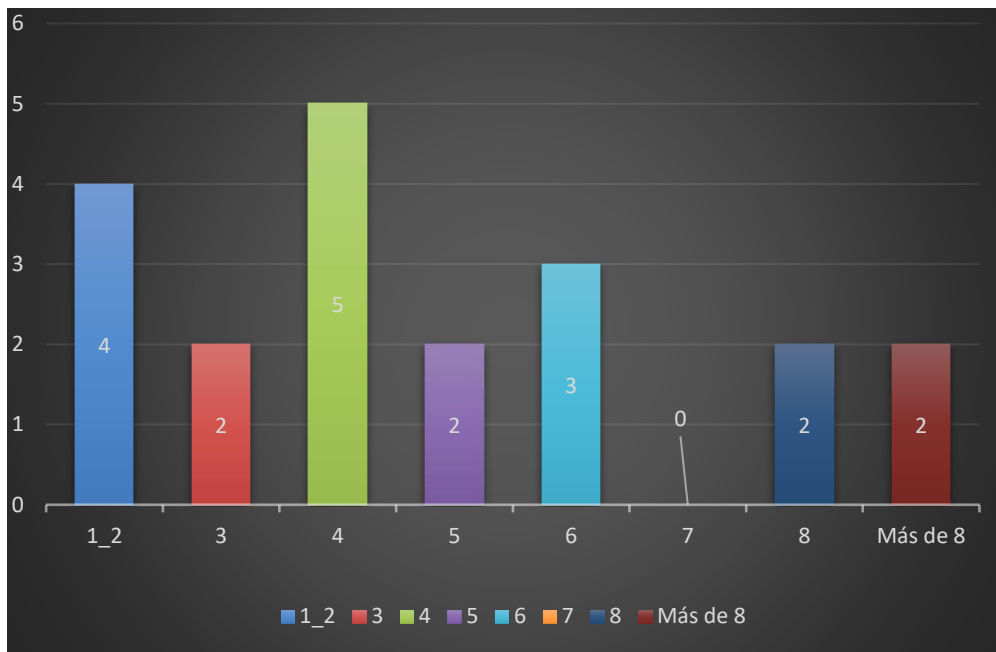
N° de personas dentro de la habitación.	N° de viviendas
2 o menos habitaciones	10
3	3
4	5
5	1
Más de 5 habitaciones	1
TOTAL	20

Figura 37. Promedio de Habitaciones Dentro de las Viviendas Encuestadas

6. Número de personas que duermen dentro de la habitación con más ocupación.

Tabla 30. Número de Personas que Duermen por Habitación.

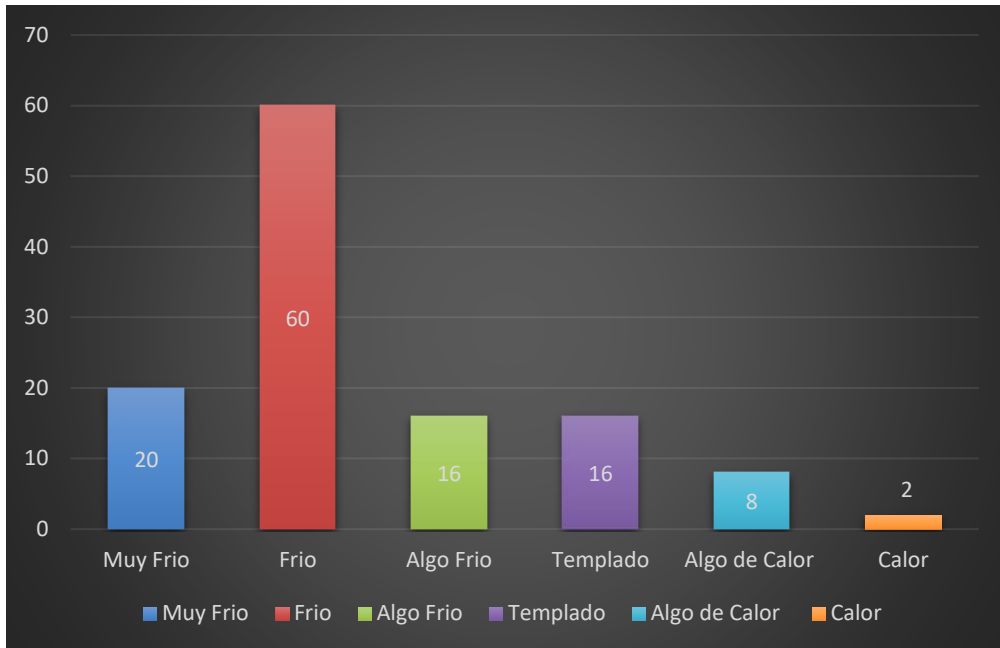
N° de personas por habitación	N° de viviendas
1-2	4
3	2
4	5
5	2
6	3
7	0
8	2
Más de 8	2
TOTAL	20

Figura 38. Número de Personas que Duermen Dentro de una Misma Habitación.

7. Dentro de la vivienda el usuario tiene una sensación térmica baja.

Tabla 31. Sensación Térmica del Usuario de la Vivienda.

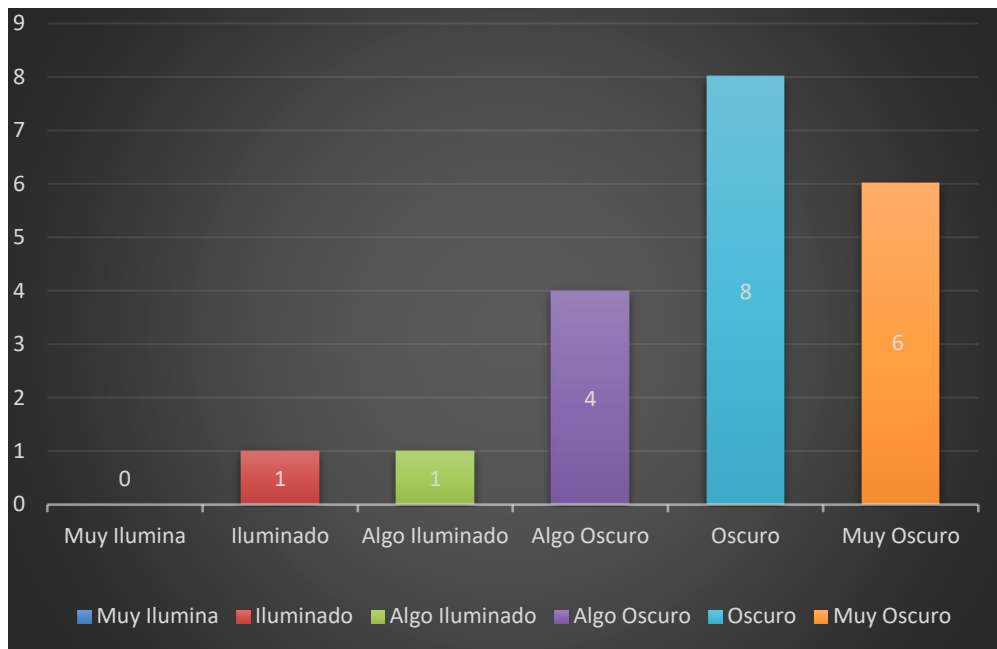
Sensación Térmica de la vivienda	N° de viviendas
Muy Frio	20
Frio	60
Algo Frio	16
Templado	16
Algo de Calor	8
Calor	2
TOTAL	122

Figura 39. *Sensación Térmica del Usuario Dentro de la Vivienda.*

8. Sensación de la intensidad luminosa en la edificación.

Tabla 32. *Sensación de la Intensidad Luminosa*

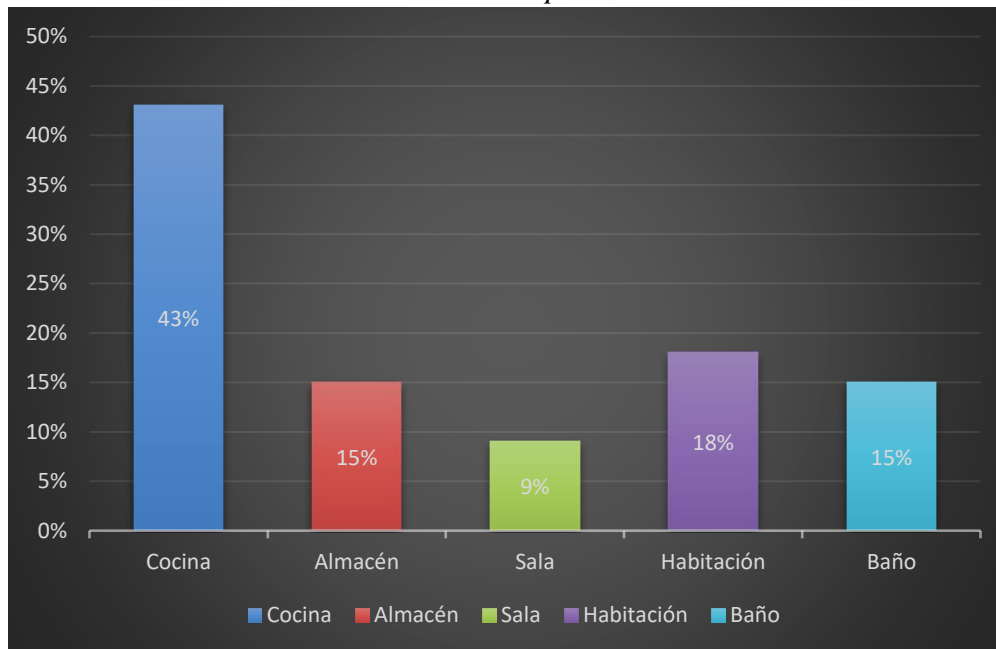
Espacios dentro de la vivienda	N° de viviendas
Muy iluminada	0
iluminada	1
Algo iluminada	1
Algo Oscuro	4
Oscuro	8
Muy oscuro	6
TOTAL	100%

Figura 40. *Sensación de la Intensidad Luminosa en los Espacios*

9. Sensación de la intensidad luminosa dentro de los espacios de la vivienda

Tabla 33. *Intensidad Lumínica Dentro de los Espacios*

Espacios de la vivienda	Porcentaje de iluminación
Cocina	43%
Almacén	15%
Sala	9%
Habitación	18%
Baño	15%
TOTAL	100%

Figura 41. *Intensidad Lumínica Dentro de los Espacios*

4.1.2 Procesamiento de la Encuesta

La información de campo obtenida mediante la encuesta permitió obtener los siguientes datos:

1. Información General

- De las personas encuestadas, el 54.9% lleva más de 40 años viviendo en el corregimiento de Berlín.
- El 60% de las viviendas se encuentran habitadas por seis (6) o más personas.
- De acuerdo con los datos recogidos durante el trabajo de campo, las personas mayores de 60 años representan el 28% de la totalidad de los habitantes del sector productivo rural en

el corregimiento de Berlín. Esto indica que la población campesina en edad productiva de la zona está disminuyendo.

2. Información del Habitante

- El 49.2% de las personas encuestadas pasan entre once (11) y quince (15) horas fuera de la vivienda. Al calcular una media se tiene que los ocupantes pasan el 54% del día fuera de la edificación.
- Después de hacer su jornada de tareas agrícolas en el exterior durante el día, el 42% de las personas encuestadas trabajan dentro de la vivienda. Al terminar la jornada en el campo, se dirigen a sus hogares y se dedican a limpiar, empacar el producto de su cosecha a fin de almacenarlo y alistarlo para la comercialización y transporte.

3. Información de la Vivienda Obtenida Mediante la Encuesta

- El 70% de las personas encuestadas manifestaron que sus viviendas son oscuras, principalmente en las zonas comunes. Esto se puede explicar porque lo común en sus construcciones es ubicar las aberturas en las fachadas posteriores, con el fin de iluminar la cocina.
- El 85% de las personas encuestadas manifestaron que su vivienda es fría, especialmente en las horas de la madrugada. Además, ese mismo porcentaje expresó que las temperaturas bajas se experimentan en todas las áreas de la vivienda, de forma similar.

- El 65% de las personas encuestadas reportaron una ocupación de cinco (5) o menos personas en la habitación más ocupada.

4.1.3 Información Recopilada en la Salida de Campo

Durante el mes de enero del 2021, se realizó el trabajo de campo, con base en las medidas descritas en la metodología. Se realizó la toma de los parámetros climáticos con ayuda de los equipos de medición y así se obtuvieron datos de: temperatura del aire interior, temperatura del aire exterior, temperatura radiante interna y temperatura radiante externa de los materiales de la vivienda. Estos parámetros serán observados a profundidad en el apéndice 2, detallando: la hora, el material de la cubierta y las temperaturas radiantes externas e internas de los muros, la cubierta y el suelo.

En las siguientes tablas se observan las temperaturas promedio de la vivienda y las ganancias o pérdida de temperatura de los materiales:

- Toma de muestras del primer día en el horario de las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m.

Tabla 34. *Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 1.*

	MUROS FACHADA		
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Promedio de temperatura Radiante (°C)
CASA N°1	17,0	15,0	16.0
CASA N°2	16,0	13,6	14.8
CASA N°3	14,9	12,6	13.7
CASA N°4	14,6	12,2	13.4
CASA N°5	11,6	9,3	10.4

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de los muros (fachada frontal y fachada lateral).
Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 35. *Temperatura de la Cubierta el Día 1.*

CUBIERTA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°1	23,7	45	34,3
CASA N°2	22,4	29,2	25,8
CASA N°3	20,6	25,5	21
CASA N°4	19,8	23,4	21,6
CASA N°5	15,2	19,5	17,3

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de la cubierta.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 36. *Temperatura del Suelo en el Día 1.*

SUELO			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°1	14	12,9	13,4
CASA N°2	13,5	10,8	12,1
CASA N°3	12,4	9,7	11,0
CASA N°4	11,4	8,5	9,9
CASA N°5	9,5	7,2	8,3

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas del suelo.

Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 37. *Temperatura de la Vivienda el Día 1.*

EDIFICACION			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°1	19,8	17,2	18,5
CASA N°2	18,6	16,3	17,4
CASA N°3	17,6	13,5	16,5
CASA N°4	15,4	12,5	15,9
CASA N°5	12,2	10,1	13,1

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas dentro de la edificación.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 38. *Temperatura Radiante de los Materiales el Día 1.*

	Temperatura radiante			
	Temperatura radiante suelo (°C)	Temperatura radiante cubierta(°C)	Temperatura radiante muros (°C)	Temperatura Radiante de la vivienda
CASA N°1	13,4	34,3	16.0	21.2
CASA N°2	12,1	25,8	14.8	17.5
CASA N°3	11,0	23	13.7	15,9
CASA N°4	9,9	21,6	13.4	14.9
CASA N°5	8,3	17,3	10.4	12

Nota: Esta tabla muestra el promedio de la temperatura radiante de los materiales dentro de las viviendas encuestadas.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo.

A continuación se realizó la comparativa entre la temperatura radiante de los materiales vs la temperatura interna de las edificaciones encuestadas. Con el fin de gestar la temperatura operativa, posteriormente se realizó una comparativa de dicho resultado vs la temperatura interna de la vivienda. Con el fin de conocer si está ganando o perdiendo energía.

Tabla 39. *Temperatura Operativa de las Viviendas Día 1.*

	Temperatura Operativa			Hora de la muestra
	Temperatura Radiante de la vivienda	Temperatura interna de la edificación(°C)	Temperatura Operativa (°C)	
CASA N°1	21.2	18,5	19.8	4:00 a 4:20
CASA N°2	17.5	17,4	17.4	4:20 a 4:40
CASA N°3	15,9	16,5	16.2	4:40 a 5:00
CASA N°4	14.9	15,9	15.4	5:00 a 5:30
CASA N°5	12	13,1	12.5	5:30 a 6:00

Nota: Esta tabla muestra en la primera casilla la temperatura radiante promedio de los materiales, posteriormente se realizó una diferencia con la temperatura interna de la edificación con el fin de desarrollar la temperatura operativa. Dicha temperatura cuando se encuentra inferior a la temperatura interna de los materiales se identifica de color rojo puesto que los materiales están absorbiendo energía térmica del espacio. Cuando la temperatura operativa se encuentra superior a la temperatura interna se identifica con color verde puesto que los materiales están aportando energía térmica a la edificación.

- Toma de muestras del segundo día en el horario de las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m.

	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°6	15,4	14,0	14,7
CASA N°7	14,2	13,5	13,8
CASA N°8	13,3	12,6	12,9
CASA N°9	13,7	11,3	12,5
CASA N°10	11,4	9,0	10,2

Tabla 40. *Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 2.*

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de los muros (fachada frontal y fachada lateral). En la última casilla se muestra el promedio de la temperatura de los muros

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 41. *Temperatura de la Cubierta el Día 2.*

CUBIERTA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°6	24,5	30,8	27,6
CASA N°7	21,5	28,8	25,1
CASA N°8	18,5	27,4	22,9
CASA N°9	17,7	26,4	22
CASA N°10	16,2	20,5	18,3

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de la cubierta.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 42. *Temperatura del Suelo en el Segundo Día.*

SUELO			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°6	15,9	14,5	15,2
CASA N°7	15,8	13,2	14,5
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°8	14,6	12,5	13,5
CASA N°9	12,4	10,5	11,4
CASA N°10	11,3	9,5	10,4

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas del suelo

Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°6	19,8	17,2	18,5
CASA N°7	18,6	16,3	17,4
CASA N°8	17,6	15,5	16,5
CASA N°9	15,4	14,5	14,9
CASA N°10	13,8	12,8	13,5

Tabla 43. *Temperatura Dentro de la Edificación en el Día 2.*

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas dentro de la edificación.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 44. *Temperatura Radiante de los Materiales.*

	Temperatura radiante			
	Temperatura radiante suelo (°C)	Temperatura radiante cubierta(°C)	Temperatura radiante muros (°C)	Temperatura Radiante de la vivienda
CASA N°6	15,2	27.6	14,7	19.1
CASA N°7	14,5	25.1	13.8	17.8
CASA N°8	13,5	22.9	12.9	15,9
CASA N°9	11,4	19	12.5	14.3
CASA N°10	10,4	18.3	10.2	12.9

Tabla 45. *Temperatura Operativa de las Viviendas Día 2.*

	Temperatura Operativa			
	Temperatura Radiante de la vivienda	Temperatura interna de la edificación(°C)	Temperatura Operativa (°C)	Hora de la muestra
CASA N°6	19.1	18,5	18.8	4:00 a 4:20
CASA N°7	17.8	17,4	17.6	4:20 a 4:40
CASA N°8	15,9	16,5	16.2	4:40 a 5:00
CASA N°9	14.3	14,9	14.6	5:00 a 5:30
CASA N°10	12.9	13,5	13	5:30 a 6:00

Nota: Esta tabla muestra en la primera casilla la temperatura radiante promedio de los materiales. Posteriormente se realizó una diferencia con la temperatura interna de la edificación con el fin de desarrollar la temperatura operativa. Dicha temperatura cuando se encuentra inferior a la temperatura interna de los materiales se identifica de color rojo puesto que los materiales están absorbiendo energía térmica del espacio. Cuando la temperatura operativa se encuentra superior a la temperatura interna se identifica con color verde puesto que los materiales están aportando energía térmica a la edificación.

- Toma de muestras del tercer día en el horario de las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m.

Tabla 46. *Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 3.*

MUROS FACHADA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°11	14,2	13,5	13,8
CASA N°12	12,3	11,6	11,9
CASA N°13	10,9	9,5	10,2
CASA N°14	10,4	8,7	9,5
CASA N°15	9,5	6,3	7,9

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de los muros (fachada frontal y fachada lateral).
Adaptada de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 47. *Temperatura de la Cubierta el Día 3.*

CUBIERTA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°11	21,7	31,5	26,6
CASA N°12	17,8	29,6	23,7
CASA N°13	15,6	26,6	21,1
CASA N°14	13,7	23,4	18,5
CASA N°15	11,8	21,1	16,4

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de la cubierta.
Adaptada de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 48. *Temperatura del Suelo en el Tercer Día.*

SUELO			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°11	14,4°C	13,2°C	13,8
CASA N°12	12,9°C	11,5°C	12,2
CASA N°13	11,8°C	9,6°C	10,7
CASA N°14	10,7°C	7,6°C	9,1
CASA N°15	9,8°C	6,6°C	8,2

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas del suelo.
Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 49. *Temperatura Dentro de la Edificación en el Tercer Día.*

	EDIFICACION		
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°11	18,5	16,3	17,4
CASA N°12	16,8	14,8	15,8
CASA N°13	14	12,5	14,2
CASA N°14	13,1	11,8	12,4
CASA N°15	12,2	10,8	11,5

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas dentro de la edificación.
Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 50. *Temperatura Radiante de los Materiales.*

	Temperatura radiante			
	Temperatura radiante suelo (°C)	Temperatura radiante cubierta(°C)	Temperatura radiante muros (°C)	Temperatura Radiante de la vivienda
CASA N°11	13,8	26,6	13,8	18,0
CASA N°12	12,2	23,7	11,9	15,9
CASA N°13	10,7	21,1	10,1	13,9
CASA N°14	9,1	18,5	9,5	12,3
CASA N°15	8,2	16,4	7,9	10,8

Tabla 51. *Temperatura Operativa de las Viviendas Día 3.*

	Temperatura Operativa			Hora de la muestra
	Temperatura Radiante de la vivienda	Temperatura interna de la edificación(°C)	Temperatura Operativa (°C)	
CASA N°11	18,0	17,4	17,7	4:00 a 4:20
CASA N°12	15,9	15,8	15,8	4:20 a 4:40
CASA N°13	13,9	14,2	14,0	4:40 a 5:00
	Temperatura Radiante de la vivienda	Temperatura interna de la edificación(°C)	Temperatura Operativa (°C)	Hora de la muestra
CASA N°14	12,3	12,4	12,3	5:00 a 5:30
CASA N°15	10,8	11,5	11,1	5:30 a 6:00

Nota: Esta tabla muestra en la primera casilla la temperatura radiante promedio de los materiales. Posteriormente se realizó una diferencia con la temperatura interna de la edificación con el fin de desarrollar la temperatura operativa. Dicha temperatura cuando se encuentra inferior a la temperatura interna de los materiales se identifica de color rojo puesto que los materiales están absorbiendo energía térmica del espacio. Cuando la temperatura operativa se encuentra superior a

la temperatura interna se identifica con color verde puesto que los materiales están aportando energía térmica a la edificación.

- Toma de muestras del cuarto día en el horario de las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m.

Tabla 52. *Temperatura Promedio de los Muros de la Fachada el Día 4.*

MUROS FACHADA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°16	17,9	14,5	16,2
CASA N°17	16,6	12,0	14,3
CASA N°18	13,2	10,7	11,9
CASA N°19	10,5	8,8	9,6
CASA N°20	9,6	7,6	8,6

Nota: La tabla anterior de muestras las temperaturas de los muros (fachada frontal y fachada lateral)

Adaptado de la información recopilada en la salida de campo

Tabla 53. *Temperatura de la Cubierta el Día 4.*

CUBIERTA			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°16	21,5	25,8	23,6
CASA N°17	17,8	20,5	19,1
CASA N°18	15,9	18,5	17,2
CASA N°19	13,8	16,2	15
CASA N°20	11,2	15,8	13,5

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas de la cubierta.

Adaptada de la información recopilada en la salida de campo

SUELO			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°16	14,2	15,8	15
CASA N°17	12,2	13,5	12,8
CASA N°18	9,8	10,8	10,3
CASA N°19	9,5	8,4	8,9

CASA N°20	8,8	7,2	8
------------------	-----	-----	---

Tabla 54. *Temperatura del Suelo en el Cuarto Día.*

Nota: Esta tabla muestra las temperaturas del suelo.

Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 55. *Temperatura Dentro de la Edificación en el Cuarto Día.*

EDIFICACION			
	Temperatura radiante externa (°C)	Temperatura radiante interna (°C)	Diferencia de Temperatura (°C)
CASA N°16	17,4	15,8	16,6
CASA N°17	15,6	13,5	14,5
CASA N°18	13,4	12,2	12,8
CASA N°19	12,6	10,1	11,3
CASA N°20	11,8	9,9	10,8

Nota: La tabla anterior nos demuestra la temperatura interna de la vivienda.

Adaptado de la información recopilada en la salida de campo.

Tabla 56. *Temperatura Radiante de los Materiales.*

Temperatura radiante				
	Temperatura radiante suelo (°C)	Temperatura radiante cubierta(°C)	Temperatura radiante muros (°C)	Temperatura Radiante de la vivienda
CASA N°16	15	23,6	14,3	17,6
CASA N°17	12,8	19,1	10,9	14,2
CASA N°18	10,3	17,2	9,6	12,3
CASA N°19	8,9	15	8,6	10,8
CASA N°20	8	13,5	6,6	9,3

Tabla 57. *Temperatura Operativa de las Viviendas día 4.*

Temperatura Operativa				
	Temperatura Radiante de la vivienda	Temperatura interna de la edificación(°C)	Temperatura Operativa (°C)	Hora de la muestra
CASA N°16	17,6	16,6	17,1	4:00 a 4:20
CASA N°17	14,2	14,5	14,3	4:20 a 4:40
CASA N°18	12,3	12,8	12,5	4:40 a 5:00

CASA N°19	10,8	11,3	11,0	5:00 a 5:30
CASA N°20	9,3	10,8	10	5:30 a 6:00

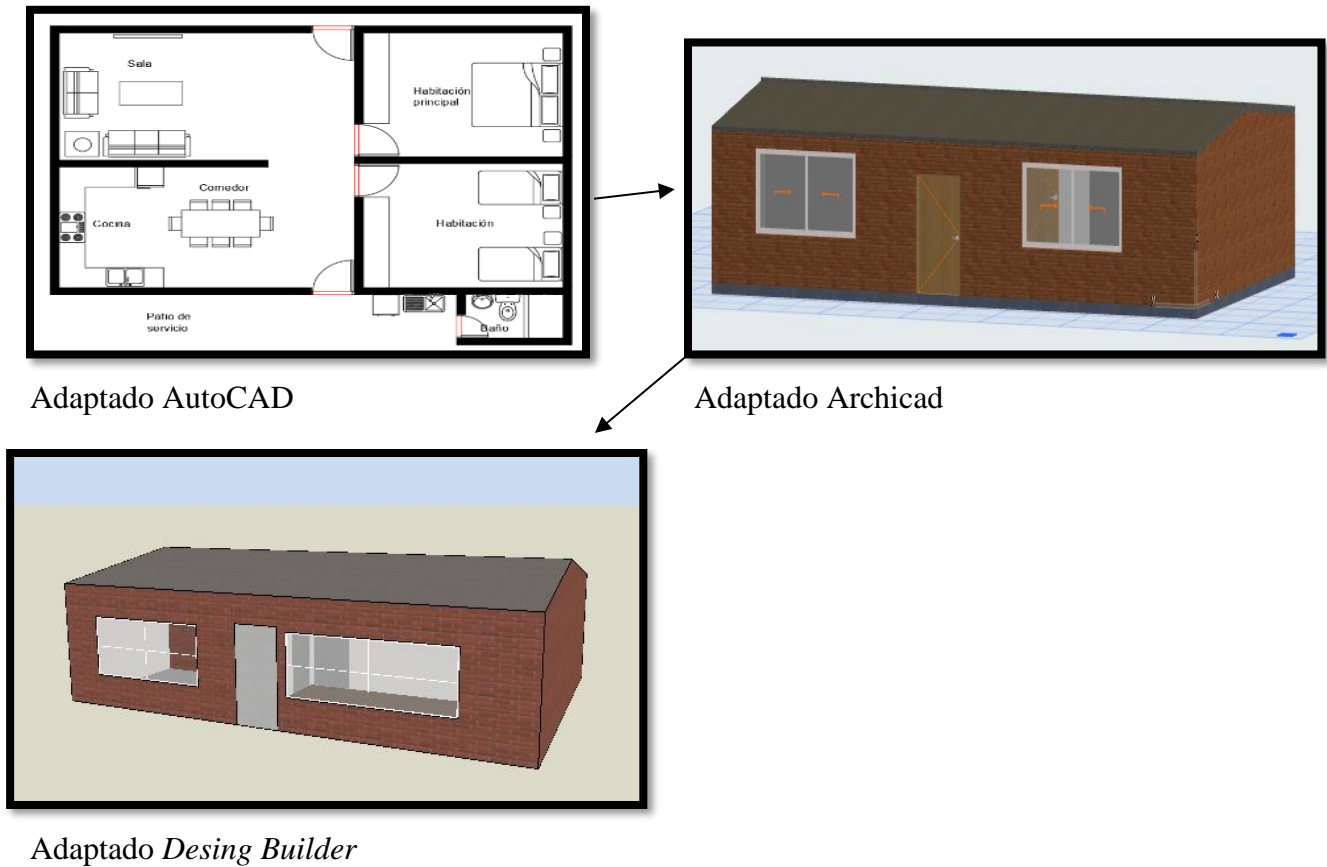
Nota: Esta tabla muestra en la primera casilla la temperatura radiante promedio de los materiales. Posteriormente se realizó una diferencia con la temperatura interna de la edificación con el fin de desarrollar la temperatura operativa. Dicha temperatura cuando se encuentra inferior a la temperatura interna de los materiales se identifica de color rojo puesto que los materiales están absorbiendo energía térmica del espacio. Cuando la temperatura operativa se encuentra superior a la temperatura interna se identifica con color verde puesto que los materiales están aportando energía térmica a la edificación.

4.2 Predeterminantes de la Simulación

En esta etapa se realizó la parte práctica del proyecto en la cual se establecieron las bases para el manejo de la herramienta de análisis y se procedió a ejecutar las simulaciones térmicas que el software *Design Builder* facilita.

4.2.1 Modelo Tridimensional

En primera estancia, el levantamiento arquitectónico se digitó en la plataforma de AutoCAD, y posteriormente se exportó a Archicad, con el fin de generar un modelo tridimensional en dicho software. Finalmente, el modelo tridimensional se exportó al software de análisis térmico (*Design Builder*). Y ese resultado se simplificó quitando los espesores de los elementos arquitectónicos, con la intención de facilitar los procesos. De esta manera, se cumplió con los requerimientos del software.

Figura 42. Modelado Tridimensional de la Vivienda Tipo.

4.2.1.1 Designación de Espacios Arquitectónicos. Una vez exportado el modelado tridimensional, es necesario identificar cada uno de los espacios arquitectónicos. Para esto, se les asignan las determinantes térmicas de cada uno de los espacios, ocupaciones y densidad de ocupación (persona/m²).

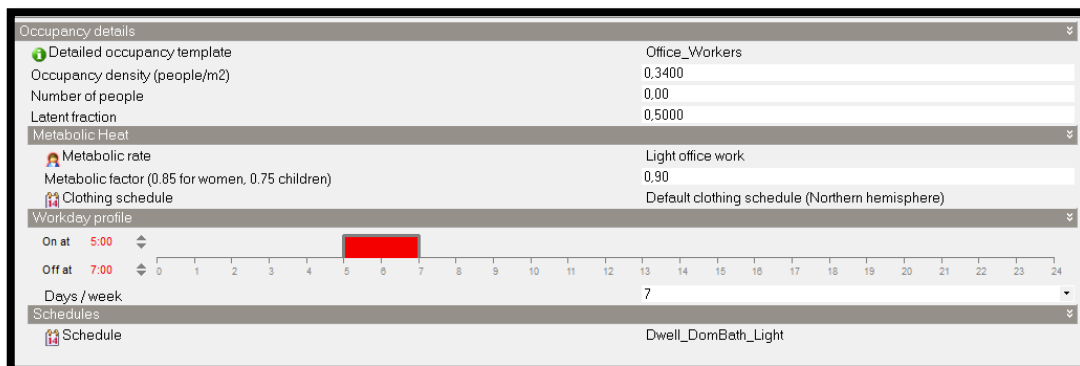
4.2.1.2 Designación de Elementos Arquitectónicos. Una vez fueron designados los espacios en el software, se procedió a identificar cada una de las superficies como un elemento arquitectónico. Para esto se seleccionó cada uno de los planos bidimensionales que componen la

volumetría y se les asignaron las propiedades térmicas a la cubierta, muros, pisos, puertas y ventanas.

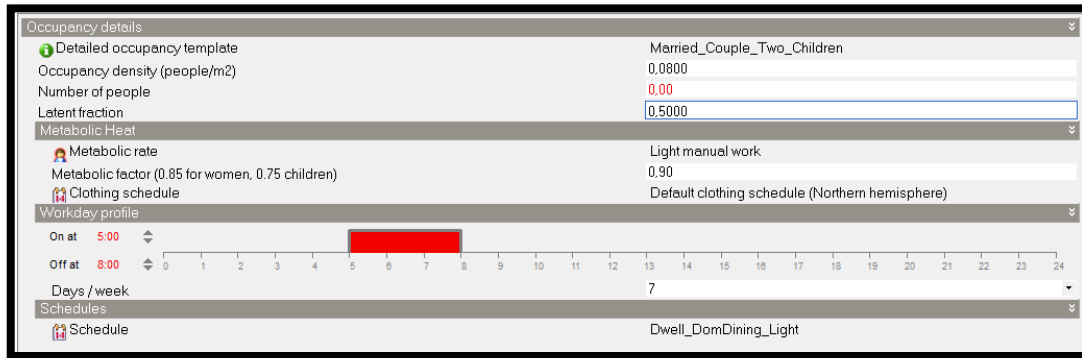
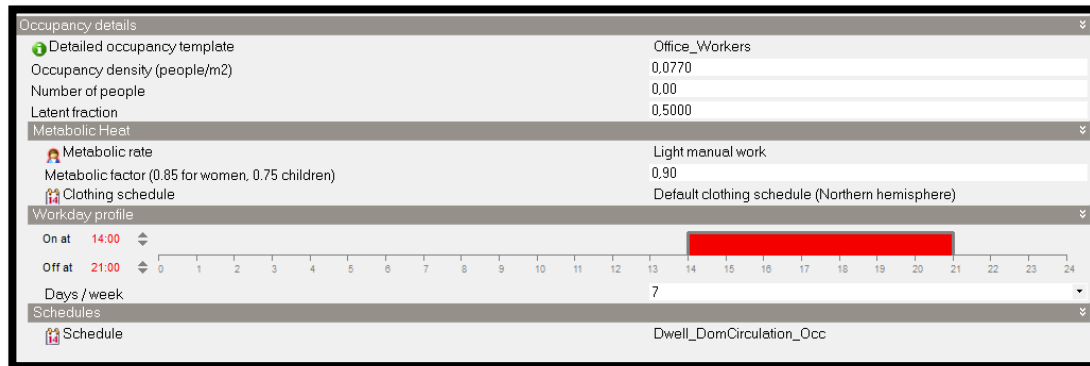
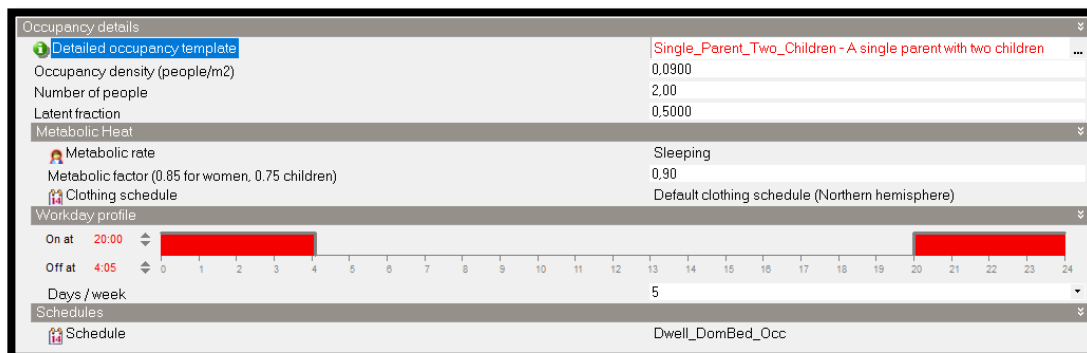
4.2.1.3 Condiciones Internas y Horarios de Operación y Ocupación. Una vez seleccionada la zona térmica dentro de la volumetría, se configuran según:

- Los niveles de humedad, la velocidad del viento y la temperatura del aire en el corregimiento. De acuerdo al análisis previo, para una simulación adecuada en el software se definió una humedad del 60%, una velocidad de 13km/h, y una temperatura promedio de 10°C.
- El número de personas, la actividad que realizan (valor en W) y el tiempo en que se utilizan cada una de las zonas al día.
- El día más frío del año (analizado previamente fue 6 de diciembre), para llevar a cabo la simulación térmica de la vivienda en dicho momento.

Figura 43. Zona de Baño.



Adaptado de *Design Builder*

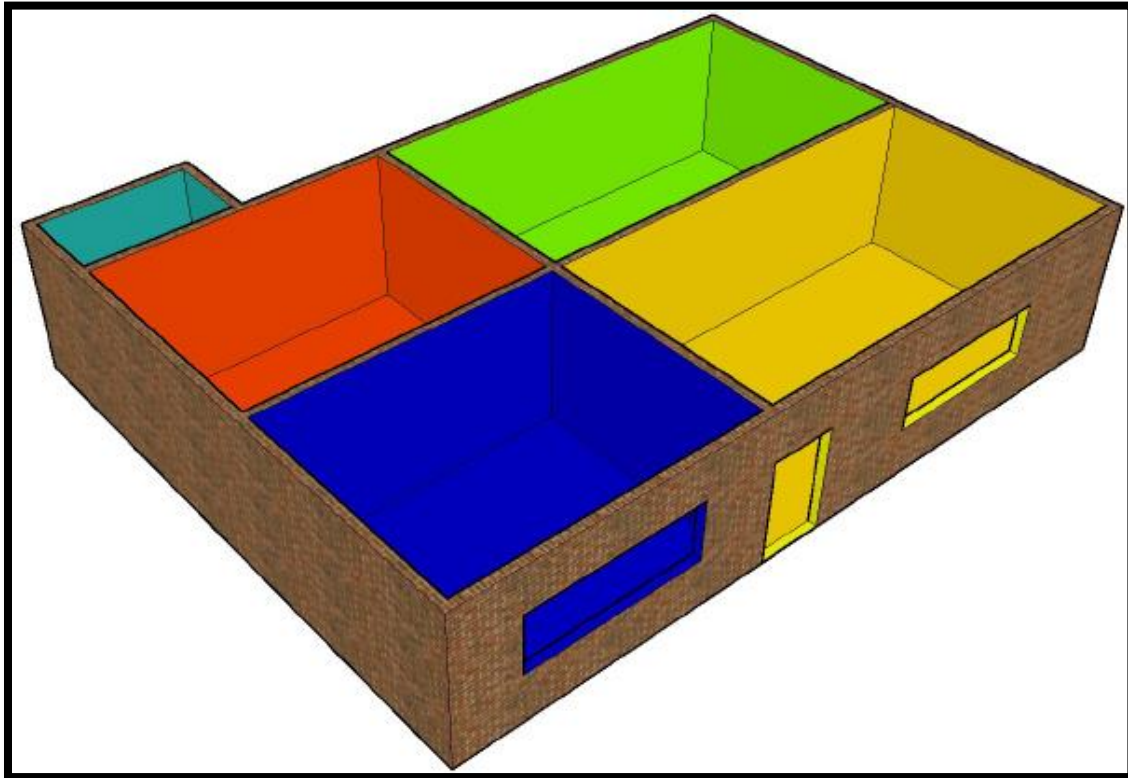
Figura 44. *Zona de Cocina.*Adaptado de *Design Builder***Figura 45.** *Zona de Sala.*Adaptado de *Design Builder*.**Figura 46.** *Zona de Habitaciones.*Adaptado de *Design Builder*.

4.3 Resultados del Comportamiento de las Zonas de la Vivienda Tipo.

A partir de la observación directa, se realizó un análisis individual para cada una de las zonas de la vivienda; las variables que se observaron en dichas zonas fueron: ganancia y pérdida de energía, confort térmico y temperatura interna. A continuación, se presentan los resultados gráficos de las simulaciones.

En la parte superior de las siguientes figuras, se determina la temperatura operativa de las zonas de la vivienda. Para todas gráficas, la línea de color azul representa la temperatura interna del aire; la línea de color rojo representa la temperatura radiante de los materiales; y la línea verde, la temperatura operativa; ésta última se determinó calculando la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura radiante de los materiales. Todo lo mencionado se aplica a cada una de las figuras que se muestran a continuación.

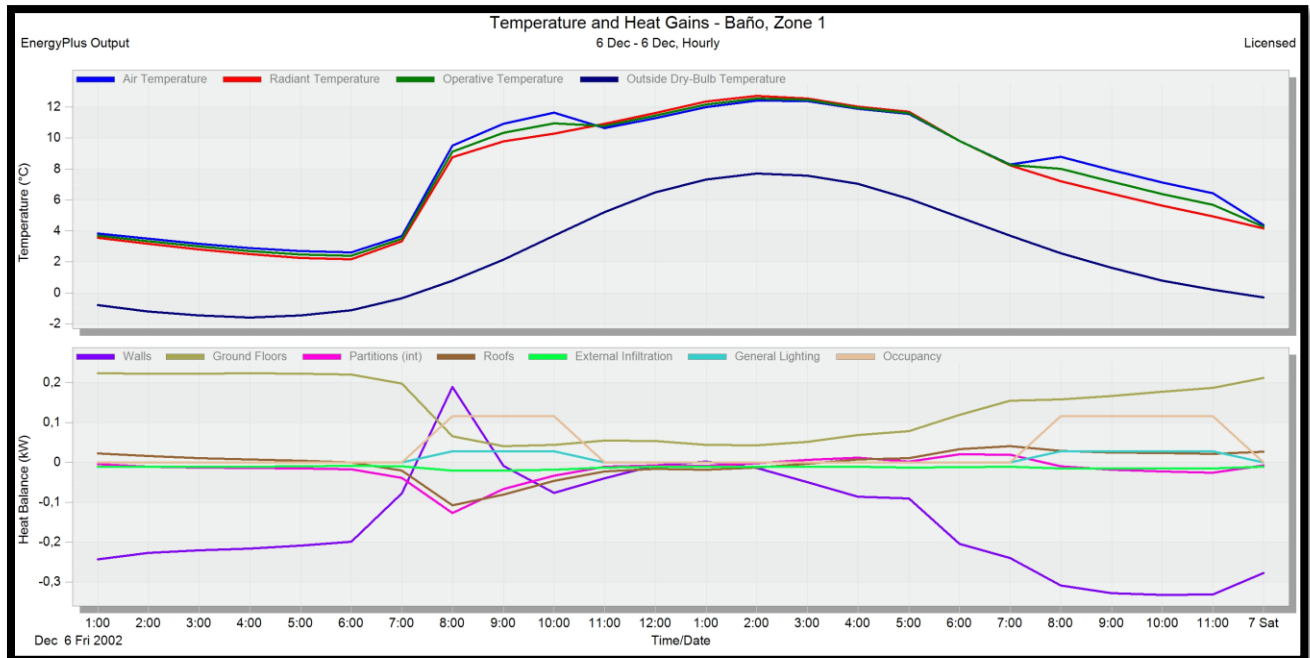
En la gráfica de balance térmico, se determinaron todos los aspectos que interfieren en la temperatura operativa como lo son: las paredes, las cubiertas, las particiones internas, los suelos, la infiltración externa y la ocupación. Esto se aplica a todas las figuras a continuación.

Figura 47 *Zonas de la Vivienda Tipo.*

La figura anterior señala las zonas de la vivienda tipo: así, pues, la zona del baño está representada con color verde aguamarina; el color verde limón representa la zona de la cocina. Por otro lado, el color amarillo representa la zona de la sala; el color azul, la zona de la habitación Principal y, por último, el color naranja representa la zona de la habitación auxiliar.

4.3.1 Zona del Baño

Figura 48. Análisis Térmico del Baño.



Adaptado de *Design Builder*

Siendo así, a las 6 a.m., la temperatura interna de la zona del baño, desciende a los 2°C mientras que a la misma hora la temperatura exterior es de -1°C. En este momento, la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) está por debajo de la línea de color azul (temperatura interna del aire). Esto significa que los materiales están enfriando el espacio analizado. Por otro lado, en el periodo de 11 a.m. a 5 p.m. sucede que la línea de color azul está por debajo de la línea de color rojo; esto representa que los materiales están aportando energía al espacio.

En la parte inferior de la figura se muestra cómo algunas variantes aportan y absorben energía para el cambio de la temperatura operativa. Las líneas que se encuentran por debajo de

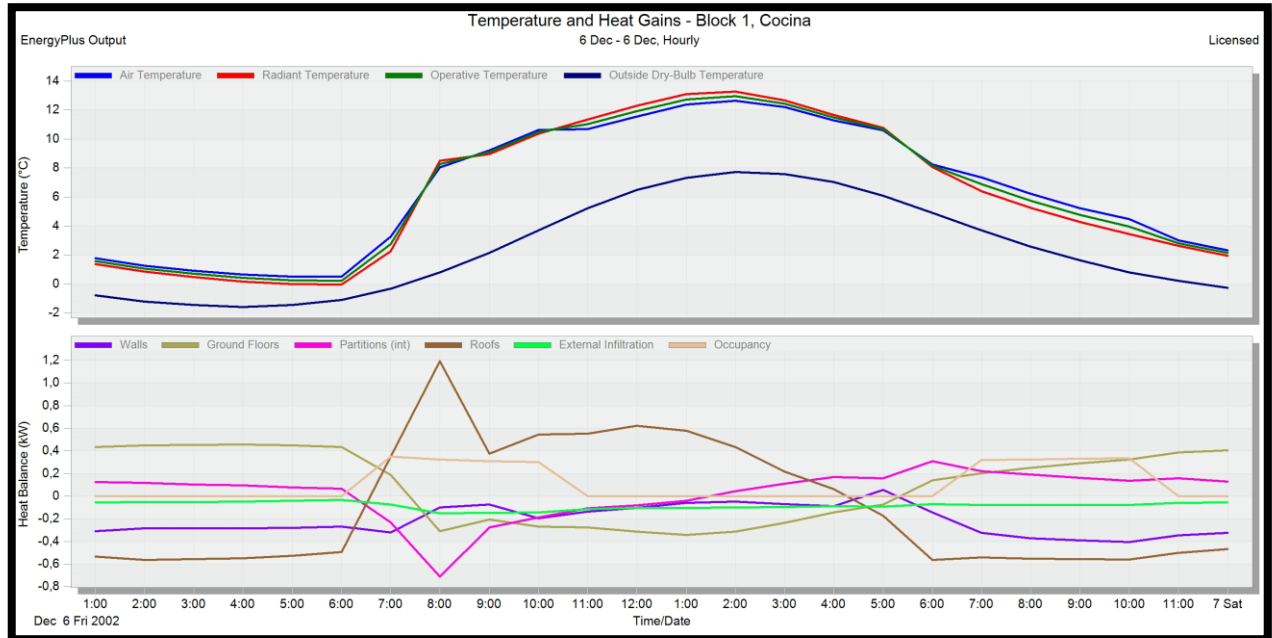
cero (0), son determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se encuentran por la parte superior del cero (0) son determinantes que aportan temperatura al espacio.

Ganancias y pérdidas en el balance térmico.

- Las paredes representadas por la línea de color azul aportan temperatura a la vivienda, principalmente en el periodo en que se encuentran expuestas a la radiación solar, es decir, entre 7 a.m. a 2 p.m. Durante el resto del día, dicho material absorbe calor a esta zona de la vivienda.
- La cubierta del baño, representada por la línea de color marrón, genera absorción térmica de la zona durante todo el día. Debido a que está cubierta no se encuentra integrada a la de la vivienda, y a que está más baja, este material logra generar una pequeña área de absorción térmica que, sin embargo, no alcanza a generar la suficiente absorción de energía como para generar un aporte energético a la zona.
- La ocupación representada por la línea de color rosado aporta temperatura en las horas de 6 a.m. a 11 a.m. haciendo referencia a un promedio que se pasa dentro del baño en una vivienda en promedio.

4.3.2 Zona de la Cocina

Figura 49. Análisis Térmico de la Cocina.



Adaptado de Design Builder.

A las 6 a.m., la temperatura interna de la zona de la cocina desciende casi al 0 °C. Mientras que, a la misma hora, la temperatura exterior se encuentra en -2°C. Y como se observa en la figura, en ese momento la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) se ubica por debajo de la línea de color azul (temperatura interna del aire). Esto significa que los materiales están enfriando el espacio analizado. Por otro lado, en el periodo entre las 10:30 a.m. a 3 p.m., sucede que la línea de color azul está por debajo de la línea de color rojo; a partir de esto se puede interpretar que los materiales están aportando energía al espacio.

En la parte inferior de la figura se muestra cómo algunas variantes aportan y absorben energía para el cambio de la temperatura operativa. Las líneas que se encuentran por debajo de

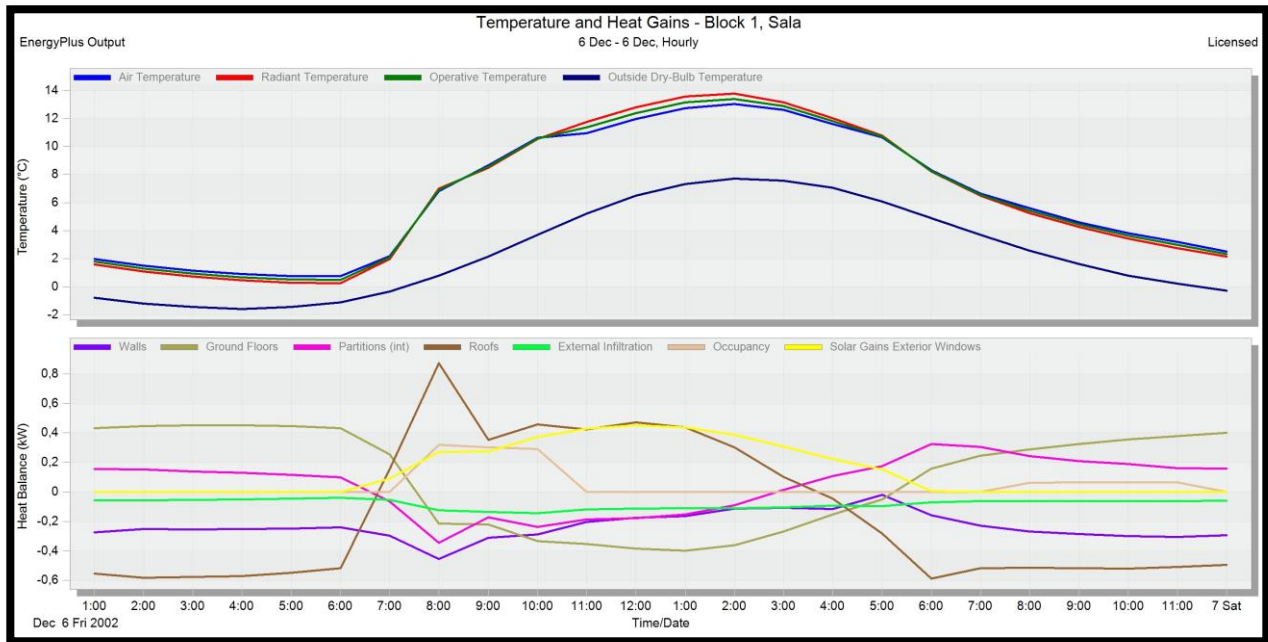
cero (0), son determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se encuentran por la parte superior del cero (0) son determinantes que aportan temperatura al espacio.

Ganancias y pérdidas en el balance térmico.

- Las paredes, representadas por la línea de color azul, aportan temperatura a la vivienda, principalmente entre las 7 a.m. y las 5 p.m. periodo en cual se encuentran expuestas a la radiación solar. Durante resto del día el material de las paredes genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda durante el día, porque se encuentra expuesta a la radiación solar. En la figura, se puede evidenciar el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, debido al aumento de temperatura gracias a la ganancia proveniente de la radiación solar.
- La radiación solar, representada por la línea de color amarillo, aporta temperatura a la zona de la sala durante el día, ya que esta zona cuenta con ventanas que permiten la permeabilidad de la radiación solar al espacio.
- Finalmente, la ocupación, representada por la línea de color rosado, aporta temperatura durante las horas de 6 a.m. a 11 a.m. teniendo en cuenta como referencia un promedio de 4 horas dentro de la cocina en una vivienda.

4.3.3 Zona de la Sala

Figura 50. Análisis Térmico de la Sala.



Adaptado de Desing Builder.

En la gráfica anterior, se puede evidenciar como la temperatura del espacio varia, dependiendo del momento del día. A mayor temperatura del aire exterior mayor temperatura operativa de la zona; esto se debe principalmente a la conductividad de los materiales, de los cuales está fabricada la vivienda. Estos materiales que tiene la cualidad de una fácil absorción térmica (la ganancia térmica).

La temperatura interna de la zona de la sala, desciende casi al 0 °C a las 6 a.m. mientras que temperatura exterior se encuentra en -2°C a la misma hora. Como se observa en la figura, En este momento la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) está por debajo de la

línea de color azul (temperatura interna del aire). Esto significa que los materiales están enfriando el espacio analizado. Por otro lado, en el periodo de 10 a.m. a 5 p.m. sucede que la línea de color azul está por debajo de la línea de color rojo; esto se puede interpretar como aporte de energía por parte de los materiales al espacio.

En la parte inferior de la figura se muestra cómo algunas variantes aportan y absorben energía para el cambio de la temperatura operativa. Las líneas que se encuentran por debajo de cero (0), son determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se encuentran por la parte superior del cero (0) son determinantes que aportan temperatura al espacio.

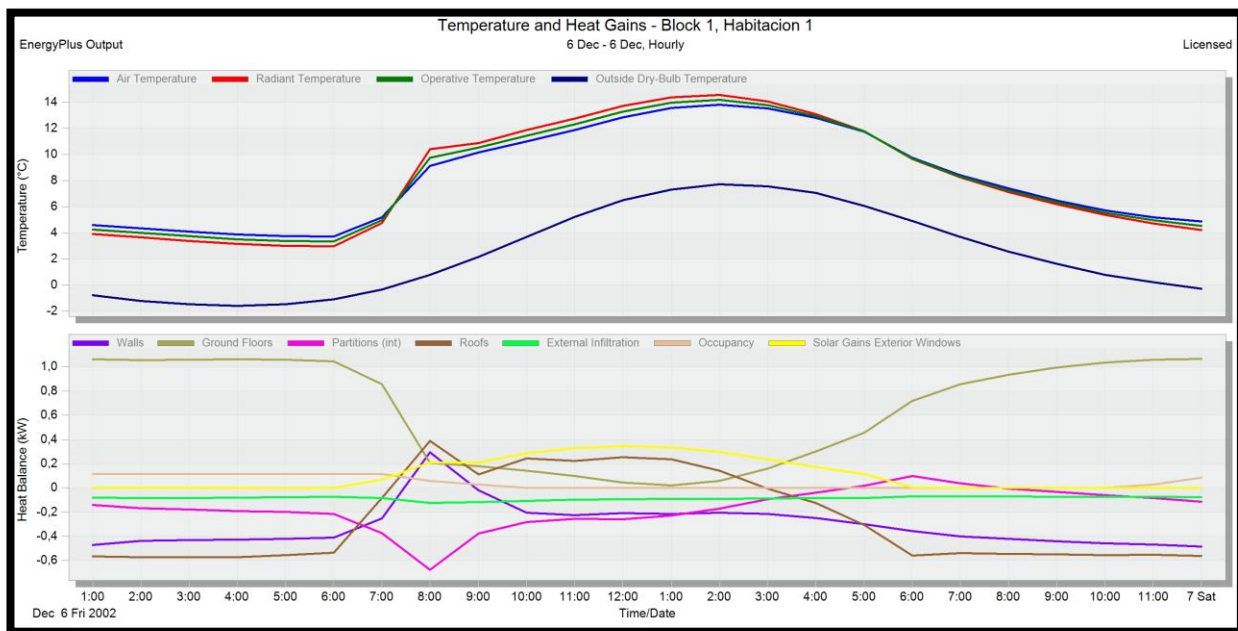
Ganancias y pérdidas en el balance térmico.

- Las paredes, representadas por la línea de color azul aportan temperatura a la vivienda principalmente en el periodo de 2 p.m. a 5 p.m. cuando se encuentran expuestas a la radiación solar. Durante el resto del día dicho material genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda durante el día, puesto que se encuentra expuesta a la radiación solar. En la figura se puede evidenciar el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, y se asume que es debido al aumento de temperatura por la exposición a la radiación solar.
- La radiación solar está representada por la línea de color amarillo y durante el día esta radiación aporta temperatura a la zona de la sala, porque allí hay ventanas que permiten la permeabilidad de la radiación solar al espacio.

- La ocupación, representada por la línea de color rosado, aporta temperatura entre las 4 p.m. y las 10 p.m. En promedio, estas son las horas del día en que dicha zona se encuentra con actividad.

4.3.4 Zona de la Habitación Principal

Figura 51. Análisis térmico de la Habitación Principal.



Adaptado de Desing Builder.

En la gráfica anterior, se puede evidenciar cómo la temperatura del espacio varía dependiendo del momento del día: a mayor temperatura del aire exterior se presenta una mayor temperatura operativa de la zona. Esto se debe principalmente a la conductividad de los materiales, de los cuales está fabricada la vivienda. Estos materiales tienen la cualidad de una fácil transmitancia térmica (la ganancia térmica).

A las 6 a.m. la temperatura interna de la zona de la habitación principal, desciende a 3°C mientras que la temperatura exterior se encuentra en -2°C a la misma hora. Como se observa en la figura, en este momento la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) está por debajo de la línea de color azul (temperatura interna del aire). Esto significa que los materiales están enfriando el espacio analizado. Por otro lado, en el periodo de 7 a.m. a 4 p.m. sucede que la línea de color azul está por debajo de la línea de color rojo. Esto significa que los materiales están aportando energía al espacio.

En la parte inferior de la figura se muestra cómo algunas variantes aportan y absorben energía para el cambio de la temperatura operativa. Las líneas que se encuentran por debajo de cero (0), son determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se encuentran por la parte superior del cero (0) son determinantes que aportan temperatura al espacio.

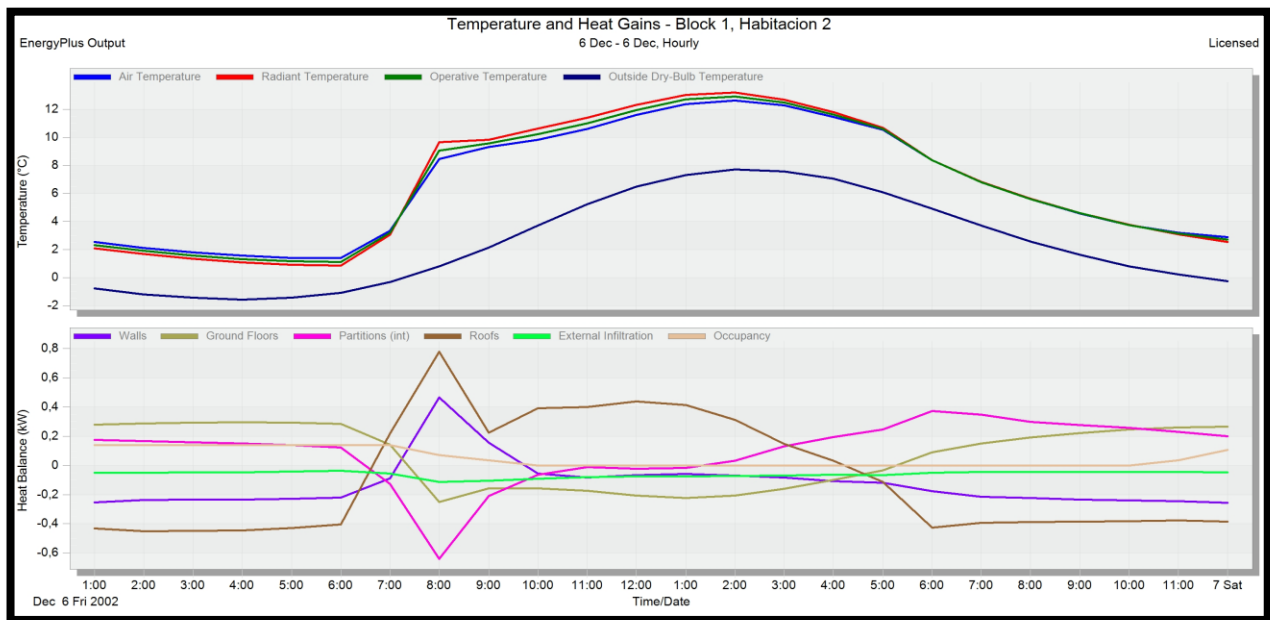
Ganancias y pérdidas en el balance térmico.

- Las paredes representadas por la línea de color azul aportan temperatura a la vivienda, principalmente en el periodo de 7 a.m. a 9 a.m. cuando se encuentran expuestas a la radiación solar. Durante el resto del día, dicho material genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda en el periodo entre 7 a.m. y las 3 p.m. pues durante este periodo los materiales se encuentran expuestos a la radiación solar. En la figura se evidencia el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, y se atribuye al aumento de temperatura al estar expuesto a la radiación solar.

- La radiación solar, representada por la línea de color amarillo, aporta temperatura a la zona de la sala durante el día, ya que esta zona cuenta con ventanas que permiten la permeabilidad de la radiación solar.
- La ocupación representada por la línea de color rosado no aporta energía, se mantiene constante por la línea 0.

4.3.5 Zona de la Habitación Auxiliar.

Figura 52. Análisis Térmico de la Habitación Auxiliar.



Adaptado de Desing Builder.

A las 6 a.m., la temperatura interna de la zona de la habitación desciende a 1°C a mientras que, a la misma hora, la temperatura exterior se encuentra en -2°C. Como se observa en la figura, en este momento, la línea de la temperatura radiante de los materiales (roja) está por debajo de la línea de temperatura interna del aire (azul). Esto significa que los materiales están enfriando el

espacio analizado. Por otro lado, en el periodo de 7 a.m. a 4 p.m. la línea de color azul está por debajo de la línea de color rojo, lo cual indica que los materiales están aportando energía al espacio.

En la parte inferior de la figura se muestra cómo algunas variantes aportan y absorben energía para el cambio de la temperatura operativa. Las líneas que se encuentran por debajo de cero (0), son determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se encuentran por la parte superior del cero (0) son determinantes que aportan temperatura al espacio.

Ganancias y pérdidas en el balance térmico.

- Las paredes, representadas por la línea de color azul, aportan temperatura a la vivienda, principalmente en el periodo entre 7 a.m. y las 9 a.m. justo están expuestas a la radiación solar. Durante el resto del día dicho material genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda en el periodo compuesto entre las 7 a.m. y las 3 p.m. puesto que durante estas horas los materiales se encuentran expuestos a la radiación solar. En la figura, se evidencia el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, y éste se atribuye al aumento de temperatura por exposición de los materiales a la radiación solar.
- La ocupación, representada por la línea de color rosado, no genera un aporte energético significativo lo que hace que la línea se mantenga constante en la línea 0.

4.3.6 Conclusiones Sobre el Comportamiento de las Zonas

Al observar la vivienda tipo se identificó un fenómeno: todas las zonas de la vivienda tienen ciertas capacidades de mantener la temperatura; en otras palabras, la temperatura interior siempre se encuentra por encima de la temperatura exterior. Principalmente, esto se debe a la masa térmica (densidad) de los materiales de la vivienda tipo.

Por otro lado, se puede afirmar que la transmitancia térmica de los materiales ocasione una variación de la temperatura interior. Es decir, cuando la temperatura exterior aumenta inmediatamente la temperatura interior de la edificación aumenta. Así pues, cuando la temperatura exterior disminuye, hace que la temperatura interior de la edificación también lo haga. Este fenómeno se puede atribuir a la baja transmitancia térmica que sufren los materiales de la vivienda tipo.

Los resultados anteriores sobre el análisis de las zonas de la vivienda tipo, fueron comparados con la medición análoga *in situ*. Esta comparación ratificó que, en todas las zonas, a las 5 p.m. cuando comienza a disminuir la temperatura operativa, a su vez, los materiales de la vivienda comienzan a absorber calor del espacio. En síntesis, éste es un comportamiento habitual de todos los espacios de la vivienda tipo.

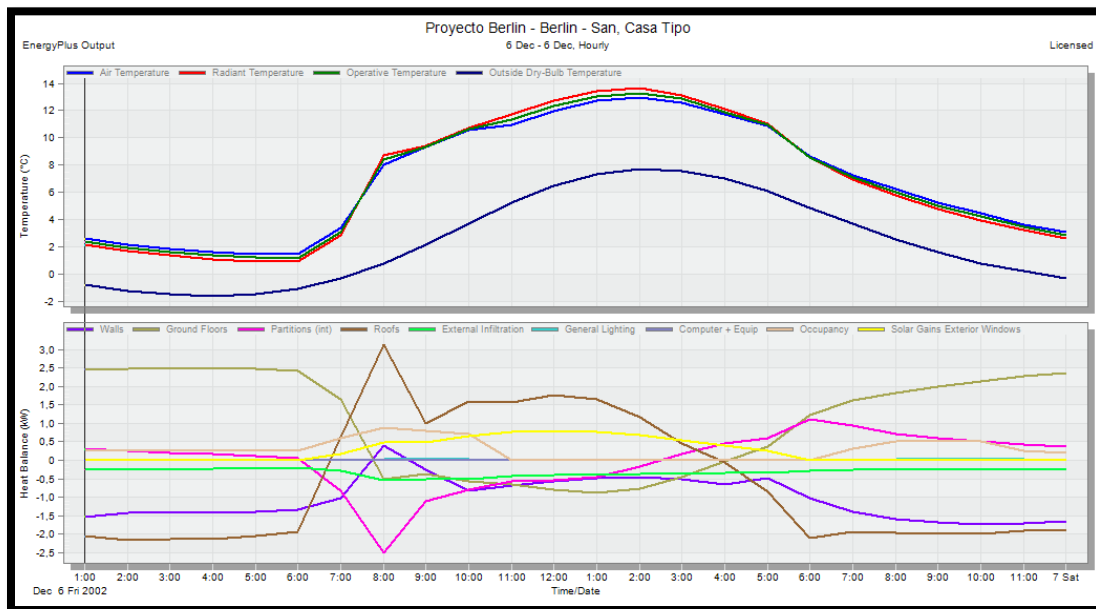
4.4 Resultados Comparativos de las Zonas vs. La Vivienda Tipo.

Enseguida, los resultados del análisis por zonas se compararon con los resultados de la vivienda tipo. Y con ello, se determinó en qué momento del día las zonas aportan energía a la vivienda y en cuáles momentos, los materiales absorben energía de la vivienda.

Así, en la parte superior de las siguientes figuras, se muestra la temperatura operativa de la vivienda tipo; y en la parte inferior, se muestra la temperatura de las zonas de la vivienda. Para todas las gráficas, la línea de color azul representa la temperatura interna del aire; del mismo modo, la línea de color rojo representa la temperatura radiante de los materiales; y, por último, en todas las gráficas, la línea verde representa la temperatura operativa. Ésta última se determinó calculando la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura radiante de los materiales. Finalmente, todas estas convenciones se aplicaron a cada una de las figuras que se muestran a continuación.

4.4.1 Simulación Térmica de la Vivienda Tipo.

Figura 53. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo.



Adaptado de *Design Builder*.

En la figura 54, se observa cómo la temperatura de la vivienda tipo varía, dependiendo del momento del día: así, a mayor temperatura del aire exterior se presenta una mayor temperatura operativa de la zona. Este fenómeno se debe, principalmente, a la alta capacidad de conductividad

de los materiales con los cuales está fabricada la vivienda. Estos materiales muestran facilidad para absorber y disipar el calor (ganancia térmica).

En la madrugada del día de estudio, la temperatura interna de la vivienda tipo descendió a 1°C , mientras que la temperatura exterior se midió en -2°C . Como se observa en la figura 54, la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) se ubicó por debajo de la línea de color azul (temperatura interna del aire); esto revela que los materiales se estaban enfriando. Por otro lado, en el periodo de 7 a.m. a 5 p.m. la línea de color azul estuvo por debajo de la línea de color rojo; lo cual indica que los materiales estaban aportando energía al espacio.

En la parte inferior de la figura, se observa la forma en que algunos determinantes aportaron y absorbieron energía para el cambio de la temperatura operativa. Es así como las líneas que se encuentran por debajo de cero (0) representan determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se ubican en la parte superior del cero (0) representan determinantes que aportan temperatura al espacio.

Aportes y absorciones térmicas de los determinantes en la temperatura operativa.

- Las paredes, representadas por la línea de color azul, aportan temperatura a la vivienda, principalmente entre las 7 a.m. y las 5 p.m., período durante el cual se encuentran expuestas a la radiación solar. Por lo demás, el resto del día, dicho material genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda durante el día en el periodo compuesto entre las 6 a.m. y las 4 p.m. Puesto que, durante este periodo, los materiales se encuentran expuestos a la radiación

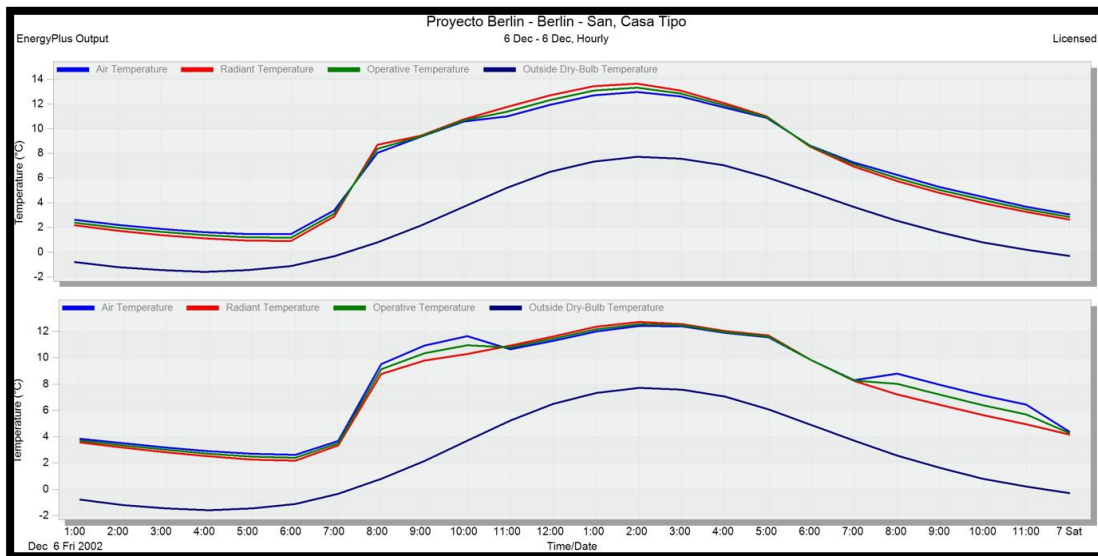
solar; en la figura, se puede observar el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, y se puede atribuir al aumento de temperatura por exposición a la radiación solar.

- La ocupación, representada por la línea de color rosado, no genera un aporte energético significativo; esto explica que su línea se mantenga constante sobre la línea 0.

4.4.1 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico del Baño.

En la parte superior de la siguiente imagen, se encuentra el análisis térmico realizado a la vivienda tipo, en la parte inferior, se puede ver el análisis térmico de la zona del baño.

Figura 54. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs El Baño.



Adaptado de *Design Builder*

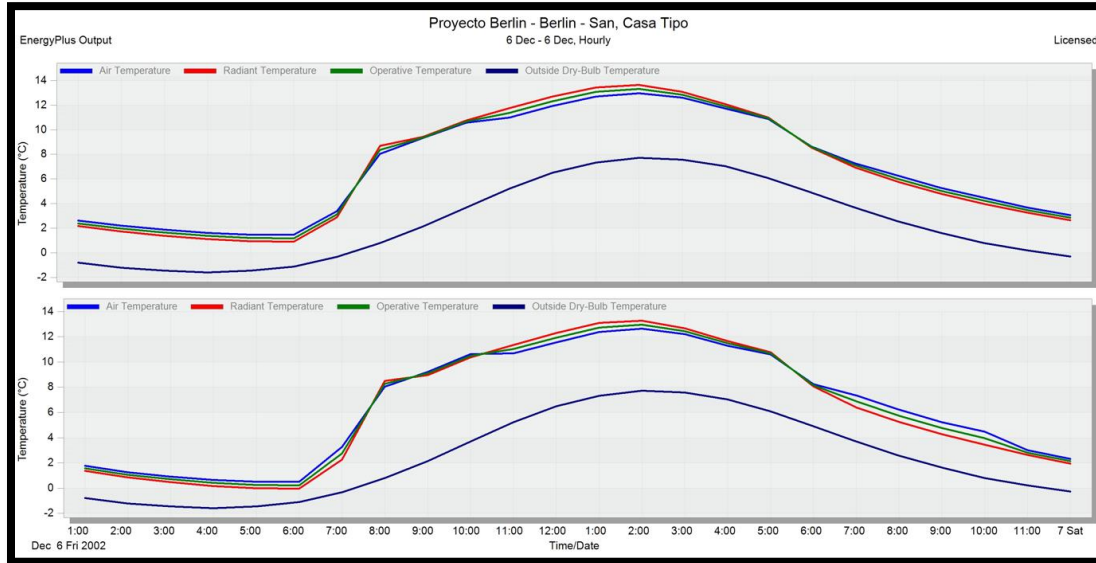
En la figura anterior, se puede observar que la zona del baño está aportando energía térmica a la vivienda durante todo el día. Como se puede evidenciar en la figura la temperatura radiante de los materiales de la zona del baño se encuentra durante todo el día superior a la temperatura

operativa de la vivienda. Esto hace que la zona del baño aporte energía térmica a la vivienda durante todo el día.

4.4.2 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Cocina.

En la parte superior de la siguiente imagen, se encuentra el análisis térmico realizado a la vivienda tipo, en la parte inferior se encuentra el análisis térmico de la zona de la cocina.

Figura 55. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Cocina.



Adaptado de *Design Builder*.

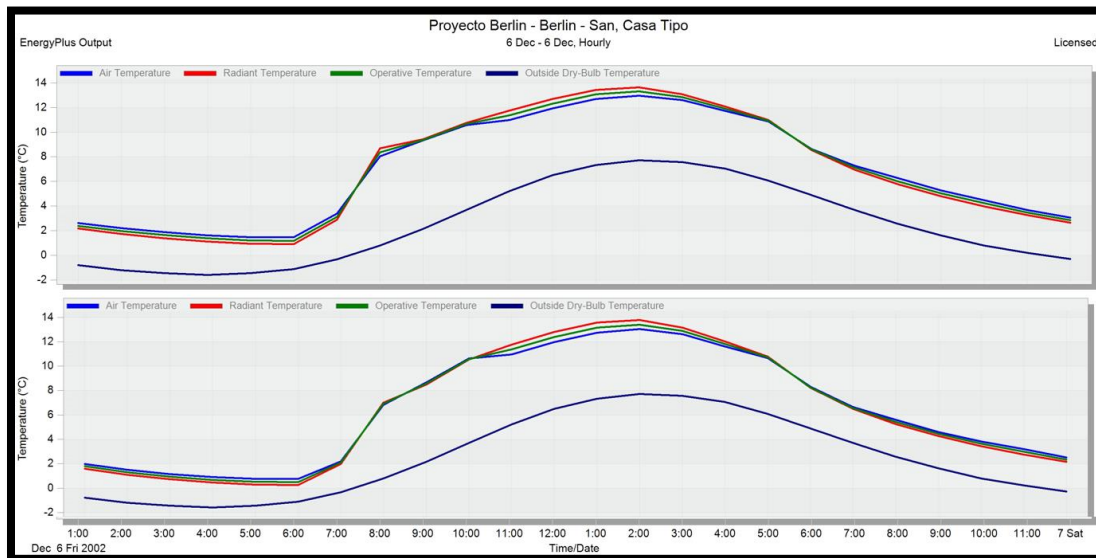
Al comparar las dos partes de la figura, se puede observar que la zona de la cocina aporta energía térmica a la vivienda durante el periodo de 8 a.m. y las 6 p.m. Esto se debe a que, a partir de las 8 a.m. la zona de la cocina empieza a obtener radiación solar y comienza la ocupación además de la actividad interna de la zona, lo cual ocasiona que la temperatura operativa aumente.

Así pues, después de las 6 p.m., la cocina es la última zona que inicia la absorción térmica en la vivienda, por lo cual, pierde menos energía térmica en esa zona.

4.4.3 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Sala.

En la parte superior de la siguiente imagen, se encuentra el análisis térmico realizado a la vivienda tipo; en la parte inferior, se encuentra el análisis térmico de la zona de la sala.

Figura 56. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Sala.



Adaptado de Desing Builder.

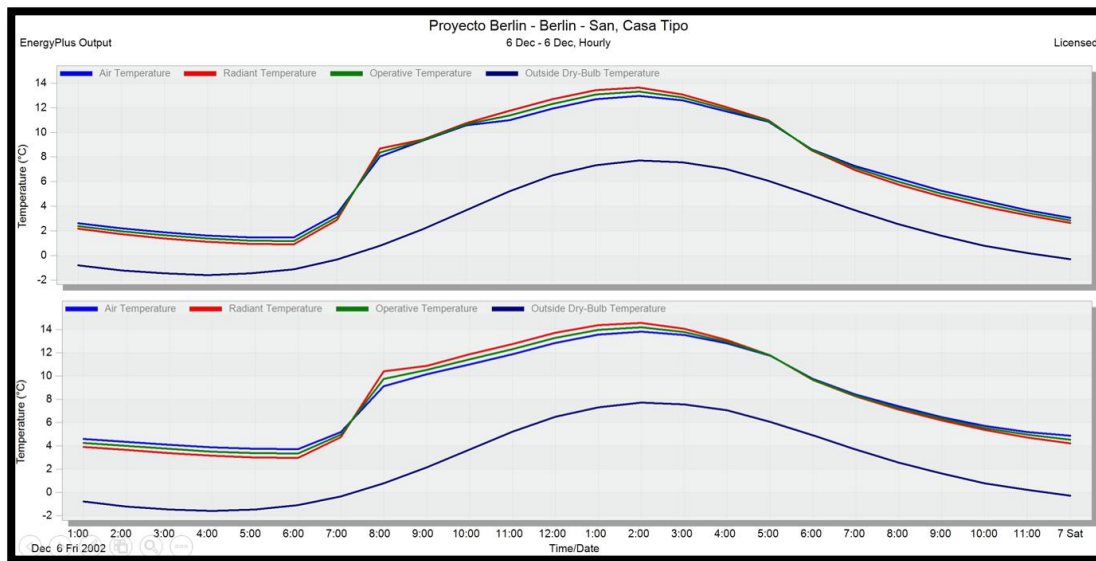
Al comparar las partes de la figura, se puede observar que entre las 7 a.m. y las 5 p.m., la zona de la sala aporta energía térmica a la vivienda. Dicho aumento térmico se debe a que a partir de las 7 a.m. la zona de la sala es una de las áreas que más incidencia solar recibe, lo cual conlleva a que la sala aporte energía térmica a la vivienda. En cambio, pasadas las 5 p.m., la incidencia

solar empieza a disminuir haciendo que la zona sea una de las primeras en iniciar una absorción térmica en la vivienda y que, por tanto, ésta pierda energía térmica.

4.4.4 Análisis de la Vivienda Tipo vs Análisis Térmico de la Habitación Principal.

En la parte superior de la siguiente figura, se muestra el análisis térmico que se hizo de la vivienda tipo, y en la inferior se muestra el análisis térmico de la zona de la habitación principal.

Figura 57. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Habitación Principal.



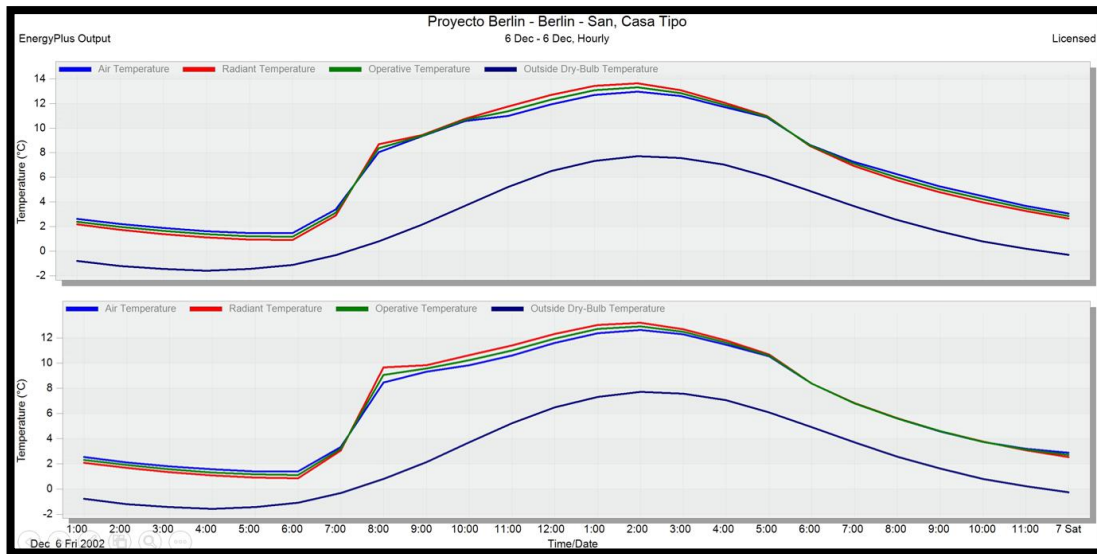
Adaptado de *Design Builder*.

En la figura anterior, se puede observar cómo la zona de la habitación principal está aportando energía térmica a la vivienda durante todo el día. Según se evidencia en la figura, durante todo el día la temperatura radiante de los materiales en la habitación principal, se muestra superior a la temperatura operativa de la vivienda. Esto provoca que, en las horas de incidencia solar, la zona de la habitación principal aporte energía térmica a la vivienda y con ello, se puede afirmar que es una de las zonas que más absorbe radiación solar.

4.4.5 Análisis de la vivienda tipo vs análisis térmico de la habitación auxiliar.

En la zona superior de la siguiente imagen, se presenta el análisis térmico que se hizo de la vivienda tipo y en la parte inferior, aparece el análisis térmico de la zona de la habitación auxiliar.

Figura 58. Análisis Térmico de la Vivienda Tipo vs La Habitación Auxiliar.



Adaptado de Design Builder.

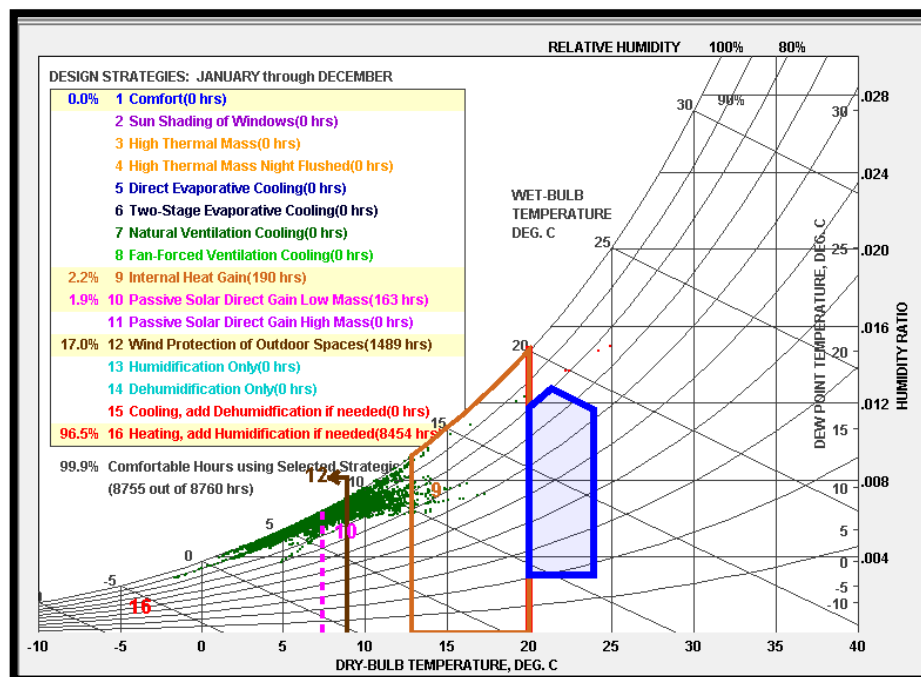
Al comparar las partes de la figura 58, se puede observar que la zona de la habitación es la zona más intermitente al momento de brindar energía térmica a la vivienda. Puesto que dicha zona brinda energía térmica a la vivienda en el intervalo de las 7 a.m. a las 8 a.m. Después de este intervalo dicha zona empieza a absorber energía térmica. Al final del día, en el intervalo entre las

6 p.m. y las 7 p.m., la zona de la habitación empieza a emitir energía a la vivienda nuevamente. Entonces, se puede decir que dicha zona es una de las últimas en brindar energía térmica a la vivienda.

4.5 Identificación de Estrategias para el Mejoramiento del Confort Térmico Dentro de la Vivienda Tipo.

La lista de pautas de diseño residencial que se muestra en la figura 60 se puede aplicar a al clima frío - húmedo. Posteriormente, con base en el diagrama de Givoni y tomando como referencia las recomendaciones de Palette 2030, se identificaron las estrategias que contribuyan al mejoramiento del confort térmico dentro de la vivienda tipo basado en esta decisión se podrá llegar al 99.9% de las horas del año en confort térmico. De acuerdo con las recomendaciones de diseño del programa Climate Consultant

Figura 59. Tabla Psicométrica.



Adaptado de Climate Consultant.

Figura 60. *Listado de Palette 2030.*

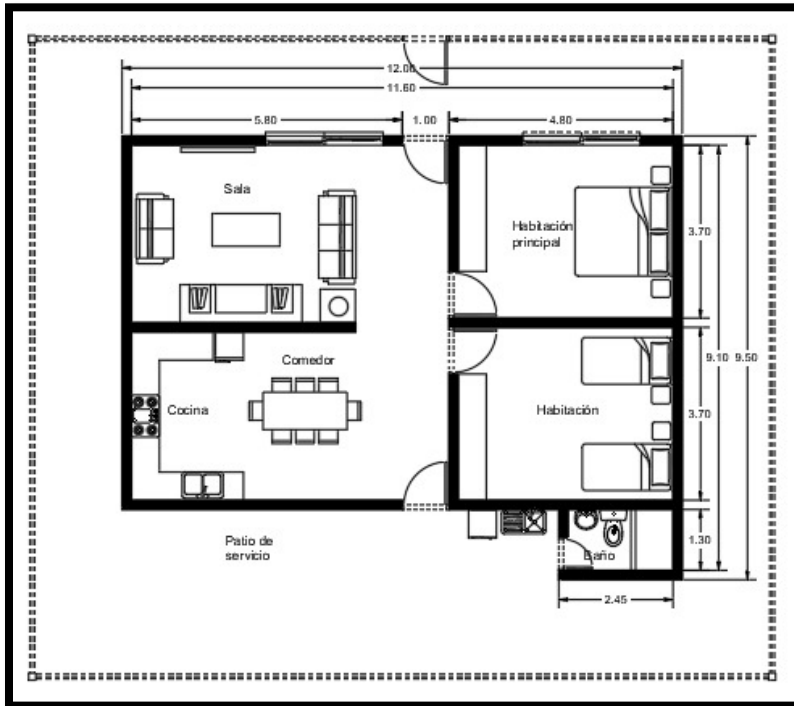
19	For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer
20	Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, north, and east, but clear on south for maximum passive solar gain
3	Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria)
18	Keep the building small (right-sized) because excessive floor area wastes heating and cooling energy
15	High Efficiency furnace (at least Energy Star) should prove cost effective
4	Extra insulation (super insulation) might prove cost effective, and will increase occupant comfort by keeping indoor temperatures more uniform
13	Steep pitched roof, with a vented attic over a well insulated ceiling, works well in cold climates (sheds rain and snow, and helps prevent ice dams)
2	If a basement is used it must be at least 18 inches below frost line and insulated on the exterior (foam) or on the interior (fiberglass in furred wall)
16	Trees (neither conifer or deciduous) should not be planted in front of passive solar windows, but are OK beyond 45 degrees from each corner
14	Locate garages or storage areas on the side of the building facing the coldest wind to help insulate
67	Traditional passive homes in cold clear climates had snug floorplan with central heat source, south facing windows, and roof pitched for wind protection
31	Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation
7	Use vestibule entries (air locks) to minimize infiltration and eliminate drafts, in cold windy sites
5	Carefully seal building to minimize infiltration and eliminate drafts, especially in windy sites (house wrap, weather stripping, tight windows)
8	Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather (seasonal sun rooms, enclosed patios, courtyards, or verandahs)
11	Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated (to lower Balance Point temperature)
6	Exterior wind shields or dense planting can protect entries from cold winter winds (wing walls, wind breaks, fences, exterior structures, or land forms)
1	Tiles or slate (even on wood floors) or a stone-faced fireplace provides enough surface mass to store winter daytime solar gain and summer nighttime 'coolth'
12	Insulating blinds, heavy draperies, or operable window shutters will help reduce winter night time heat losses
22	Super tight buildings need a fan powered HRV or ERV (Heat or Energy Recovery Ventilator) to ensure indoor air quality while conserving energy

Adaptado de Climate Consultant.

Para la selección de las pautas en el aumento del confort térmico de la vivienda tipo fue considerada la viabilidad económica del corregimiento y la facilidad en la obtención de los materiales. Las estrategias seleccionadas fueron.

4.6 Estrategias Propuestas

En la siguiente figura se presenta la vivienda tipo con las estrategias desarrolladas y las modificaciones arquitectónicas necesarias para el aumento de confort térmico dentro de la edificación.

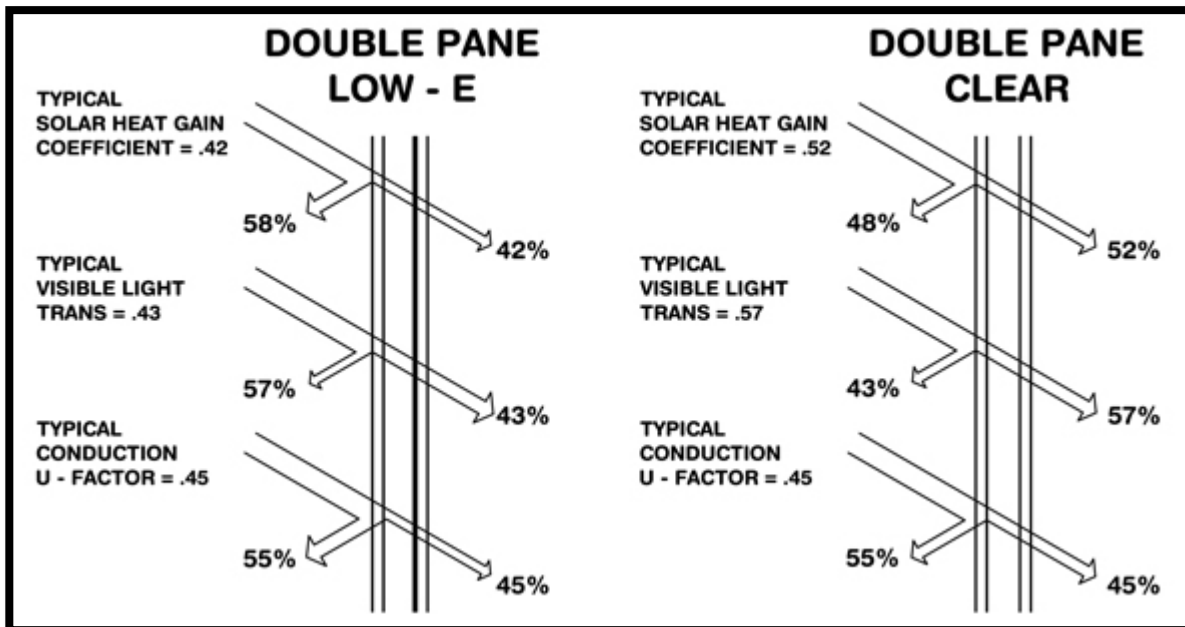
Figura 61. *Planta Arquitectónica Vivienda Tipo Modificada*

4.6.1 Proporción del Acristalamiento en Fachada.

“(20.) Proporcione acristalamiento para obtener la máxima ganancia solar pasiva”

Acristalamiento solar (que está ubicado mirando hacia el sur) está dimensionado para admitir suficiente luz solar en un día soleado promedio. Con el fin de calentar un espacio durante el período completo de 24 horas del día.

Figura 62. Acristalamiento



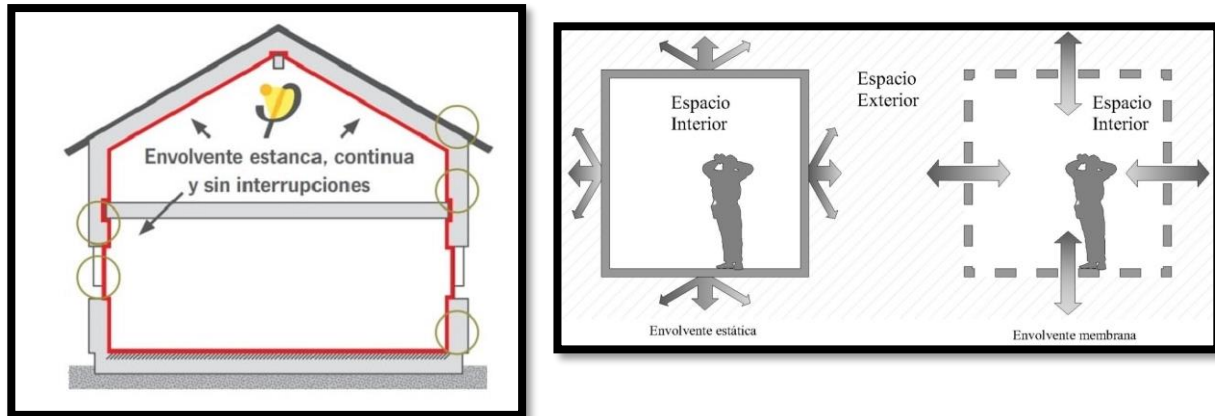
Adaptado de Palette 2030

El siguiente es un dimensionamiento del acristalamiento dependiendo de la temperatura externa. Los porcentajes del acristalamiento en el clima frío son de 16% al 20%, por otro lado en el clima cálido del 10% al 13%.

4.6.2 Control de la Estanqueidad en la Vivienda Tipo.

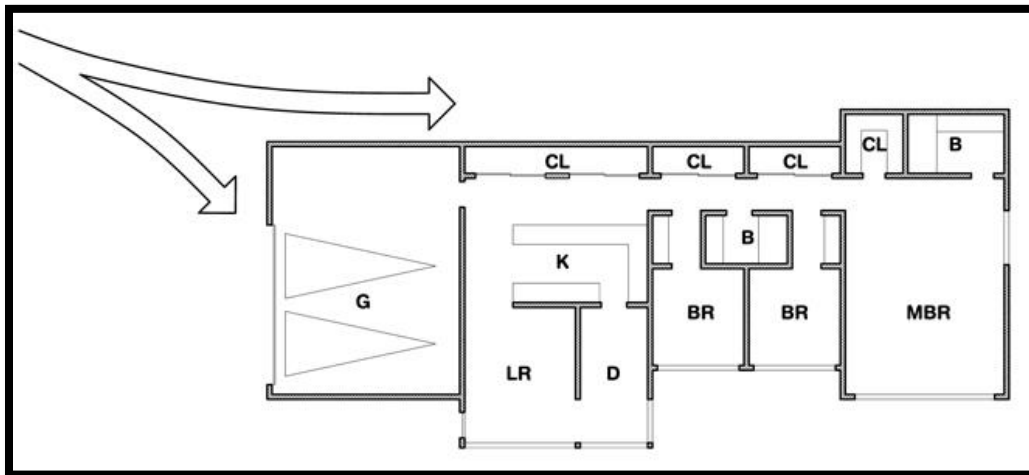
“(14) Ubique garajes o áreas de almacenamiento en el lado del edificio que enfrenta el viento más frío para ayudar a aislar.” El concepto de estanqueidad está asociado principalmente con el grado de protección que presenta la envolvente frente al paso de aire y agua.

Desde un punto de vista constructivo, la estanqueidad al aire se consigue diseñando y ejecutando una envolvente continua totalmente estanca. El cuidado y el correcto sellado de las juntas de unión entre los diferentes elementos constructivos y también teniendo en cuenta la humedad que absorbe la envolvente, estos son los dos factores fundamentales al tener en cuenta.

Figura 63. *Tipología de Evolventes*

Adaptado Beyond Sustainable.net

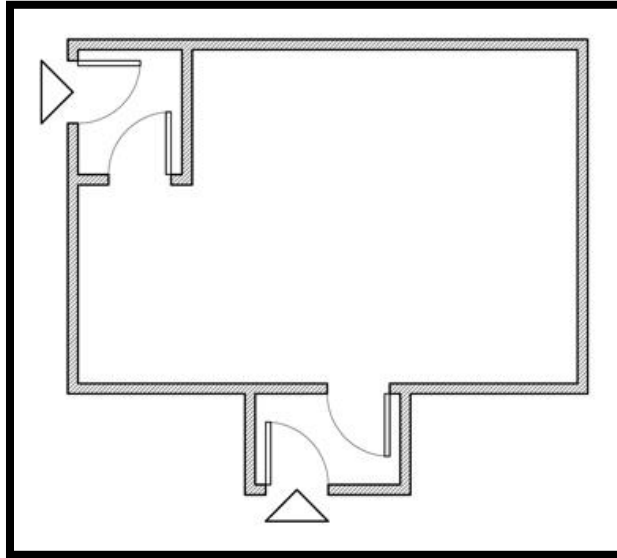
Los sistemas de barrera contra infiltraciones al aire contribuyen a la durabilidad de la envolvente del edificio y mantienen un interior saludable. Ambos factores son fundamentales en la construcción sostenible.

Figura 64. *Distribución de Espacios.*

Adaptado de Palette 2030.

Por otro lado se puede utilizar los espacios vestíbulo para la disminución de infiltración directa a la edificación, estos espacio funcionan como una barrera.

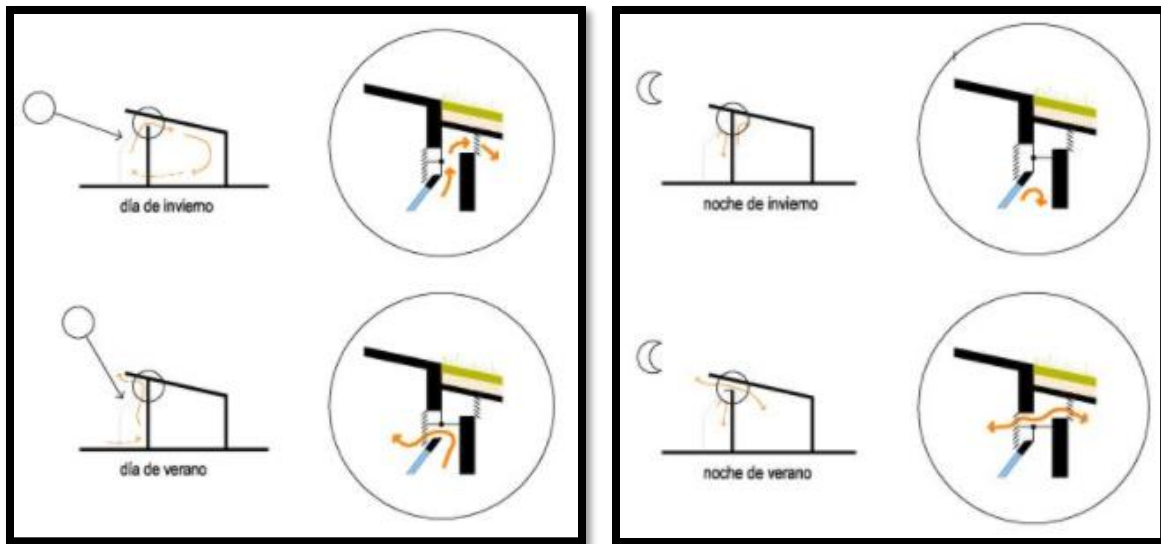
Figura 65. *Utilización de Vestíbulos.*



Adaptado de Palette 2030.

4.6.3 El Invernadero como Sistema de Calefacción Pasiva.

Un invernadero adosado a un muro de fachada orientada al sur, puede ser una fuente pasiva de calor. El aire del invernadero funciona como un colchón térmico entre el interior y el exterior de la vivienda, e influye en la cantidad y dirección de calor transmitido a través del muro de fachada. Además el invernadero cuenta con aberturas para hacer circular el aire hacia un destino u otro según interese. Cuando las aberturas se cierran, y el aire se encuentra en reposo, el invernadero también tiene un efecto aislante, incluso por la noche.

Figura 66. *Esquema de Funcionamiento de Invernadero.*

Adaptado soluciones bioclimáticas.

4.6.4 Utilización de Materiales para la Conservación Térmica.

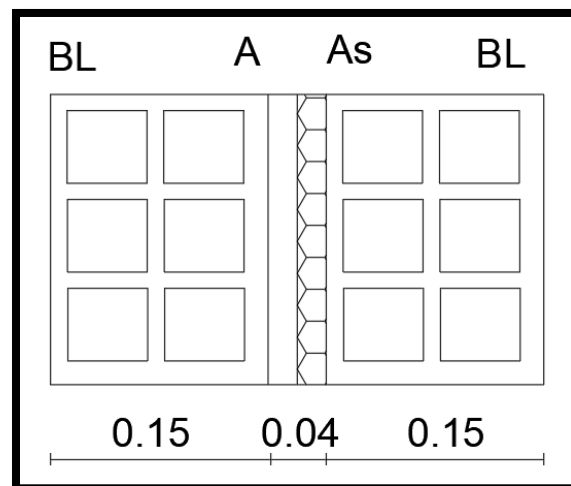
La utilización de los materiales debe ser acorde al clima donde serán utilizados y deben tenerse en cuenta la flexibilidad y la resistencia a la temperatura y a la humedad, ya que son variables importantes al momento de la identificación del material.

En clima frío se usan materiales térmicos como lo son las paredes gruesas, puertas y ventanas compactas para mantener al interior de la vivienda la energía térmica. Otro aspecto importante es conocer los materiales que abundan en la región donde se desea hacer la edificación, ya que con ello se puede sacar provecho para construir, reformar o reparar.

4.6.3.1 Materiales de los Muros. Los ladrillos huecos son uno de los mejores aislantes de temperatura que existen, puesto que el aire frío tarda más en atravesar las paredes que cuando se trata de una obra compacta. A través de dichos huecos o celdas dentro del ladrillo se consigue un aislamiento eficaz.

Para el desarrollo de la vivienda tipo se plantea un muro compuesto por cuatro capas, una interna consolidada por bloque de arcilla h15, otra de aire, un aislante y una capa externa de bloque de arcilla h15. De acuerdo con los valores de resistencia térmica de los materiales y los espesores de estos, se obtiene un transmitancia térmica $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

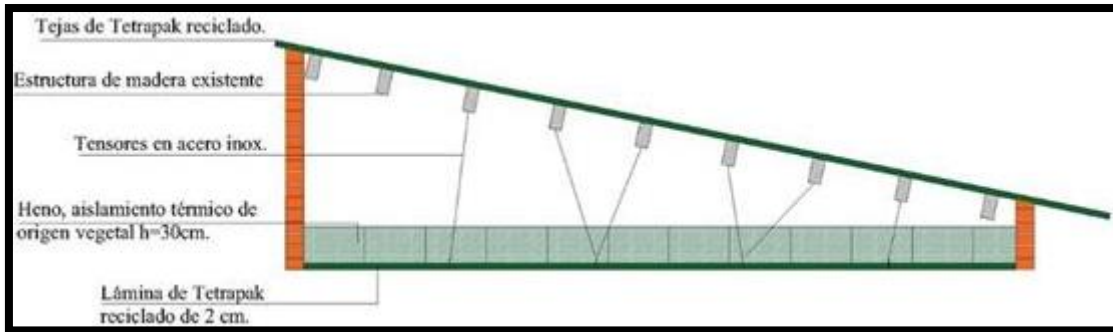
Figura 67. *Muro Compuesto.*



4.6.3.2 Materiales de la Cubierta. Las tejas en fibrocemento son el materia que más aspectos tiene favorables al momento del aumento térmico dentro de la vivienda pero al hacer el estudio se identificó que, si se usaba únicamente dicho material, no se obtenía el aislamiento térmico necesario, por lo que se tomó la decisión de usar láminas de poliuretano para que con

dicho material conformar un falso techo que le permitiera al hábitat tener una cámara de aire entre los elementos. El poliuretano cuenta con una transmitancia térmica de $\lambda = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Figura 68. *Sección de Cubierta Propuesta.*



Adaptado de Evaluación del mejoramiento del confort térmico en autoconstrucción en Bosa.

4.6.3.3 Materiales del Suelo. Los aislantes térmicos reflexivos son el materia que más aspectos tiene favorables al momento del aumento térmico dentro de la vivienda solucionando los problemas que puedan surgir de una manera eficaz debido a su gran resistencia térmica:

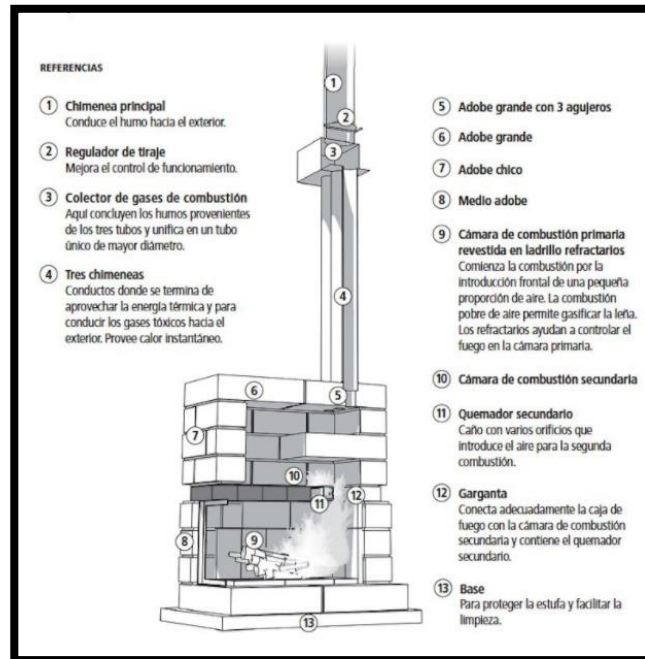
- Tiene una muy baja conductividad térmica ($\lambda=0,025$), evitando la transmisión de calor del exterior al interior del edificio.

Un aislante térmico reflexivo es un compuesto por una combinación de capas de diversos materiales tales como espuma, guatas o aluminio. En su confección se añade una cámara de aire entre ambos, con objeto de incrementar su resistencia térmica frente a cambios de temperatura.

4.6.3.4 Utilización de Chimenea. La chimenea es un tipo de calefacción que tiene la capacidad de generar calor en una estancia generado principalmente por la radiación térmica de la misma. El calor que es generado por la combustión se propaga por la vivienda y se conserva continuamente gracias al reflejo que se produce en las paredes y en la base. Para conseguir

correctamente este resultado, es necesario que los materiales de las paredes de las paredes de la chimenea sean refractarios, de esta manera se puede tener la capacidad de almacenar cierta cantidad de temperatura, conservando esta incluso después de haberse apagado la chimenea.

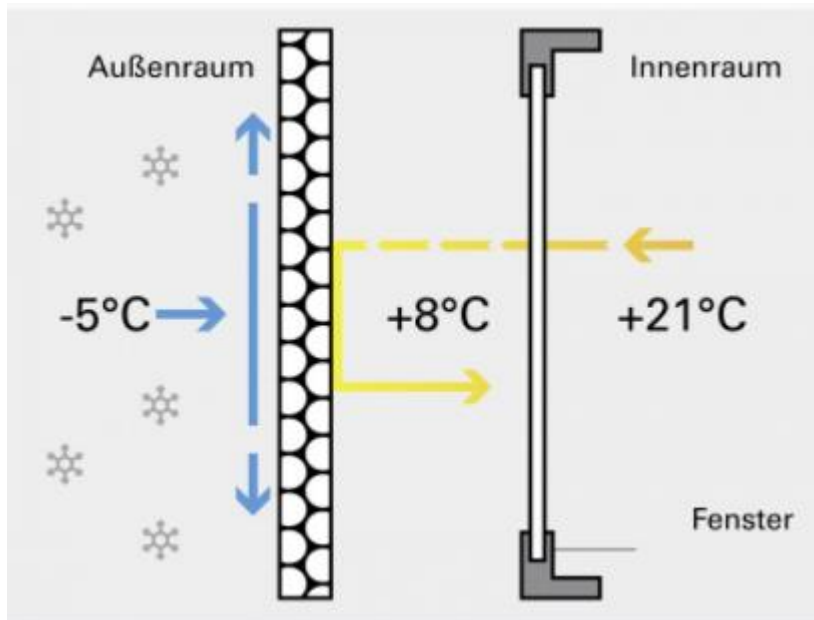
Figura 69. Chimenea.



Adaptado de green technology

4.6.3.5 Utilización de Contraventana. Sin la utilización de este elemento arquitectónico funcional, el aire frío accede directamente a la ventana sin encontrar algún tipo de barrera. Esto provoca que la ventana se enfríe y empiece una transferencia térmica con el interior generando que la temperatura interior de la vivienda se enfríe perdiendo confort térmico en la vivienda.

La correcta utilización de este elemento arquitectónico funcional nos ayuda a generar una barrera contra el aire frío que accede a la ventana, esto genera que la ventana se mantenga con temperatura estable generado, que la temperatura interior no realice una transferencia térmica con la ventana.

Figura 70. Descripción Contraventana.

Adaptado de EHRET.

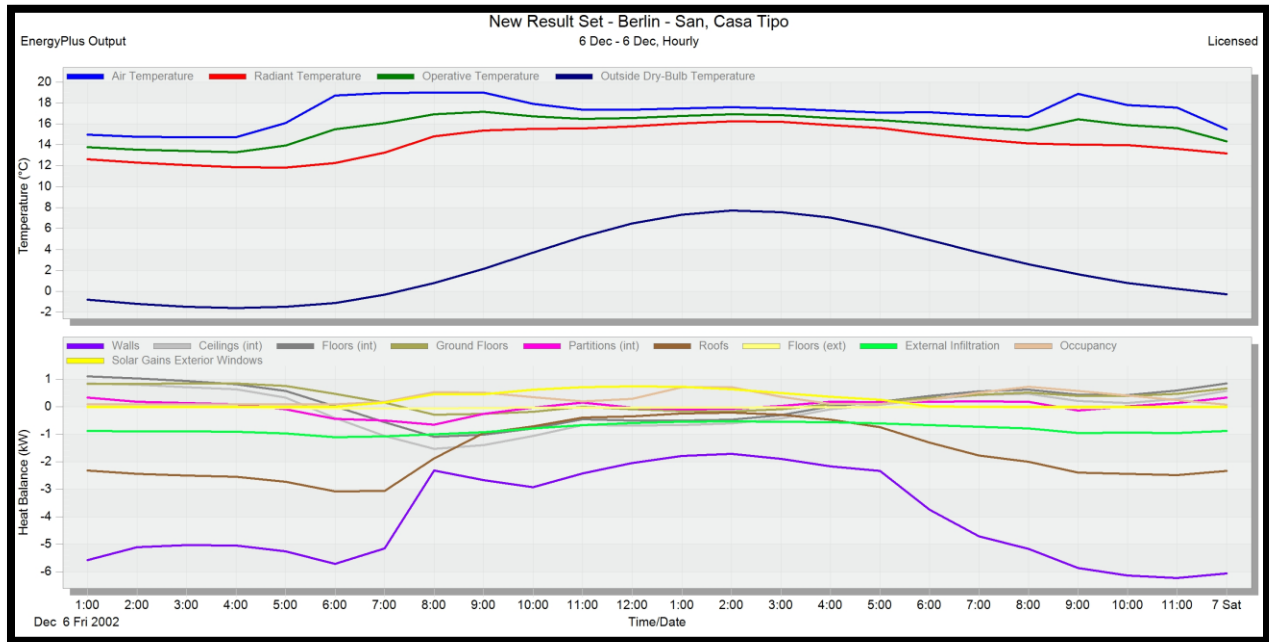
4.7 Resultados del Comportamiento Térmico de la Vivienda Modificada.

A continuación, se presentan los resultados gráficos de la simulación, estos resultados se realizaron posteriormente a la aplicación de las estrategias seleccionadas anteriormente, donde se observó el comportamiento de las siguientes variables: ganancia y pérdida de energía, confort térmico y temperatura interna.

En la parte superior de las siguientes figuras, se determina la temperatura operativa de las zonas de la vivienda. Para todas gráficas, la línea de color azul representa la temperatura interna del aire; la línea de color rojo representa la temperatura radiante de los materiales; y la línea verde, la temperatura operativa; ésta última se determinó calculando la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura radiante de los materiales. Todo lo mencionado se aplica a cada una de las figuras que se muestran a continuación.

En la gráfica de balance térmico, se determinaron todos los aspectos que interfieren en la temperatura operativa como lo son: las paredes, las cubiertas, las particiones internas, los suelos, la infiltración externa y la ocupación.

Figura 71. Análisis Térmico de la Vivienda Posterior a la Aplicación de Estrategias.



En la figura 70, se observa cómo la temperatura de la vivienda tipo se mantiene constante, sin depender del momento del día: así, la temperatura operativa no depende de la temperatura externa de la vivienda. Este fenómeno se debe, principalmente, a la capacidad de conservación térmica de los materiales con los cuales está fabricada la vivienda.

Realizando las estrategias correspondientes se evidencia un crecimiento de la capacidad de conservación térmica de los materiales, es decir, los materiales y técnicas que se aplican para reducir la transmisión de calor o frío entre varios espacios. Así, un producto aislante térmico es un producto que reduce la transmisión de calor

Durante el día de estudio, la temperatura interna de la vivienda tipo se mantiene constante, mientras que la temperatura exterior varía durante todo el día. Como se observa en la figura 70, la línea de color rojo (temperatura radiante de los materiales) se ubicó por debajo de la línea de color azul (temperatura interna del aire); esto revela que los materiales se estaban enfriando.

En la parte inferior de la figura, se observa la forma en que algunos determinantes aportaron y absorbieron energía para el cambio de la temperatura operativa. Es así como las líneas que se encuentran por debajo de cero (0) representan determinantes que absorben temperatura del espacio. Por otro lado, las líneas que se ubican en la parte superior del cero (0) representan determinantes que aportan temperatura al espacio.

Aportes y absorciones térmicas de los determinantes en la temperatura operativa.

- Las paredes, representadas por la línea de color azul, aportan temperatura a la vivienda, principalmente entre las 6 a.m. y las 8 p.m., período durante el cual se encuentran expuestas a la radiación solar. Por lo demás, el resto del día, dicho material genera absorción térmica a la vivienda.
- La cubierta, representada por la línea de color marrón, aporta temperatura a la vivienda durante el día en el periodo compuesto entre las 7 a.m. y las 6 p.m. Puesto que, durante este periodo, los materiales se encuentran expuestos a la radiación solar; en la figura, se puede observar el crecimiento exponencial que tiene la línea de color marrón, y se puede atribuir al aumento de temperatura por exposición a la radiación solar.

- La ocupación, representada por la línea de color rosado, no genera un aporte energético significativo; esto explica que su línea se mantenga constante sobre la línea 0.

4.7.1 Conclusión Térmica de la Vivienda Tipo.

Posteriormente al desarrollo de las estrategias elegidas se determina como la elección correcta de los materiales de la vivienda y un estudio adecuado de estrategias, influyen en el confort interno de la edificación. Se determinó la utilización de la chimenea aumentando la ganancia térmica interna de las misma, posteriormente con el desarrollo del muro compuesto se genera un espesor térmico disminuyendo la transmitancia térmica de este elemento arquitectónico.

Se realizó un estudio del porcentaje de las ventanas generando una ganancia térmica mayo ocasionado por radiación solar. También se toma la determinación de la utilización de las contraventanas esta decisión genera una disminución de la transferencia térmica que causa en la ventana al no tener una barrera con la temperatura exterior de la vivienda.

5. Conclusiones

Por medio de la investigación realizada, se comprobó cómo la correcta utilización de los materiales en la vivienda influye en la eficacia térmica, es decir, la cualidad de generar ambientes confortables para sus habitantes. Las conclusiones serán presentadas a continuación.

5.1 Los Materiales y los Elementos Arquitectónicos.

Debido a la localización geográfica de Colombia en la franja ecuatorial y a que la tipología de la vivienda productiva rural aislada, la superficie más afectada por el sol es recubrimiento de la vivienda (muros), por lo que tanto el diseño como la escogida de los materiales debe ser la prioridad principal para generar arquitectura bioclimática eficiente para el clima frío húmedo.

La teja de fibrocemento, material usado en la cubierta inicial de la tipología de la vivienda rural, se encuentra en ventaja debido a su índice de conductividad térmica, pero este material por sí solo no cumple con los estándares requeridos para lograr un confort térmico adecuado. Por esto se toma la determinación de la utilización de usar láminas de poliuretano que demostró tener un buen comportamiento como aislante térmico. Con la utilización de dicho material se conforma un falso techo que le permitiera al hábitat tener una cámara de aire entre los elementos. Esto genera que la cubierta no tenga una rápida pérdida energética una vez se oculte el sol y logre que se permita la mínima transmitancia térmica del espacio al entorno (que la vivienda pierda energía térmica)

El muro compuesto indico tener el mayor índice de conductancia térmica, lo que es un aspecto positivo para la clasificación del aislamiento térmico del material, ya que dicho muro tiene una transmitancia térmica retardada haciendo los espacios más confortables, esto es debido principalmente al espesor del muro que permite el retardo térmico logrando mantener temperaturas

constantes dentro de la edificación. El falso techo permite al hábitat tener una cámara de aire entre los elementos, de esta manera reduciendo la pérdida energética por dicho elemento arquitectónico. Por otro lado, el muro compuesto funciona como masa térmica para regular la fluctuación de temperatura.

El aislamiento térmico reflexivo utilizado en el suelo de la vivienda tipo es el material que más aspectos tiene favorables al momento del aumento térmico dentro de la vivienda, solucionando los problemas en la superficie de la vivienda que puedan surgir de una manera eficaz debido a su gran resistencia térmica.

Por último, la utilización de la chimenea nos brinda una ganancia térmica pasiva y activa. La chimenea nos permite resolver algunos de los problemas de confort, sin modificar el aspecto de la fachada actual de la vivienda tipo, se propone el uso de la chimenea solar que promueva el movimiento del aire, esta será la solución al problema de estanqueidad del que sufre la vivienda haciendo los espacios más confortables para los habitantes.

Una de las principales variables al instante de la selección de las estrategias para el aumento del confort térmico de la vivienda productiva rural, fue la accesibilidad al momento de adquirir estos materiales para sus viviendas, realizando la selección de materiales de bajo costo pero con un impacto importante para el aumento del confort térmico dentro de la vivienda.

Referencias

- Alternativas y casos existentes de diseño arquitectónico bioclimático en la ciudad de Tepic (s.f),
(2014). Consultado el 16 de enero del 2021. <https://arqbioclimatica.files.wordpress.com>.
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Handbook of
Fundamentals. Atlanta, ASHRAE, 1966
- Alain Guyot J.L.I (2015). *Arquitectura Bioclimática*. Editorial Gustavo Gill, S.A.
- Colegio de arquitectos de rio negro. (s.f), (2020). Consultado el 15 de enero del 2021.
<https://www.carnm.es/web/integra.servlets.pdf>
- Desing Builder, (versión 6.6) [software] Desing Builder. <https://www.designbuilder-lat.com/>
- Diccionario enciclopedia en el akademik. (2018). Recuperado el 11 de enero del 2021.
http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/119814/Velocidad_del_aire.
- Enciclopedia Cubana. (2020). Recuperado 11 de enero del 2021. www.ecured.cu/Psicrometr
- EUROPEAN COMITTEE FOR STANDARDIZATION, European standard: Thermal performace
of building components- Dynamic temal characteristics – Calculation methods, Brussels,
CEN, 2007, (EN ISO 13786)
- Flores R. 2015. Física y química (s.f). Consultado el 11 de enero del 2021.
http://fisicayquimicaenflash.es/eso/4eso/e_termica Universidad Tecnológica Nacional
Facultad
- Gózales N. J. 2004. *Arquitectura Bioclimática en un entorno Sostenible*,
- Hernades Pezzi C. (2007). *Vituvio Ecológico Principios y Practica del Proyecto Arquitectónico
sostenible*. Editorial Gustaco Gill.
- IDEAM. (2015). Atlas climático parte 1: aspectos nacionales.
<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/publicaciones/publicaciones.html>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018).IDEAM. Recuperado el 11 de enero del 2021. <https://documentacion.ideamgov.co/>

León V. (2016). Arquitectura bioclimática. [(Trabajo de Grado), Arquitectura]Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. Repositorio

Puppo E. G, (1972). Acondicionamiento Natural y Arquitectura-Ecología en arquitectura. Macombo Boixareu.

Regional Rosario (2020), recuperado el 16 de enero del 2021. <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/Psicrometria.pdf>

Revista española de meteorología (2021,11 y enero). Sabías que la altitud [comunicado de prensa]. www.e-medida.com/sabias_que_la_altitud.

Serra F. R. Coch Roura H. (2015). Arquitectura y energía natural. Editorial Lightning Souce.

Serra F. R. Coch Roura. H. Arquitectura y energía natural. Editorial Lightning Souce

Universidad politécnica de Valencia (2017), recuperado 11 de enero del 2021 www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger

Vélez Gonzales. R. (2012). La Ecología en el Diseño Arquitectónico. Editorial Trillas.

Wikipedia. (s.f), consultado el 11 de enero del 2021. <https://es.wikipedia.org/wiki/masatermica>.

Apéndices

En este apartado se incluyeron documentos o información que requirieron una descripción detallada como lo fueron: (a) Encuesta en Confort Térmico de la vivienda productiva rural, (b) Evidencia salida de Campo

Apéndice A. Encuesta en Confort Térmico de la Vivienda Productiva RuralUNIVERSIDAD SANTO TOMAS
BUCARAMANGA

NOMBRE: _____

EDAD: _____

GÉNERO: _____

1 ¿Cuántos tiempo lleva viviendo en el sector de Tona?

DÍAS MESES AÑOS: _____

2 ¿Cuántas personas habitan la vivienda y que edades tienen?

3 ¿Cuánto tiempo al día pasa dentro de la vivienda?

4 ¿Qué actividades hace principalmente dentro de la vivienda?

5 ¿Número de habitaciones que tiene la vivienda?

1 o 2 3 4 5 6 7 8 Más de 8

6 ¿Cuántas personas duermen en la habitación más ocupada?

1 o 2 3 4 5 6 7 8 Más de 8

7 ¿Dentro de su vivienda siente?

a.) Muy frio

b.) Frio

- c.) Algo Frio
- d.) Templado
- e.) Algo de calor
- f.) calor

8 ¿Cuenta con suficiente luz natural dentro de la vivienda?

- g.) Muy Iluminado
- h.) Iluminado
- i.) Algo Iluminado
- j.) Algo Oscuro
- k.) Oscuro
- l.) Muy Oscuro

9 ¿Dentro de la vivienda cuales son los espacios iluminados por luz natural?

Figura

	MUROS				CUBIERTA		SUELO		EDIFICACION		Material de la cubierta	Hora de muestra	Día de muestra
	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura interna	Temperatura externa			
CASA N°1	14,5°C	16,8°C	15,4°C	17,2°C	23,7°C	45°C	14,9°C	14°C	17,2°C	19,8°C	Teja de Eternit	4:00-4:20	
CASA N°2	13°C	15,7°C	14,2°C	16,2°C	22,4°C	25°C			18,3°C	18,6°C	Teja de Zinc Ondulada	4:20-4:40	
CASA N°3	12°C	14,5°C	13,2°C	15,3°C	20,8°C	40°C	12,4°C	13,5°C	13,5°C	17,6°C	Teja de Zinc Ondulada	4:40-5:00	Jueves 14 de Enero
CASA N°4	11,8°C	15,4°C	12,5°C	13,7°C	19,8°C	38,4°C			12,5°C	15,4°C	Teja de Zinc Ondulada	5:00-5:30	
CASA N°5	9,5°C	12°C	9°C	11,2°C	18,2°C	34,5°C	8,5°C	12,4°C	10,1°C	12,2°C	Teja de Zinc Ondulada	5:30-6:00	

Figura

	MUROS				CUBIERTA		SUELO		EDIFICACIÓN		Material de la cubierta	Hora de muestra	Día de muestra
	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura interna	Temperatura externa			
CASA N°6	15,5°C	16,8°C	15,8°C	17,4°C	24,5°C	42,8°C	14,5°C	15,9°C	17,7°C	20,3°C	Teja de Zinc Ondulada	4:00-4:20	
CASA N°7	14,2°C	15,7°C	14,3°C	16,2°C	21,5°C	40,8°C			15,5°C	18,5°C	Teja de Zinc Ondulada	4:20-4:40	
CASA N°8	13,7°C	14,7°C	14,2°C	16,1°C	20,5°C	42,8°C	14,2°C	15,8°C	13,3°C	19,5°C	Teja de Zinc Ondulada	4:40-5:00	Viernes 15 de Enero
CASA N°9	12,5°C	16,8°C	12,1°C	16,9°C	18,7°C	37,4°C	12,5°C	14,6°C	12,1°C	15,4°C	Teja de Zinc Ondulada	5:00-5:30	
CASA N°10	10,8°C	13,2°C	11,1°C	13,5°C	19,2°C	38,4°C	9,5°C	11,3°C	9,8°C	12,4°C	Teja de Zinc Ondulada	5:30-6:00	

Figura

	MUROS				CUBIERTA		SUELO		EDIFICACIÓN		Material de la cubierta	Hora de muestra	Día de muestra
	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura interna	Temperatura externa			
CASA N°11	14,8°C	16,5°C	14,2°C	15,8°C	23,7°C	41,5°C			18,3°C	18,5°C	Teja de Zinc Ondulada	4:00-4:20	
CASA N°12	13,5°C	15,2°C	13,6°C	15,3°C	21,8°C	40,8°C	13,5°C	14,9°C	15,8°C	16,8°C	Teja de Zinc Ondulada	4:20-4:40	
CASA N°13	13°C	14,8°C	13,2°C	14,9°C	22,60	41,6°C	13,2°C	15,4°C	12,5°C	14°C	Teja de Zinc Ondulada	4:40-5:00	Sábado 16 de Enero
CASA N°14	13,5°C	15,8°C	13,8°C	16,2°C	18,7°C	38,4°C			10,8°C	13,1°C	Teja de Zinc Ondulada	5:00-5:30	
CASA N°15	10,8°C	13,5°C	9,8°C	11,5°C	17,8°C	37,1°C	7,6°C	10,8°C	8,8°C	11,2°C	Teja de Zinc Ondulada	5:30-6:00	

Figura

	MUROS				CUBIERTA		SUELO		EDIFICACIÓN			Material de la cubierta	Hora de muestra	Día de muestra
	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura radiante externa	Temperatura radiante interna	Temperatura interna	Temperatura externa	Temperatura			
CASA N°16	15,8°C	17,6°C	15,2°C	18,1°C	23,8°C	40,8°C	15,8°C	17,2°C	15,8°C	20,4°C	Teja de Zinc Ondulada	4:00-4:20		
CASA N°17	13,7°C	16,4°C	14,2°C	16,8°C	21,5°C	41,5°C			13,5°C	18,6°C	Teja de Zinc Ondulada	4:20-4:40		
CASA N°18	12,1°C	15,6°C	13,2°C	14,8°C	20,8°C	39,8°C	14,5°C	16,2°C	12,2°C	16,4°C	Teja de Zinc Ondulada	4:40-5:00	Domingo 17 de Enero	
CASA N°19	11,5°C	14,8°C	11,4°C	14,2°C	18,9°C	39,2°C	11,8°C	13,8°C	10,1°C	12,6°C	Teja de Zinc Ondulada	5:00-5:30		
CASA N°20	9,8°C	11,1°C	9,4°C	12,1°C	16,8°C	36,8°C	6,2°C	8,8°C	7,9°C	9°C	Teja de Zinc Ondulada	5:30-6:00		

