



Universidad  
Indoamérica

# TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.

Ordoñez Guevara Derek Ranzet



**FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y  
CONSTRUCCIÓN**

Trabajo de Integración Curricular  
Propuesta Innovadora  
Carrera de Arquitectura  
Periodo Academico B22





Trabajo de Integración Curricular  
Propuesta Metodológica  
Carrera de Arquitectura  
Periodo académico B22

Autor:  
ORDOÑEZ GUEVARA DEREK RANZET  
Correo: dordonez3@indoamerica.edu.ec

Fecha de Publicación: Febrero 2023

**Equipo de Soporte:**

PAZMIÑO VITERI LUCÍA CRISTINA  
Docente Tutor,  
correo: lpazmiño10@indoamerica.edu.ec

MAIGUA LOPÉZ DIANA PAOLA  
Docente Unidad de Integración Curricular,  
correo: pmaigua@indoamerica.edu.ec

JARA GARZÓN PATRICIA ALEXANDRA  
Docente apoyo diagramación  
correo: patriciajara@indoamerica.edu.ec

**Agradecimiento:**

Se agradece a la Universidad Indoamérica por aportar los formatos y orientar en el correcto desarrollo del presente libro.





**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS  
DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE  
CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.**

Trabajo previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor

Ordoñez Guevara Derek Ranzet

Tutora

Pazmiño Viteri Lucía Cristina

AMBATO – ECUADOR

2023

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

Yo, Ordoñez Guevara Derek Ranzet, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre "TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.", como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 29 días del mes de marzo de 2023, firmo conforme:



Firma:

Autor: Ordoñez Guevara Derek Ranzet

Número de Cédula: 0504186842

Dirección: Cotopaxi, Saquisilí, La Matriz, Barrio 9 de octubre

Correo Electrónico: dordonez3@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0995625365

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.” presentado por Ordoñez Guevara Derek Ranzet, para optar por el Título de Arquitecto.

### CERTIFICO

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

Ambato, 29 de marzo de 2023.



Firmado electrónicamente por:  
LUCIA CRISTINA  
PAZMIÑO VITERI

.....  
PAZMIÑO VITERI LUCÍA CRISTINA  
C.I. 1804364246

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de integración curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 29 de marzo de 2023

.....  
ORDOÑEZ GUEVARA DEREK RANZET  
C.I. 0504186842

## APROBACIÓN DE LECTORES

El trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 29 de marzo de 2023

**DARIO  
FERNAND  
O BUSTAN  
GAONA**

Firmado  
digitalmente por  
DARIO  
FERNANDO  
BUSTAN GAONA  
Fecha: 2023.03.29  
08:28:12 -05'00'

.....  
BUSTAN GAONA DARIO FERNANDO  
C.I. 1103352504



Firmado electrónicamente por:  
MARIA AUGUSTA ROJAS  
MOLINA

.....  
ROJAS MOLINA MARÍA AUGUSTA  
C.I. 0503355737

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia que desde pequeño me han inculcado el valor de la responsabilidad y la disciplina formándome como la persona que soy en la actualidad, ayudandome a cumplir mis metas, sueños y objetivos.

De la misma forma, a mi esposa Anita e hijo Ranzet Jr. Quienes son mi motivación y mi razón para seguir adelante día a día

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Arq. Lucia Pazmiño por proporcionarme las herramientas necesarias para desarrollar el proyecto e impartirme sus conocimientos acerca de la sostenibilidad en la arquitectura y a mi familia por haberme permitido culminar mis estudios.

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se abordó desde la problemática de la “Deficiencia energética de la vivienda contemporánea ocasionado por la configuración y el rendimiento térmico de la envolvente.”. Por lo que, se planteó un objetivo general, “Analizar el comportamiento térmico de la envolvente convencional contemporánea mediante el uso de la termografía aplicada para determinar la existencia de puentes térmicos en las edificaciones del barrio Nueva Ambato”. La investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto, con un nivel explicativo y descriptivo. La muestra fue elegida a través de un análisis del sector, donde se identificó las viviendas contemporáneas más aptas para cumplir con los objetivos de la investigación. Para las técnicas de recolección de datos se diseñó y aplicó fichas de observación y entrevistas para conocer la percepción de los usuarios de estas viviendas; por consiguiente, los resultados obtenidos cumplieron con las metas esperadas, ya que se identificó las anomalías que ocasionan un mal rendimiento energético en las envolventes de las viviendas contemporáneas; por lo tanto, se plantearon estrategias que reduzcan los puentes térmicos los cuales afectan el confort de los usuarios de las viviendas. Por ende, el proyecto brinda conocimientos que permitan planificar una vivienda sostenible, otorgando un precedente para futuras investigaciones con temas relacionados con el confort térmico, eficiencia energética, sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

**DESCRIPTORES:** estrategias sostenibles, puentes térmicos, termografía infrarroja, vivienda contemporánea.

## ABSTRACT

This research was approached from the following problem “Energy deficiency of contemporary housing caused by the configuration and thermal performance of the envelope”. The general objective is to analyze the thermal behavior of the contemporary conventional envelope through the use of applied thermography to determine the existence of thermal bridges in the buildings of the “Nueva Ambato” neighborhood. The research was developed using a mixed approach, with an explanatory and descriptive level. The sample was chosen through an analysis of the sector, where the most suitable contemporary homes were identified to meet the research objectives. For the data collection techniques, observation sheets, and interviews were designed and applied to find out the perception of the users of these homes. Consequently, the gotten results met the expected goals, since the anomalies that cause poor energy performance in the envelopes of contemporary homes were identified. Therefore, strategies were proposed to reduce thermal bridges which affect the comfort of home users. Finally, the project provides knowledge to plan a sustainable home, providing a precedent for future research on thermal comfort, energy efficiency, sustainability, and environmental care.

**KEYWORDS:** contemporary housing, infrared thermography, sustainable strategies, thermal bridges.

## CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	6
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	7
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	7
APROBACIÓN DE LECTORES.....	8
DEDICATORIA .....	9
AGRADECIMIENTO .....	9
RESUMEN EJECUTIVO .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUCCIÓN.....	19
EL PROBLEMA .....	20
Problema General .....	20
Contextualización del problema.....	20
Formulación del Problema .....	22
Preguntas de Investigación .....	23
Justificación.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
MARCO TEÓRICO.....	24
Fundamento Conceptual .....	24
Fundamento Teórico.....	28
ESTADO DEL ARTE .....	32
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
Línea de Investigación .....	37
Sub-Línea de Investigación .....	37
Diseño Metodológico .....	37
Población y muestra .....	38
Técnicas de Recolección de Datos .....	47
Técnicas de procesamiento de información .....	47
Proceso Metodológico .....	48
APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	50



Delimitación espacial, temporal o social .....	50
Análisis del Contexto .....	50
Estructura Geográfica.....	53
Justificación del Barrio de Estudio .....	53
DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS .....	54
Desarrollo Objetivo Específico 1.....	54
Desarrollo Objetivo Específico 2.....	56
Desarrollo Objetivo Específico 3.....	65
RESULTADOS .....	91
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS .....	98

## FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	22
Figura 2. Transmisión de calor en la envolvente.....	27
Figura 3. Categorías de la certificación Leed .....	28
Figura 4. Puentes térmicos en la unión de la mampostería con la viga.....	29
Figura 5. Carta psicrométrica en la Ciudad de Ambato.....	30
Figura 6. Detección de puentes térmicos.....	34
Figura 7. Temperatura en los vanos de la edificación.....	35
Figura 8. Rehabilitación energética .....	37
Figura 9. Población de estudio.....	38
Figura 10. Temporalidad de construcciones .....	39
Figura 11. Viviendas Contemporáneas de 2 pisos, comprendidas entre 1960 a 1980.....	39
Figura 12. Viviendas Contemporáneas de 2 pisos, comprendidas entre 2019 a la actualidad .....	40
Figura 13. Topografía Barrio Nueva Ambato .....	40
Figura 14. Viviendas Seleccionadas.....	40
Figura 15. Fotografías Vivienda Contemporánea Año 2019 (cod v.5).....	41
Figura 16. Fotografías Vivienda Contemporánea Año 1980 (cod. v.10).....	41
Figura 17. Proceso metodológico .....	49
Figura 18. Delimitación espacial macro de Ambato .....	50
Figura 19. Delimitación micro área de estudio.....	50
Figura 20. Clima por mes en Ambato .....	50
Figura 21. Humedad Relativa .....	51
Figura 22. Recorrido del viento en la zona de estudio. ....	51
Figura 23. Velocidad del viento en Ambato.....	51
Figura 24. Probabilidad de precipitación .....	52
Figura 25. Recorrido solar en la zona de estudio. ....	52

Figura 26. Temperatura máxima y mínima de Ambato .....	52
Figura 27. Tipo de Edificación.....	53
Figura 28. Llenos y Vacíos.....	53
Figura 29. Análisis Solar vivienda 2019 (cod. v.5), realizado en el solsticio de verano en Ecuador el 21 de diciembre.....	55
Figura 30. Análisis Solar vivienda 1980 (cod. v.10), realizado en el solsticio de verano en Ecuador el 21 de diciembre.....	55
Figura 31. Planta baja vivienda 2019 (cod. v.5).....	57
Figura 32. Planta alta vivienda 2019 (cod. v.5).....	57
Figura 33. Cubierta vivienda 2019 (cod. v.5).....	57
Figura 34. Fachada Frontal orientación este vivienda 2019 (cod. v.5).....	58
Figura 35. Fachada Izquierda orientación sur vivienda 2019 (cod. v.5).....	58
Figura 36. Corte A-A' vivienda 2019 (cod. v.5).....	58
Figura 37. Corte B-B' vivienda 2019 (cod. v.5).....	58
Figura 38. Fachada Frontal orientación este vivienda 2019 (cod. v.5).....	59
Figura 39. Fachada Izquierda orientación sur vivienda 2019 (cod. v.5).....	59
Figura 40. Planta Baja, vivienda 1980 (cod. v.10).....	60
Figura 41. Planta Alta, vivienda 1980 (cod. v.10).....	60
Figura 42. Cubierta, vivienda 1980 (cod. v.10).....	60
Figura 43. Corte A-Á, vivienda 1980 (cod. v.10).....	60
Figura 44. Fachada Frontal orientación noroeste, vivienda 1980 (cod. v.10) .....	61
Figura 45. Fachada Posterior orientación sureste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	61
Figura 46. Fachada Izquierda orientación noreste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	61
Figura 47. Fachada Derecha orientación suroeste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	61
Figura 48. Fachada Frontal orientación noroeste, vivienda 1980 (cod. v.10) .....	62
Figura 49. Fachada Posterior orientación sureste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	63
Figura 50. Fachada Izquierda orientación noreste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	64
Figura 51. Fachada Derecha orientación suroeste, vivienda 1980 (cod. v.10).....	64
Figura 52. Cámara FLIR One Pro LT .....	65
Figura 53. Fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5) primera fase 4 de diciembre de 2022.....	66
Figura 54. Fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5) segunda fase 8 de enero de 2023.....	66
Figura 55. Puentes térmicos en la fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5).....	67
Figura 56. Fachada Izquierda vivienda 2019 (cod. v.5) primera fase 4 de diciembre de 2022.....	68
Figura 57. Fachada Izquierda vivienda 2019 (cod. v.5) segunda fase 8 de enero de 2023.....	68
Figura 58. Puentes térmicos en la fachada izquierda vivienda 2019 (cod. v.5).....	69
Figura 59. Fachada Frontal vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022.....	70
Figura 60. Fachada Frontal vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023.....	70
Figura 61. Puentes térmicos en la fachada frontal vivienda 1980 (cod. v.10).....	71
Figura 62. Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022.....	72
Figura 63. Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023.....	72
Figura 64. Puentes térmicos en la Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10).....	73
Figura 65. Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022 .....	74
Figura 66. Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023 .....	74

Figura 67. Puentes térmicos en la Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10) .....	75
Figura 68. Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022.....	76
Figura 69. Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023.....	76
Figura 70. Puentes térmicos en la Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10).....	77
Figura 71. Comparación ladrillo vivienda 1980 (cod. v.10) y bloque vivienda 2019 (cod. v.5) durante el día de 10 a 11 am. ....	78
Figura 72. Comparación ladrillo vivienda 1980 (cod. v.10) y bloque vivienda 2019 (cod. v.5) durante la noche de 8 a 9 pm. ....	78
Figura 73. Comparación perfilería de aluminio vivienda 2019 (cod. v.5) y hierro forjado vivienda 1980 (cod. v.10) durante el día de 10 a 11 am.....	79
Figura 74. Comparación perfilería de aluminio vivienda 2019 (cod. v.5) y hierro forjado vivienda 1980 (cod. v.10) durante la noche de 8 a 9 pm .....	79
Figura 75. Comparación hormigón vivienda 2019 y muro de ladrillo vivienda 1980 durante el día de 10 a 11 pm .....	80
Figura 76. Comparación hormigón vivienda 2019 y muro de ladrillo vivienda 1980 durante la noche de 8 a 9 pm .....	80
Figura 77. Comparación cubierta de hormigón vivienda 2019 y cubierta de teja vivienda 1980 durante el día de 10 a 11 pm .....	81
Figura 78. Comparación cubierta de hormigón vivienda 2019 y cubierta de teja vivienda 1980 durante la noche de 8 a 9 pm .....	81
Figura 79. Esquema de estrategias planteadas en la vivienda de 1980 (cod. v.10).....	83
Figura 80. Estado actual de la ventana por el interior de la vivienda de 1980 (cod. v.10) .....	83
Figura 81. Estado actual de la cubierta inclinada por el interior de la vivienda de 1980 (cod. v.10).....	83
Figura 82. Estado actual ventana, vivienda 1980 (cod. v.10) .....	84
Figura 83. Propuesta reducción de puente térmico en ventana, vivienda 1980 (cod. v.10).....	84
Figura 84. Estado actual, cubierta inclinada vivienda 1980 (cod. v.10).....	85
Figura 85. Propuesta reducción de puente térmico en cubierta inclinada, vivienda 1980 (cod. v.10).....	85
Figura 86. Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico en recubrimiento en cubierta inclinada. de la vivienda 1980 (cod. v.10).....	86
Figura 87. Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico, en la configuración de la ventana para la vivienda de 2019 (cod. v.5) y vivienda de 1980 (cod. v.10).....	86
Figura 88. Esquema de estrategias planteadas en la vivienda de 2019 (cod. v.5).....	87
Figura 89. Estado actual de la ventana por el interior de la vivienda de 2019 (cod. v.5) .....	87
Figura 90. Estado actual en la unión de la losa con la mampostería por el interior de la vivienda de 2019 (cod. v.5).....	87
Figura 91. Estado actual en ventana vivienda 2019 (cod. v.5).....	88
Figura 92. Propuesta reducción de puente térmico en ventana vivienda 2019 (cod. v.5).....	88
Figura 93. Estado actual en estructura y mampostería vivienda 2019 (cod. v.5).....	89
Figura 94. Propuesta de reducción puente térmico en estructura y mampostería vivienda 2019 (cod. v.5).....	89
Figura 95. Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico en recubrimiento de muro y losa de la vivienda de 2019 (cod. v.5).....	90

## TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los aislantes térmicos.....	25
Tabla 2. Tasa de infiltración máxima permitida según los tipos de uniones.....	31
Tabla 3. Cuadro de resumen de los autores en el Estado del Arte.....	36
Tabla 4. Ficha de Valoración, viviendas comprendidas entre 1960-1980.....	42
Tabla 5. Ficha de Valoración, viviendas comprendidas entre 2019 a la actualidad.....	44
Tabla 8. Condición de confort en los materiales según la NEC, vivienda 2019 (cod. v.5).....	92
Tabla 9. Condición de confort en los materiales según la NEC, vivienda 1980 (cod. v.10).....	92
Tabla 10. Conclusiones generales de las deficiencias y estrategias planteadas en las viviendas (cod. v.5) y (cod. v.10).....	93

## ANEXOS

Anexo 1. Ficha de observación vivienda 2019 (cod. v.5).....	98
Anexo 2. Ficha de observación vivienda 1980 (cod. v.10).....	99
Anexo 3. Fase 1° ficha de temperatura de la vivienda 2019 (cod. v.5).....	100
Anexo 4. Fase 1° ficha de temperatura de la vivienda 1980 (cod. v.10).....	101
Anexo 5. Fase 2° ficha de temperatura de la vivienda 2019 (cod. v.5).....	102
Anexo 6. Fase 2° ficha de temperatura de la vivienda 1980 (cod. v.10).....	103
Anexo 7. Respaldo carpeta Drive (Imágenes termográficas, planos, documento escrito).....	103
Anexo 8. Entrevista 1 propietaria vivienda 1980 (cod. v.10).....	104
Anexo 9. Entrevista 2 propietario vivienda 2019 (cod. v.5).....	105
Anexo 10. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Planta Baja.....	106
Anexo 11. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Planta Alta.....	106
Anexo 12. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Cubierta.....	107
Anexo 13. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Frontal.....	107
Anexo 14. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Posterior.....	108
Anexo 15. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Izquierda.....	108
Anexo 16. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Derecha.....	109
Anexo 17. Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Corte A-A'.....	109
Anexo 18. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Planta Baja.....	110
Anexo 19. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Planta Alta.....	111
Anexo 20. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Cubierta.....	112
Anexo 21. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Fachada Frontal.....	113
Anexo 22. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Fachada izquierda.....	113
Anexo 23. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Corte A-A'.....	114
Anexo 24. Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Corte B-B'.....	114
Anexo 25. Fotografías interiores de la vivienda de 2019 (cod. v.5).....	115
Anexo 26. Fotografías interiores de la vivienda de 1980 (cod. v.10).....	117



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en el análisis de la termografía infrarroja y el comportamiento térmico de la envolvente contemporánea, en las viviendas del barrio Nueva Ambato de la parroquia Celiano Monge de la Ciudad de Ambato. Por lo tanto, es importante conocer que la termografía permite calcular la temperatura de cualquier objeto mediante cámaras infrarrojas sin necesidad de algún contacto físico, lo que facilita la detección de cambios y procesos térmicos de temperatura, de la misma forma se localiza con facilidad los puentes térmicos que generan discomfort dentro de las viviendas.

Por consiguiente, es necesario conocer las causas que generan esta problemática, la deficiencia energética de la vivienda contemporánea ocasionado por la configuración y el rendimiento térmico de la envolvente; por lo que, se puede resaltar el desconocimiento y la mala práctica de las técnicas constructivas en las construcciones contemporáneas, el paso del tiempo, el desgaste, materiales inadecuados y la falta de mantenimiento ocasiona que el intercambio de energía en el interior y exterior de las edificaciones sean deficientes.

Por lo tanto, el estudio de la problemática se realizó con el interés de analizar el comportamiento térmico de la envolvente contemporánea mediante el uso de la termografía aplicada para determinar la existencia de puentes térmicos, con la finalidad de encontrar soluciones teóricas y prácticas que mitiguen estas deficiencias, evitando la discontinuidad de temperatura en las viviendas, mejorando el confort y estilo de vida de las personas.

La metodología de la presente investigación tiene una orientación mixta el nivel de investigación es explicativo-descriptivo, lo que permitirá obtener datos de temperatura, por ende, encontrar los puentes térmicos en las envolventes de las edificaciones mediante herramientas para la interpretación de datos como fichas de observación, tablas comparativas, entrevistas, softwares, etc. Lo que facilita la obtención de un resultado aproximado a la realidad.

La contextualización del problema se aborda a través un análisis a nivel macro, meso y micro la cual termina con la descripción de la zona de estudio en el barrio Nueva Ambato.

En el marco teórico se desarrollan conceptos mediante diferentes fuentes bibliográficas, abarcando temas y subtemas que aportan al desarrollo teórico de la investigación, posteriormente en el estado del arte se analiza las opiniones de varios autores acerca del uso de la termografía infrarroja concluyendo en soluciones para detectar los puentes térmicos generados por las envolventes.

En la metodología, se analizan aspectos fundamentales de la ciudad de Ambato y del barrio Nueva Ambato, por lo que, se ejecuta un estudio del contexto, posteriormente, se utiliza la cámara térmica para detectar los puentes térmicos en las envolventes de las edificaciones seleccionadas en la muestra. También, para la recolección de datos se utiliza fichas de observación y entrevistas a los usuarios de las viviendas seleccionadas.

Finalmente, para que el estudio sea más eficiente se utiliza softwares para el levantamiento arquitectónico y el análisis climático, facilitando la observación del impacto termográfico en las envolventes de las edificaciones, completando el estudio con estrategias para mejorar el confort térmico y reducir los puentes térmicos.



## EL PROBLEMA

### Problema General

Deficiencia energética de la vivienda contemporánea ocasionado por la configuración y el rendimiento térmico de la envolvente.

### Contextualización del problema

En la sociedad actual el cambio climático crea un factor de riesgo en el desarrollo de la humanidad, este problema se ve reflejado en el aumento de temperatura en el planeta, lo que provoca un aumento en las precipitaciones, elevación del nivel del mar, daño en la atmosfera por los gases de efecto invernadero, olas de calor y sequías. Una de las principales causas son las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el consumo de energía dentro de los edificios, algunas organizaciones han tomado medidas para prevenir el cambio climático, por lo que se desarrollan programas sobre la eficiencia energética y el uso de energías renovables. (G. Díaz, 2012)

Es importante tener en cuenta la sostenibilidad para garantizar la conservación y el equilibrio del ambiente, el consumo excesivo de energía es ocasionado por el ser humano; por lo que, es necesario considerar el desarrollo sostenible y sus tres pilares fundamentales (económico, social y ambiental). La ONU en los últimos años ha creado planes para conservar el medio ambiente en el cual destaca la Agenda 2030 con el objetivo de cumplir los ODS, destacando los objetivos 11 de ciudades y comunidades sostenibles, en donde se involucran ciudadanos, sectores privados y públicos, afrontando las problemáticas ambientales y escasas de

recursos naturales. (Gutiérrez et al., 2019)

Por consiguiente, en la actualidad el ahorro y la eficiencia energética es muy importante para la sociedad debido a que contribuye al cuidado del medio ambiente, la clave está en consumir menos energía produciendo menos CO<sub>2</sub> en el ambiente; por lo que la elección de materiales adecuados en una construcción puede proveer un buen rendimiento energético consumiendo menos energía. (Linares, 2009)

Por otra parte, existen varias formas para determinar la eficiencia energética en los edificios, una de estas es mediante la termografía infrarroja ya que su aplicación es sencilla y rápida debido a que, se lo realiza con cámaras termográficas siendo una técnica muy factible para la inspección de objetos de difícil acceso. Esta técnica permite monitorear el estado de un edificio ya que detecta cualquier anomalía en la envolvente como: puentes térmicos, filtraciones de aire, intercambios de calor y humedad. (Thomas et al., 2014)

Considerando el contexto mundial, cerca del 34% del consumo de energía envuelve a las actividades humanas en las edificaciones por el uso de aparatos eléctricos e iluminación, lo que aporta entre un 25-30% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. (Thomas et al., 2014). En la actualidad es importante considerar el uso de energías renovables, el ahorro del agua, la eficiencia energética, la conservación de recursos y materiales. Las pérdidas de energía en los edificios se generan a través de la envolvente es decir en las cubiertas y fachadas lo que ocasiona puentes térmicos, por lo que, la correcta elección de materiales mitiga estas deficiencias. (Sancho, 2015)

En un contexto macro en Europa el estudio de la termografía infrarroja ha sido aplicada con regularidad en varios lugares, en la normativa DIN EN 13187 se regula el uso correcto de esta técnica. En la ciudad de Monóvar de España se realizó estudios termográficos



en las cúpulas de las iglesias de la ciudad, detectando cambios de temperatura entre el interior y el exterior de la envolvente de la edificación ocasionados por puentes térmicos, asimismo se pudo encontrar la presencia de grietas, filtraciones de aire y filtraciones de humedad. (Pérez & Piedecausa, 2016)

En un contexto meso, en Latinoamérica el estudio de la termografía infrarroja es escasa y poco documentada, sin embargo, en la ciudad de L' Aquila en Argentina, después de un terremoto en abril del 2009 se aplicó la termografía infrarroja en edificios patrimoniales logrando inspeccionar las envolventes con una nula intervención física; por lo que, se pudo detectar anomalías térmicas en las fachadas para posteriormente elaborar un plan para conservar la edificación. (Flores et al., 2019)

En Argentina la mayor cantidad de energía es consumida por los edificios, alrededor del 50% se utiliza para refrigeración y calefacción, de esto el 30% se pierde en las cubiertas debido a que carecen de una buena aislación térmica; por lo que, en el invierno genera fugas de calor y en verano provoca un sobrecalentamiento dentro de las viviendas, aunque esto puede ser diferente en distintas edificaciones debido a los materiales, características geográficas, envejecimiento, etc. En el caso de las residencias contemporáneas los estudios energéticos determinan el flujo de calor en los ambientes interiores con el exterior. (Thomas et al., 2014)

Asimismo, en Chile existen proyectos de regeneración energética en edificios, uno de los principales problemas en el país es el aumento de la población, se calcula que para el 2050 cerca del 90% de chilenos vivirán en zonas urbanas; por lo que, el gobierno ha construido más de 340.000 departamentos en altura, sin embargo estos departamentos no cumplen con lo mínimo establecido por las normativas chilenas en confort térmico debido a que, la mala calidad de la envolvente es incapaz de proveer la aislación y ventilación adecuada para invierno

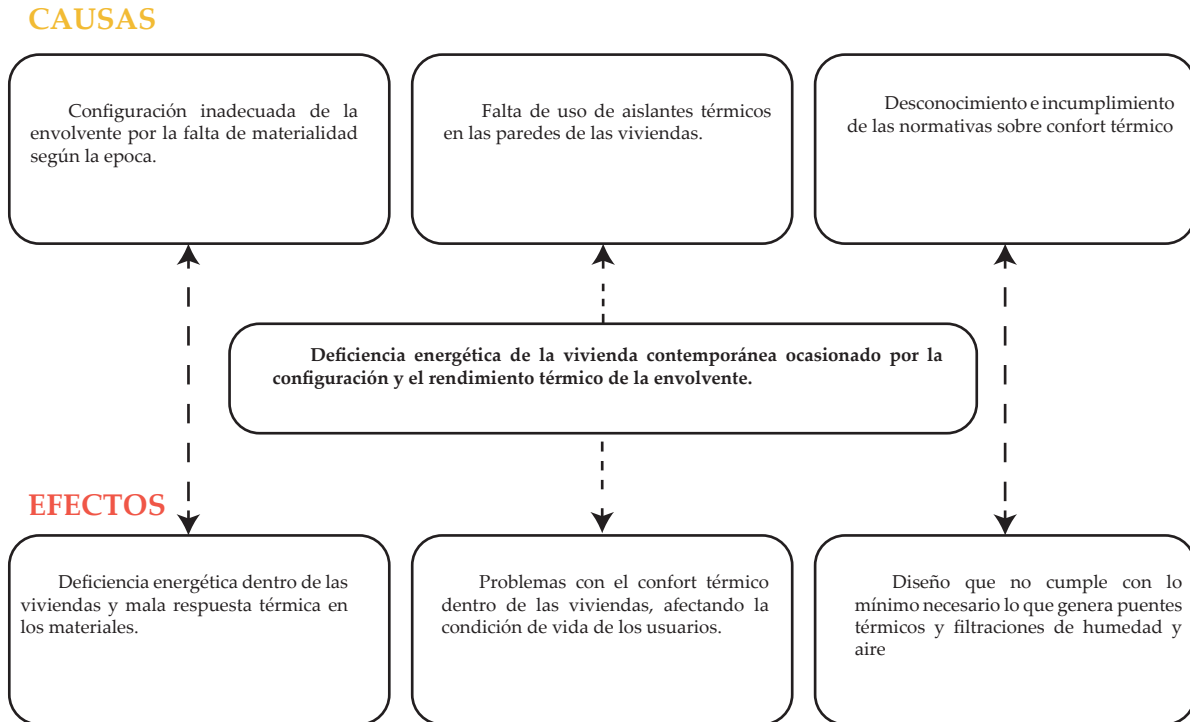
y verano. En la Ciudad Viña del Mar en el conjunto Brisas del Mar el MINVU realizó estudios donde se encontró viviendas con problemas de hacinamiento y deterioros en la envolvente relacionadas con puentes térmicos. Por lo tanto, se desarrolló un plan de mejora y regeneración mediante diferentes fases donde se comprendía entrevistas, revisiones de documentos, visitas y observación de campo. (Chateau et al., 2019)

En un contexto micro en Ecuador el material predominante para la construcción es el hormigón armado, mamposterías de ladrillo y concreto; por lo que los sistemas constructivos innovadores o sustentables son mínimos. Por lo tanto, se toma poca importancia a la eficiencia energética y no se garantiza los niveles de confort en los usuarios de las viviendas. Por lo que, los estudios sobre la termografía infrarroja son escasos, sin embargo, en la Ciudad de Cuenca se realizó un estudio acerca del confort térmico dentro de las viviendas en la urbanización los capulíes, se analizó las viviendas de hormigón armado donde se identificó parámetros que influyen en el rendimiento energético, se considera un estudio solar y a través del software Therm se analizó la materialidad de la envolvente en las edificaciones, con la finalidad de obtener estrategias que reduzcan la temperatura de las viviendas, cambiando materiales y eliminando los puentes térmicos mediante aislantes y así manteniendo la temperatura establecida por la NEC dentro de viviendas de 18-26°. (Brito et al., 2022)

Finalmente, teniendo en cuenta los contextos a escala macro, meso y micro se considera las ventajas de la termografía infrarroja, para resolver la problemática en el barrio Nueva Ambato debido a que, en la actualidad la eficiencia energética en los edificios es deficiente para crear espacios confortables, mitigando el cambio climático. Por lo tanto, el estudio de la termografía infrarroja ayudará a detectar errores en la configuración de la envolvente de las viviendas y así proponer estrategias para reducir los puentes térmicos.

## Formulación del Problema

Figura 1.  
Árbol de problemas



## Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los métodos escritos por autores para interpretar correctamente una imagen termográfica?
- ¿Cuáles son los materiales que se utilizan en las envolventes de las viviendas seleccionadas?
- ¿Qué resultados se puede obtener a partir de la interpretación de las imágenes termográficas en las viviendas seleccionadas?

## Justificación

La investigación contempla el estudio de la termografía infrarroja aplicada al análisis del comportamiento térmico de la envolvente contemporánea en la ciudad de Ambato, ya que es **pertinente** detectar cualquier anomalía que afecte el confort térmico dentro de las edificaciones, a través de este método se determinará con facilidad la existencia de puentes térmicos detectando los intercambios de temperatura entre el interior y exterior de las viviendas.

El **impacto** de la investigación conseguirá comprobar las causas y consecuencias de no lograr una eficiencia energética en las envolventes de las viviendas contemporáneas de la ciudad de Ambato, analizando el comportamiento térmico y los puentes térmicos. En la actualidad el hormigón es el material más utilizado en la construcción por lo cual, no se crean planes de eficiencia energética lo que perjudica en el confort térmico dentro de las edificaciones, afectando la economía y calidad de vida de los usuarios.

Por lo tanto, con la investigación se espera crear

**estrategias** para reducir los problemas relacionados con los puentes térmicos mediante un análisis con la termografía infrarroja, **beneficiando** al medio ambiente y a las personas residentes en el lugar con respecto a lo social y económico.

Finalmente, la investigación es **factible** ya que se cuenta con el equipo pertinente para realizar el levantamiento de información de las envolventes de las edificaciones, el trabajo será desarrollado mediante un análisis mixto con una cámara infrarroja, softwares de arquitectura, revisiones bibliográficas y técnicas de recolección de datos como fichas de observación y entrevistas a los usuarios de las viviendas.

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Objetivo General

Analizar el comportamiento térmico de la envolvente convencional contemporánea mediante el uso de la termografía infrarroja para determinar la existencia de puentes térmicos en las edificaciones del barrio Nueva Ambato.

### Objetivos Específicos

- Describir las metodologías de interpretación de las imágenes termográficas mediante revisiones bibliográficas para el análisis de la vivienda contemporánea en el barrio Nueva Ambato.
- Identificar la materialidad y temperatura emitida por las envolventes mediante fichas de observación y levantamientos arquitectónicos para la aplicación de la termografía infrarroja en las viviendas seleccionadas.
- Comparar las envolventes de las viviendas de estudio mediante la interpretación de las imágenes termográficas para establecer estrategias que mejoren los puentes térmicos.

## MARCO TEÓRICO

### Fundamento Conceptual

#### Termografía Infrarroja

La termografía es una técnica que permite realizar pruebas no destructivas ya que no requiere contacto físico logrando obtener la información térmica de cualquier cuerpo mediante la radiación infrarroja que emiten, a través de cámaras de adquisición de imágenes térmicas a distancia.

Los principios de la termografía se los atribuyen a William Herschel, en el año 1800 realizó experimentos con la luz solar, donde descubrió la radiación infrarroja cruzando un prisma formando un arco iris, Herschel se interesó en el calor producido por los colores así que, mediante un termómetro examinó la temperatura emitida por el espectro. De esta manera pudo notar que la temperatura aumenta desde los componentes azules hacia los rojos, posteriormente colocó un termómetro más allá de los componentes rojos, en una sección donde la luz ya no era visible descubriendo una temperatura más alta, concluyendo que por arriba de la longitud de onda del color rojo existe una luz imperceptible para el ojo humano, llamada luz infrarroja. (Royo & Canadá, 2016)

#### Cámara Térmica

Las primeras cámaras termográficas tenían detectores fotoconductores, Theodore Case en el año de 1916 experimentó con estos detectores para ocasionar señales directas mediante la interacción de los fotones reemplazando la interacción a través del calor obteniendo

así un detector térmico más eficiente y sensible. En el año de 1940, la tecnología de imágenes térmicas avanzó especialmente a nivel militar, debido a esto científicos alemanes se interesaron en la termografía concluyendo que, al enfriar los detectores fotoconductores, se mejora el rendimiento de las cámaras. (Royo & Canadá, 2016)

En el año de 1960 las cámaras térmicas empezaron a tener otros usos a parte del militar, se aplicaron en el campo industrial en sistemas eléctricos de distribución y transmisión, luego en los ochenta se utilizaron con fines médicos y para las inspecciones de edificios e industrias. Por lo que, en los últimos años se impulsó el comercio de estas cámaras lo que significó la mejora en la resolución espacial y la calidad de la imagen, la mejora de la tecnología FPA ha permitido que las cámaras térmicas sean más asequibles para el público, en la actualidad las cámaras poseen softwares capaces de facilitar el análisis de las imágenes (Royo & Canadá, 2016)

#### Acondicionamiento Térmico

El diseño arquitectónico, los materiales elegidos en la construcción y la orientación del edificio son recursos claves que dispone un arquitecto para cumplir con un buen acondicionamiento dentro de una vivienda, donde se debe propiciar el confort térmico óptimo para los usuarios. Sin embargo, es importante el análisis del clima ya que en ocasiones no basta con el calentamiento del sol y la ventilación natural, a veces hay que optar por calefacción o ventilación artificial para garantizar el confort térmico dentro de las viviendas. (Acosta, 2013)

#### Aislantes térmicos

Un aislante térmico es un material con la capacidad de neutralizar la transmisión de calor por radiación, convección y conducción. La composición de los aislantes es más del 90% gas, conformando espacios pequeños impidiendo la entrada de aire o calor. Por lo

tanto, es necesario que posean una buena resistencia mecánica y física debido a que deben resistir la intemperie y ser resistentes al fuego.

La envolvente del edificio cumple un rol fundamental en el impacto generado al interior de un inmueble, debido a que depende de los materiales utilizados en la configuración de las paredes. Por lo que, al utilizar aislantes térmicos mejora el rendimiento energético en las edificaciones, también brindan confort térmico a los usuarios sin depender de ventilación o calefacción, siendo de gran beneficio especialmente en lugares con climas extremos.

En el mercado existen 3 tipos de aislantes térmicos (ver Tabla 1) los cuales se clasifican en: orgánicos, inorgánicos y la fusión de ambos. Los orgánicos son derivados del petróleo, mientras que los inorgánicos son procedentes de plantas y animales. Cabe recalcar que las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de los aislantes se deben a sus estructuras fibrosas, celulares y granulares. (Garza, 2016)

### Envolvente del Edificio

La envolvente de un edificio puede ser comparada con la piel de un ser vivo, las áreas de las envolventes regulan las relaciones en el exterior y el interior de las viviendas. Donde participan intercambios energéticos como luz, sonido calor y presión de aire, debido a los problemas relacionados con el cambio climático y el calentamiento global, existe conciencia para reducir alto consumo de energía dentro de los edificios, por lo que es importante el mantenimiento de las envolventes y construir con los materiales adecuados evitando así las pérdidas de energía.

Es importante considerar la configuración de las envolventes para cada clima, en lugares fríos se deben desarrollar acentuando una aislación térmica, la hermeticidad y garantizando la captación de la radiación solar con la finalidad de mantener las ganancias de energía dentro de la vivienda. Por otro lado, en lugares con climas templados con altos niveles de radiación solar se debe garantizar la producción de

**Tabla 1.**  
Clasificación de los aislantes térmicos

	Fibra	Celulosa	Granular
Orgánico Sintético	-	Poliestireno expandido Poliestireno extruido Espuma de poliuretano	-
Orgánico Natural	Celulosa Lana de oveja Lana de algodón	Corcho	Corcho Granular
Inorgánico	Lana de vidrio Lana de roca	Espuma de vidrio	Perlita expandida Vermiculita expandida
Combinaciones	Lana de Madera	Espuma de yeso	-

Fuente: Elaborado por el autor. Adaptado a partir de Garza (2016).

sombra y el aprovechamiento de la ventilación natural. (Baixas, 2012)

### Calor

El calor es una forma de manifestación de energía provocada por el movimiento de los átomos que componen a los cuerpos. Cuando un cuerpo se calienta tiende a aumentar la energía cinética de las moléculas provocando choques y vibraciones dependiendo de la cantidad de calor aportado, durante el enfriamiento sucede lo contrario. Arbitrariamente se establecen medidas comparativas para determinar los niveles de calor, lo que se denomina temperatura.

Los objetos pueden tener una temperatura más alta a nivel térmico, pero contener menos calor total, por lo que el calor depende de la masa del objeto y su temperatura. Entonces, el calor se puede cuantificar en dos cantidades importantes: Intensidad y cantidad de calor.

La intensidad del calor se refiere a la temperatura que puede alcanzar un objeto, para medir la temperatura se utiliza una escala a partir de un origen donde la escala se divide en 100 partes teniendo una unidad denominada grados centígrados teniendo como punto de partida los 0 °C. También, se utiliza la escala absoluta de Kelvin, que toma como punto de partida lo mínimo que se puede lograr en la naturaleza, -273,15 °C. A través de estas escalas se puede determinar la cantidad de calor exacta de cualquier cuerpo. (Diaz, 2011)

### Transmisión de Calor

La transmisión de calor permite determinar las pérdidas y ganancias de energía en el exterior y el interior de un objeto. Considerando una vivienda el calor se transmite dependiendo si la temperatura interior es mayor o menor que la exterior. Por lo tanto, existen flujos de energía desde los puntos de mayor a

menor temperatura por lo que es importante definir y cuantificar los procesos de transmisión de calor definiendo 3 formas físicas. (ver Figura 2) (Diaz, 2011)

#### *Transmisión de calor por conducción*

La conducción es un mecanismo de traspaso de energía en sólidos través del intercambio de calor por energía cinética por movimientos moleculares, Fourier describió que el gradiente de temperatura es proporcional a la densidad del flujo de calor. Por lo tanto, se puede relacionar que el calor fluye de una temperatura alta a otra baja denominándola conductividad térmica, los valores de la conducción térmica dependen de la composición de los materiales y del estado físico de la materia. (Aguilera & Vidal, 2005)

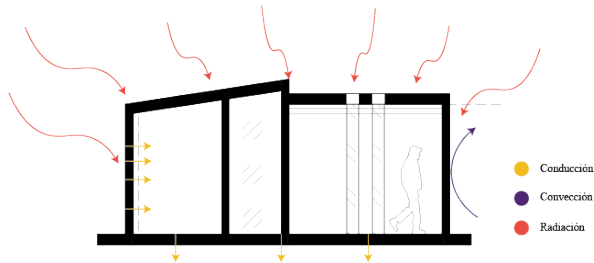
#### *Transmisión de calor por convección*

Es necesario un medio material para poder transferir la energía. Por lo tanto, la transferencia de calor en la convección solo se produce en líquidos y gases por el movimiento de las sustancias como un ventilador o una bomba de agua. El calor en el planeta ocasionado por radiación y conducción es dirigido a las diferentes capas de la atmosfera por convección. (Conesa, 2013)

#### *Transmisión de calor por radiación*

La radiación no necesita de la materia para su propagación, por lo que la hace más eficiente al transmitir la energía al vacío. Por lo tanto, el intercambio de energía se realiza mediante ondas electromagnéticas, cuando la radiación alcanza la superficie de algún cuerpo esta puede ser: Absorbida lo que genera reacciones fotoquímicas y almacenan la energía solar. Reflejada, revota al ambiente de la misma manera. Transmitida, atraviesa el cuerpo sin alteraciones. Este proceso se transforma en energía interna, aumentando la temperatura o creando reacciones fotoquímicas. (Aguilera & Vidal, 2005)

Figura 2.  
Transmisión de calor en la envolvente



### Eficiencia energética

La eficiencia energética fomenta la sostenibilidad disminuyendo el consumo de electricidad y agua dentro de las viviendas garantizando el confort y la calidad de vida a través de estrategias que ayuden a reducir el impacto ambiental, actualmente con la implementación de nuevas normativas en el sector de la construcción se toma en cuenta aspectos afines al consumo energético como: iluminación, aislamiento térmico, calefacción, climatización, agua caliente, uso de energías renovables, etc. (Guerrero, 2016)

### Arquitectura Bioclimática

La arquitectura bioclimática busca potencializar el uso eficiente de los recursos y la energía con el objetivo de garantizar el confort dentro de las edificaciones y el cuidado del medio ambiente. Para crear una arquitectura sustentable, el arquitecto debe diseñar el edificio planteándose estrategias que ayuden a minimizar el impacto ambiental a través del aprovechamiento de los recursos disponibles, con la finalidad de obtener un edificio autosuficiente energéticamente. La arquitectura bioclimática tiene 2 sistemas, que se pueden usar de manera combinada ya que sirven como estrategias para reducir el consumo energético en las edificaciones (Guerrero, 2016)

### Sistemas Pasivos:

Se plantean medidas poco complicadas y con un mantenimiento casi nulo, controlando variables en el interior de las edificaciones (humedad, temperatura, filtraciones de aire, etc.) a través de un diseño y elección de material apropiado. Por lo tanto, una correcta configuración en la envolvente se comporta como un filtro acústico, luminoso, térmico y también debe estar preparada para resistir todos los agentes externos, logrando reducir la demanda de energía garantizando el confort y bienestar de las personas. (Guerrero, 2016)

### Sistemas Activos

Se plantean nuevas tecnologías utilizando energías renovables. La energía solar a través de paneles fotovoltaicos es una de las opciones más utilizadas en el planeta, siendo manejado como una alternativa complementaria al servicio de electricidad de la vivienda, para calentar el agua sanitaria y para la calefacción. Asimismo, existen otras alternativas como la energía eólica, biomasa o geotérmica. (Guerrero, 2016)

### Arquitectura Carbono Cero (Leed)

La arquitectura con cero emisiones de carbono busca crear edificios ecológicos que cumplan ciertos estándares mediante el diseño para mejorar la salud de los usuarios, mejorar la productividad, eficiencia energética, agua y otros recursos reduciendo el impacto ambiental de las edificaciones. Por lo tanto, con la inclusión de la certificación LEED más construcciones siguen los parámetros establecidos para que un edificio sea sustentable, a través de una suma de puntos se puede obtener cuatro niveles de certificación: normal, silver, gold y platinum. (Portela et al., 2010)

Se puede conseguir hasta 110 puntos por el cumplimiento adecuado de los lineamientos (ver Figura 3).



Figura 3.  
Categorías de la certificación Leed



## Fundamento Teórico

### Cambio Climático

El cambio climático se lo define como cambios globales en la temperatura, la nubosidad y la precipitación del planeta lo cual afecta al clima y a los ecosistemas de la Tierra. La razón de este problema puede ser muy diversa. En la actualidad, una de las principales causas es la actividad humana en la Tierra, mediante la liberación de gases durante la combustión en las actividades de las personas, lo que aporta al aumento de la temperatura atmosférica.

El efecto invernadero son los gases naturales que mantienen una temperatura adecuada en el planeta, estos gases evitan que el calor del sol se escape al espacio, controlando una temperatura adecuada en el planeta, pueden estar presentes gases como CO<sub>2</sub>, vapor de agua, ozono, metano y óxido nitroso. Este efecto es natural y es en gran parte responsable de mantener la vida en el planeta. Sin embargo, durante la revolución industrial

el uso excesivo de combustibles fósiles en automóviles y maquinas, aumentó las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que ocasionó una elevación en la temperatura de la Tierra, añadiendo la tala excesiva de árboles lo que dificulta el reciclaje natural del dióxido de carbono. (Ruíz, 2011)

Según ONU hábitat, la ciudad es el principal contribuyente del cambio climático, el 78% de la energía mundial es agotada por las ciudades, generando más del 60% de gases de efecto invernadero. Mas del 50% de la población desarrolla sus actividades en las ciudades. Por lo que, la ONU estima que esta cifra se incremente para el 2030. Por consiguiente, la huella de carbono aumenta por la mala planificación y diseño, gente alejada de la ciudad y la mala organización del transporte público produce el uso de autos privados aumentando el dióxido de carbono. Por lo tanto, la solución está en la innovación como: el uso eficiente de la energía, construcción con cero emisiones, transporte y planificación territorial. (Onu Habitat, 2019)

### Puentes Térmicos

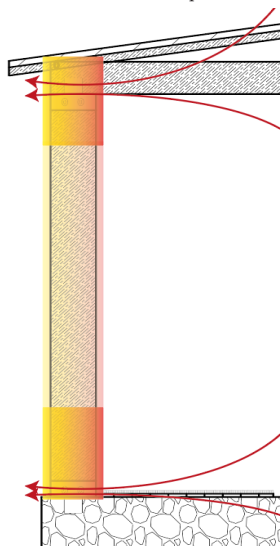
Los puentes térmicos son un defecto en las uniones de una edificación, vuelven vulnerables a las viviendas debido a que incrementa la producción de humedad, en el invierno o en épocas frías, lo que contribuye a la formación de hongos y moho, que degradan los elementos constructivos, poniendo en riesgo la salud y seguridad de los usuarios, también los puentes térmicos ocasionan pérdidas de calor, afectando a la eficiencia energética de las edificaciones, obligando a los usuarios a utilizar alternativas como ventilación y calefacción lo que genera contaminación afectando el medio ambiente. (Díaz & Tenorio, 2005)

Los puentes térmicos más conocidos son los lineales, se forman en las uniones de los elementos de las edificaciones como: ventanas, antepechos, o la unión de las mamposterías, estructuras. (ver Figura 4). Este



fenómeno genera un cambio en el flujo de calor y la temperatura en la envolvente del edificio y en el interior. Los puentes térmicos más comunes en la construcción se los encuentra en las paredes, uniones de los volados con las fachadas, uniones de las tabiquerías interiores en las fachadas, ventanas y estructura. (Díaz & Tenorio, 2005)

Figura 4.  
Puentes térmicos en la unión de la mampostería con la viga.



### Confort Térmico

Para que exista un buen confort térmico hay que valorar los parámetros físicos del ambiente, se debe analizar el clima interior, por lo que se considera que el ser humano es incapaz de percibir la temperatura de un espacio, las personas sienten la pérdida y ganancia de energía en el cuerpo, el científico Mc Pherson en el año de 1962 estableció 6 factores que afectan a la sensación térmica los cuales son: temperatura del aire, velocidad del aire, humedad relativa, temperatura media radiante, nivel de arropamiento y nivel de actividad. (Godoy,

2012)

En la actualidad existen algunas teorías acerca del confort térmico, las cuales se relacionan entre sí, cada una tiene sus ventajas, desventajas y límites

### Teoría del Balance Térmico

Fanger Povl en el año de 1973 creó un modelo denominado el balance térmico donde describe las condiciones climáticas en el interior de las edificaciones sobre los usuarios. Los postulados de Fanger definen factores que influyen en el confort, basados en experimentos hechos a 1296 personas en cámaras térmicas, mediante modelos de traspaso de calor. La vestimenta de los participantes estaba controlada para poder obtener un mejor resultado, el experimento consistía en identificar las condiciones climáticas al interior de un edificio calificando al calor y el frío usando la escala de ASHRAE, posteriormente los participantes tenían que controlar la temperatura en ventiladores y calefactores hasta sentir un buen confort térmico.

Fanger, a través de los experimentos realizados observó que el balance térmico del cuerpo se relaciona con la fisiología y la termorregulación natural. El metabolismo humano maneja procesos fisiológicos como sudor, temblor y vasodilatación con la finalidad de mantener la homeostasis, concluyendo que el cuerpo de las personas es capaz de mantener un equilibrio térmico a pesar de que no exista un adecuado confort térmico. (Godoy, 2012)

### Teoría del Confort adaptativo

La teoría adaptativa analiza la real adaptabilidad en los espacios, dependiendo del contexto, perspectivas y el comportamiento de las personas en diferentes ambientes térmicos. Este modelo evalúa a las personas a través de sus preferencias y interacciones con los espacios, distinguiendo tres categorías de adaptación:

- Ajuste de comportamiento: Son acciones que realizan las personas para encontrar un placer térmico como colocarse un abrigo, quitarse ropa, controlar la temperatura mediante ventiladores o calefacción, beber agua, etc.
- Fisiológicos: Se trata del comportamiento del metabolismo contra las condiciones ambientales, sin embargo, este proceso es el resultado de una exposición prolongada a diferentes temperaturas. Por lo tanto, según la teoría adaptativa dentro de una edificación no es evaluada correctamente.
- Psicológicos: El cerebro es capaz de crear sensaciones en diferentes ambientes, la percepción es diferente para cada persona, debido a experiencias vividas y expectativas. (Godoy, 2012)

#### *Modelo de confort de Givoni y Olgyay*

Olgyay fue de los primeros investigadores en proponer una carta bioclimática, donde profundiza en el confort térmico analizando gráficamente la humedad y la temperatura. (Poma et al., 2019). Olgyay, Givoni y Fanger formularon modelos que se relacionan entre sí (ver Figura 5) valorando el confort térmico de un sitio, con la finalidad de controlar la ventilación natural, la iluminación natural y la iluminación solar, alcanzando el confort térmico mediante estrategias pasivas bioclimáticas. (Giraldo et al., 2021)

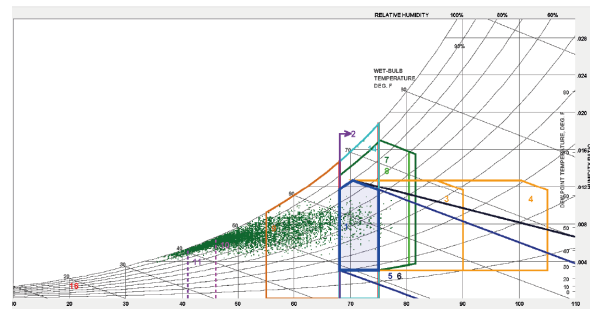
Givoni con los conceptos expuestos por Olgyay, desarrolló su modelo de confort mediante una carta psicrométrica la cual permite identificar la relación entre la humedad y temperatura de un ambiente a través de una representación gráfica. Se puede identificar las condiciones climáticas de un sitio y compararlas con diferentes zonas alrededor del planeta. También, gráficamente permite identificar la zona de confort lo que facilita el trabajo para diseñadores y arquitectos logrando crear estrategias que cumplan con el bienestar

de los usuarios en una edificación. (Páez et al., 2017)

Componentes que se analizan en la carta psicrométrica:

- Temperatura de bulbo seco
- Humedad relativa
- Humedad absoluta
- Línea de saturación y punto de rocío
- Zona de confort
- Valores hora, día, mes
- Lectura de las clasificaciones del clima
- Procesos psicrométricos y estrategias de diseño

**Figura 5.**  
Carta psicrométrica en la Ciudad de Ambato.



**Nota:** Adaptado a partir del software Climate Consultant 6.0.

#### **Normativas de Eficiencia Energética en Ecuador**

La normativa NTE INEN 2506 describe los requisitos para lograr una eficiencia energética dentro de los edificios, en donde la envolvente de los inmuebles alcanza el confort térmico en función del clima y uso del edificio, también se considera las características de aislamiento, filtración de aire, radiación solar sobre la materialidad en las paredes, cubiertas y ventanas. (INEN, 2009)

En el capítulo 13 de la NEC (2011), el consumo energético es ocasionando por "La presencia de

subsidios a la electricidad y al GLP han hecho que los constructores prefieran economizar en la inversión inicial de las viviendas para resolver el problema del confort a posteriori usando equipos activos de alto consumo energético.” (p.4).

Ambato al estar ubicada en la zona climática 4, la NEC establece condicionantes para la configuración de las envolventes, especificando dos categorías de espacios: habitables y no habitables. Un espacio habitable será considerado cuando cumpla con los parámetros al instante de la construcción, sin incluir dispositivos mecánicos o eléctricos comprendidos en el proyecto. La condicionante de confort térmico es de 18° a 26° (NEC-11, 2011)

#### *Infiltración máxima permitida*

Se debe considerar que es imposible mitigar por completo los puentes térmicos. Sin embargo, es posible considerar filtraciones máximas que no afecten el confort térmico en los usuarios de las edificaciones. Por lo tanto, en la Tabla 2, se especifica según la normativa internacional ASHRAE 90.2 los límites según cada tipo de unión. (NEC-11, 2011)

**Tabla 2.**

Tasa de infiltración máxima permitida según los tipos de uniones

Descripción	Límite de infiltración de Aire
Ventanas con marco de aluminio y puertas deslizantes	25 m³/h m
Ventanas con marco de PVC y puertas deslizantes	25 m³/h m
Ventanas con marco de madera y puertas deslizantes	23 m³/h m
Puertas de madera	23 m³/h m
Ventanas fijas	6.22 m³/h m³ (área de ventana)

Nota: Adaptado a partir de NEC-11 (2011).

En la NEC se establecen a parámetros para el confort térmico dentro de una vivienda, los valores están expuestos a cambios a través de un estudio técnico que determinen las variables en los rangos de confort según el diagrama de Fanger. (NEC-11, 2011)

- Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26 °C
- Temperatura radiante media de superficies del local: entre 18 y 26 °C
- Velocidad del aire: entre 0,05 y 0,15 m/s
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %

#### **Arquitectura Contemporánea**

El movimiento contemporáneo nace a partir de la arquitectura moderna en las primeras décadas del siglo XX, lo que supuso un cambio en la evolución arquitectónica por diferentes motivos: la mejora de los servicios, la introducción de nuevos métodos científicos, nuevas técnicas y materiales constructivos, (Montaner, 2015)

La arquitectura contemporánea se basa en una construcción que representa varios estilos de diseño en las edificaciones a partir de influencias de los movimientos arquitectónicos. La mayoría de edificaciones contemporáneas se las puede identificar por el uso del hormigón armado como sistema constructivo debido a su rapidez y permite crear formas atractivas, se busca crear un diseño funcional, por lo que, se añaden ventanas amplias que permitan aprovechar la luz y la ventilación natural, minimizando costos de energía. (FenArq, 2019)

#### **Softwares de datos climáticos**

##### *Sun earth tools*

La aplicación online permite analizar la radiación solar de cualquier parte del mundo, para esto se debe elegir una localización mediante las coordenadas en el mapa, posteriormente se establece una fecha. Por lo que, el software interpreta los datos a través de tablas

y gráficos, permitiendo conocer la orientación solar y la exposición de la radiación en los edificios, facilitando el análisis para la implementación de estrategias pasivas que mejoren el diseño arquitectónico. (Romero, 2017)

#### *Software Cimate Consultant*

La aplicación accede a datos climáticos anuales a través del formato EPW, permitiendo al software interpretarlos en tablas, gráficos y figuras en una forma fácil de entender, muestra atributos del clima con la finalidad de aportar estrategias para crear edificaciones sostenibles. La principal ventaja del software es la carta psicrométrica que representa la humedad y temperatura de cualquier hora del año, creando pautas para el diseño considerando la eficiencia energética en cualquier ubicación del mundo. (Climate Consultant, 2021)

## ESTADO DEL ARTE

En la actualidad varios autores han investigado acerca del comportamiento térmico de las edificaciones, en donde se obtiene varias conclusiones al respecto. Uno de los principales problemas que afectan al confort térmico dentro de las viviendas son los puentes térmicos, para la detección de estos problemas se utilizan diferentes métodos cuantitativos y cualitativos mediante la aplicación de la termografía infrarroja logran detectar las anomalías en la configuración de la envolvente implementando estrategias para atenuar esta problemática.

Flores et al, en una investigación en la Ciudad de Mendoza en Argentina, implementó la termografía infrarroja en una edificación con carácter patrimonial logrando obtener las características de los materiales y sistemas constructivos, descubriendo patologías constructivas y desbalances térmicos. Por lo tanto, la información obtenida fue fundamental para la toma de decisiones conservando el valor patrimonial y

abordando la rehabilitación energética del inmueble, sin una intervención agresiva. (Flores et al., 2019)

El análisis de la termografía permite detectar las pérdidas de energía en los edificios, generalmente se encuentran problemas en los cerramientos ocasionados por la humedad, filtraciones de aire y pérdidas de calor por conducción. Por lo tanto, para la detección de estas anomalías se usa la termografía infrarroja cuantitativa y cualitativa.

La termografía infrarroja cuantitativa se la realiza con el objetivo de cuantificar las variaciones de temperatura, obteniendo un diagnóstico del comportamiento térmico de la envolvente y los intercambios de calor entre el interior y exterior, este método permite detectar irregularidades ocasionadas por la radiación solar.

La termografía infrarroja cualitativa se opera para encontrar la existencia de anomalías térmicas a través de la valoración visual de temperatura en la escala térmica, este método permite detectar los puentes térmicos que afectan en el confort dentro de la edificación. (Ferrer et al., 2021)

Ferrer et al, en su investigación se plantea la metodología BIM mediante planos en dos dimensiones y modelados 3D, analiza el comportamiento térmico de la envolvente de las edificaciones, a través del uso de softwares que integren datos reales del clima, a través de parámetros energéticos, incluyendo paredes, suelo, cubiertas, habitaciones y el edificio en total, verificando el calor y la temperatura emitida de la edificación. Por lo tanto, se logra identificar los puentes térmicos y las áreas que necesiten restauración, evaluando las condiciones para alcanzar el confort térmico dentro del edificio. (Ferrer et al., 2021)

En una investigación realizada en la Universidad Politécnica de Valencia en España, se demostró las pérdidas de calor entre las paredes, lo que afecta a la

eficiencia energética dentro del edificio, posteriormente se evaluó la transmisión de calor entre el exterior con el interior con la finalidad de disminuir las pérdidas de energía utilizando materiales con baja conductividad, reduciendo las transmitancias térmicas en la envolvente. (Vilar et al., 2021)

Los autores explican el método cuantitativo de la termografía infrarroja, analizando al edificio desde el interior, considerando las variables que influyen en los resultados como la radiación solar y actividades dentro de la vivienda. Por lo tanto, se debe evitar los cambios fuertes de radiación en el interior como en el exterior de la edificación, debido a que puede alterar los cálculos con la termografía infrarroja.

Para comprender la importancia del confort térmico que una edificación debe alcanzar, una investigación realizada en Argentina en el hospital HIGA de Gonnet, se descubrió puentes térmicos en la envolvente del edificio, mediante la aplicación de la termografía infrarroja, la cual se dividió en 2 etapas: La primera parte se basó en el análisis arquitectónico del hospital, con el análisis de la envolvente horizontal y vertical. Posteriormente, la segunda etapa se comprendió en el levantamiento fotográfico mediante las cámaras termográficas y el análisis constructivo incluyendo los materiales.

Para descubrir los puentes térmicos se tomó en cuenta la materialidad de la envolvente y áreas del hospital donde el uso de la climatización era elevado. Los datos obtenidos identificaron puentes térmicos principalmente en la estructura, dinteles y ventanas, también se observó cambios de temperatura en las carpinterías de la edificación. Finalmente se comprobó que el Hospital no cumplía con las normativas establecidas en Argentina acerca del acondicionamiento higrotérmico. (Fondoso et al., 2022)

La materialidad del edificio es clave para alcanzar

un buen confort térmico, en una investigación con metodología cuantitativa realizada en Guayaquil, se comparó sistemas constructivos buscando beneficios y desventajas en cubiertas, muros, fachadas, ventanas y puertas. Por lo tanto, el camino para obtener una eficiencia energética en las viviendas es mediante el uso de aislantes térmicos y materiales adecuados de construcción. El diseño arquitectónico debe contemplar el contexto del lugar como las condiciones climáticas y la capacidad de los materiales con la transmitancia térmica, planificando una buena circulación del aire, que permita controlar la temperatura y humedad del ambiente (Castillo et al., 2019).

En conclusión, en base a lo expuesto por Castillo, se comprende la importancia que tienen los materiales para obtener un buen rendimiento energético en una edificación. La correcta planificación, diseño arquitectónico y el estudio del contexto evita problemas a futuro en las viviendas, además, supone un ahorro económico y una sostenibilidad con el medio ambiente.

Sánchez et al. (2018) en su investigación realizada en la FAUD UNC en la ciudad de Córdoba en Argentina, evalúan el rendimiento energético del edificio mediante el uso de termografía y software. Utilizando una metodología cualitativa con la finalidad de encontrar puentes térmicos en las envolventes con la interpretación de las imágenes termográficas, con una cámara infrarroja de marca Testo 875 – 1i < 50 mK, se procesaron las imágenes con el software IRSof, donde se consiguió las temperaturas superficiales de diferentes materiales que componen la envolvente.

Las mediciones fueron tomadas durante el solsticio de invierno en un horario donde las fachadas no reciban radiación directa, debido a que esto afecta a los resultados obtenidos. Finalmente, con el software “Therm” se encontró los puentes térmicos y la transferencia de calor en el edificio. En los resultados de esta investigación se halló la temperatura más alta en la

envolvente la cual es en el encuentro de la ventana con el marco fijo de aluminio, ocasionado por la pérdida de calor del interior hacia el exterior.

Como conclusión en base a este autor, es importante considerar las pérdidas de calor en el edificio, especialmente en las ventanas. El rendimiento térmico esta influenciado por la orientación del edificio. Por lo tanto, se debe analizar las fachadas expuestas a la radiación solar y considerar protecciones para las superficies vidriadas. Los puentes térmicos encontrados, generan filtraciones de humedad en las paredes, debido al encuentro entre la envolvente vertical y el piso.

Rocha et al. (2020) desarrollaron un artículo donde describen procesos para la detección de infiltraciones por causas accidentales con la aplicación de la termografía infrarroja, para la investigación se realizó una inspección visual en los corredores de un edificio ubicado en Rua da Aurora en Brasil, donde se encontró patologías como: hongos, manchas de agua, desprendimiento de pintura y del revestimiento de mortero; especialmente cerca de las tuberías. Por lo tanto, se utilizó una metodología mixta ya que se detectó las patologías con una cámara termográfica y también se analizó los gradientes de temperatura en las mamposterías, concluyendo que debido a la inercia térmica del agua las áreas afectadas tenían la temperatura más baja.

En base al artículo de Rocha et al (2020). Se puede concluir que la termografía infrarroja detecta las patologías por infiltraciones sin intervención física en el edificio. Con los resultados obtenidos en la investigación se pudo determinar la ubicación de filtraciones de humedad a través de una metodología mixta con la interpretación de las imágenes termográficas en las mamposterías comparando las variantes de temperatura, obteniendo un diagnóstico preciso para el respectivo mantenimiento.

En una investigación realizada por Fernández & Garzón (2020) explican que estadísticamente el 40%

de la electricidad en Argentina, es consumida para la climatización de ambientes interiores y los cerramientos opacos provocan la pérdida de al menos el 50% de esta energía. Por lo tanto, se realizó un levantamiento de información en la ciudad de San Miguel de Tucumán en Argentina, donde la temperatura llega hasta 30°C y en invierno hasta 8°C. En el edificio se realizó el levantamiento con una cámara infrarroja FLIR C2 (ver Figura 6), en donde se puede ver claramente la presencia de puentes térmicos.

Figura 6.  
Detección de puentes térmicos



Nota: Tomada del artículo de Fernández & Garzón (2020)

La finalidad de esta investigación es mejorar las condiciones energéticas del edificio, considerando un presupuesto bajo. Por lo que, se propone la incorporación de aislantes térmicos en la cara interna de la envolvente, ya que existe riesgo de condensación en las capas interiores. La propuesta es la colocación de una capa de lana de vidrio de 0.05m y una placa de cartón de yeso que sea resistente a la humedad, buscando mejorar las prestaciones térmicas del edificio, además utilizando una superficie interior lisa, con pintura antihongos e impermeable.

Para concluir en base a lo expuesto por Fernández & Garzón (2020), el uso de la termografía infrarroja detecta con facilidad los puentes térmicos, esto depende de la



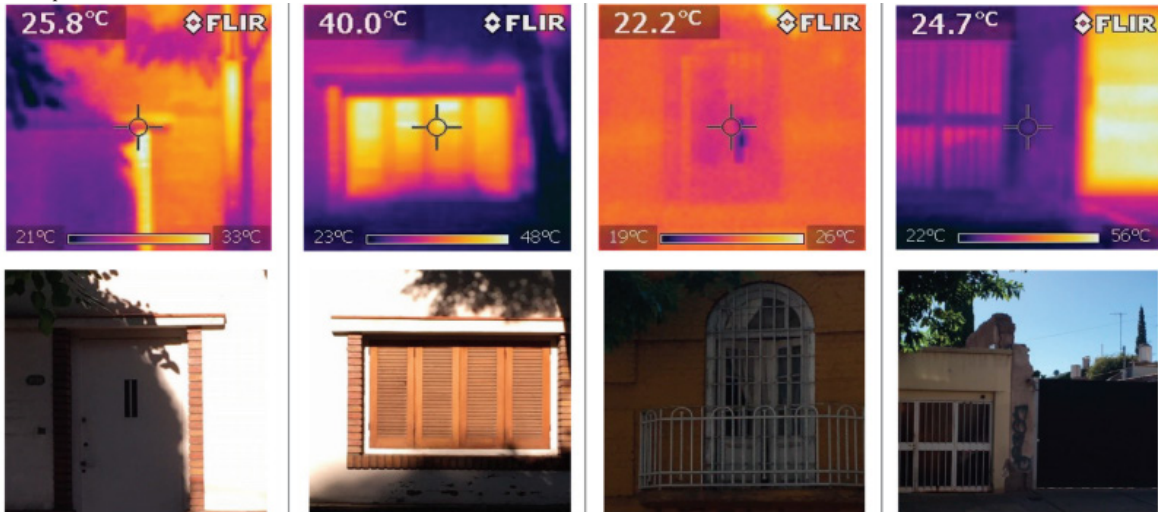
capacidad del investigador para encontrar las falencias de una envolvente y así proponer estrategias que no sean costosas que ayuden a mejorar el rendimiento térmico y disminuyendo el consumo de la energía eléctrica.

En un barrio en la ciudad de Mendoza, argentina, se realizó la toma de imágenes termográficas en el día y en la noche en una edificación para analizar las ganancias térmicas en las envolventes. Con la cámara infrarroja se detectó la emisividad de los materiales, realizando mediciones de la temperatura en el exterior y el interior de las viviendas. (ver Figura 7). Para obtener un buen resultado se considera la norma BS EN 13187:1999, evitando errores comunes con la termografía provocada por la radiación en las fachadas. Por lo tanto, si no se toma en cuenta la orientación y radiación solar, se suele interpretar incorrectamente el comportamiento térmico de la envolvente con respecto a los materiales, puertas, ventanas y elementos constructivos. (Ganem & Barea, 2018)

Para concluir con respecto a la investigación de Ganem & Barea, en la “Figura 7” se puede apreciar como la incidencia solar provoca que la temperatura de los materiales aumente, en cambio en las otras fachadas donde no afecta el sol se mantienen relativamente bajas. Por lo tanto, se debe fijar horarios para realizar los respectivos levantamientos fotográficos, posteriormente, realizar cuadros comparativos para determinar las pérdidas y ganancias de temperatura. Las imágenes hechas en la mañana muestran temperaturas homogéneas en la envolvente con alta inercia térmica, sin embargo, en la noche se puede apreciar de mejor manera el comportamiento térmico en los materiales.

Como se ha explicado anteriormente, la inspección con el uso de la termografía aplicada es muy sencilla y económica, en una investigación realizada en Tres Cantos en Madrid por Melgosa (2022) se inspeccionó un edificio residencial de bloque con la aplicación de la termografía infrarroja, enlistado las patologías y los

Figura 7.  
Temperatura en los vanos de la edificación



Nota: Tomada de Ganem & Barea (2018)

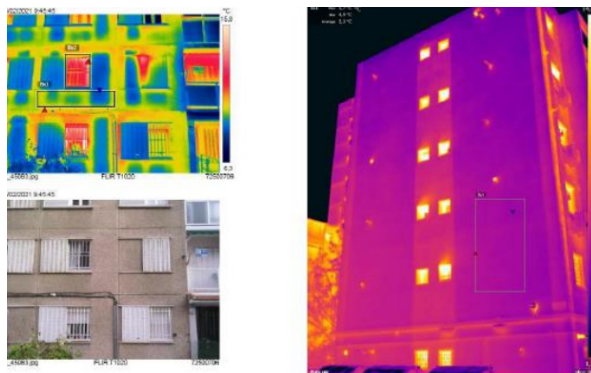
**Tabla 3.**  
Cuadro de resumen de los autores en el Estado del Arte.

TABLA RESUMEN - ESTADO DEL ARTE			
AUTOR	TEMA/TÍTULO	AÑO	APORTE
Flores et al.	Termografía infrarroja aplicada al Cabildo de Salta. Un primer paso hacia la rehabilitación energética de edificios históricos.	2019	Información acerca de los beneficios de la termografía infrarroja en edificaciones contemporáneas
Ferrer et al.	Estado del arte de los modelos térmicos de edificios a partir de nubes de puntos y termografía infrarroja.	2019	Metodologías para la aplicación de la termografía infrarroja, y análisis a través de softwares y modelados 3D.
Vilar et al.	Aplicación de la Termografía Infrarroja para la determinación del coeficiente global de	2019	Reducción de las transmitancias térmicas en la envolvente
Fondoso et al.	Análisis de la envolvente edilicia en el HIGA San Roque	2022	Demuestra los pasos para la detección de los puentes térmicos
Castillo et al.	Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil	2019	Influencia de los materiales en el confort térmico.
Sánchez et al.	Análisis y evaluación del desempeño termo energético de las envolventes del edificio o faud unc a través de termografía y therm, en el solsticio de invierno.	2018	Puentes térmicos que afectan al estado del edificio.
Rocha et al.	Detección de infiltración por causas accidentales con termografía infrarroja: estudio de caso	2020	Formas para detectar la humedad en las paredes con la interpretación de la temperatura.
Fernández & Garzón	Rehabilitación de muros exteriores en centros de salud en San Miguel de Tucumán para su eficiencia térmico-energética.	2020	Estrategias para la mitigación de puentes térmicos
Ganem & Barea	Diagnóstico del comportamiento térmico de edificios en forma masiva mediante el uso de la termografía infrarroja	2018	Metodología para evitar errores con la interpretación de imágenes, con termografía infrarroja.
Melgosa	Inspecciones termográficas previas a las intervenciones de rehabilitación	2022	Inspección del edificio antes de plantear estrategias que mejoren el rendimiento térmico.



puentes térmicos: frentes de forjado y pilares; esquinas y encuentros de fachada; defectos de aislamiento puntuales; fugas de calor en carpinterías. Por lo tanto, se considera el día y la hora para realizar el levantamiento de campo para evitar las ganancias de energía y la radiación solar directa.

**Figura 8.**  
Rehabilitación energética



**Nota:** Tomada de Melgosa (2022)

En la Figura 8 se puede apreciar la inspección termográfica previa a la rehabilitación con una alta transmitancia de energía, en donde se encuentra puentes térmicos y pérdidas de calor, por otra parte, se puede ver el edificio rehabilitado, con una perfecta homogeneidad térmica. En base a este autor, se puede concluir que la rehabilitación va ligada de una inspección previa, encontrando las patologías y darles una solución que mejore considerablemente el rendimiento térmico de las edificaciones.

Finalmente, en la “Tabla 3”, se señala el nombre del autor, el tema, el año y el aporte de cada artículo en el presente proyecto investigativo. Se señala las diversas metodologías y formas para encontrar puentes térmicos en una envolvente.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### Línea de Investigación

El presente trabajo pertenece a la línea de investigación de Diseño, Técnica y Sostenibilidad (DITES), proporcionado por la Universidad Tecnológica Indoamérica. Esta línea comprende los problemas arquitectónicos relacionados con la eficiencia energética en los edificios, buscando transformar un espacio con técnicas innovadoras y sustentables con el medio ambiente, a través del diseño arquitectónico, sistemas constructivos, materiales y la aplicación de nuevas tecnologías. Por lo tanto, la finalidad es aportar estrategias que permitan crear una edificación sustentable reduciendo el impacto ambiental y el cambio climático.

### Sub-Línea de Investigación

- Estrategias de diseño para la mitigación del cambio climático y regeneración sostenible del hábitat humano.

### Diseño Metodológico

#### Enfoque de la Investigación

La investigación tiene un enfoque mixto, debido a que este es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación. Por lo tanto, de manera cualitativa se realizará el levantamiento de información en las viviendas y a través de una cámara termográfica encontrando los puentes térmicos de las envolventes de las viviendas. Asimismo, de manera cuantitativa se

mide la temperatura necesaria para alcanzar el confort térmico y encontrar las pérdidas de calor dentro de las viviendas. Por consiguiente, estas variables sustentan el producto de la investigación.

La metodología mixta permite utilizar datos cuantitativos y cualitativos dentro de uno o varios estudios. Algunos investigadores usan este método debido a que, existen preguntas que no pueden resolverse a través de una metodología. Por lo tanto, combinan los 2 enfoques con la finalidad de complementarse entre sí explorando la naturaleza de las preguntas. La principal ventaja de este método es la capacidad de responder preguntas explicativas y confirmativas simultáneamente, el investigador a través de datos cuantitativos como la estadística confirmando un efecto sobre un fenómeno y enseguida puede explorar las causas de este efecto mediante una investigación de campo. (Pole, 2009)

### Nivel de Investigación

El nivel de investigación es explicativo, descriptivo, para identificar y diagnosticar las variables presentes en las viviendas seleccionadas. Puesto que, es importante realizar el levantamiento de las edificaciones buscando los problemas en la configuración de la envolvente. El alcance explicativo-descriptivo mostrará las fallas en las envolventes de los inmuebles. Asimismo, se logra conocer el estado actual de las edificaciones para implementar estrategias que reduzcan los problemas en las viviendas y mejoren el rendimiento energético.

En el nivel descriptivo, según Teodoro & Nieto (2018), el alcance de este tipo de investigación es la recopilación de datos, información y las características de un fenómeno. También se denomina exploración diagnóstica o de levantamiento de datos, facilitando la toma de decisiones.

En el nivel explicativo, según Teodoro & Nieto (2018), busca una explicación a través de diferentes

contextos, planteando una hipótesis con la finalidad de explicar eventos, fenómenos, hechos, procesos naturales o sociales. Por lo que, este nivel es más riguroso debido a la profundidad y complejidad de la investigación.

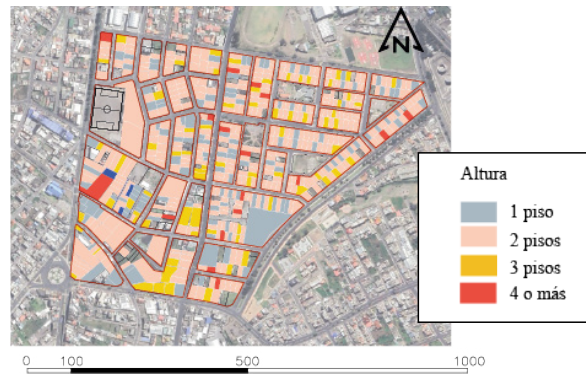
### Tipo de Investigación

El tipo de investigación es mediante el nivel de profundidad debido a que tiene un alcance explicativo, descriptivo. Asimismo, es importante mencionar que la investigación también es realizada por la naturaleza de los datos de información, debido a que el diseño metodológico es mixto. Por lo tanto, la metodología cualitativa permite usar herramientas para la interpretación de datos como: fichas de observación, entrevistas. Por otra parte, el método cuantitativo sirve para la obtención de datos de la temperatura, para garantizar el confort térmico dentro de las viviendas, lo que facilita la obtención de un resultado aproximado a la realidad.

### Población y muestra

La población se la define como un conjunto de objetos o personas de los que se quiere conocer algo en una investigación, en donde se obtiene resultados y conclusiones. (López, 2004)

Figura 9.  
Población de estudio



La población de estudio está conformada por 341 viviendas contemporáneas de dos pisos en el barrio Nueva Ambato perteneciente a la parroquia Celiano Monge en la Ciudad de Ambato en Ecuador. (ver Figura 9.)

### Muestra

La muestra es definida por López, (2004) como “un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación” (p.69). En ese mismo sentido, tiene el fin de generalizar los hallazgos del todo, por lo que, existen varios procedimientos para obtener una muestra como: formulas y lógica.

Por lo tanto, en la investigación se utilizará el método de muestreo no probabilístico, en el cual de acuerdo a López, (2004) “en este tipo de muestreo, todas las unidades que componen la población no tienen la misma posibilidad de ser seleccionada” (p. 73). En sentido de esto, se tendrán en cuenta diferentes criterios y parámetros de acuerdo con los objetivos de la investigación y el criterio del investigador.

Por consiguiente, para seleccionar las viviendas, se realiza un análisis del sector detectando la temporalidad de las viviendas contemporáneas, escogiendo una de las viviendas más antiguas y una de las más actuales para realizar un análisis comparativo de estas 2 edificaciones. (ver Figura 10)

Por lo que, para seleccionar la primera vivienda se analizan las 10 viviendas contemporáneas de 2 pisos del sector comprendidas entre el periodo de 1960 a 1980 (ver Figura 11), mediante un ficha de valoración para escoger la edificación mas adecuada para el estudio, los criterios son: Accesibilidad, cubierta inclinada, presencia de vegetación, vivienda aislada, vientos predominantes de Ambato, perfilierías de ventanas con hierro forjado, mampostería de ladrillo, estado de conservación de los materiales de la envolvente, fachada llamativa, incidencia solar. (ver Tabla 4)

Figura 10.  
Temporalidad de construcciones

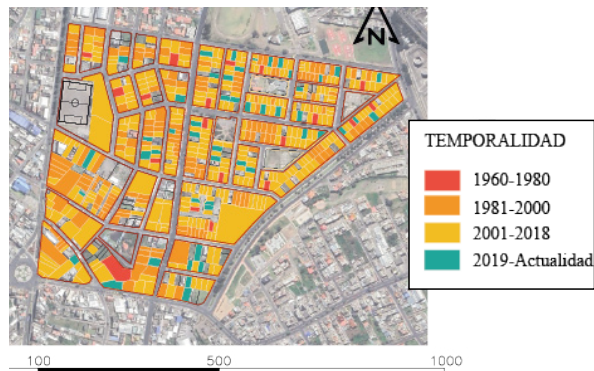
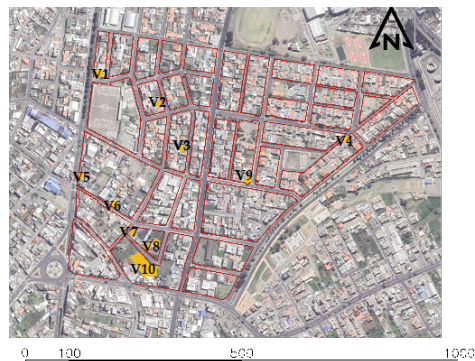


Figura 11.  
Viviendas Contemporáneas de 2 pisos, comprendidas entre 1960 a 1980

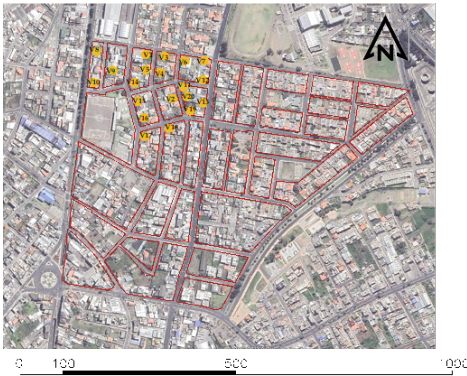




Posteriormente, para la segunda muestra, se selecciona una vivienda que haga un fuerte contraste a la primera para realizar un análisis comparativo; por lo que, para seleccionar esta muestra se identifica un punto topográfico bajo en el sector, donde se identifica 20 viviendas contemporáneas de 2 pisos comprendidas entre el 2019 a la actualidad (Figura 12); de la misma forma, se realiza una ficha de valoración para escoger la edificación más adecuada para el estudio, en donde intervienen los siguientes criterios propuestos por el investigador: Accesibilidad, cubierta plana, sin vegetación, viento predominante de Ambato, sistema constructivo de hormigón, estado de conservación de los materiales de la envolvente, colores claros, buena incidencia solar durante el día. (ver Tabla 5)

Figura 12.

Viviendas Contemporáneas de 2 pisos, comprendidas entre 2019 a la actualidad



#### Selección de las viviendas

Por lo tanto, con los resultados obtenidos en la “Tabla 4” se escoge la vivienda con el código “v.10”, debido a que obtuvo una calificación más alta con los criterios establecidos, la cual se encuentra ubicada en la calle Río Coca y Río Cosanga en las coordenadas -1.274985, -78.628125 (ver Figura 14). Ubicada a 2740 metros sobre el nivel del mar. (ver Figura 13)

Posteriormente, con los resultados obtenidos en la “Tabla 5” se escoge la vivienda con el código “v.5”, debido a que obtuvo una calificación más alta con los criterios establecidos, la cual se encuentra ubicada en la calle Río Cosanga y Río Oyacachi en la coordenada -1.270509, -78.627874 (ver Figura 14), Cabe recalcar que esta vivienda se encuentra en uno de los puntos más bajos del sector, ubicado a 2731 metros sobre el nivel del mar (ver Figura 13), influyendo en la temperatura de la envolvente.

Figura 13.

Topografía Barrio Nueva Ambato

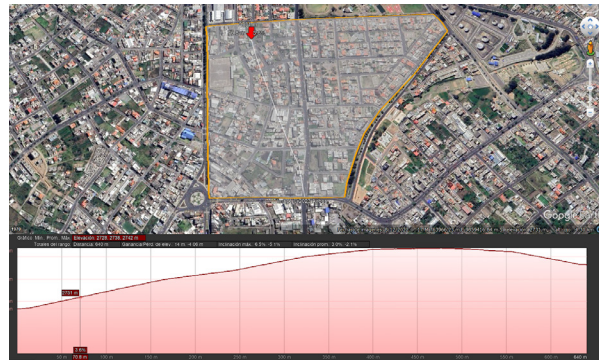
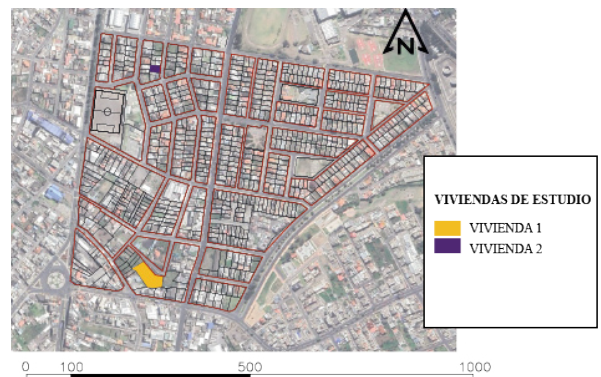


Figura 14.

Viviendas Seleccionadas







**Figura 15.**  
Fotografías Vivienda Contemporánea Año 2019 (cod v.5)




**Figura 16.**  
Fotografías Vivienda Contemporánea Año 1980 (cod. v.10)








**Tabla 4.**  
Ficha de Valoración, viviendas comprendidas entre 1960-1980

EDIFICACIONES	CRITERIOS											
	Accesibilidad	Cubierta Inclinada	Presencia de Vegetación	Vivienda Aislada	Viento Predominante de Ambato	Ventana con Hierro Forjado	Mampostería de Ladrillo	Estado de Conservación	Destaca en trama	Incidencia Solar	TOTAL	
<i>Código</i>	<i>Imagen</i>	<i>Valorar con un punto, consiguiendo una puntuación final de 0 a 10</i>										
Cód. V1	Vivienda residencial	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
												
Cód. V2	Vivienda residencial	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	7
												
Cód. V3	Vivienda residencial	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	6
												
Cód. V4	Vivienda residencial	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5
												








<b>Cód. V5</b>	Vivienda residencial	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	6
												
<b>Cód. V6</b>	Vivienda residencial	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
												
<b>Cód. V7</b>	Vivienda residencial	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
												
<b>Cód. V8</b>	Vivienda residencial	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8
												
<b>Cód. V9</b>	Vivienda residencial	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	8
												
<b>Cód. V10</b>	Vivienda residencial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
												

**Tabla 5.**  
Ficha de Valoración, viviendas comprendidas entre 2019 a la actualidad

EDIFICACIONES	CRITERIOS											
		Accesibilidad	Cubierta Plana	Sin Vegetación	Vivienda Adosada	Viento Predominante de Ambato	Ventana con Aluminio	Hormigón	Limpieza en la envolvente	Colores Claros	Incidencia Solar Diurna	TOTAL
Código	Imagen	Valorar con un punto, consiguiendo una puntuación final de 0 a 10										
Cód. V1	Vivienda residencial 	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	6
Cód. V2	Vivienda residencial 	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
Cód. V3	Vivienda residencial 	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
Cód. V4	Vivienda residencial 	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8
Cód. V5	Vivienda residencial 	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10



TERMÓGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO  
TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.

Cód. V6	Vivienda residencial	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7
												
Cód. V7	Vivienda residencial	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
												
Cód. V8	Vivienda residencial	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
												
Cód. V9	Vivienda residencial	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7
												
Cód. V10	Vivienda residencial	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
												
Cód. V11	Vivienda residencial	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
												
Cód. V12	Vivienda residencial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
												

TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO  
TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.

Cód. V13	Vivienda residencial	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
													
Cód. V14	Vivienda residencial	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8	
													
Cód. V15	Vivienda residencial	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8	
													
Cód. V16	Vivienda residencial	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	6	
													
Cód. V17	Vivienda residencial	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	5	
													
Cód. V18	Vivienda residencial	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8	
													
Cód. V19	Vivienda residencial	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	5	
													
Cód. V20	Vivienda residencial	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	6	
													

## Técnicas de Recolección de Datos

### Observación

La observación permite al investigador medir, evaluar o analizar un objeto en específico en donde se identifican variables y características esenciales para el desarrollo del proyecto. Por lo tanto, mide una población o muestra establecida, donde se determinan indicadores y criterios estableciendo las características del objeto de estudio. (Arias, 2020)

### Entrevista

La entrevista permite al investigador conocer el punto de vista de una persona a través de preguntas preparadas con anticipación. Es una técnica mecanizada debido a que, la persona entrevistada debe responder siguiendo una secuencia establecida, en donde puede ser guiado o no por el entrevistador. Se mide comportamientos, opiniones, percepciones, experiencias, etc. (Arias, 2020)

### Revisión Documental

La revisión o análisis documental es un proceso en donde se obtiene datos de diferentes investigaciones; por lo que, deben ser fuentes bibliográficas fiables que faciliten al investigador alcanzar los resultados para concluir con un estudio. Se extrae los aspectos más importantes de un documento para ser clasificados, ordenados y analizados según el criterio del investigador. La principal ventaja de esta técnica es la búsqueda retrospectiva; es decir, se puede tomar investigaciones de cualquier año, lo que permite obtener una proyección en los resultados finales. (Arias, 2020)

## Técnicas de procesamiento de información

Es necesario procesar correctamente la información obtenida para ejecutar la investigación, con la finalidad de cumplir los objetivos de la investigación considerando los límites y el alcance del proyecto. En la presente investigación se tomará en cuenta tres técnicas de recolección de datos, posteriormente se procederá a la obtención y el procesamiento de información logrando un desarrollo ordenado para cumplir con el objetivo general y los aspectos mencionados en el proceso metodológico.

Las fichas de observación, serán procesadas mediante la información general de las viviendas elegidas como la ubicación, localización, sistema constructivo y año de construcción. Además, se realiza el levantamiento físico de la vivienda con respecto a los vanos, el levantamiento arquitectónico y el recorrido solar. Finalmente, en la segunda ficha se obtiene la información a través de la cámara termográfica para identificar la temperatura de los componentes de la envolvente de las viviendas.

La entrevista será procesada mediante un resumen del cuestionario de preguntas, en donde se identifica los problemas en las viviendas de una manera más precisa debido a la percepción de los usuarios, identificando los problemas más comunes en las edificaciones y así plantear estrategias que ayuden a reducir estas problemáticas.

Para la revisión documental, fue necesario recopilar diferentes conceptos y teorías relacionadas con la termografía infrarroja y los puentes térmicos. Asimismo, en el estado del arte se exponen investigaciones de varios autores aplicando la termografía infrarroja en el estudio del comportamiento térmico en diferentes edificaciones. Por lo que, con la información recopilada se proyectan los resultados de la presente investigación.

## Proceso Metodológico

### Objetivo 1

Describir las metodologías de interpretación de las imágenes termográficas mediante revisiones bibliográficas para el análisis de la vivienda contemporánea en el Barrio Nueva Ambato.

- Revisar varias investigaciones identificando los métodos más comunes para interpretar la termografía infrarroja.
- Establecer horarios para la toma de imágenes a través de la cámara infrarroja
- Realizar la entrevista a los usuarios de las viviendas de estudio.

### Objetivo 2

Identificar la materialidad y temperatura emitida por las envolventes mediante fichas de observación y levantamientos arquitectónicos para la aplicación de la termografía infrarroja en las viviendas seleccionadas.

- Realizar fichas de observación para la recolección de datos de las edificaciones.

- Realizar los levantamientos arquitectónicos y dibujar las fachadas, cubiertas y plantas arquitectónicas de las viviendas analizadas.

- Realizar las fichas de observación para el levantamiento con la cámara térmica.

### Objetivo 3

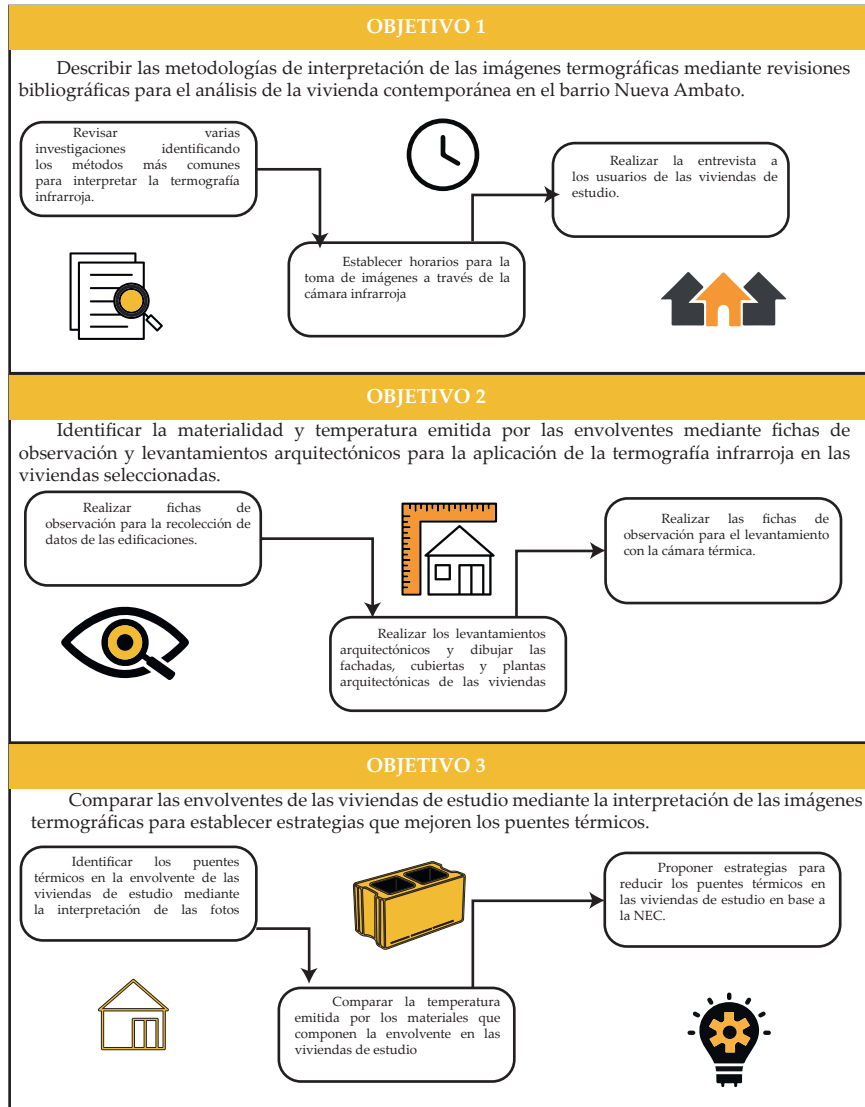
Comparar las envolventes de las viviendas de estudio mediante la interpretación de las imágenes termográficas para establecer estrategias que mejoren los puentes térmicos.

- Identificar los puentes térmicos en la envolvente de las viviendas de estudio mediante la interpretación de las fotos termográficas

- Comparar la temperatura emitida por los materiales que componen la envolvente de las viviendas de estudio

- Proponer estrategias para reducir los puentes térmicos en las viviendas de estudio en base a la NEC

Figura 17.  
Proceso metodológico



## APLICACIÓN METODOLÓGICA

### Delimitación espacial, temporal o social

#### Ubicación Geográfica

Ambato es la capital de la provincia de Tungurahua en Ecuador, también conocida como la Ciudad de las flores y de las frutas, cuna de los tres Juanes, Jardín del Ecuador. Se encuentra ubicada en el estrecho del valle andino, atravesado por el río Ambato a unos 2580 metros sobre el nivel del mar, tiene una población de 165.185 habitantes, por lo que es la décima ciudad más poblada del país. En un contexto histórico se denotan acontecimientos como la erupción del volcán Tungurahua y terremotos. En el aspecto económico, la principal fuente de ingresos es la agricultura, ganadería, la industria y el comercio. (EcuRed, 2017)

**Figura 18.**  
Delimitación espacial macro de Ambato



**Figura 19.**  
Delimitación micro área de estudio



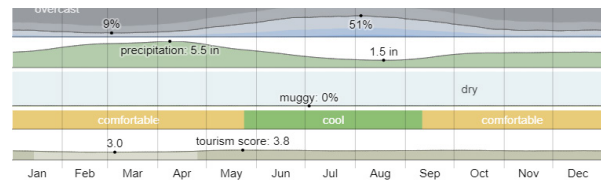
## Análisis del Contexto

### Contexto Físico

#### Clima

Ambato tiene un clima cómodo y nublado. En lo que dura el año, la temperatura ordinariamente varía entre  $9^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  y rara vez se encuentra por debajo de los  $6^{\circ}\text{C}$  o superior a los  $23^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, según los datos proporcionados por Weather Spark, la mejor época para realizar turismo en Ambato para realizar actividades que requieran un clima cálido es desde la última etapa de abril hasta la mitad de enero. (Weather Spark, 2017)

**Figura 20.**  
Clima por mes en Ambato



**Nota:** Tomado de Weather Spark (2017)

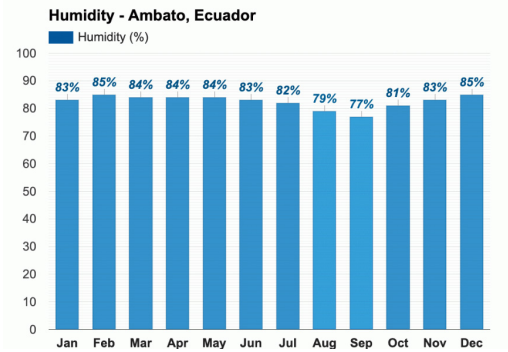
#### Humedad

La humedad se basa por el punto de rocío, para el análisis de la comodidad se determina a través de estos puntos, ya que cuando son altos se siente húmedo el ambiente y si se encuentran bajos se siente seco. Normalmente la temperatura cambia considerablemente entre el día y la noche, a diferencia del punto de rocío que suele cambiar más lento. Por lo tanto, si la temperatura baja en la noche, será húmeda. En Ambato se mide el porcentaje de tiempo en que la humedad es insoportable u opresiva, sin embargo, en la ciudad no suele cambiar considerablemente durante el año, debido a que permanece casi en 0% constantemente. (Weather Spark, 2017)

En el aspecto de la humedad, es importante considerar la humedad relativa (ver Figura 21), los puntos húmedos más altos en la ciudad de Ambato son

en febrero y diciembre con un 85%, por otra parte, el mes más bajo es en septiembre con un 77% (Weather Atlas, s/f)

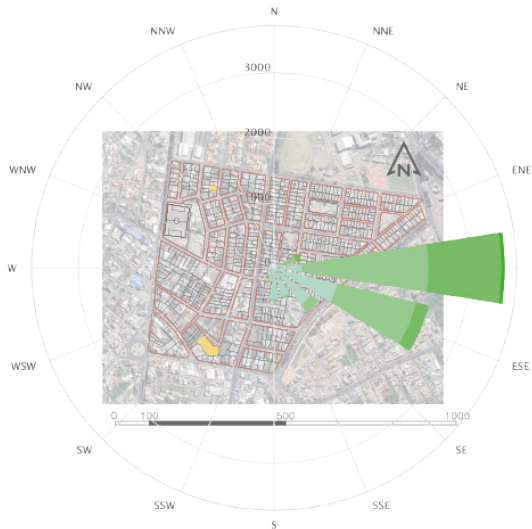
**Figura 21.**  
Humedad Relativa



Nota: Tomado de (Weather Atlas, s/f)

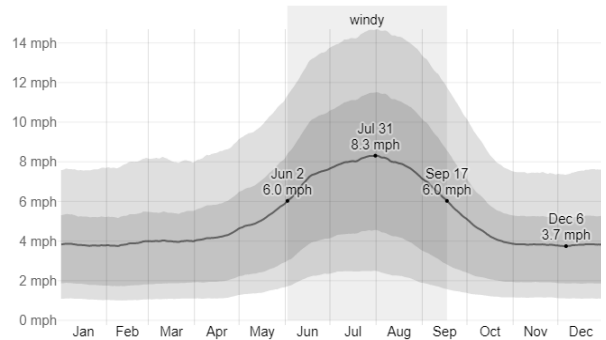
### Viento

**Figura 22.**  
Recorrido del viento en la zona de estudio.



El viento depende de la topografía y diversos factores de cada sector de la Ciudad de Ambato. La velocidad del viento posee variaciones estacionales en el lapso del año, el tiempo más ventoso dura de 3 a 5 meses, este transcurre desde el 2 de junio al 17 de septiembre, con una velocidad de 9.5km/h. Julio es el mes más ventoso con una velocidad de 13km/h. Por otro parte, el ciclo más calmado dura de 8 a 5 meses, por lo general este se da del 17 de septiembre al 2 de junio, teniendo una velocidad de 3.8 km por hora. Es importante considerar que la dirección predominante del viento en Ambato es hacia el este durante todo el año. (Weather Spark, 2017)

**Figura 23.**  
Velocidad del viento en Ambato



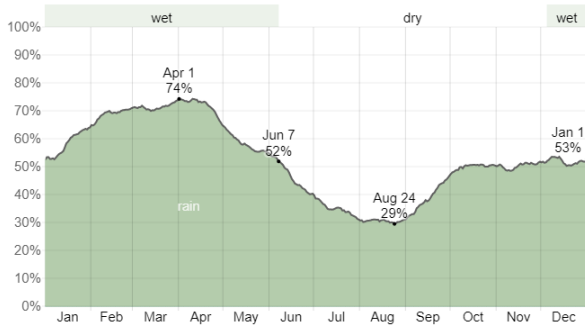
Nota: Tomado de Weather Spark (2017)

### Precipitación

En la ciudad de Ambato la probabilidad de lluvia varía considerablemente en el transcurso del año. La temporada más mojada perdura durante 6, 1 meses durante el 5 de diciembre a 7 de junio, con una probabilidad del 52% de que sea un día mojado, el mes más lluvioso es abril, promediando al menos 138 mm de precipitación durante 21.5 días. Por otro lado, la temporada más seca es del 7 de junio al 5 de diciembre, siendo agosto el mes con la menor cantidad de lluvias, promediando 9.5 días con al menos 1mm de precipitación. (Weather Spark, 2017)

**Figura 24.**

Probabilidad de precipitación



Nota: Tomado de Weather Spark (2017)

### Energía Solar

El soleamiento depende de la energía solar recibida durante el día en ondas cortas (ver Figura 25), que llegan a la superficie del suelo en un área grande, se considera los cambios estacionales en el transcurso del día, la altura del sol, absorción de nubes y diferentes factores atmosféricos. El periodo más brillante ocurre del 9 de agosto al 30 de septiembre, con una energía de onda corta incidente que promedia 6.0 kWh por metro cuadrado, siendo septiembre el más resplandeciente con 6,2 kWh. Por otro lado, el tiempo más obscuro se da del 10 de noviembre al 4 de junio, con una energía de onda de 5.3 kWh, siendo marzo el mes más obscuro promediando 5.1 kWh por metro cuadrado. (Weather Spark, 2017)

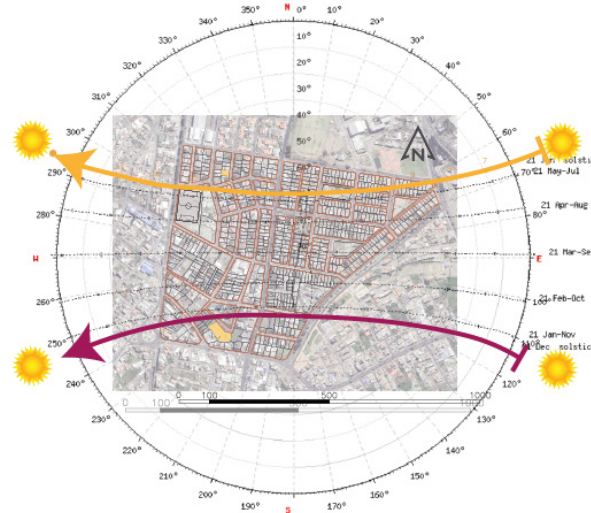
### Temperatura

La temporada templada es desde el 16 de octubre al 25 de diciembre, al redor de 3 meses, la temperatura máxima que se alcanza en esta época es de 20°C. Por lo que, el mes más cálido es en diciembre, llegando a una temperatura máxima promedio de 20°C y una mínima de 10°C. Por otro lado, la época más fresca dura alrededor de 6 meses, se da desde el 6 de junio al 27 de agosto. Identificando al mes más frío como agosto en la Ciudad de Ambato, alcanzando una temperatura

mínima de alrededor de 9°C y una máxima promedio de 18°C. En la Figura 22, se puede entender que la ciudad de Ambato no se enfrenta a épocas de frío o calor extremo. (Weather Spark, 2017).

**Figura 25.**

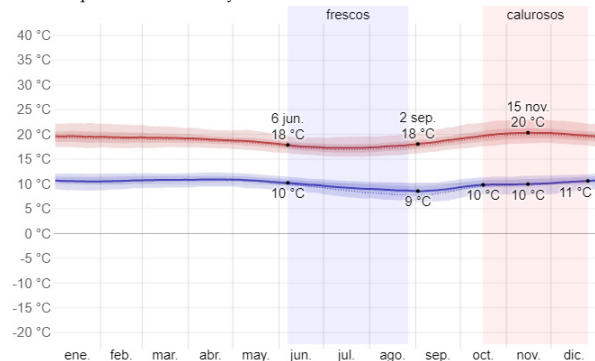
Recorrido solar en la zona de estudio.



Nota: Aaptado a partir de Sun Earth Tools (2022).

**Figura 26.**

Temperatura máxima y mínima de Ambato



Nota: Tomado de Weather Spark (2017).

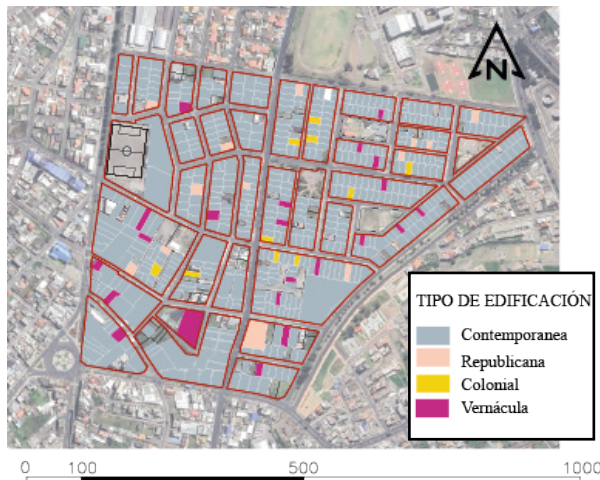


## Estructura Geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada en el barrio Nueva Ambato, en donde se comprende el barrio Celiano Monge, se puede destacar varios hitos emblemáticos cerca del barrio los cuales son: el municipio de Ambato, la Universidad Técnica de Ambato, el parque Quebrada Seca y el redondel de Huachi Chico el cual en el pasado era el principal acceso al sur de la ciudad.

El Barrio Nueva Ambato, está delimitado longitudinalmente, al norte con el barrio Letamendi y Simón Bolívar, al sur con el barrio Solís, al oeste con la parroquia Huachi Chico y al este con el parque Quebrada Seca. La topografía es irregular, el sector es mayoritariamente residencial con un predominio de la vivienda contemporánea.

Figura 27.  
Tipo de Edificación

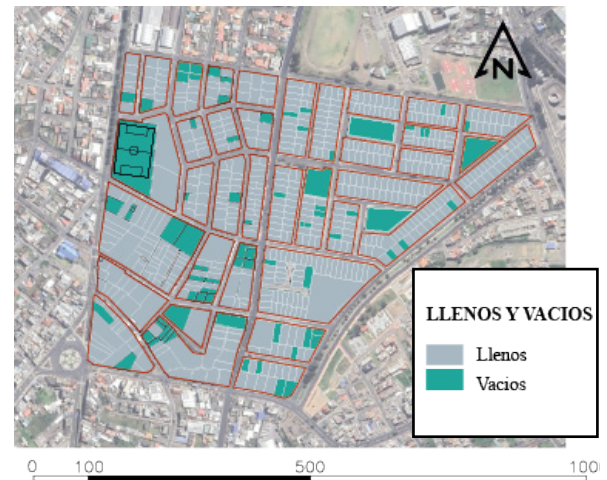


## Justificación del Barrio de Estudio

El tema de investigación se centra en las envolventes de las viviendas contemporáneas, por lo que, se elige el Barrio Nueva Ambato, debido a que es uno de los barrios más actuales de la ciudad, ubicado en la parroquia Celiano Monge, En la "Figura 27", se puede ver que existe un predominio de viviendas contemporáneas comprendidas entre inicios del siglo XX hasta la actualidad.

Según el Pugs de Ambato, esta zona está ubicada en la plataforma 6, por lo tanto, no se encuentra totalmente consolidada (ver Figura 28), lo cual, genera un interés en el ámbito de la arquitectura sostenible, para que se aplique estrategias activas y pasivas de sostenibilidad en los diseños de las próximas construcciones.

Figura 28.  
Llenos y Vacíos



## DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

### Desarrollo Objetivo Específico 1

Describir las metodologías de interpretación de las imágenes termográficas mediante revisiones bibliográficas para el análisis de la vivienda contemporánea en el barrio Nueva Ambato.

*Métodos más comunes para interpretar la termografía infrarroja.*

Se efectuó la revisión de conceptos, artículos de revista, libros y tesis de varios investigadores, los cuales fueron, desarrollados en el marco teórico y el estado del arte. Algunos autores abordan diferentes métodos para la aplicación de la termografía infrarroja en las envolventes de las edificaciones.

Para identificar puentes térmicos en la configuración de las envolventes mediante termografía infrarroja, se debe seguir ciertos parámetros. Por lo tanto, se toma en cuenta la investigación de Ferrer et al. (2021), en donde se detalla la aplicación de una metodología mixta a través de la cámara infrarroja, donde se identifica la temperatura emitida por las envolventes de las viviendas, resaltando las anomalías encontradas en planos arquitectónicos.

De la misma manera Sánchez et al. (2018), interpreta las imágenes térmicas a través de una metodología cualitativa, considerando el comportamiento térmico de las fachadas expuestas al sol, basándose en la escala térmica proporcionada por la misma cámara en la configuración de la envolvente, detectando los puentes térmicos en los puntos altos de temperatura.

Finalmente, a través de una metodología mixta, Rocha et al. (2020), compara la temperatura emitida por la envolvente, analizando el comportamiento de los materiales de la fachada, con énfasis en: ventanas, cubiertas, mampostería y la estructura, detectando puentes térmicos en los puntos altos de temperatura.

*Horarios para la toma de imágenes a través de la cámara infrarroja*

Para establecer los horarios, según Ganem & Barea (2018), es importante realizar el levantamiento termográfico considerando la hora, la radiación y orientación solar de las edificaciones, ya que se suele interpretar incorrectamente el comportamiento térmico de la envolvente, debido a que en el día se aprecia la alta inercia térmica y en la noche se observa de mejor manera el rendimiento térmico de la fachada. Por lo tanto, se plantea la toma de fotografías en diferentes horarios y fechas detectando anomalías en los materiales de la envolvente.

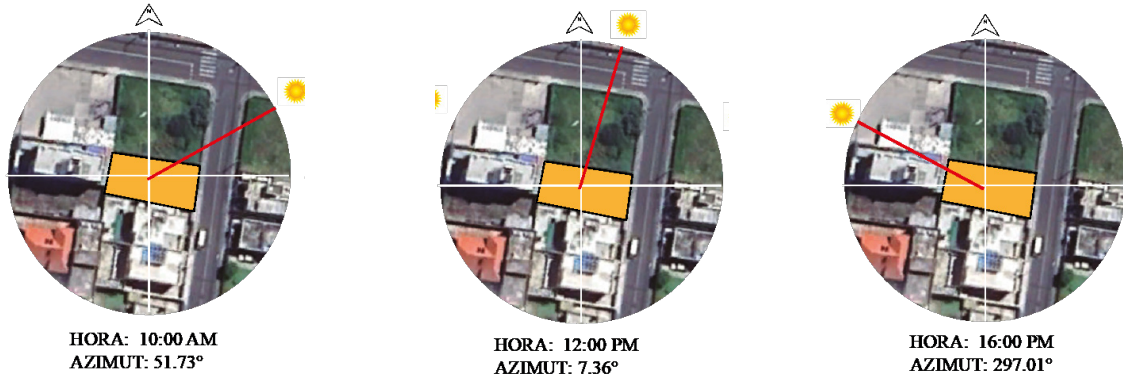
Por consecuente, después de haber seleccionado las viviendas, se estableció un horario de acuerdo con el análisis solar de cada edificación. Por lo tanto, el levantamiento de las imágenes se las realiza desde el mes de diciembre del año 2022 hasta enero del año 2023, ya que tienen variación de intensidad de soleamiento y menor presencia de precipitaciones. Se divide al estudio en dos fases, con la finalidad de encontrar todos los puentes térmicos en las fachadas.

Con relación al análisis solar se puede determinar los horarios para realizar el levantamiento termográfico.

- A las 10:00 am, la incidencia solar es directa en la fachada este, por lo que es una hora interesante para observar el comportamiento térmico de los materiales. (ver Figura 29)
- A las 8:00 pm, se puede observar los cambios de temperatura en las fachadas en el transcurso del día y encontrar las pérdidas de calor en la vivienda.

Figura 29.

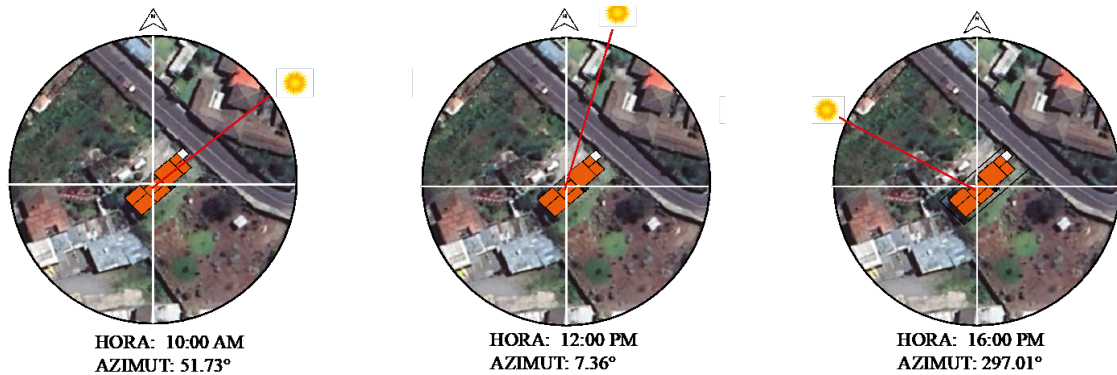
Análisis Solar vivienda 2019 (cod. v.5), realizado en el solsticio de verano en Ecuador el 21 de diciembre.



Nota: Adaptado a partir de Sun Earth Tools (2022).

Figura 30.

Análisis Solar vivienda 1980 (cod. v.10), realizado en el solsticio de verano en Ecuador el 21 de diciembre.



Nota: Adaptado a partir de Sun Earth Tools (2022)

### *Entrevista a los usuarios de las viviendas de estudio.*

La entrevista tiene un diseño estructurado dispuesto de cinco preguntas, la cual tiene la finalidad de conocer la percepción de los usuarios para complementar el estudio de acuerdo a las opiniones de los entrevistados, proponiendo estrategias para reducir de mejor manera los puentes térmicos de las viviendas.

#### *Resumen Entrevista 1*

La propietaria de la vivienda de 1980 (cod. v.10) Olga Gavilán, cuenta que para ella es importante tener un buen confort térmico en la vivienda, debido a que es un espacio donde ella pasa todo el tiempo. Por lo tanto, según la propietaria el lugar donde siente más calor durante el día es el segundo piso, esto se debe a que la cubierta de teja, transmite el calor dentro de la vivienda. Por otra parte, cuenta que el espacio donde percibe más frío en la noche es, la planta baja, principalmente en la sala, esto es caudado porque las ventanas tienen puentes térmicos que permiten filtraciones de aire. De la misma forma siente que el espacio más confortable es el primer dormitorio de la segunda planta, ya que recibe luz solar durante el día, lo cual llega a mantener este calor durante la noche. Finalmente nos cuenta que hace mucho frío; por lo que, utiliza un calentador en la noche, esto genera un problema en el rendimiento energético de la vivienda ya que genera un gasto extra en luz eléctrica. (Ver anexo 8)

#### *Resumen Entrevista 2*

El propietario de la vivienda de 2019 (cod. v5) Diego Hermosa, cuenta que para él es importante tener un buen confort térmico en la vivienda, debido a que es un espacio donde pasamos la mayor parte de nuestras vidas. Por lo tanto, según el propietario el lugar donde siente más calor durante el día es en las habitaciones, esto se debe a que las ventanas aprovechan la luz solar del día, sin embargo, esta energía no es controlada, lo que llega a generar discomfort. Por otra parte, cuenta que el espacio donde percibe más frío en la noche es en la sala, especialmente, esto se debe a que existen

puentes térmicos en las ventanas, lo cual ocasiona filtraciones de aire. De la misma forma siente que el espacio más confortable es la habitación principal, la ventana está ubicada hacia el sur, por lo que, no tiene radiación directa. Finalmente nos cuenta que cuando hace mucho frío, utiliza un calefactor, el cual sirve para calentar la vivienda en la noche, debido a los puentes térmicos, lo cual genera un gasto extra en luz eléctrica. (Ver anexo 9)

### **Desarrollo Objetivo Específico 2**

Identificar la materialidad y temperatura emitida por las envolventes mediante fichas de observación y levantamientos arquitectónicos para la aplicación de la termografía infrarroja en las viviendas seleccionadas.

#### *Fichas de observación para la recolección de datos de las edificaciones.*

En las fichas se establecen los datos necesarios para el análisis termográfico en las edificaciones seleccionadas. Por lo tanto, fue necesario realizar varias visitas de campo, en donde se conoció las viviendas, identificando los componentes de la envolvente como las ventanas y las mamposterías.

En la ficha se detalla la ubicación, la información general de la vivienda, el levantamiento de las dimensiones de las ventanas, el levantamiento arquitectónico en donde se describe la materialidad de los componentes de la fachada, añadiendo el estado de conservación, en donde se valora entre muy bueno, bueno, regular, malo. Finalmente se realiza el análisis solar de la vivienda y se añade imágenes de la edificación. (Ver en anexo 1 y 2)

#### *Levantamientos arquitectónicos fachadas, cubiertas y plantas de las viviendas analizadas.*

El levantamiento de información y las visitas de campo se las realizó el 23 de octubre del 2022, se fotografió las fachadas y se efectuó la medición de

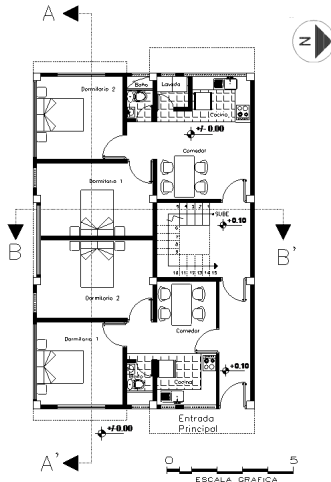
los espacios interiores y exteriores con el apoyo de un flexómetro y de una cinta capaz de medir hasta 30 metros. Con los datos obtenidos del levantamiento y las fichas de observación se procedió a dibujar las plantas arquitectónicas, fachadas y cubiertas con el software AutoCAD.

Es fundamental para el análisis termográfico el levantamiento en dos dimensiones de las viviendas, debido a que con los planos se puede interpretar los resultados obtenidos con la cámara térmica, para posteriormente señalar los puentes térmicos y proponer las estrategias que ayuden a mitigar las anomalías en la envolvente de las viviendas.

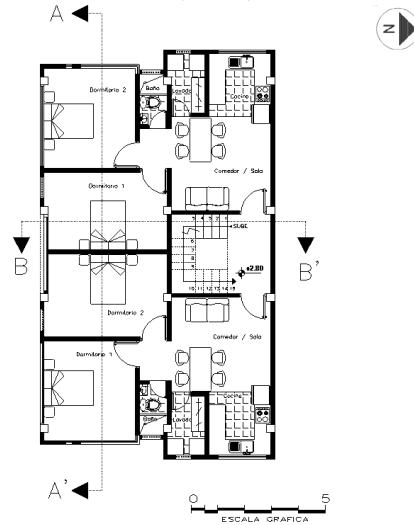
*Levantamiento Arquitectónico Vivienda 2019 (cod. v5)*

En primer lugar, se realizó el levantamiento de la vivienda contemporánea del año 2019 (cod. v.5), con la interpretación de los datos de las fichas de observación se efectuó el dibujo en dos dimensiones en AutoCAD, en los planos se detallan las medidas, ejes y niveles de la vivienda que será analizada con la termografía aplicada.

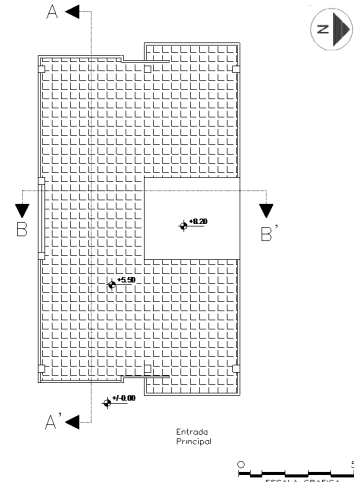
**Figura 31.**  
Planta baja, vivienda 2019 (cod. v.5)



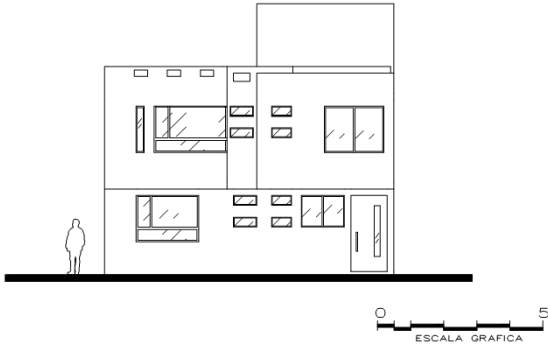
**Figura 32.**  
Planta alta, vivienda 2019 (cod. v.5)



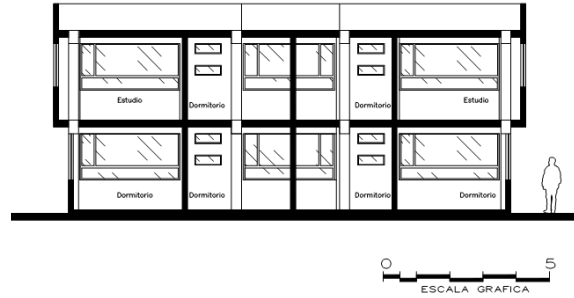
**Figura 33.**  
Cubierta, vivienda 2019 (cod. v.5)



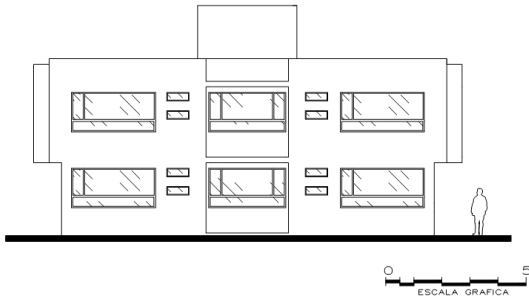
**Figura 34.**  
Fachada Frontal orientación este, vivienda 2019 (cod. v.5)



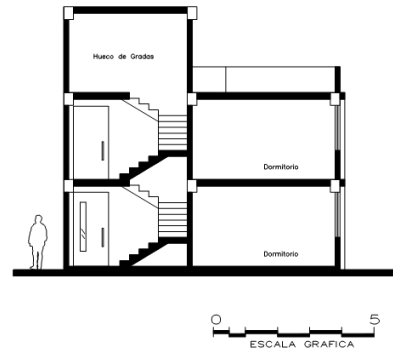
**Figura 36.**  
Corte A-A', vivienda 2019 (cod. v.5)



**Figura 35.**  
Fachada Izquierda orientación sur, vivienda 2019 (cod. v.5)



**Figura 37.**  
Corte B-B', vivienda 2019 (cod. v.5)





Levantamiento Fotográfico por Fachadas de la Vivienda de 2019 (cod. v.10)

Figura 38.

Fachada Frontal orientación este, vivienda 2019 (cod. v.5)



Figura 39.

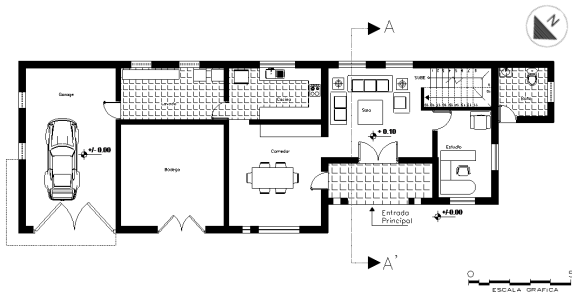
Fachada Izquierda orientación sur, vivienda 2019 (cod. v.5)



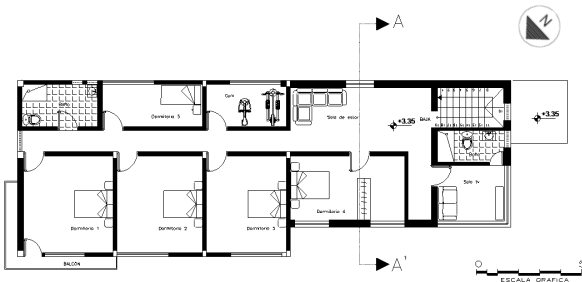
*Levantamiento Arquitectónico Vivienda 1980 (cod v.10)*

En segundo lugar, se realizó el levantamiento de la vivienda más antigua, del año 1980 (cod v.10). De la misma manera, con la interpretación de los datos de las fichas de observación se realizó el levantamiento en dos dimensiones en AutoCAD, en los planos se detallan las medidas, ejes y niveles de la vivienda que será analizada con la termografía aplicada.

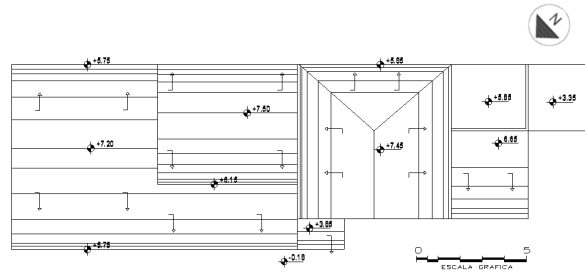
**Figura 40.**  
Planta Baja, vivienda 1980 (cod. v.10)



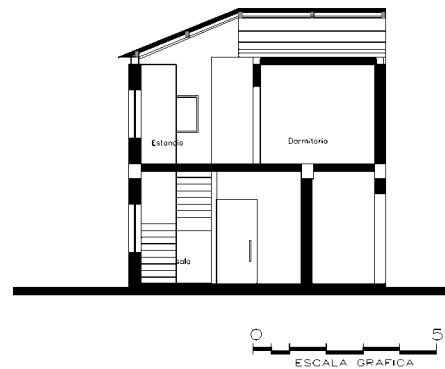
**Figura 41.**  
Planta Alta, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 42.**  
Cubierta, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 43.**  
Corte A-A, vivienda 1980 (cod. v.10)

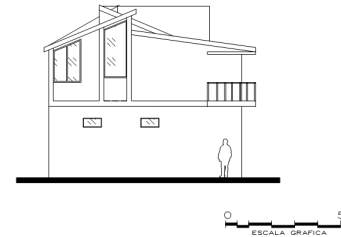




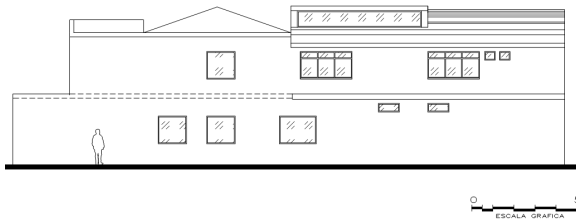
**Figura 44.**  
Fachada Frontal orientación noroeste, vivienda 1980 (cod. v.10)



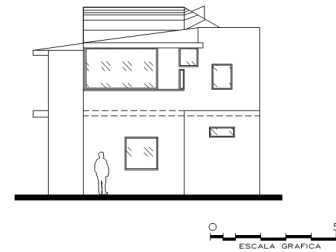
**Figura 46.**  
Fachada Izquierda orientación noreste, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 45.**  
Fachada Posterior orientación sureste, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 47.**  
Fachada Derecha orientación suroeste, vivienda 1980 (cod. v.10)



### Levantamiento Fotográfico por Fachadas de la Vivienda de 1980 (cod. v.10)

**Figura 48.**

Fachada Frontal orientación noroeste, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 49.**  
Fachada Posterior orientación sureste, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 50.**  
Fachada Izquierda orientación noreste, vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 51.**  
Fachada Derecha orientación suroeste, vivienda 1980 (cod. v.10)



### *Fichas de observación para el levantamiento con la cámara térmica.*

Para el desarrollo de esta ficha, fue necesario capturar las imágenes termográficas con una cámara térmica de marca “FLIR One Pro LT” (ver Figura 52). Se realizó los levantamientos en los horarios ya establecidos. En las imágenes se prioriza identificar la temperatura de los componentes más importantes de la envolvente de la vivienda, en donde se generan los puentes térmicos: ventanas y las uniones de la mampostería con la estructura.

**Figura 52.**  
Cámara FLIR One Pro LT



Se ejecuta la toma de imágenes en el exterior de las viviendas y en el interior, a las 10:00 am y las 08:00 pm, con la finalidad de determinar la transmisión de calor de los materiales y analizar el comportamiento térmico de las envolventes a lo largo del día. Como se previó anteriormente, este estudio se divide en dos fases. Con la cámara térmica se analiza la envolvente de las dos viviendas, en las fichas se especifican los datos de temperatura a los que están expuestos los elementos más importantes de la envolvente, los cuales son: la mampostería, las ventanas, cubierta y estructura

La primera fase se ejecutó en las dos viviendas el día 4 de diciembre del 2022, a las 10:00 am el cielo se encontraba despejado, con una temperatura ambiente de 17°, y en la noche la temperatura descendió a 10°. (Ver en anexo 3 y 4.)

La segunda fase se ejecutó en las dos viviendas el día 8 de enero del 2023, a las 10:00am el clima estaba cómodo con una temperatura ambiente de 15° con cielo poco nublado, y en la noche a las 8:00 pm la temperatura ambiente descendió a 8° (Ver en anexo 4 y 5)

### **Desarrollo Objetivo Específico 3**

Comparar las envolventes de las viviendas de estudio mediante la interpretación de las imágenes termográficas para establecer estrategias que mejoren los puentes térmicos.

#### *Puentes térmicos mediante la interpretación de las imágenes termográficas*

Con las fotografías obtenidas en las 2 fases del levantamiento con la cámara térmica, se detecta la presencia de puentes térmicos en las envolventes a través de la interpretación de las imágenes termográficas con la guía de la escala térmica. Es importante recalcar la capacidad de la cámara Flir One Pro Lt, la cual tiene un rango mínimo de -20° a un máximo 120°.

Para detectar los puentes térmicos en las fachadas se utiliza la metodología aplicada en la investigación de Rocha et al. (2020), en donde se compara la temperatura de los componentes importantes de la envolvente de la vivienda, con el apoyo de la escala térmica y los datos de temperatura. Asimismo, mediante gráficos comparativos se realiza un análisis entre las dos viviendas, determinando los materiales y sistemas constructivos que logran una mejor resistencia térmica a la intemperie.



Figura 53.  
Fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5) primera fase 4 de diciembre de 2022

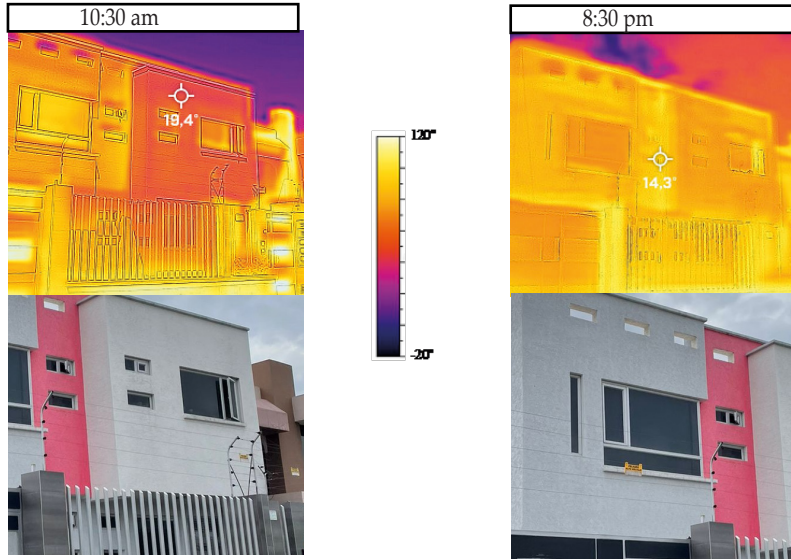
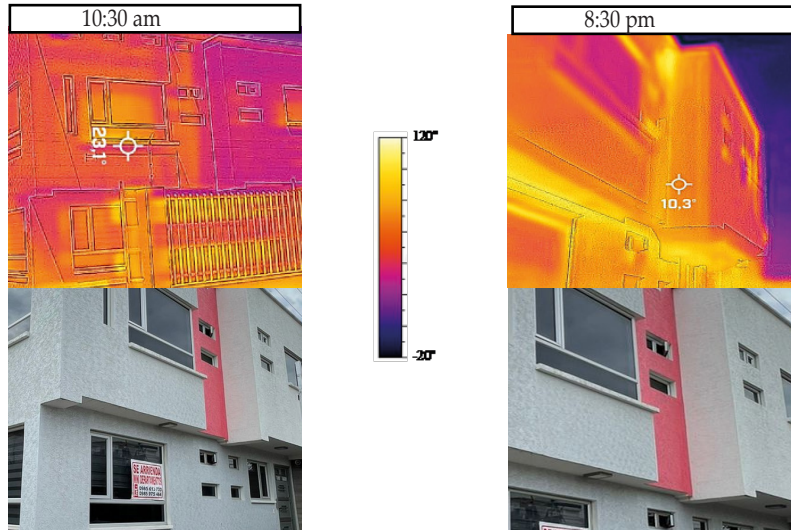


Figura 54.  
Fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5) segunda fase 8 de enero de 2023



### *Puentes térmicos en la vivienda de 2019 (cod. v.5)*

#### *Fachada Frontal, vivienda 2019 (cod. v.5)*

La fachada está ubicada hacia el este, por consiguiente, tiene una alta incidencia solar durante el día, la envolvente se compone de materiales como: hormigón armado, mampostería de bloque, ventanas con perfilera de aluminio, baldosa y pintura. Por otra parte, la fachada no cuenta con aislantes térmicos ni con vegetación que mitigue pasivamente el paso de la radiación solar y del viento.

En la primera fase en la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 17°, por lo tanto, se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente a las 10:30, en donde se observa irregularidades en las ventanas y pequeños cambios relacionados con la escala térmica en la estructura de hormigón armado. Asimismo, por la noche a las 8:30, la temperatura ambiente era de 10°, en donde se puede apreciar una fachada con una temperatura más estable en relación a la escala térmica. (ver Figura 53)

En la segunda fase la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 15°, por lo tanto, se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente a las 10:30, en donde se observa irregularidades en las ventanas y la estructura. Asimismo, por la noche a las 8:30, la temperatura ambiente era de 8°, en donde se puede apreciar una fachada con una temperatura más estable en relación a la escala térmica, debido al descenso de

temperatura en este día. (ver Figura 54)

Finalmente, se concluye, que en la fachada frontal existen puentes térmicos en los siguientes componentes:

- Puente térmico en las ventanas y la perfilera de aluminio
- Puente térmico en voladizo de la segunda planta
- Puente térmico en unión de la mampostería con la estructura

Por lo tanto, los espacios afectados dentro de la vivienda son los 2 dormitorios, un baño y la cocina. (ver Figura 55)

**Figura 55.**  
Puentes térmicos en la fachada frontal vivienda 2019 (cod. v.5)

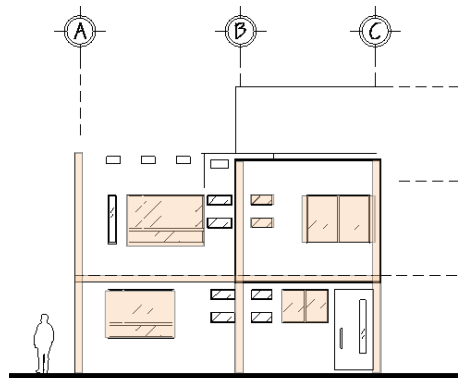


Figura 56.  
Fachada Izquierda vivienda 2019 (cod. v.5) primera fase 4 de diciembre de 2022

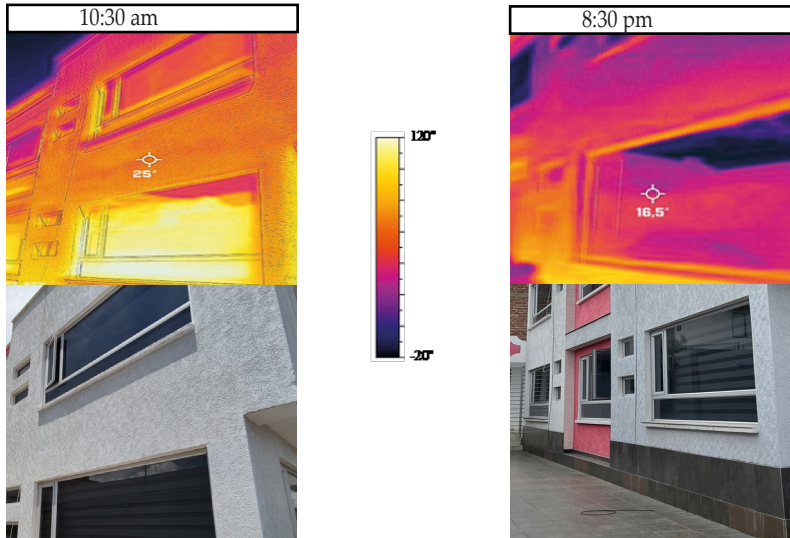
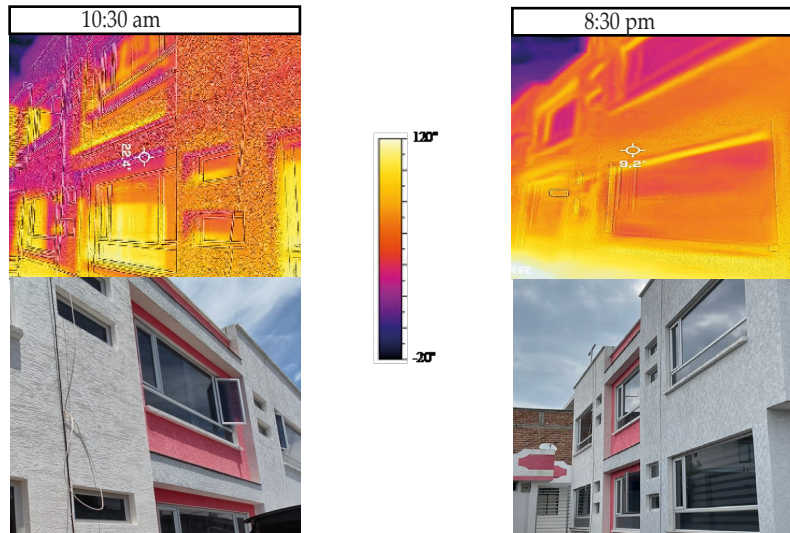


Figura 57.  
Fachada Izquierda vivienda 2019 (cod. v.5) segunda fase 8 de enero de 2023





### *Fachada Izquierda, vivienda 2019 (cod. v.5)*

La fachada este orientada hacia el sur, no se expone a una radiación solar alta o a los vientos fuertes de la Ciudad de Ambato, la materialidad de la que se compone la envolvente es de: hormigón armado, mampostería de bloque, ventanas con perfilera de aluminio, baldosa y pintura. Asimismo, la fachada no cuenta con aislantes térmicos ni con vegetación que mitigue pasivamente el paso de la radiación solar y del viento.

En la primera fase la fachada izquierda, la temperatura ambiente era de 17°, se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente a las 10:30, en donde se observa irregularidades en las ventanas y en la estructura de hormigón armado. Asimismo, por la noche a las 8:30, la temperatura ambiente era de 10°, en donde se puede apreciar una fachada muy fría, debido a la poca incidencia solar, con una temperatura más estable en relación a la escala térmica. (ver Figura 56)

De la misma forma, en la segunda fase la fachada izquierda, la temperatura ambiente era de 15°, por lo tanto, se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente a las 10:30, en donde se observa irregularidades en las ventanas y en la estructura de hormigón armado, debido a los volados de la vivienda.

Asimismo, por la noche a las 8:30, la temperatura ambiente era de 8°, en donde se puede apreciar una fachada con irregularidades en las perfileras de las ventanas y con una temperatura más estable en los demás componentes de la envolvente de la vivienda, en

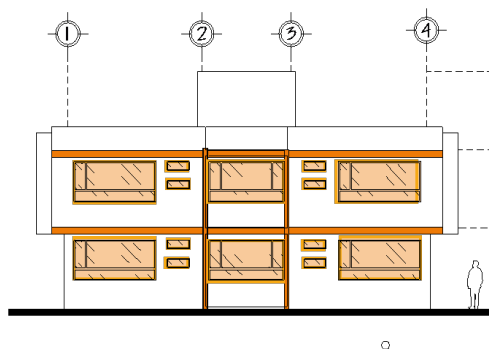
relación a la escala térmica. (ver Figura 57)

Finalmente, se concluye, que en la fachada izquierda existen puentes térmicos en los siguientes componentes: (ver Figura 58)

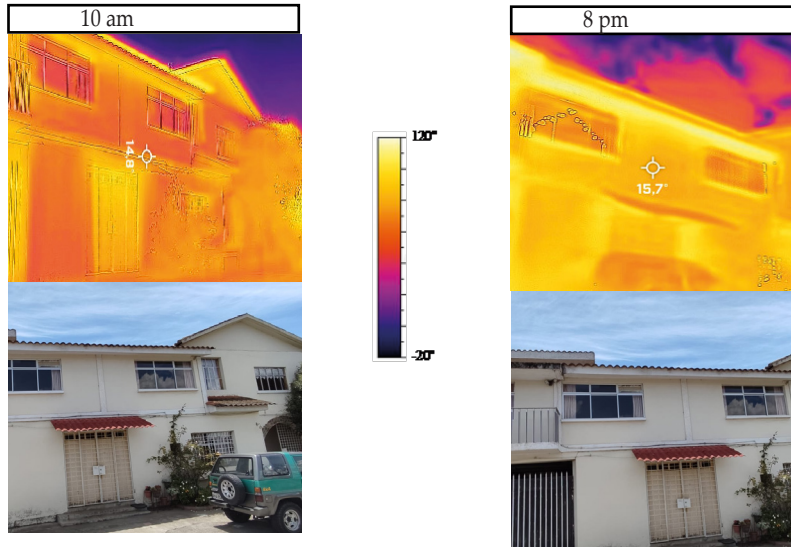
- Puente térmico en las ventanas y la perfilera de aluminio
- Puente térmico en voladizo la primera y segunda planta
- Puente térmico en unión de la mampostería con la estructura

Por lo tanto, los espacios afectados dentro de la vivienda son los dormitorios y los baños tanto en planta alta como en planta baja

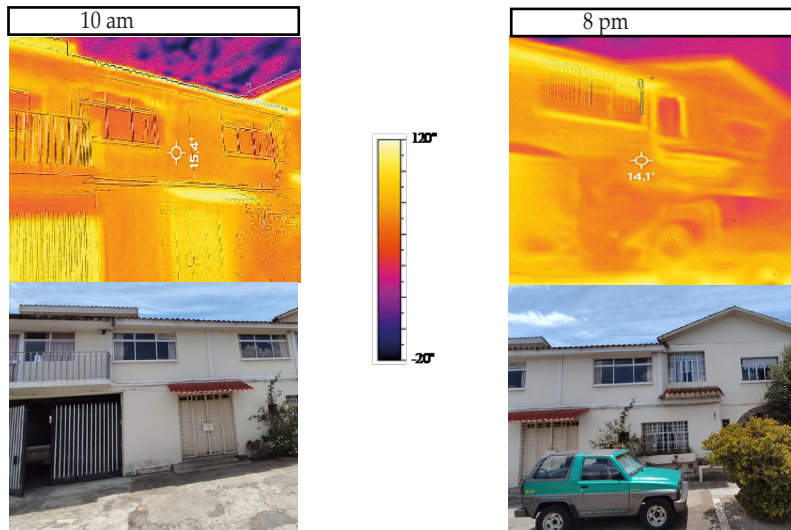
**Figura 58.**  
Puentes térmicos en la fachada izquierda vivienda 2019 (cod. v.5)



**Figura 59.**  
Fachada Frontal vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022



**Figura 60.**  
Fachada Frontal vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023



### *Puentes térmicos en la vivienda de 1980 (cod. v.10)*

#### *Fachada Frontal, vivienda 1980 (cod. v.10)*

La fachada está orientada hacia el noroeste, la materialidad de la que se compone la envolvente es de: mampostería de bloque y ladrillo, sistemas constructivos de hormigón armado y muros portantes, cubiertas inclinadas de teja y metal, ventanas con perfilera metálica, pintura. La fachada no cuenta con aislantes térmicos, sin embargo, se destaca la presencia de vegetación la cual cubre la entrada principal y un dormitorio en el segundo piso.

En la primera fase en la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 17°, a las 10:00 se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente, en donde se observa irregularidades en las ventanas y en la estructura de hormigón armado. Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 10°, en donde se puede apreciar una fachada muy inestable en relación a la escala térmica. (ver Figura 59)

Por consiguiente, la segunda fase en la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 15°, a las 10:00 se puede apreciar el comportamiento térmico de la envolvente, en donde se observa temperaturas altas en las ventanas y en la estructura de hormigón armado. Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 8°, en donde se puede apreciar una fachada un poco inestable en relación a la escala térmica. (ver Figura 60)

Finalmente, se concluye, que en la fachada frontal existen puentes térmicos en los siguientes componentes:

- Puesto térmico en las ventanas y la perfilera de metal
- Puesto térmico en la estructura de hormigón armado
- Puesto térmico en la cubierta inclinada de teja
- Puesto térmico en la cubierta metálica

Por lo tanto, los espacios afectados son el comedor, el estudio en planta baja y los dormitorios en planta alta. (ver Figura 61)

**Figura 61.**  
Puentes térmicos en la fachada frontal vivienda 1980 (cod. v.10)

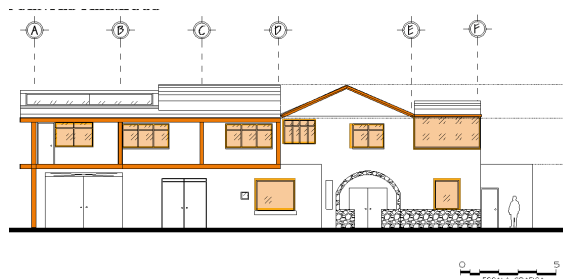


Figura 62.  
Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022

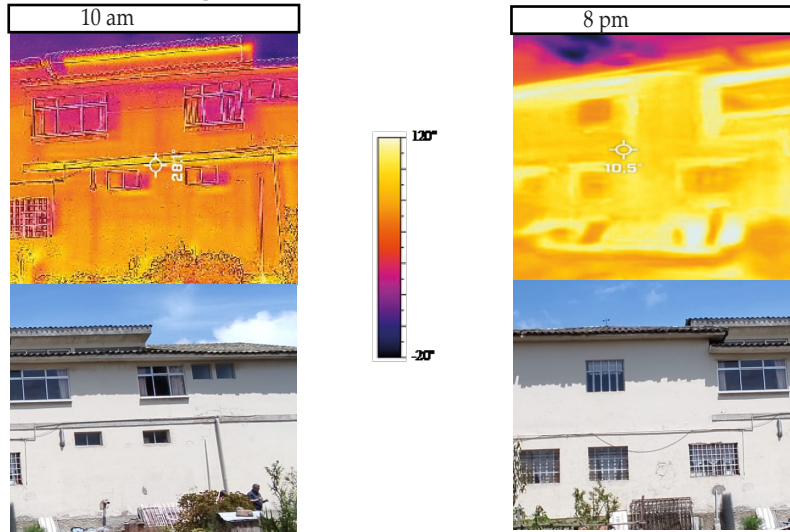
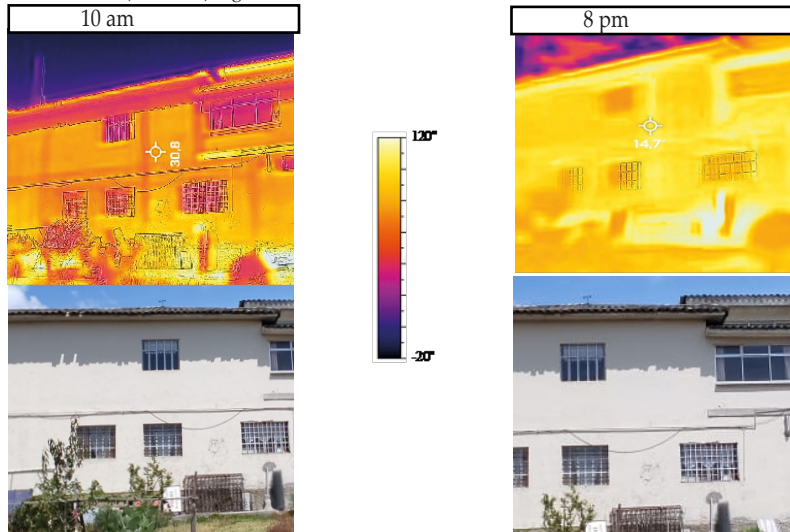


Figura 63.  
Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023



### *Fachada Posterior, vivienda 1980 (cod. v.10)*

La fachada está orientada hacia el sureste, recibe mucha incidencia solar durante el día, la materialidad de la que se compone la envolvente es de: mampostería de bloque y ladrillo, sistemas constructivos de hormigón armado y muros portantes, cubiertas inclinadas de teja, ventanas con perfilera metálica, pintura. La fachada no cuenta con aislantes térmicos, la vegetación no cubre espacios considerables de la vivienda.

En la primera fase la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 17°, a las 10:00 am se identifica irregularidades en las perfileras de las ventanas, en la unión de la estructura de hormigón armado con la mampostería de bloque y en la unión de las vigas con la cubierta. (ver Figura 62). Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 10°, en donde se identifica que el ladrillo macizo tiene una buena respuesta térmica, por otro lado, la cubierta, la estructura y la ventana generan puentes térmicos.

En la segunda fase la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 15°, a las 10:00 am las ventanas no se ven alteradas por la temperatura ambiente, sin embargo, existen cambios de temperatura en la estructura y ligeramente en la cubierta. Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 8°, se aprecia, las pérdidas de calor, entre las ventanas y la estructura, en relación con la escala térmica. (ver Figura 63)

Finalmente, se concluye, que en la fachada posterior existen puentes térmicos en los siguientes componentes:

- Puente térmico en las ventanas y la perfilera de metal
- Puente térmico en la estructura de hormigón armado
- Puente térmico en la cubierta inclinada de teja

Por lo tanto, los espacios afectados son la cocina, y la sala en planta baja, también, el gimnasio, un dormitorio y la estancia en planta alta. (ver Figura 64)

**Figura 64.**  
Puentes térmicos en la Fachada Posterior vivienda 1980 (cod. v.10)

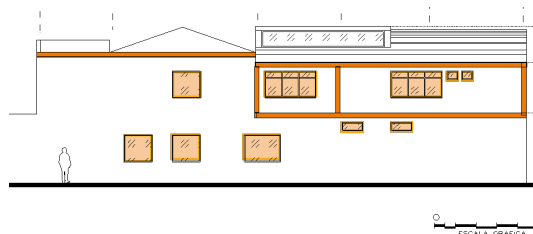


Figura 65.  
Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022

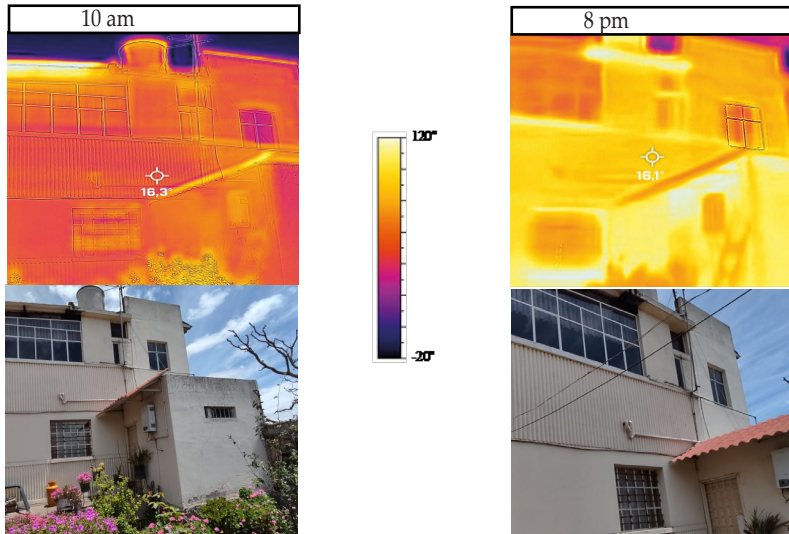
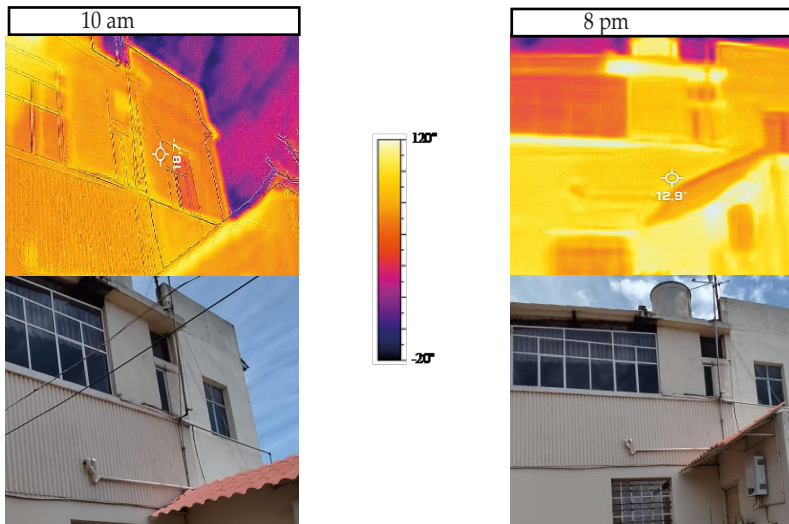


Figura 66.  
Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023





*Fachada Derecha, vivienda 1980 (cod. v.10)*

La fachada está orientada hacia el suroeste, la materialidad de la envolvente es de ladrillo, metal antiguo en las ventanas, cubierta inclinada de zinc y teja, recibe mucha incidencia solar durante la tarde y la vegetación cubre un poco de la planta baja.

A las 10:30 se puede apreciar una fachada fría, se observa la presencia de pequeños puentes térmicos en las ventanas y en las uniones del muro portante con la losa del segundo piso, también, se observa un fuerte aumento de temperatura en la cubierta metálica. A las 8:00 pm se observa con más intensidad los mismos puentes térmicos. Los espacios expuestos son el estudio en planta baja, la sala de televisión y un baño en el segundo piso. (ver Figura 65)

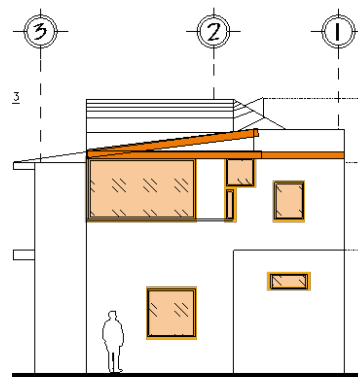
En la segunda fase la fachada derecha, la temperatura ambiente era de 15°, a las 10:00 am las ventanas se ven alteradas. Asimismo, por la noche a las 8:00 pm, la temperatura ambiente era de 8°, se aprecia, las pérdidas de calor, entre las ventanas en relación con la escala térmica. (ver Figura 66)

Se concluye que en la fachada derecha existen los siguientes puentes térmicos: (ver Figura 67)

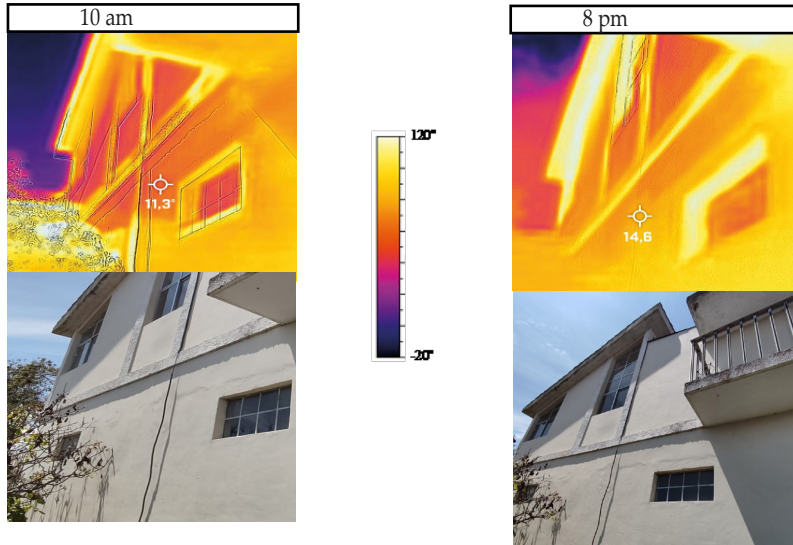
- Puente térmico en las ventanas y la perfilería de metal
- Puente térmico en Viga de hormigón armado
- Puente térmico en Cubierta metálica

Por lo tanto, los espacios afectados son el estudio en planta baja y la sala de televisión en planta alta.

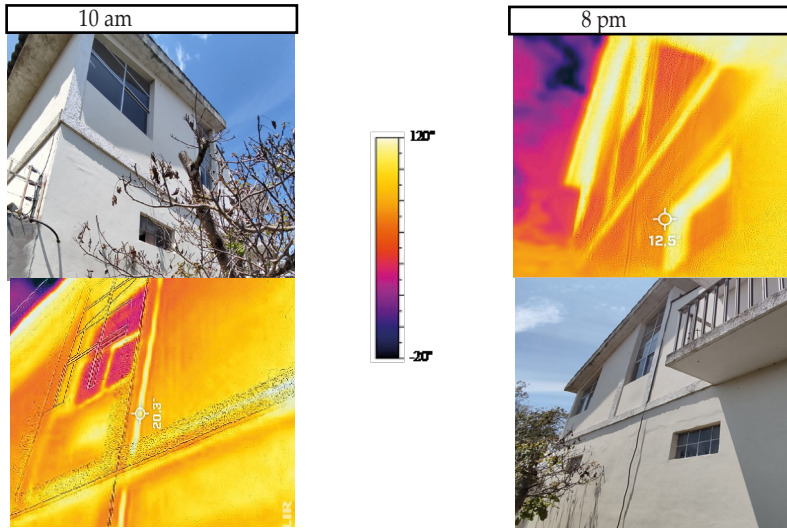
**Figura 67.**  
Puentes térmicos en la Fachada Derecha vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 68.**  
Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10) primera fase 4 de diciembre de 2022



**Figura 69.**  
Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10) segunda fase 8 de enero de 2023



### *Fachada Izquierda, vivienda 1980 (cod. v.10)*

La fachada está orientada hacia el noreste, recibe mucha incidencia solar durante el día, sin embargo, la envolvente cuenta con la presencia de vegetación la cual impide el paso directo del sol y del viento, la materialidad de la mampostería es de bloque y hormigón armado. La cubierta es inclinada de teja y la perfilera de las ventanas es de metal antiguo.

En la primera fase del levantamiento de fotografías de la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 17°, a las 10:00 se puede apreciar una fachada con ganancias de temperatura en las ventanas, en la estructura y en la cubierta inclinada de teja. Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 10°, se observa como la temperatura ha descendido considerablemente en la planta baja por la presencia de la vegetación, sin embargo, se observan las mismas irregularidades, en relación con la escala térmica. (ver Figura 68)

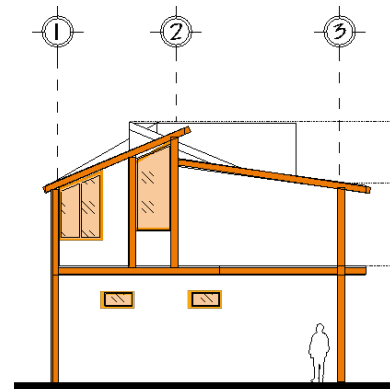
En la segunda fase del levantamiento de fotografías de la fachada frontal, la temperatura ambiente era de 15°, a las 10:00 se puede apreciar una fachada con ganancias de temperatura entre la estructura y las ventanas. Asimismo, por la noche a las 8:00, la temperatura ambiente era de 8°, se aprecia una temperatura elevada en la estructura y la cubierta inclinada. (ver Figura 69)

Finalmente, se identifica la existencia de puentes térmicos en los siguientes componentes de la envolvente izquierda de la vivienda: (ver Figura 70)

- Puente térmico en las ventanas y la perfilera de metal
- Puente térmico en la estructura de hormigón armado
- Puente térmico en la cubierta inclinada de teja

Por lo tanto, los espacios afectados son, el pasillo, un dormitorio y un baño en planta alta.

**Figura 70.**  
Puentes térmicos en la Fachada Izquierda vivienda 1980 (cod. v.10)



### Comparación de los materiales de las envolventes

Se determina el comportamiento térmico de los materiales durante el transcurso del día. Por lo que, se identifica que vivienda responde mejor a la radiación solar en función a la temperatura emitida por los materiales.

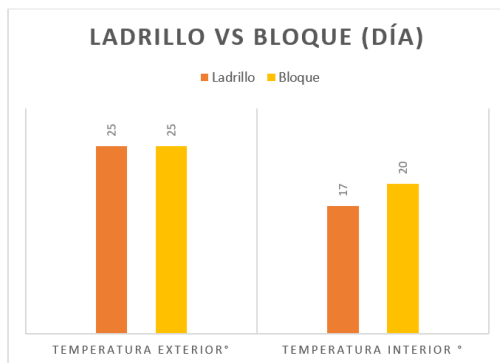
#### *Bloque hueco de cemento vivienda 2019 (cod. v.5) vs Ladrillo Macizo vivienda 1980 (cod. v.10)*

La manera de construir cambia con el transcurso de los años, en la vivienda contemporánea de 1980 se puede apreciar el uso del ladrillo macizo para la mampostería, debido a que en el pasado este era muy usado en la construcción. Por otro lado, se puede apreciar en la vivienda más actual de 2019 el uso del bloque de cemento para la mampostería, ya que es más económico y fácil de manejar.

En la “Figura 71”, se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante el día entre las 10 a 11 am en el bloque de la vivienda de 2019 (cod.

**Figura 71.**

Comparación ladrillo vivienda 1980 (cod. v.10) y bloque vivienda 2019 (cod. v.5) durante el día de 10 a 11 am.



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

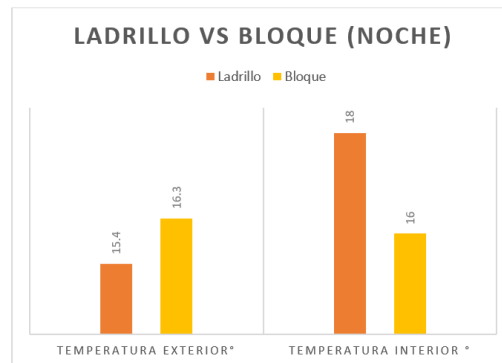
v.5) y del ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10); por lo que se aprecia que el ladrillo y el bloque alcanzan aproximadamente la misma temperatura en el exterior, sin embargo, el ladrillo responde de mejor manera ya que, reduce la temperatura al interior de la vivienda sintiéndose un ambiente más fresco.

En la “Figura 72”, se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante la noche entre las 8 a 9 pm en el bloque de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y el ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se observa que el bloque conserva una temperatura más alta en el exterior de la vivienda; Por otro lado, en el interior de la vivienda el ladrillo conserva una temperatura más alta, lo cual es beneficioso para mantener a la vivienda con un buen confort térmico durante la noche.

En conclusión, el ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10) llega tener un mejor rendimiento energético en la envolvente, debido a que regula de mejor manera el calor del día, manteniendo más fresca la vivienda durante el día y un poco más confortable durante la noche.

**Figura 72.**

Comparación ladrillo vivienda 1980 (cod. v.10) y bloque vivienda 2019 (cod. v.5) durante la noche de 8 a 9 pm.



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

*Perfilería de aluminio vivienda 2019 (cod. v.5) vs Profilería  
hierro forjado vivienda 1980 (cod. v. 10)*

En la vivienda de 2019 (cod. v.5) se utiliza perfilería de aluminio para las ventanas, las cuales en la actualidad son las más usadas por su facilidad constructiva. Por otro lado, en la vivienda de 1980 (cod. v.10) se utiliza perfilería de hierro forjado en las ventanas, lo cual llega a ser contraproducente en ciertas ocasiones.

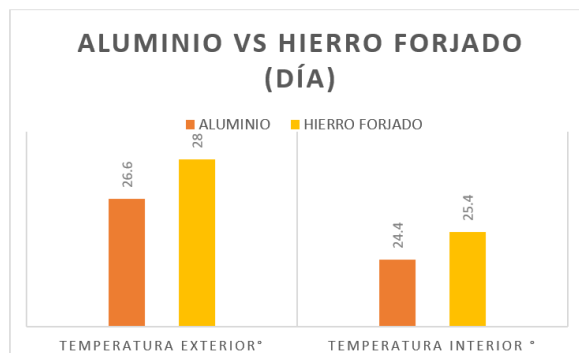
En la “Figura 71” se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante el día entre las 10 a 11 am en la perfilería de aluminio de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y la perfilería de hierro forjado de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se aprecia que el hierro forjado llega a tener una mayor ganancia de temperatura en el día tanto en el exterior como en el interior de la vivienda con respecto al aluminio.

En la “Figura 74” se compara la temperatura con la cámara térmica durante la noche entre las 8 a 9 pm en la perfilería de aluminio de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y la perfilería de hierro forjado de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se observa que el aluminio conserva una temperatura más baja en el exterior y más alta en el interior de la vivienda.

En conclusión, la perfilería de aluminio de la vivienda de 2019 (cod. v.5) llega a tener un mejor rendimiento energético en la envolvente, debido a que el aluminio no llega a calentarse tanto como el hierro forjado y se comporta de mejor manera frente a la incidencia solar durante el transcurso del día.

**Figura 73.**

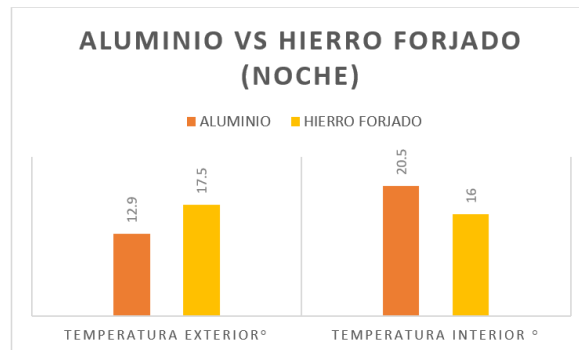
Comparación perfilería de aluminio vivienda 2019 (cod. v.5) y hierro forjado vivienda 1980 (cod. v.10) durante el día de 10 a 11 am



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

**Figura 74.**

Comparación perfilería de aluminio vivienda 2019 (cod. v.5) y hierro forjado vivienda 1980 (cod. v.10) durante la noche de 8 a 9 pm



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

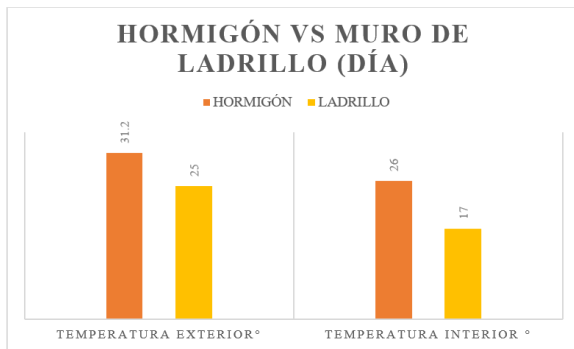
*Hormigón armado vivienda 2019 (cod. v.5) vs Muro portante  
de ladrillo vivienda 1980 (cod. v.10)*

La vivienda de 1980 (cod. v.10) tiene un sistema constructivo mixto, en la planta baja utiliza muros portantes de ladrillo con un ancho de 35cm, en la actualidad es raro ver este tipo de sistema en las nuevas construcciones, lo cual se ve evidenciado en la vivienda de 2019 que solo usa hormigón armado.

En la “Figura 75” se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante el día entre las 10 a 11 am en la estructura de hormigón de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y del muro de ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se aprecia que el hormigón armado se calienta más que el ladrillo en el exterior durante el día, por lo que, el muro de ladrillo responde mejor a la transmitancia térmica en el interior de la vivienda, manteniéndola más fresca.

**Figura 75.**

Comparación hormigón vivienda 2019 y muro de ladrillo vivienda 1980 durante el día de 10 a 11 pm



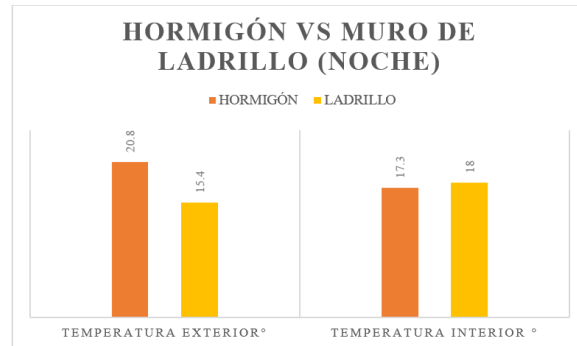
**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

En la “Figura 76”, se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante la noche entre las 8 a 9 pm en la estructura de hormigón de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y del muro de ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se observa que el hormigón mantiene una temperatura más alta en el exterior de la vivienda durante la noche. Por otro lado, el ladrillo llega a regular mejor la temperatura al interior de la vivienda, beneficiando al confort térmico de los usuarios de las viviendas.

En conclusión, el muro de ladrillo de la vivienda de 1980 (cod. v.10) llega a tener un mejor rendimiento energético debido a su densidad, lo cual evita la existencia de puentes térmicos durante el día y la noche.

**Figura 76.**

Comparación hormigón vivienda 2019 y muro de ladrillo vivienda 1980 durante la noche de 8 a 9 pm



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023



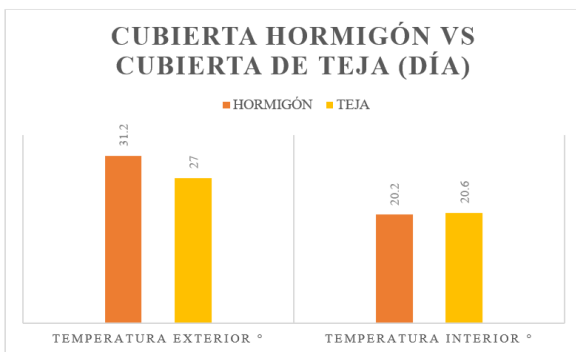
*Cubierta plana de hormigón vivienda 2019 (cod. v.5) vs  
Cubierta inclinada de teja vivienda 1980 (cod. v.10)*

La cubierta, es uno de los elementos más importantes de una vivienda, debido a que soportan todos los fenómenos naturales del clima, la vivienda de 2019 tiene una cubierta plana de hormigón, mientras que la vivienda de 1980 (cod. v.10) tiene una cubierta plana de teja.

En la “Figura 77”, se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante el día entre las 10 a 11 am en la cubierta plana de hormigón de 2019 (cod. v.5) y la cubierta inclinada de teja de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se aprecia que la teja mantiene una temperatura más baja en el exterior, y transmite un poco más de temperatura al interior de la vivienda.

**Figura 77.**

Comparación cubierta de hormigón vivienda 2019 y cubierta de teja vivienda 1980 durante el día de 10 a 11 pm



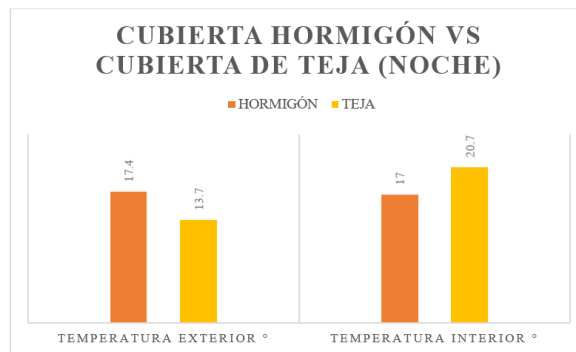
**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

Por otro lado, en la “Figura 78” se compara la temperatura reflejada con la cámara térmica durante la noche entre las 8 a 9 pm en la cubierta plana de hormigón de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y la cubierta inclinada de teja de la vivienda de 1980 (cod. v.10); se observa que en el exterior la cubierta de hormigón mantiene una temperatura más alta en la noche, sin embargo, se mantiene la misma temperatura al interior de la vivienda. Por otro lado, la teja al exterior tiene una temperatura mas baja, debido a que transmitió la temperatura al interior de la vivienda.

En conclusión, la cubierta de teja en la vivienda de 1980 (cod. v.10) responde mejor en el día, ya que evita un sobrecalentamiento dentro de la vivienda, y responde mejor en la noche ya que, transmite mejor la temperatura lo que beneficia al confort térmico dentro de la vivienda.

**Figura 78.**

Comparación cubierta de hormigón vivienda 2019 y cubierta de teja vivienda 1980 durante la noche de 8 a 9 pm



**Nota:** Temperatura máxima encontrada durante los levantamientos del 4 de diciembre del 2022 y del 8 de enero del 2023

### **Estrategias para reducir los puentes térmicos en las viviendas de estudio en base a las ofertas actuales del mercado.**

Según la NEC-11 (2011), cualquier material tiene la capacidad de oponer una resistencia a los fenómenos ocasionados por la cima, en donde se identifica al metal como un material de alta conducción; los yesos, ladrillos, morteros tienen una resistencia media; finalmente, los que tienen una resistencia alta al paso del frío y del calor se los llaman aislantes térmicos.

En el medio existe una gran variedad de aislantes térmicos, entre los más usados son las provenientes de lanas minerales (lana de roca y lana de vidrio), espumas plásticas (poliestireno, polietileno, pur), reciclados a partir de plástico, papel, vegetal (madera, pasto, paja, virutas). Por lo que, introduciendo estos materiales en los agujeros ocasionados por puentes térmicos en las fachadas de las edificaciones, logran aislar el calor o el frío dentro de la vivienda. (NEC-11, 2011)

#### *Estrategia para reducir el puente térmico en las ventanas de la vivienda de 1980 (cod. v.10)*

La ventana de la vivienda de 1980 (cod. v.10) está configurada con una perfilera de hierro forjado (ver figura 82), lo cual ocasiona un puente térmico, debido a la conducción de calor que tiene el metal antiguo y al mal aislamiento de temperatura que tiene el material

En la “Figura 83” se observa la propuesta para reducir el puente térmico, en donde se destaca el cambio de la perfilera del hierro forjado, por una perfilera de aluminio, en donde se incluye una varilla aislante de caucho, la cual evita las filtraciones de agua lluvia, asimismo se aprecia el doble acristalamiento de vidrio laminado, el cual evita las filtraciones de aire y el aumento y disminución de temperatura al interior de la vivienda.

#### *Estrategia para reducir el puente térmico en la cubierta inclinada de teja vivienda de 1980 (cod. v.10)*

La vivienda de 1980 (cod. v.10), tiene una cubierta inclinada de teja (ver figura 84), en donde se detectó la presencia de puentes térmicos, lo que ocasiona un descenso de temperatura por la noche en el interior de la vivienda. Por lo tanto, en la “Figura 85”, se puede observar, la implementación de un aislante de poliestireno y un techo falso.

#### *Estrategia para reducir el puente térmico en las ventanas de la vivienda de 2019 (cod. v.5)*

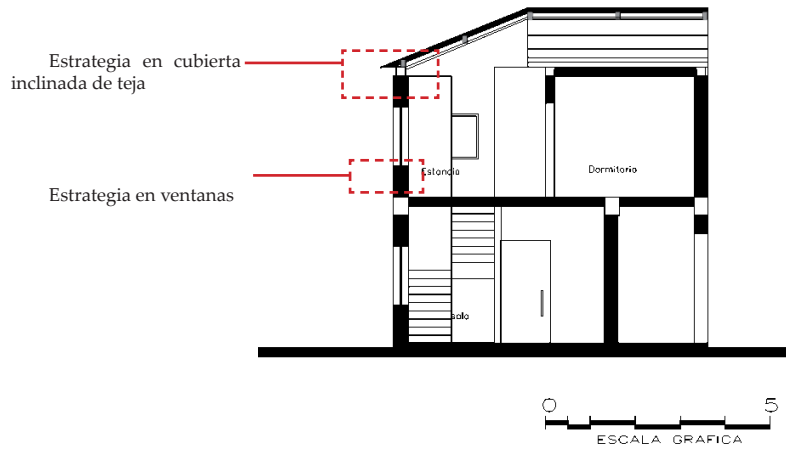
La ventana de la vivienda de 2019 (cod. v.5), está configurada por una perfilera de aluminio (ver Figura 91), la cual no llega a mitigar los puentes térmicos por completo.

En la “Figura 92”, se observa la propuesta para reducir el puente térmico, en donde se mantiene la perfilera de aluminio, pero se la modifica para incluir la varilla aislante de caucho y el doble acristalamiento de vidrio laminado, evitando las filtraciones de aire y el aumento y disminución de temperatura al interior de la vivienda.

#### *Estrategia para reducir el puente térmico en la estructura de hormigón armado vivienda 2019 (cod. v.5)*

La vivienda de 2019 (cod. v.5), tiene un sistema constructivo de hormigón armado (ver Figura 93), en donde se encontró la existencia de puentes térmicos debido a la falta de materiales aislantes. Por lo tanto, para reducir esta anomalía en la vivienda de 2019 (cod. v.5), se implementa un aislante de poliestireno en la cubierta por donde pasa la viga y la estructura, además se incluye una malla de fibra de vidrio con un recubrimiento de una lámina de gypsum. (Figura 94).

**Figura 79.**  
Esquema de estrategias planteadas en la vivienda de 1980 (cod. v.10)



**Figura 80.**  
Estado actual de la ventana por el interior de la vivienda de 1980  
(cod. v.10)

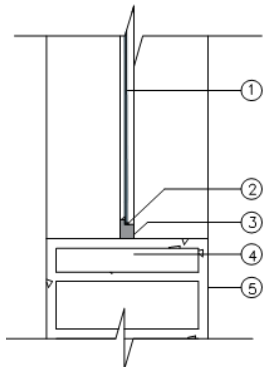


**Figura 81.**  
Estado actual de la cubierta inclinada por el interior de la vivienda  
de 1980 (cod. v.10)



**Figura 82.**

Estado actual ventana, vivienda 1980 (cod. v.10)

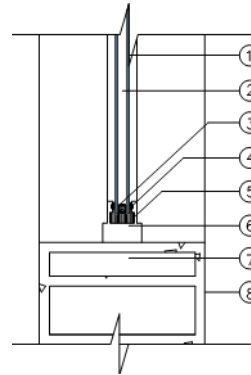


**LEYENDA**

1. Vidrio simple 0.2mm
2. Silicona
3. Perfilera de hierro forjado 3cm
4. Antepecho de ladrillo macizo 35cm
5. Capa de mortero 2 cm

**Figura 83.**

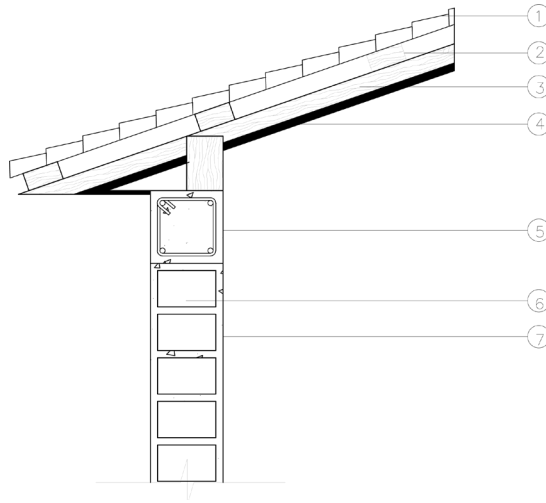
Propuesta reducción de puente térmico en ventana, vivienda 1980 (cod. v.10)



**LEYENDA**

1. Vidrio Laminado 0.38mm
2. Cámara de aire 2cm
3. Separador
4. Buletes
5. Varilla Aislante de caucho
6. Perfilera de aluminio 8cm
7. Antepecho de ladrillo macizo 35cm
8. Capa de mortero 2 cm

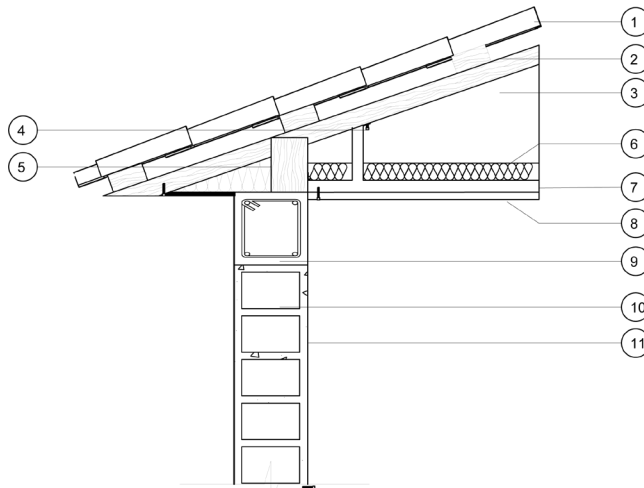
**Figura 84.**  
Estado actual, cubierta inclinada vivienda 1980 (cod. v.10)



**LEYENDA**

1. Teja de arcilla
2. Vigüeta de madera 5x10cm
3. Viga transversal madera 10x20cm
4. Tabla triplex 0.5mm
5. Viga de Hormigón 20x20cm
6. Bloque 10x15cm
7. Enlucido de mortero 2cm

**Figura 85.**  
Propuesta reducción de puente térmico en cubierta inclinada, vivienda 1980 (cod. v.10)



**LEYENDA**

1. Teja de arcilla
2. Vigüeta de madera 5x10cm
3. Espacio Instalaciones
4. Pernos Sujeción 5cm
5. Viga transversal madera 15x10cm
6. Fibra de poliestireno 5cm
7. Estructura metálica de soporte para cielo raso y asilación térmica 3cm
8. Cielo Raso Gypsum 2cm
9. Viga de Hormigón 20x20cm
10. Bloque 10x15cm
11. Enlucido de mortero 2cm

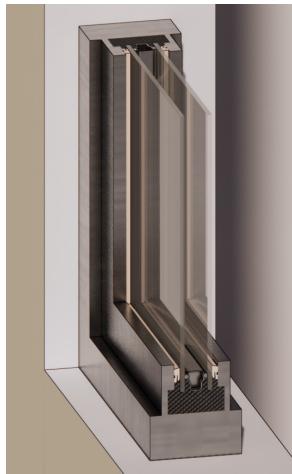
**Figura 86.**

Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico en recubrimiento en cubierta inclinada. de la vivienda 1980 (cod. v.10)



**Figura 87.**

Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico, en la configuración de la ventana para la vivienda de 2019 (cod. v.5) y vivienda de 1980 (cod. v.10)





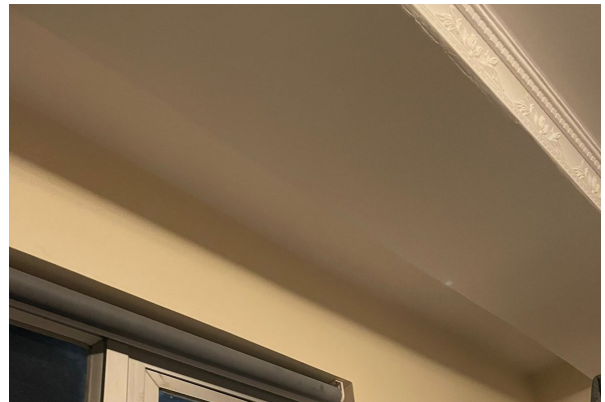
**Figura 88.**  
Esquema de estrategias planteadas en la vivienda de 2019 (cod. v.5)



**Figura 89.**  
Estado actual de la ventana por el interior de la vivienda de 2019  
(cod. v.5)



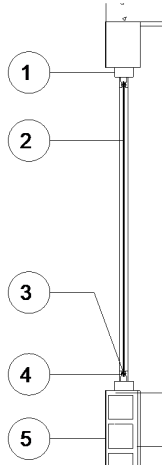
**Figura 90.**  
Estado actual en la unión de la losa con la mampostería por el  
interior de la vivienda de 2019 (cod. v.5)



**Figura 91.**  
Estado actual en ventana vivienda 2019 (cod. v.5)

**LEYENDA**

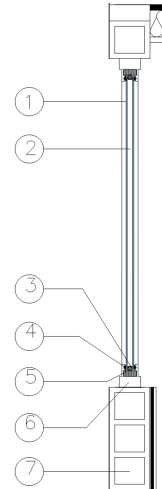
1. Perfilera de aluminio 5cm
2. Vidrio simple 0.5 cm
3. Silicona
4. Burletes
5. Antepecho de bloque 10x10x30 cm



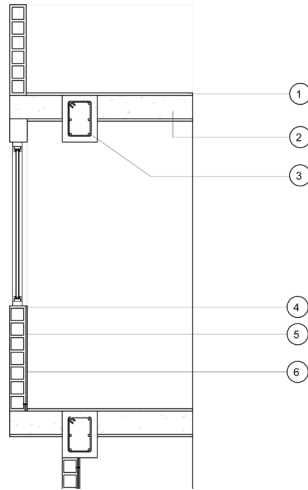
**Figura 92.**  
Propuesta reducción de puente térmico en ventana vivienda 2019  
(cod. v.5)

**LEYENDA**

1. Vidrio Laminado 0.38mm
2. Cámara de aire 2cm
3. Separador
4. Burletes
5. Varilla Aislante de caucho
6. Perfilera de aluminio 8cm
7. Antepecho de bloque 10x25 cm



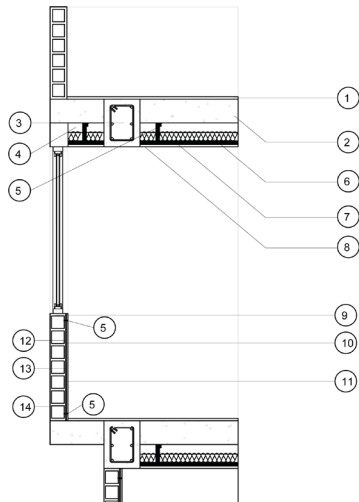
**Figura 93.**  
Estado actual en estructura y mampostería vivienda 2019 (cod. v.5)



**LEYENDA**

1. Recubrimiento de Baldosa 1cm
2. Losa plana de hormigón 20cm
3. Viga de Hormigón Armado 30x40cm
4. Enlucido de Mortero 2cm
5. Recubrimiento de Yeso 5mm
6. Pintura 1mm

**Figura 94.**  
Propuesta de reducción puente térmico en estructura y mampostería vivienda 2019 (cod. v.5).



**LEYENDA**

1. Baldosa
2. Losa de hormigón 20cm
3. Viga de Hormigón Armado 30x40cm
4. Espacio para instalaciones 10cm
5. Perno 5cm
6. Fibra de Poliestireno 5cm
7. Estructura metálica de soporte para cielo raso y asilación térmica 3cm
8. Cielo raso gypsum 2cm
9. Enlucido de Mortero 2cm
10. Bloque de cemento 10x10x30cm
11. Capa mortero 2cm
12. Malla fibra de vidrio 0.5cm
13. Panel de Gypsum 1cm
14. Pintura exterior Super Corona

**Figura 95.**

Esquema en 3D de estrategia de reducción de puente térmico en recubrimiento de muro y losa de la vivienda de 2019 (cod. v.5)



## RESULTADOS

Como resultado del primer objetivo se identificó las metodologías aplicadas por varios autores para la aplicación de la termografía infrarroja, por lo que se toma en cuenta los parámetros aplicados en las investigaciones de Ferrer (2021); Rocha (2020) y Sánchez (2018). Se considera la teoría del confort térmico y el uso de softwares para el análisis de la envolvente contemporánea. Asimismo, con la aplicación de la entrevista se percibe los espacios más afectados por los puentes térmicos en las viviendas de estudio.

Como resultado del segundo objetivo, se logró obtener los datos de las edificaciones seleccionadas en la muestra a través de las fichas de observación, visitas de campo y el uso del software "AutoCAD" desarrollando el levantamiento arquitectónico, también con la cámara termográfica se identificó la temperatura de los materiales que componen las envolventes de las viviendas contemporáneas. Por lo que, se consideró la teoría de los puentes térmicos expresada por Díaz & Tenorio (2005), ya que fue necesario la toma de imágenes en donde se producen las anomalías más comunes en la envolvente.

Por último, como resultado del tercer objetivo, se logró realizar el análisis del comportamiento térmico de las envolventes de las viviendas, en donde se detectó puentes térmicos, aplicando la teoría de Díaz & Tenorio (2005), encontrando estos problemas en las ventanas, estructura, cubiertas y volados en las dos viviendas. Posteriormente con los datos obtenidos de las fichas de temperatura se realizó un análisis comparativo entre las dos viviendas y un análisis del confort recomendado por la NEC, con la finalidad de detectar que materiales otorgan una mejor eficiencia energética en las edificaciones contemporáneas en la actualidad. Revelando que el ladrillo de la vivienda de 1980, la perfilera de aluminio de la vivienda de 2019 (cod. v.5) y la cubierta con la aplicación de un recubrimiento como la teja de la vivienda de 1980 (cod v.10), tienen

un mejor rendimiento energético en las edificaciones contemporáneas.

Para establecer la condición de confort según la NEC, se califica al comportamiento térmico de los materiales de las viviendas como suficiente o insuficiente; por lo que, se tiene en cuenta la temperatura interior debido a que, de esta forma se puede analizar la respuesta térmica de los materiales durante el transcurso del día, verificando si alcanzan un valor que garantice el confort térmico dentro de la edificación.

En la Tabla 8, se analiza la materialidad de la vivienda de 1980 (cod v.5), en donde se identifica: El ladrillo, llega a ser insuficiente en el día con 17° y por la noche llega a ser satisfactorio con 18°. La perfilera de hierro forjado llega a ser satisfactorio en el día con 25.4° y por la noche llega a ser insuficiente con 16°. El muro portante de ladrillo llega a ser insuficiente en el día con 17° y por la noche llega a ser satisfactorio con 18°. Finalmente, la cubierta recubierta de teja llega a ser satisfactoria en el día con 20.6° y por la noche llega a ser satisfactorio con 20.7°.

En la Tabla 9, se analiza la materialidad de la vivienda de 2019 (cod v.10), en donde se identifica: El bloque, llega a ser satisfactorio en el día con 20° y por la noche llega a ser insuficiente con 16°. La perfilera de aluminio llega a ser satisfactorio en el día con 24.4° y por la noche llega a ser satisfactorio con 20.5°. La estructura de hormigón armado llega a ser satisfactorio en el día con 26° y por la noche llega a ser insuficiente con 17.3°. Finalmente, la cubierta de hormigón recubierta con baldosa llega a ser satisfactoria en el día con 20.2° y por la noche llega a ser insuficiente con 17°.

Los resultados de la Tabla 8 y Tabla 9, reflejan que los materiales tienen un diferente comportamiento térmico durante el día y la noche; por lo que es necesario establecer estrategias que permitan alcanzar un buen confort térmico reduciendo los puentes térmicos dentro de las viviendas, con la finalidad de cumplir con la condición de confort establecido en la NEC de 18°-26°.

**Tabla 8.**

Condición de confort en los materiales según la NEC, vivienda 2019 (cod. v.5)

Condición de confort:		18° a 26°			
Materialidad	Hora	Temperatura ambiente (Inamhi)	Temperatura Exterior ° (Superficial)	Temperatura Interior ° (Superficial)	Conclusión
Mampostería de Bloque	10:00	17	25	20	Satisfactorio
	08:00	10	16.3	16	Insuficiente
Ventana de Aluminio	10:00	17	26.6	24.4	Satisfactorio
	08:00	10	12.9	20.5	Satisfactorio
Hormigón Armado	10:00	17	31.2	26	Satisfactorio
	08:00	10	20.8	17.3	Insuficiente
Cubierta de Hormigón	10:00	17	31.2	20.2	Satisfactorio
	08:00	10	17.4	17	Insuficiente

**Nota:** Se considera la temperatura máxima de los datos tomados de las fichas de temperatura realizadas el 4 de diciembre de 2023 y el 8 de enero de 2023. Para concluir como satisfactorio o insuficiente se considera la temperatura interior.

**Tabla 9.**

Condición de confort en los materiales según la NEC, vivienda 1980 (cod. v.10)

Condición de confort:		18° a 26°			
Materialidad	Hora	Temperatura ambiente (Inamhi)	Temperatura Exterior ° (Superficial)	Temperatura Interior ° (Superficial)	Conclusión
Pared de ladrillo	10:00	17	25	17	Insuficiente
	08:00	10	15.4	18	Satisfactorio
Ventana de Hierro Forjado	10:00	17	28	25.4	Satisfactorio
	08:00	10	17.5	16	Insuficiente
Muro Ladrillo	10:00	17	25	17	Insuficiente
	08:00	10	15.4	18	Satisfactorio
Cubierta inclinada, recubierta con teja	10:00	17	27	20.6	Satisfactorio
	08:00	10	13.7	20.7	Satisfactorio

**Nota:** Se considera la temperatura máxima de los datos tomados de las fichas de temperatura realizadas el 4 de diciembre de 2023 y el 8 de enero de 2023. Para concluir como satisfactorio o insuficiente se considera la temperatura interior.



## CONCLUSIONES

Una vez revisado los métodos utilizados por varios autores para el análisis de la envolvente con la termografía infrarroja, se concluyó que la mejor metodología para encontrar puentes térmicos es la utilizada por Rocha (2020), mediante la interpretación de imágenes, con la guía de la escala térmica.

Por consiguiente, con las fichas de observación y los levantamientos arquitectónicos en 2d de las viviendas contemporáneas, se pudo determinar los materiales más comunes utilizados en las envolventes de las viviendas contemporáneas son:

- Hormigón armado
- Pintura
- Mortero de cemento

- Ventanas con perfilería metálica y de aluminio
- Bloque y Ladrillo

Finalmente, a través de la cámara termográfica se identificó los puentes térmicos de las viviendas contemporáneas seleccionadas, en donde se detectó de manera cualitativa los siguientes puntos de conflicto: (ver tabla x)

Asimismo, en el análisis comparativo de los materiales más importantes que componen la envolvente de cada vivienda, se descubrió cual tiene un mejor comportamiento térmico. Por consiguiente, las estrategias sostenibles a base de aislantes térmicos y el cambio en las perfilerías de las ventanas y la inclusión de un doble acristalamiento con cámaras de aire reducen

**Tabla 10.**  
Conclusiones generales de las deficiencias y estrategias planteadas en las viviendas (cod. v.5) y (cod. v.10)

Deficiencias y Estrategias en las Viviendas			
Vivienda	Puente térmico	Estrategia Planteada	Aplicación
<b>Vivienda 1980 (cod. v.10)</b>	Perfilería de hierro forjado en ventana	Vidrio de doble acristalamiento con cámara de aire	Se incluye en la Perfilería de aluminio
	Unión de la estructura de hormigón con la mampostería	Uso de aislante térmico a base de fibra de vidrio	Se añade a la pared, junto con un panel de gypsum de 1cm
	Unión de la viga con la cubierta inclinada	Uso de aislante térmico a base de fibra de poliestireno	Se incluye en la estructura del cielo falso de gypsum de 1cm
<b>Vivienda 2019 (cod. v.5)</b>	Perfilería de aluminio en ventana	Vidrio de doble acristalamiento con cámara de aire	Se incluye en la Perfilería de aluminio
	Unión de la estructura de hormigón con la mampostería	Uso de aislante térmico a base de fibra de vidrio	Se añade a la pared, junto con un panel de gypsum de 1cm
	Unión de la viga con la losa plana	Uso de aislante térmico a base de fibra de poliestireno, se incluye en el cielo falso de gypsum	Se incluye en la estructura del cielo falso de gypsum de 1cm

## RECOMENDACIONES

Continuar con proyectos investigativos mediante el uso de la termografía para el análisis del comportamiento térmico en las edificaciones de la Ciudad de Ambato, para encontrar problemas que afectan el estado del inmueble, utilizando cámaras térmicas y simulaciones con softwares climáticos.

Promover la sostenibilidad de las nuevas construcciones de viviendas contemporáneas y divulgar estrategias que mejoren la eficiencia energética, generando un ahorro económico en energía eléctrica y sobre todo cuidando el medio ambiente para reducir emisiones de gases de efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global.

Utilizar este trabajo como base para una futura investigación, donde las estrategias para reducir los puentes térmicos establecidas en el presente proyecto, puedan ser comprobadas de manera cuantitativa mediante softwares especializados de temperatura, a través de simulaciones.

Agregar este trabajo de titulación como un documento para futuras revisiones bibliográficas y posibles intervenciones para mejorar la eficiencia energética de edificaciones contemporáneas. Sirviendo la información recopilada en esta investigación como base teórica para futuras generaciones de profesionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, W. (2013). *Vivienda y clima* (Editorial Nobuko). Editorial Nobuko. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/206293>
- Aguilera, M. E. C., & Vidal, S. E. (2005). *Fundamentos de transmisión de calor* (Vol. 305). Edicions Universitat Barcelona.
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica. Para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas.* [www.cienciaysociedad.org](http://www.cienciaysociedad.org)
- Baixas, J. I. (2012). ENVOLVENTES: LA PIEL DE LOS EDIFICIOS. *ARQ* (Santiago), 82, 98–101. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962012000300016>
- Brito, R., Villa, D., & Zalamea, E. (2022). Análisis comparativo de confort térmico de vivienda unifamiliar en LSF frente a mampostería. *Ingenius*, 28, 100–124. <https://doi.org/10.17163/ings.n28.2022.10>
- Castillo, E. L., Mite, J. A., & Pérez, J. J. (2019). Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(4), 303–309.
- Chateau, F., Schmitt, C., Rasse, A., & Martínez, P. (2019). CONSIDERACIONES PARA PROGRAMAR LA REGENERACIÓN DE CONDOMINIOS SOCIALES EN ALTURA. ESTUDIO COMPARADO DE TRES CASOS EN CHILE. Chile. *Revista iNvi*, 35(100), 143–173. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582020000300143>
- Climate Consultant. (2021). *Análisis Solar*. Society of Building Science Educators. <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>
- Conesa, J. A. (2013). *Mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección, radiación). Experimentación en Ingeniería Química I.*
- Díaz, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240.
- Díaz, M., & Tenorio, J. (2005). Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios.
- Díaz, S. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios: eficiencia y uso racional de la energía* (2a. ed.). Editorial Nobuko. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/77872>
- EcuRed. (2017). *Ambato* (Ecuador). [https://www.ecured.cu/Ambato\\_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Ambato_(Ecuador))
- FenArq. (2019). *Arquitectura contemporánea | Obras, Definición y Características.* <https://www.fenarq.com/2019/11/arquitectura-contemporanea.html>
- Fernández, A., & Garzón, B. (2020). Rehabilitación de muros exteriores en centros de salud en San Miguel de Tucumán para su eficiencia térmico-energética. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 24, 31–40.
- Ferrer, P., Vivancos, J., Luis, J., Cañada, M., Val, M., & Villar, A. (2021). Estado del arte de los modelos térmicos de edificios a partir de nubes de puntos y termografía infrarroja. 6–9.


- Flores, S., González, S., & Gea, C. (2019). Termografía infrarroja aplicada al Cabildo de Salta. Un primer paso hacia la rehabilitación energética de edificios históricos. IBPSA.
- Fondoso, S., Urteneche, E., & Cristeche, J. (2022). Análisis de la envolvente edilicia del HIGA San Roque. Anuario de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH).
- Ganem, C., & Barea, G. (2018). Diagnóstico del comportamiento térmico de edificios en forma masiva mediante el uso de la termografía infrarroja. Conicet Digital. [https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2501/2501\\_ganem\\_barea.pdf](https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2501/2501_ganem_barea.pdf)
- Garza, V. (2016). Análisis del ciclo de vida de aislantes térmicos para la aplicación en edificaciones.
- Giraldo, W., Czajkowski, J., & Gómez, A. (2021). Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. Revista de Arquitectura (Bogotá), 23(1), 115-124. <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.2938>
- Godoy, A. (2012). El confort térmico adaptativo. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Guerrero, R. (2016). Edificación y eficiencia energética en los edificios (UF0569). IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/43901>
- Gutiérrez, J., Posada, M., & González, M. (2019). Prácticas de recursos humanos que impactan la estrategia de sostenibilidad ambiental. Innovar, 29(73), 11–24. <https://doi.org/10.15446/innovar.v29n73.78008>
- INEN. (2009). NTE INEN 2 506:2009. Eficiencia energética en las edificaciones. Requisitos.
- Linares, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente.
- López, P. (2004). Población, muestra y muestreo. Punto Cero, 09(08), 69–74. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es).
- Melgosa, S. (2022). Inspecciones termográficas previas a las intervenciones de rehabilitación. Riarte.
- Montaner, J. (2015). La arquitectura de la vivienda colectiva: políticas y proyectos en la ciudad contemporánea. Reverté.
- NEC-11. (2011). NEC2011-CAP.13-EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR-021412.
- Onu Habitat. (2019). ONU-Habitat - Las ciudades, “causa y solución” del cambio climático. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/las-ciudades-causa-y-solucion-del-cambio-climatico>
- Páez, J. M. C., Castillo, P. P., Sarmiento, R. L.-G., Bernal, D. R., Mojica, C. O., Sopó, P. F., Camacho, É. J. C., Coronado, M. C., Rincón, K. F., & Hernández, D. S. (2017). El confort térmico en el proyecto arquitectónico, aplicación de la carta psicrométrica. Ambientalmente. <https://bit.ly/3t1PV9I>
- Pérez, J., & Piedecausa, B. (2016). Termografía infrarroja aplicada en cúpulas históricas: identificación y análisis de sistemas constructivos. Informes de la Construcción, 3–7. <https://doi.org/10.3989/ic.14.133>

- Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. *renglones*, 37–42.
- Poma, J. L., Garay, L., & Romero, K. (2019, diciembre). Estudio climático en la región alto-andina y el análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial en el diseño arquitectónico. XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: “Challenges and paradigms of the contemporary city”. <https://doi.org/10.5821/ctv.8676>
- Portela, J. M., Viguera, J. L., Pastor, A., Huerta, M. M., & Otero, M. (2010). La Certificación LEED, cómo cumplir con un conjunto de normas para la sostenibilidad en el proyecto de ingeniería. XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial. Universidad de Cádiz, 8.
- Rocha, J. H. A., Póvoas, Y. V., & dos Santos, C. F. (2020). Detección de infiltración por causas accidentales con termografía infrarroja: estudio de caso. *Métodos y materiales*, 10(1), 22–27.
- Romero, J. (2017). 6 herramientas online sobre datos climáticos. *Arrevol Arquitectos*. <https://www.arrevol.com/blog/6-herramientas-online-gratuitas-sobre-datos-climaticos>
- Royo, R., & Canadá, M. (2016). Termografía infrarroja: nivel II. FC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/114218>
- Ruíz, J. (2011). Impacto del cambio climático. Equipo Sirius. <https://www.digitaliapublishing.com/a/6380>
- Sánchez, G., Calvo, L., Ávalos, S., & Gatani, M. (2018). Análisis y evaluación del desempeño termoenergético de las envolventes del edificio o fau dunc a través de termografía y therm en el solsticio de invierno. *ASADES*.
- Sancho, P. (2015). Estudio del comportamiento energético de materiales de edificación mediante análisis termográfico. Universitat Politècnica de València.
- Sun Earth Tools. (2022). Análisis Solar. Sun Earth Tools. Sun Earth Tools
- Teodoro, N., & Nieto, E. (2018). Tipos de Investigación. Core.
- Thomas, L., Marino, B., & Muñoz, N. (2014). Cuantificación de las resistencias térmicas superficiales y pérdidas de calor por conducción en edificios aplicando termografía. *SEDICI*, 55–56.
- Vilar, A., Aparicio, C., Ferrer, P., Vivancos, J., & Cañada, M. (2021). Aplicación de la Termografía Infrarroja para la determinación del coeficiente global de transmisión de calor en un edificio. 6–9.
- Weather Atlas. (s/f). Clima y previsión meteorológica mensual Ambato, Ecuador.
- Weather Spark. (2017). Weather Spark. Clima y tiempo promedio durante todo el año en Ambato. <https://weatherspark.com/y/20027/Average-Weather-in-Ambato-Ecuador-Year-Round>

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Ficha de observación vivienda 2019 (cod. v.5)


Ficha Observación Vivienda 2019					
UBICACIÓN					
<b>País:</b>	Ecuador	<b>Dirección:</b>	Río Cosanga		
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Barrio:</b>	Nueva Ambato		
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Contexto:</b>	Urbano		
<b>Parroquia:</b>	Celiano Monge	<b>Coordenadas:</b>	-1.270509, -78.627874		
					
INFORMACIÓN					
<b>Singularidad de la vivienda</b>	Norte	Sur	Este	Oeste	
Áreas verdes	No presenta				
<b>Estacionamiento</b>	x				
Soleamiento	x		x	x	
Aislantes Térmicos	No presenta				
<b>Adosado:</b>	x				
LEVANTAMIENTO FÍSICO					
Fachadas					
Dimensiones Ventanas					
Fachada Frontal	Ventanas	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m2)	Materialidad
	1	0.25	1.4	0.35	Aluminio
	2	2.2	1.4	3.08	Aluminio
	3	0.3	0.7	0.21	Aluminio
	4	0.3	0.7	0.21	Aluminio
	5	0.3	0.6	0.18	Aluminio
	6	0.3	0.6	0.18	Aluminio
	7	1.4	1.8	2.52	Aluminio
	8	1.4	1.9	2.66	Aluminio
	9	0.3	0.7	0.21	Aluminio
	10	0.3	0.7	0.21	Aluminio
	11	0.3	0.6	0.18	Aluminio
	12	0.3	0.6	0.18	Aluminio
	13	0.95	1.3	1.235	Aluminio
		<b>Total (m2)</b>		11.405	
Fachada Izquierda	14	1.4	3	4.2	Aluminio
	15	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	16	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	17	1.4	2.75	3.85	Aluminio
	18	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	19	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	20	1.4	3	4.2	Aluminio
	21	1.4	3	4.2	Aluminio
	22	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	23	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	24	1.4	2.75	3.85	Aluminio
	25	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	26	0.3	0.8	0.24	Aluminio
	27	1.4	3	4.2	Aluminio
		<b>Total (m2)</b>		26.42	







LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO					
Fachada Frontal					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías:</b>	
	Bloque	0.1	Pintura, baldosa	Ninguna	
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
Fachada Derecha					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías:</b>	
	Bloque	0.1	Pintura, baldosa	Ninguna	
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
Cubierta					
<b>Techo</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías:</b>	
	Baldosa	0.02	Ninguno	Ninguna	
	Hormigón armado	0.2			
<b>Techo</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
		x			
RECORRIDO SOLAR					
<b>Hora 10:00 am</b>		<b>Hora 12:00 pm</b>		<b>Hora 4:00 pm</b>	
					
FOTOGRAFÍAS					
					
<b>Elaborado:</b>	Ranzet Ordoñez		<b>Aprobado:</b>	Arq. Lucía Pazmiño	
<b>Muy Bueno</b>	En perfecto estado con un mantenimiento adecuado o casi nuevo				
<b>Bueno</b>	Buen mantenimiento				
<b>Regular</b>	Poco mantenimiento, pero en buena condición				
<b>Muy Malo</b>	Cero mantenimientos, mala condición.				



TERMÓGRAFÍA INFRARROJA APLICADA AL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO  
TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CONTEMPORÁNEA EN LA CIUDAD DE AMBATO.

**Anexo 2.**  
Ficha de observación vivienda 1980 (cod. v.10)

Ficha Observación por Vivienda					
UBICACIÓN					
<b>País:</b>	Ecuador	<b>Dirección:</b>	Calle Segundo Granja Almeida		
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Barrio:</b>	Nueva Ambato		
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Contexto:</b>	Urbano		
<b>Parroquia:</b>	Celiano Monge	<b>Coordenadas:</b>	-1.274985, -78.628125		
					
INFORMACIÓN					
<b>Singularidad de la vivienda</b>	<b>Norte</b>	<b>Sur</b>	<b>Este</b>	<b>Oeste</b>	
Áreas verdes	x	x	x	x	
Estacionamiento	x				
Soleamiento			x	x	
Aislantes Térmicos			No presenta		
<b>Adosado:</b>			No presenta		
LEVANTAMIENTO FÍSICO					
Fachadas	Dimensiones Ventanas				
Fachada Frontal	Ventanas	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m2)	Materialidad
	1	6.65	0.63	4.1895	Metal
	2	2	1.3	2.6	Metal
	3	2.45	1.25	3.0625	Metal
	4	2.45	1.25	3.0625	Metal
	5	1.65	1.25	2.0625	Metal
	6	1.25	1.65	2.0625	Metal
	7	3.45	1.65	5.6925	Metal
	8	0.4	0.4	0.16	Metal
	9	1.6	2	3.2	Metal
	10	1.25	1.5	1.875	Metal
	<b>Total (m2)</b>			27.967	
Fachada Sur	11	5.9	0.8	4.72	Metal
	12	1.35	1.3	1.755	Metal
	13	2.45	1.25	3.0625	Metal
	14	2.45	1.25	3.0625	Metal
	15	0.5	0.4	0.2	Metal
	16	0.5	0.4	0.2	Metal
	17	1.35	1.3	1.755	Metal
	18	1.35	1.3	1.755	Metal
	19	1.75	1.3	2.275	Metal
	20	1	0.4	0.4	Metal
	21	1	0.4	0.4	Metal
	<b>Total (m2)</b>			19.585	
Fachada Este	22	2.9	1.65	4.785	Metal
	23	0.2	0.8	0.16	Metal
	24	0.75	0.75	0.5625	Metal
	25	0.8	1	0.8	Metal
	26	1.3	1.3	1.69	Metal
	27	1	0.4	0.4	Metal
	<b>Total (m2)</b>			32.8125	

<b>Fachada Oeste</b>	28	1.2	1.8	2.16	Metal
	29	1	2.1	2.1	Metal
	30	0.8	0.4	0.32	Metal
	31	0.8	0.4	0.32	Metal
	<b>Total (m2)</b>			4.9	
LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO					
Fachada Frontal					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías</b>	
	Bloque	0.2	Pintura, piedra	No	
	Ladrillo	0.3			
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
Fachada Posterior					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías</b>	
	Bloque	0.2	Pintura, piedra	Humedad	
	Ladrillo	0.3			
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
Fachada Derecha					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías</b>	
	Bloque	0.2	Pintura, piedra	Humedad	
	Ladrillo	0.3			
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
Fachada Izquierda					
<b>Envolvente</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías</b>	
	Bloque	0.2	Pintura, piedra	Ninguna	
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Techo</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Recubrimiento:</b>	<b>Patologías</b>	
	Teja	0.02	Ninguno	Ninguna	
	Lámina metálica	0.02			
<b>Recubrimiento</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
<b>Patologías</b>	<i>Estado</i>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
			x		
RECORRIDO SOLAR					
	<b>Hora 10:00 am</b>	<b>Hora 12:00 pm</b>	<b>Hora 4:00 pm</b>		
					
FOTOGRAFÍAS					
					
<b>Elaborado:</b>	Ranzet Ordoñez		<b>Aprobado:</b>	Arq. Lucía Pazmiño	
<b>Muy Bueno</b>	En perfecto estado con un mantenimiento adecuado o casi nuevo				
<b>Bueno</b>	Buen mantenimiento				
<b>Regular</b>	Poco mantenimiento, pero en buena condición				
<b>Muy Malo</b>	Cero mantenimientos, mala condición.				

**Anexo 3.**

Fase 1° ficha de temperatura de la vivienda 2019 (cod. v.5)

Ficha observación temperatura Vivienda (2019)				
Información General de la Vivienda				
Localización		Ubicación		
<b>País:</b>	Ecuador	<b>Dirección:</b>	Río Cosanga	
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Barrio:</b>	Nueva Ambato	
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Contexto:</b>	Urbano	
<b>Parroquia:</b>	Celiano Monge	<b>Coordenadas:</b>	-1.270509, -78.627874	
<b>Año de construcción</b>	2019	<b>Fecha</b>	04/12/2022	
<b>Levantamiento primera fase 10:30 a. m.</b>				
Levantamiento	Puente térmico	Materialidad	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	Mampostería	Bloque	24.5	20
		Bloque recubierto baldosa	40.3	-
	Ventana	Ventana de aluminio	25	24.5
	Unión Estructura y mampostería	Columna	31.2	26
Viga		24.5	21	
<b>Fachada Derecha</b>	mampostería	Bloque	25	20
		Bloque recubierto baldosa	33.7	NO
	Ventana	Ventana de aluminio	24.2	23
	Unión Estructura y mampostería	Columna	25.9	21
Viga		25.1	20	
<b>Cubierta</b>	Losa	Hormigón / Baldosa	27.2	20.2
<b>Levantamiento primera fase 08:30 p. m.</b>				
Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	mampostería	Bloque	14.8	16
		Bloque recubierto baldosa	24.8	-
	Ventana	Ventana de aluminio	12.9	16
	Unión Estructura y mampostería	Columna	14.7	15
Viga		19.6	17.2	
<b>Fachada Derecha</b>	mampostería	Bloque	16.3	14
		Bloque recubierto baldosa	24.8	-
	Ventana	Ventana de aluminio	12	17
	Unión Estructura y mampostería	Columna	20.8	16.8
Viga		16.3	16	
<b>Cubierta</b>	Losa	Hormigón / Baldosa	17.4	17
<b>Elaborado:</b>	Ranzet Ordoñez	<b>Aprobado:</b>	Arq. Lucía Pazmiño	



**Anexo 4.**  
Fase 1° ficha de temperatura de la vivienda 1980 (cod. v.10)

Ficha observación Vivienda				
Información General de la Vivienda				
Localización		Ubicación		
Provincia:	Ecuador	Dirección:	Calle Segundo Granja Almeida	
Cantón:	Tungurahua	Barrio:	Nueva Ambato	
Ciudad:	Ambato	Coordenadas:	-1.274985, -78.628125	
Parroquia:	Celiano Monge	Contexto:	Urbano	
Año de construcción	1980	Fecha	04/12/2022	
10:00 a. m.				
Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
Fachada Frontal	Mampostería	Bloque	14.8	15.2
		Ladrillo	14.5	14
		Piedra	14	-
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	17	22
		Columna	13.6°	14°
Fachada Derecha	Estructura y Mampostería	Viga	16.4°	15°
		Ladrillo	14.8°	13°
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	28	23
		Columna	20°	17.4
		Viga	22.8°	23.1°
Fachada Posterior	Mampostería	Bloque	29.7°	20°
		Ladrillo	25	17
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	21.4	25°
		Columna	23°	22
		Viga	30.5°	23.3
Fachada Izquierda	Mampostería	Bloque	14.7°	13°
		Perfilera de Hierro Forjado	23°	25°
	Columna	19.2°	20.8°	
Cubierta	Techo	Viga	20°	22.3°
		Lamina Metal	37°	37°
		Teja	25	20°
08:00 p. m.				
Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
Fachada Frontal	Mampostería	Bloque	14.7	13
		Ladrillo	15.4	14
		Piedra	9	-
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	21	16
		Columna	16.5	16.6




Fachada Derecha	Unión Estructura y Mampostería	Viga	17.4	16
	Mampostería	Ladrillo	14.6	16
		Perfilera de Hierro Forjado	17.5	16
Fachada Posterior	Unión Estructura y Mampostería	Columna	16.1	20
		Viga	17.7	22.3
	Mampostería	Bloque	14.6	13
		Ladrillo	14	16
		Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	13.3
Fachada Izquierda	Unión Estructura y Mampostería	Columna	14.7	15
		Viga	15.9	17
	Mampostería	Bloque	14.6	14
		Perfilera de Hierro Forjado	16	12
		Columna	16	16.3
Cubierta	Techo	Viga	16	18.4
		Lamina Metal	17.7	13.4
		Teja	13.7	19
Elaborado:	Ranzet Ordoñez	Aprobado:	Lucía Pazmiño	

**Anexo 5.**

Fase 2° ficha de temperatura de la vivienda 2019 (cod. v.5)

Ficha observación Vivienda				
Información General de la Vivienda				
Localización			Ubicación	
<b>País:</b>	Ecuador	<b>Dirección:</b>	Río Cosanga	
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Barrio:</b>	Nueva Ambato	
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Contexto:</b>	Urbano	
<b>Parroquia:</b>	Celiano Monge	<b>Coordenadas:</b>	-1.270509, -78.627874	
<b>Año de construcción</b>	2019	<b>Fecha</b>	08/01/2023	



**Levantamiento segunda fase 10:30 a. m.**

Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	Mampostería	Bloque	24.6	19.2
		Baldosa	35.3	-
	Ventana	Ventana de aluminio	23.3	24.4
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	20.8	17.2
Viga		20.8	17.3	
<b>Fachada Derecha</b>	Mampostería	Bloque	21.9	18.1
		Baldosa	42	-
	Ventana	Ventana de aluminio	26.6	20.7
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	28.2	23.4
Viga		22.4	19.5	
<b>Cubierta</b>	Losa	Hormigón / Baldosa	31.2	20.1

**Levantamiento segunda fase 08:30 p. m.**

Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	Mampostería	Bloque	10.3	16
		Bloque recubierto de Baldosa	13	-
	Ventana	Ventana de aluminio	12.9	17.4
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	14.3	14.8
Viga		12.4	17	
<b>Fachada Derecha</b>	Mampostería	Bloque	9.2	14
		Bloque recubierto de Baldosa	21	-
	Ventana	Ventana de aluminio	10.4	20.5
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	12.2	17.6
Viga		12.2	17.3	
<b>Cubierta</b>	Losa	Hormigón recubierto baldosa	16.2	17

<b>Elaborado:</b>	Ranzet Ordoñez	<b>Aprobado:</b>	Arq. Lucía Pazmiño
-------------------	----------------	------------------	--------------------

**Anexo 6.**

Fase 2° ficha de temperatura de la vivienda 1980 (cod. v.10)

Ficha observación Vivienda				
Información General de la Vivienda				
Localización		Ubicación		
<b>Provincia:</b>	Ecuador	<b>Dirección:</b>	Rio Cosanga	
<b>Cantón:</b>	Tungurahua	<b>Barrio:</b>	Nueva Ambato	
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Contexto:</b>	Urbano	
<b>Parroquia:</b>	Celiano Monge	<b>Coordenadas:</b>	-1.274985, -78.628125	
<b>Año de construcción</b>	1980	<b>Fecha</b>	08/01/2023	
<b>10:00 a. m.</b>				
Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	Mampostería	Bloque	15.4	15.1
		Ladrillo	14.2	14.4
		Piedra	14.9	-
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	16.1	25.4
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	15.6	14.4
<b>Fachada Derecha</b>	Mampostería	Viga	16	15
		Ladrillo	17.8	16
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	23.1	24
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	18.7	17.2
	Viga	19.8	24.5	
<b>Fachada Posterior</b>	Mampostería	Bloque	24.5	20
		Ladrillo	24.8	14
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	20.4	22.8
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	32.9	16.5
	Viga	29	17.2	
<b>Fachada Izquierda</b>	Mampostería	Bloque	18.3	15.9
		Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	19.7
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	20.3	20.3
	Viga	18.2	20.3	
	<b>Cubierta</b>	Techo	Lamina Metal	38.2
Teja			27	20.6
<b>08:00 p. m.</b>				
Levantamiento	Elemento	Material	Temperatura Exterior °	Temperatura Interior °
<b>Fachada Frontal</b>	Mampostería	Bloque	14.1	15.5
		Ladrillo	14	13
		Piedra	9	8
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	14.7	12.2
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	15.5	15.4
<b>Fachada Derecha</b>	Mampostería	Viga	17.9	15
		Ladrillo	13.2	18



<b>Fachada Posterior</b>	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	15.9	14.3
	Unión Estructura y Mampostería	Viga	14.5	21.8
	Mampostería	Bloque	11.6	15
		Ladrillo	10.5	15
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	13.3	13.1
<b>Fachada Izquierda</b>	Unión Estructura y Mampostería	Columna	11.6	18.2
	Viga	11.7	19.5	
	Mampostería	Bloque	11	13.7
	Ventana	Perfilera de Hierro Forjado	11.8	12
	Unión Estructura y Mampostería	Columna	11.2	18.1
<b>Cubierta</b>	Techo	Lamina Metal	14.5	13.4
		Teja	12.1	20.7
<b>Elaborado:</b>	Ranzet Ordoñez	<b>Aprobado:</b>	Arq. Lucía Pazmiño	

**Anexo 7.**

Respaldo carpeta Drive (Imágenes termográficas, planos, documento escrito)



Anexo 8.

Entrevista 1 propietaria vivienda 1980 (cod. v.10)

FORMATO DE LA ENTREVISTA			
Nombre del entrevistador:	Ranzet Ordoñez	Numero de Entrevista:	1
Lugar donde se realiza la entrevista:	Vivienda 1980	Fecha:	22/01/2023
Ciudad:	Ambato	Provincia:	Tungurahua
La presente entrevista tiene el objetivo de conocer el confort térmico percibido por los usuarios de las viviendas de estudio en el barrio Nueva Ambato. La información obtenida se la utilizará exclusivamente para resolver los objetivos de la investigación.			
1. ¿Cuál es su nombre?			
R. Mi nombre, Olga Inés Gavilánez Gavilánez			
2. ¿Qué edad tiene?			
R. Tengo 85			
3. ¿Considera importante que exista un buen confort térmico dentro de la vivienda? ¿Por qué?			
R. Sí, porque ahí pasan todo el tiempo			
Conclusión	La propietaria de la vivienda, considera que debe existir un buen confort térmico en su vivienda		
4. ¿En qué espacio del interior de la vivienda percibe que hace mucho calor durante el día?			
R. En el piso de arriba, cuando hace sol está bien, porque recibe el calor del sol			
Conclusión	Percibe mucho calor en la segunda planta, esto se debe a que la cubierta de teja, transmite el calor dentro de la vivienda.		
5. ¿En qué espacio del interior de la vivienda percibe que hace mucho frío durante la noche?			
R. El de piso de abajo, pero no tan frío			
Conclusión	En el primer piso, se percibe frío, principalmente en la sala, debido a que las ventanas tienen puentes térmicos que permiten filtraciones de aire		
6. ¿Qué espacio de la vivienda considera que es el más confortable?			
R. En donde estamos, el primero a la izquierda			
Conclusión	El lugar más confortable es el primer dormitorio de la segunda planta, recibe luz solar durante el día, lo cual llega a mantener este calor durante la noche.		
7. ¿Utiliza algún calefactor o ventilador para mejorar el confort térmico dentro de la vivienda?			
R. Cuando hace mucho frío, el calentador, más la noche.			
Conclusión	El calefactor, se lo utiliza para calentar la vivienda en la noche, debido a los puentes térmicos, lo cual genera un gasto extra en luz eléctrica.		



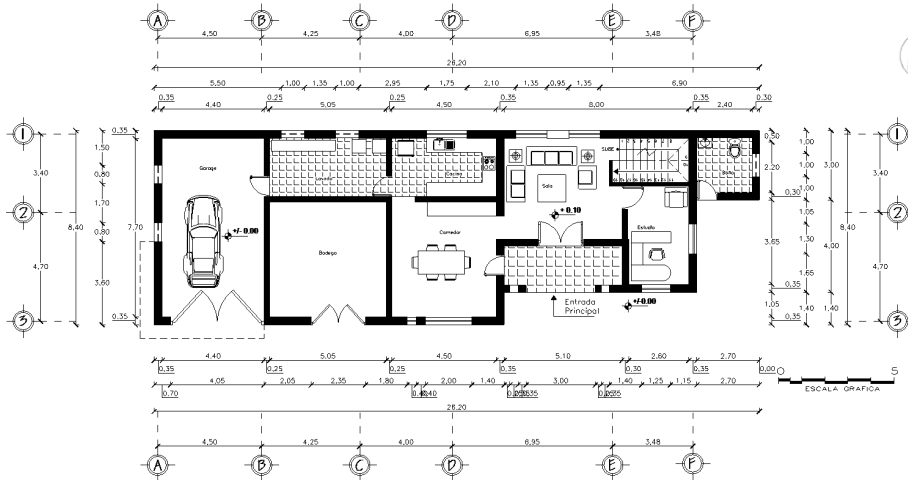
**Anexo 9.**

Entrevista 2 propietario vivienda 2019 (cod. v.5)

FORMATO DE LA ENTREVISTA			
Nombre del entrevistador:	Ranzet Ordoñez	Numero de Entrevista:	2
Lugar donde se realiza la entrevista:	Vivienda 2019	Fecha:	22/01/2023
Ciudad:	Ambato	Provincia:	Tungurahua
La presente entrevista tiene el objetivo de conocer el confort térmico percibido por los usuarios de las viviendas de estudio en el barrio Nueva Ambato. La información obtenida se la utilizará exclusivamente para resolver los objetivos de la investigación.			
1. ¿Cuál es su nombre?			
R. Diego Hermosa			
2. ¿Qué edad tiene?			
R. 36 años			
3. ¿Considera importante que exista un buen confort térmico dentro de la vivienda? ¿Por qué?			
R. R. Si, señor!, porque es el lugar donde paso más tiempo en la vida, y necesito confort			
Conclusión	El propietario considera importante el confort térmico, debido a que la vivienda es el lugar más importante de nuestras vidas		
4. ¿En qué espacio del interior de la vivienda percibe que hace mucho calor durante el día?			
R. En las habitaciones			
Conclusión	En las habitaciones se puede sentir calor, debido a que aprovechan la luz solar del día, sin embargo, esta energía no es controlada, lo que llega a generar disconfort.		
5. ¿En qué espacio del interior de la vivienda percibe que hace mucho frío durante la noche?			
R. En la sala			
Conclusión	En la sala se siente frío, especialmente en la noche, esto se debe a que existen puentes térmicos en las ventanas, lo cual ocasiona filtraciones de aire.		
6. ¿Qué espacio de la vivienda considera que es el más confortable?			
R. La habitación principal			
Conclusión	La habitación principal se siente confortable, la ventana está ubicada hacia el sur, por lo que, no tiene radiación directa		
7. ¿Utiliza algún calefactor o ventilador para mejorar el confort térmico dentro de la vivienda?			
R. Si, un calefactor en la noche.			
Conclusión	El calefactor, se lo utiliza para calentar la vivienda en la noche, debido a los puentes térmicos, lo cual genera un gasto extra en luz eléctrica.		

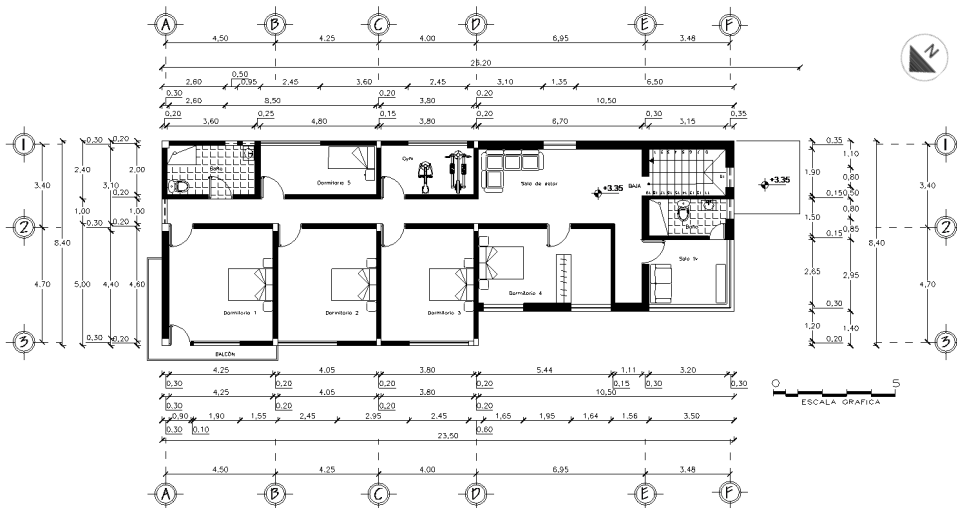
Anexo 10.

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Planta Baja



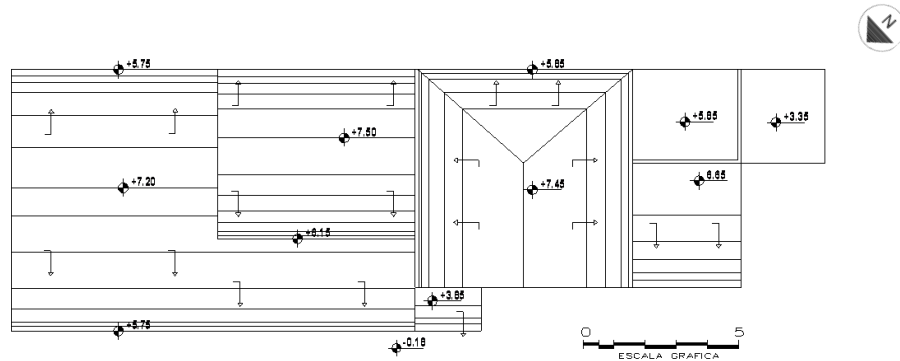
Anexo 11.

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Planta Alta



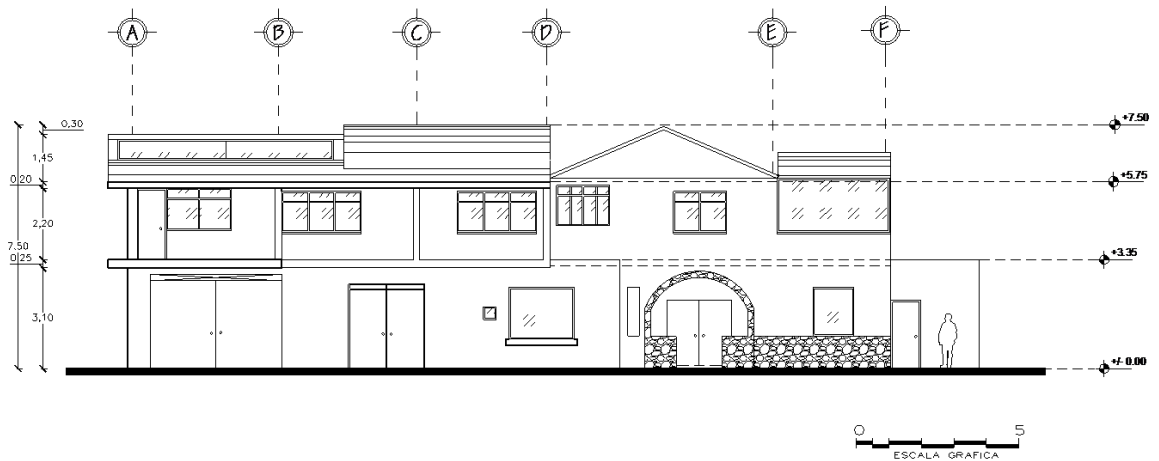
**Anexo 12.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Cubierta



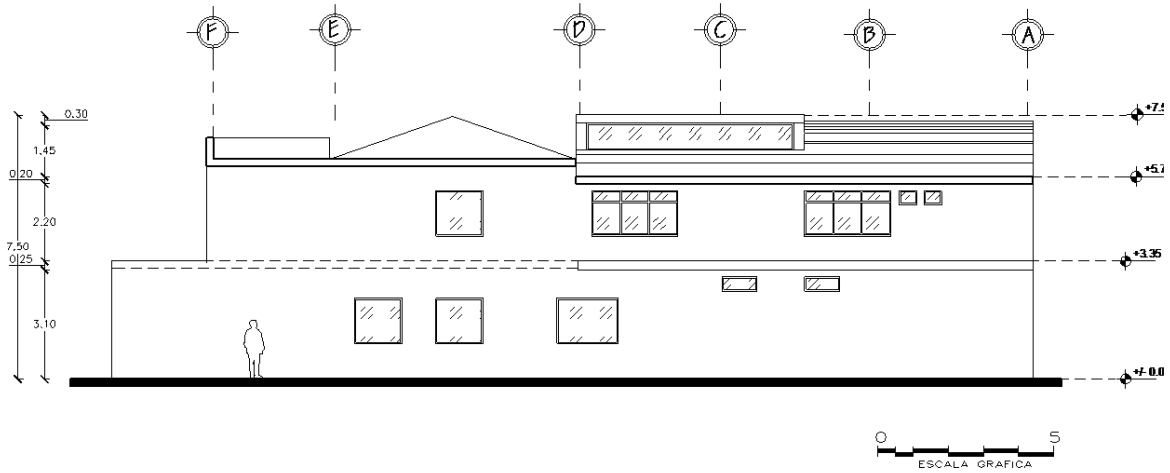
**Anexo 13.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Frontal



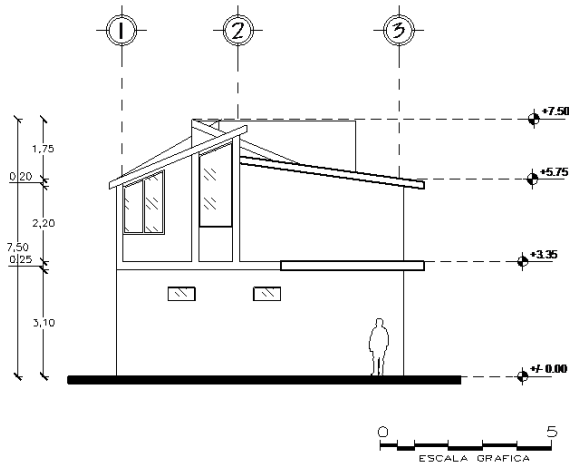
**Anexo 14.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Posterior



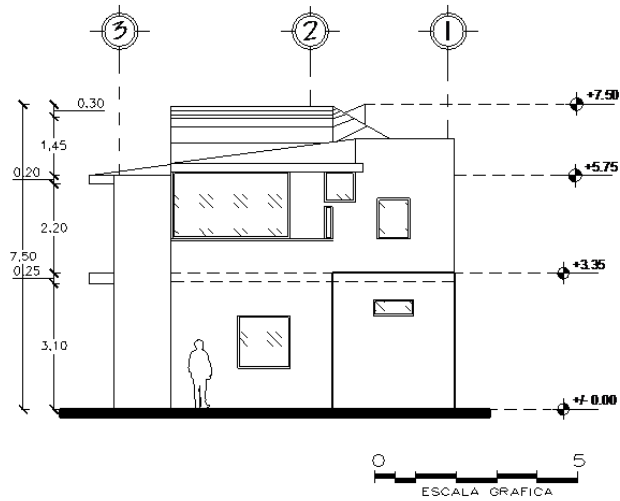
**Anexo 15.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Izquierda



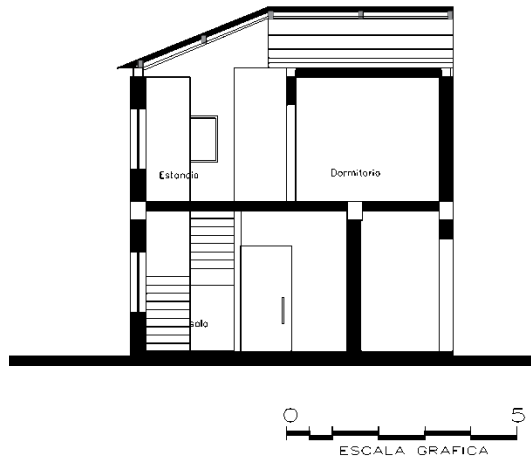
**Anexo 16.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Fachada Derecha



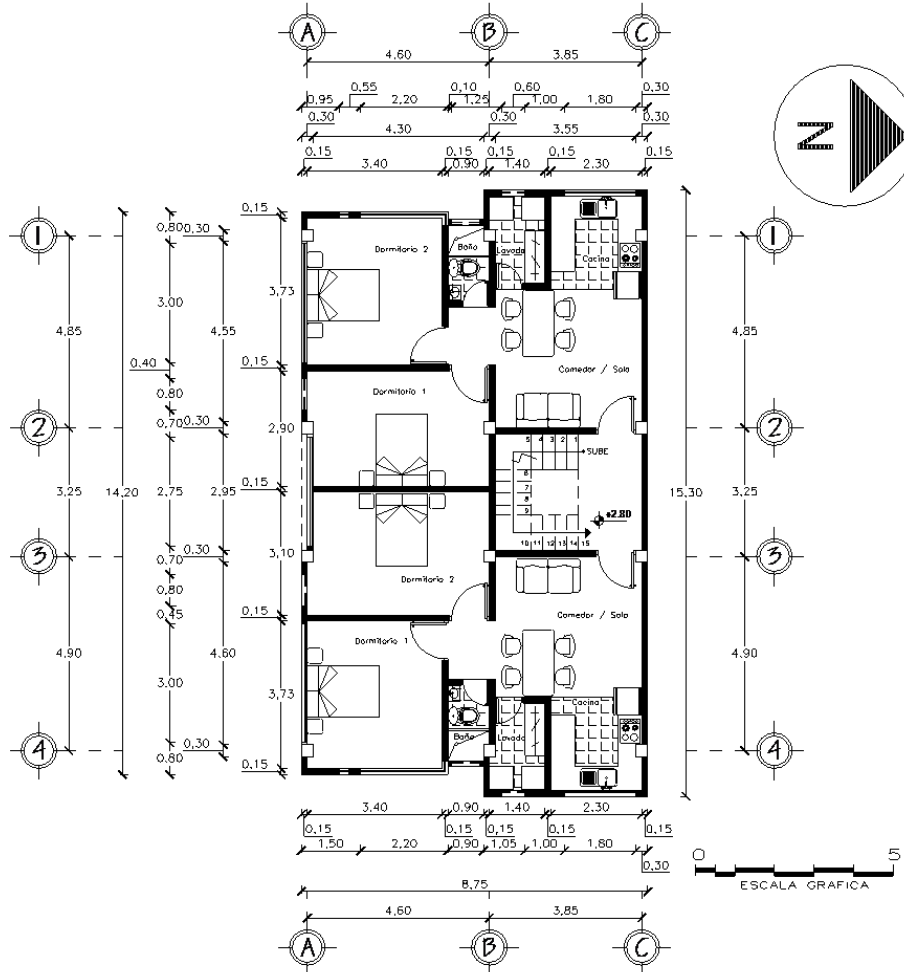
**Anexo 17.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 1980 (cod. v.10). Corte A-A'

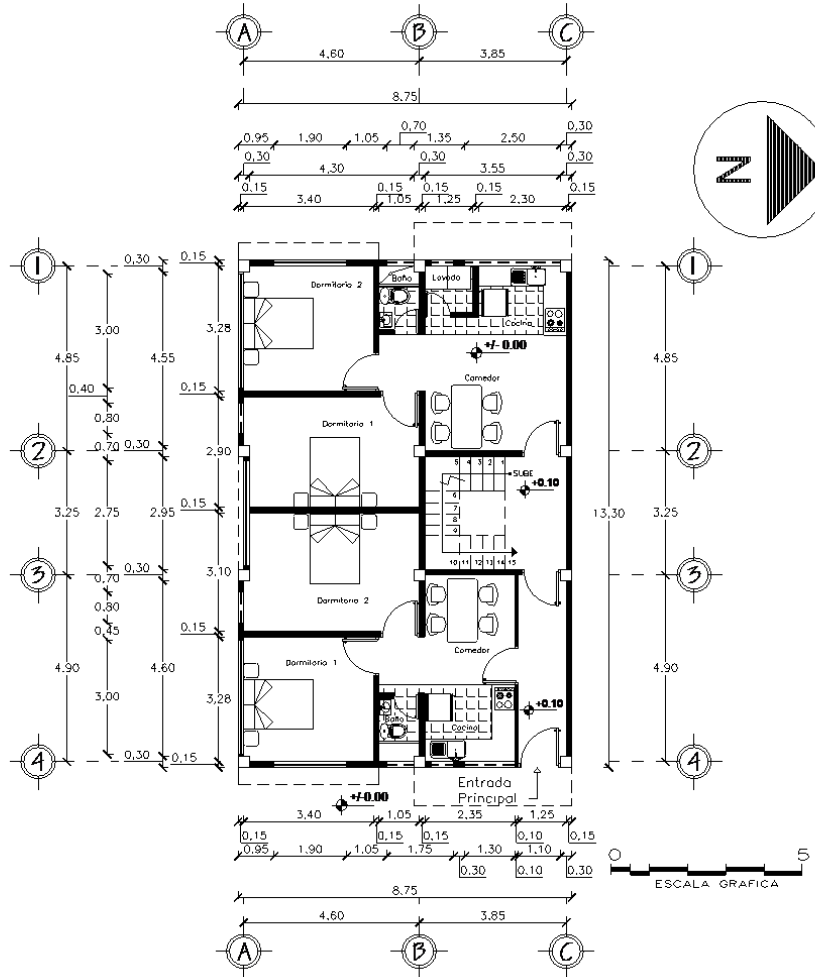


Anexo 18.

Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Planta Baja

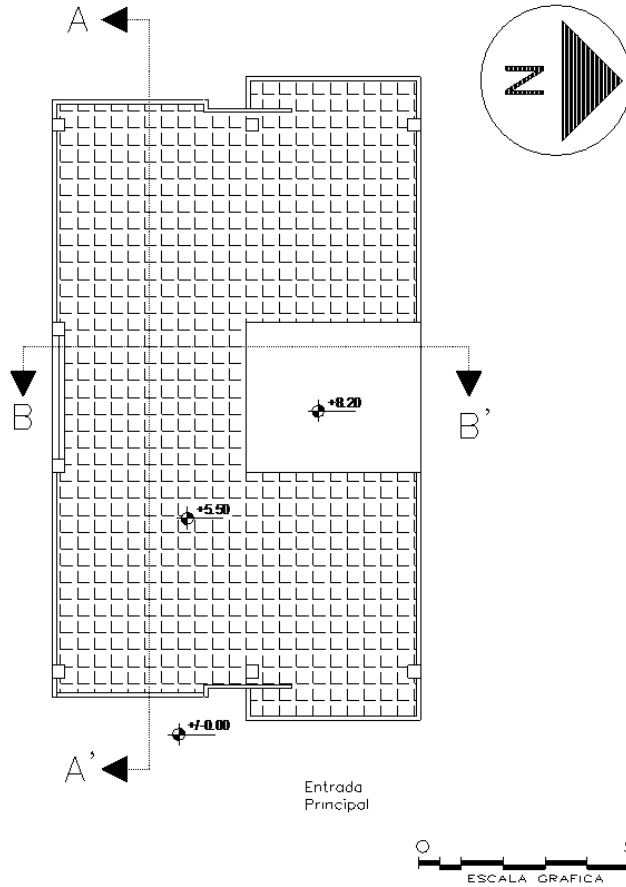


Anexo 19.  
Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Planta Alta



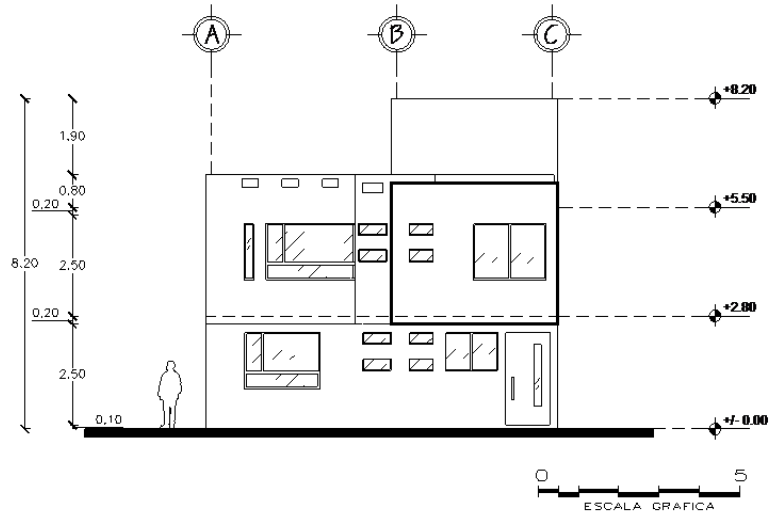


Anexo 20.  
Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Cubierta



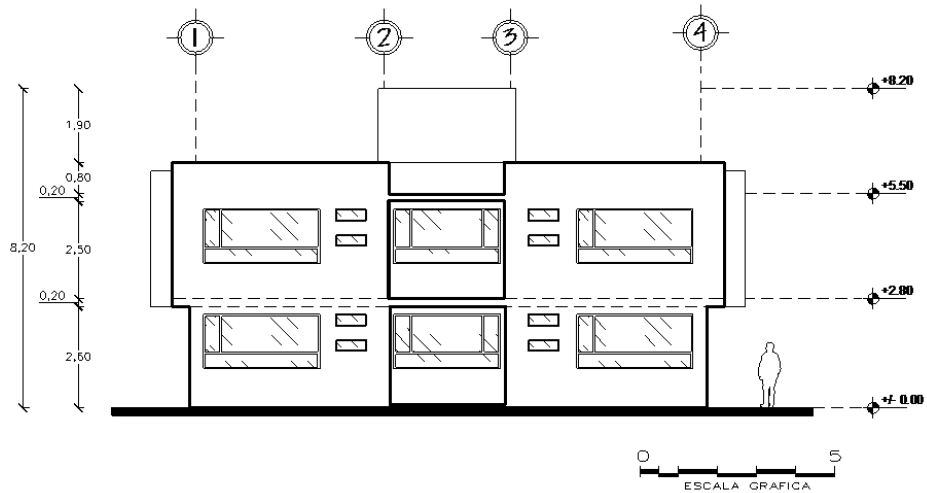
**Anexo 21.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Fachada Frontal



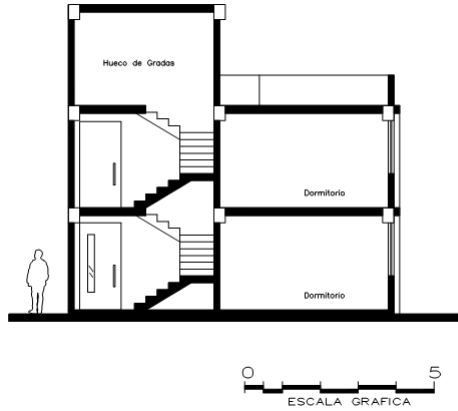
**Anexo 22.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Fachada izquierda



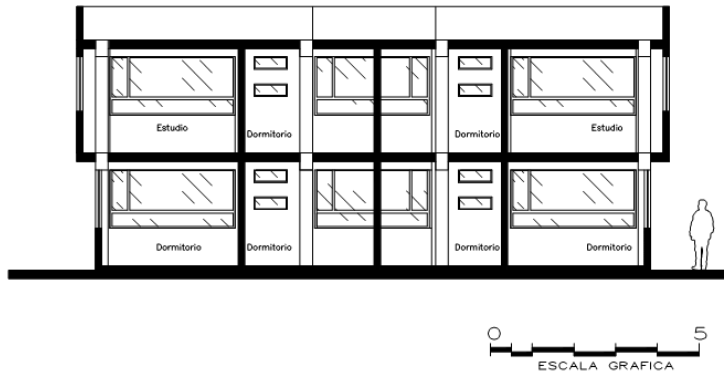
**Anexo 23.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Corte A-A'



**Anexo 24.**

Planos arquitectónicos de la vivienda de 2019 (cod. v.5). Corte B-B'



Anexo 25.

Fotografías interiores de la vivienda de 2019 (cod. v.5)

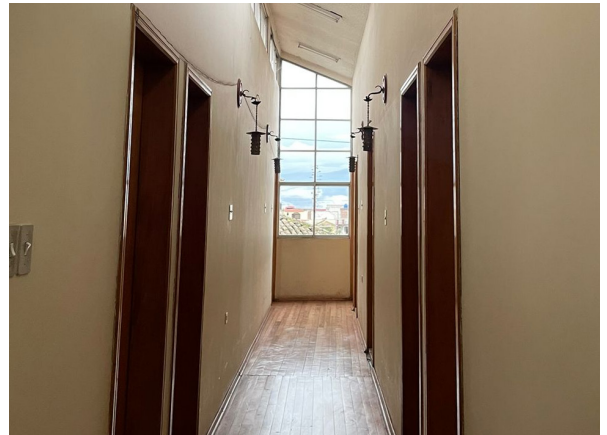






Anexo 26

Fotografías interiores de la vivienda de 1980 (cod. v.10)















Universidad  
Indoamérica

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y  
CONSTRUCCIÓN