

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN LA VIVIENDA RURAL DEL CANTÓN LATACUNGA, CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE

Trabajo de Integración Curricular Carrera de Arquitectura Período académico B21







UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE ARQUITECTURA ARTES Y DISEÑO
CARRERA DE ARQUITECTURA

TEMA:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN LA VIVIENDA RURAL
DEL CANTÓN LATACUNGA, CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA
ONCE DE NOVIEMBRE.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto.

Autor (a):

Rodrigo Sebastián Altamirano Hidalgo

Tutor (a):

MSc.Arq. María Augusta Rojas Molina

AMBATO - ECUADOR

2021

CRÉDITOS

Trabajo de Integración Curricular
Carrera de Arquitectura
Periodo académico B21

Autor:
Rodrigo Sebastián Altamirano Hidalgo

Correo: raltamirano2@indoamerica.edu.ec
Fecha de Publicación: Febrero 2022

Equipo de Soporte:

ROJAS MOLINA MARÍA AUGUSTA
Docente Tutor,
correo: mrojas4@indoamerica.edu.ec

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

NAVAS ALARCÓN EDUARDO
Docente apoyo diagramación,
correo: eduardonavasa@indoamerica.edu.ec

Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño,
Universidad Tecnológica Indoamérica



Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la fotografía y el tratamiento informático, sin autorización escrita del titular del Copiright; bajo las condiciones previstas por las leyes.

Para citar este documento:

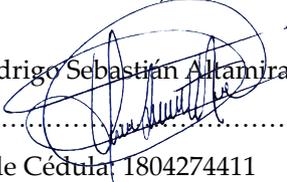
Altamirano, S. ; Rojas, M. Augusta. (2022). Análisis de la eficiencia térmica en la vivienda rural del cantón Latacunga, caso de estudio: Parroquia Once de Noviembre. Ambato. Universidad Tecnológica Indoamérica

AUTORIZACIÓN

Yo, ALTAMIRANO HIDALGO RODRIGO SEBASTIÁN, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN LA VIVIENDA RURAL DEL CANTÓN LATACUNGA, CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE”, 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 22 días del mes de febrero del 2022, firmo conforme:

Autor: Rodrigo Sebastián Altamirano Hidalgo

Firma:

Número de Cédula: 1804274411

Dirección: Tungurahua, Ambato, La Matriz, Cdla. España

Correo electrónico: raltamirano2@indoamerica.edu.ec

Teléfono: (+593) - 986228445

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN LA VIVIENDA RURAL DEL CANTÓN LATACUNGA, CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE”, presentado por RODRIGO SEBASTIÁN ALTAMIRANO HIDALGO, 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 de los Lectores que se designe

Ambato, 15 de marzo del 2022



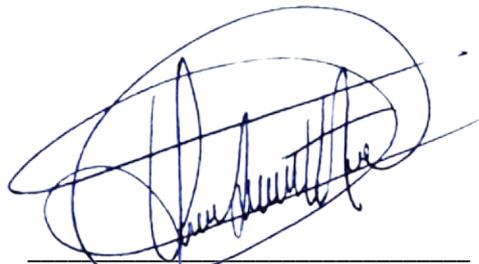
Firmado electrónicamente por:
**MARIA AUGUSTA
ROJAS MOLINA**

MSc. Arq. María Augusta Rojas Molina
TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

Ambato, 22 de febrero del 2022



Rodrigo Sebastián Altamirano Hidalgo
C.C. 1804274411

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizado para su impresión y empastado, sobre el tema: ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN LA VIVIENDA RURAL DEL CANTÓN LATACUNGA, CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE, 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, 25 de marzo del 2022.

DARIO
FERNANDO
BUSTAN GAONA

Firmado digitalmente por
DARIO FERNANDO BUSTAN
GAONA
Fecha: 2022.04.05 17:00:40
-05'00'



Firmado electrónicamente por:
**MARIA BELEN
VELASTEGUI
TORO**

Arq. MDA. Bustán Gaona Darío Fernando

Arq. MGE. Velástegui Toro María Belén

DEDICATORIA

A MI MADRE

Mujer valiente, llena de coraje que siempre me ha inculcado los mejores valores para desenvolverme en cada ámbito de mi vida, sin ella no soy nada.

A MI HERMANO

Que siempre me ha brindado su apoyo incondicional en cada aspecto de mi vida.

A MIS ÑAÑOS, PRIMOS & ABUELITO

Que me han apoyado hasta el cansancio y en algún punto de mi vida enfocaron toda su atención en mí.

Desde el cielo, mi padre me ve.
Para ti, Rodrigo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme finalizar de la mejor manera esta etapa de mi vida.

A mi madre y a mi hermano por ser mi fortaleza en cada momento que lo necesité y nunca abandonarme.

A todos los docentes de la FAAD por su vasta y valiosa experiencia académica y por sembrar en mí los conocimientos necesarios, especialmente a mis tutores: Arq. María Augusta Rojas y Arq. Paola Maigua por su excelente asesoría académica.

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación tiene como objetivo conocer las condiciones de confort térmico de los habitantes, en dos casos de estudio de vivienda rural en la parroquia Once de Noviembre. Los casos de estudio corresponden a una vivienda con sistemas constructivos ancestrales y una vivienda con prácticas industrializadas. Para la obtención de los datos, se realizaron mediciones de temperatura *in situ* en el interior de las viviendas por un corto período de tiempo; y se entrevistó a los jefes de hogar de las viviendas para conocer datos cualitativos de la sensación del ambiente térmico. De la misma manera, se utilizó el software DesignBuilder para realizar simulaciones termo energéticas utilizando los datos meteorológicos de la estación Rumipamba-Salcedo para evaluar el ambiente térmico interior de las viviendas. Para la evaluación del ambiente térmico de los ocupantes se utilizaron los lineamientos marcados en la norma ASHRAE-55 2017, utilizando los procedimientos del Voto Medio Previsto (VMP), Horas de disconfort y temperatura operativa en espacios. Los resultados obtenidos fueron que la vivienda N°1 es un 24.8 % más confortable que la vivienda N°2, por lo que se recurrió a emplear las estrategias pasivas de control térmico basadas en la carta psicrométrica de Givoni, así también se modificaron las capas de las envolventes en los dos casos de estudio; basadas en el valor máximo de transmitancia térmica establecidas en la NEC-13. De lo contrario a lo que se esperaba, la vivienda con sistemas constructivos vernáculos presenta más horas de disconfort tanto en su estado actual como en su intervención, esto debido a que no se consideraron estrategias de diseño bioclimáticas para su construcción.

Palabras clave:

Confort térmico, estrategias bioclimáticas, horas de disconfort, temperatura operativa, vivienda rural.

ABSTRACT

This research is aimed to know the thermal comfort conditions of the inhabitants in two case studies of rural dwellings in the parish of Once de Noviembre. The case studies correspond to a house with ancestral construction systems and a house with industrialized practices. To obtain the data, in situ temperature measurements were taken inside the houses for a short period of time; and the heads of household of the dwellings were interviewed to obtain qualitative data on the sensation of the thermal environment. Likewise, DesignBuilder software was used to perform thermo-energy simulations using meteorological data from the Rumipamba-Salcedo station to evaluate the indoor thermal environment of the houses. For the evaluation of the thermal environment of the occupants, the guidelines established in the ASHRAE-55 2017 standard were used, using the procedures of the Predicted Mean Vote (VMP), Hours of discomfort and operating temperature in spaces. The results obtained were that house N°1 is 24.8% more comfortable than house N°2, so passive thermal control strategies based on Givoni's psychrometric chart were used, and the envelope layers were modified in both cases of study; based on the maximum value of thermal transmittance established in the NEC-13. Contrary to what was expected, the house with vernacular construction systems presents more hours of discomfort both in its current state and in its intervention, because bioclimatic design strategies were not considered for its construction

Keywords:

Rural dwellings, thermal comfort, operative temperature, passive strategies, hours of discomfort.

TABLA DE CONTENIDOS, TABLAS & FIGURAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CRÉDITOS	4
AUTORIZACIÓN	5
APROBACIÓN DEL TUTOR	6
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	7
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	8
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTO	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	20
CONTEXTUALIZACIÓN	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
ÁRBOL DE PROBLEMAS	28
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	29
JUSTIFICACIÓN	30
OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	31
FUNDAMENTO TEÓRICO - CONCEPTUAL	32
ESTADO DE LA CUESTIÓN	54

TABLA DE CONTENIDOS, TABLAS & FIGURAS

CONCLUSIONES PARCIALES	61
MATERIALES & MÉTODOS	62
DISEÑO METODOLÓGICO	63
TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	66
DELIMITACIÓN ESPACIAL	67
ANÁLISIS	69
RESULTADOS	78
CONCLUSIONES PARCIALES	156
REFLEXIONES FINALES Y RECOMENDACIONES	157
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
ANEXOS	164
ANEXO 1	164
ANEXO 2	170
ANEXO 3.....	178
ANEXO 4.....	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área de ocupación de viviendas por barrios	25
Tabla 2. Índices e indicadores de vivienda de la parroquia Once de Noviembre	26
Tabla 3. Rangos de temperatura en Ecuador	34
Tabla 4. Condiciones en las que el cuerpo humano se mantiene cómodo	36
Tabla 5. Regulación de temperatura promedio del cuerpo humano	
Tabla 6. Indicadores de confort térmico según varios autores	
Tabla 7. Escala PMV de confort térmico	38
Tabla 8. Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y zona climática W/m ² K	41
Tabla 9. Escala de Voto Medio Previsto	41
Tabla 10. Resumen del estado de la cuestión	59
Tabla 11. Climatología en el cantón Latacunga	69
Tabla 12. Valores promedio de radiación solar en Latacunga	71
Tabla 13. Resumen de las envolventes: Vivienda N° 1	80
Tabla 14. Resumen de la temperatura exterior e interiores: Vivienda N° 1.....	81
Tabla 15. Resumen de la humedad relativa en ambientes interiores: Vivienda N° 1	83
Tabla 16. Resumen de las envolventes: Vivienda N° 2.....	84
Tabla 17. Resumen de la temperatura exterior e interiores: Vivienda N° 2	85
Tabla 18. Resumen de la humedad relativa en ambientes interiores: Vivienda N° 2.....	87
Tabla 19. Requisitos de envolvente para la zona climática 4	115
Tabla 20. Comparación final de temperatura operativa: Vivienda 1 & vivienda 1-M.....	148
Tabla 21. Comparación final de horas de disconfort: Vivienda 1 & vivienda 1-M.....	148
Tabla 22. Comparación final de temperatura operativa: Vivienda 2 & vivienda 2-M.....	149
Tabla 23. Comparación final de horas de disconfort: Vivienda 2 & vivienda 2-M.....	149
Tabla 24. Intervención de materialidad arquitectónica y vanos: Vivienda 1 & Vivienda 1-M	150
Tabla 25. Intervención de materialidad arquitectónica y vanos: Vivienda 2 & Vivienda 2-M	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	21
Una casa y las montañas en los Andes ecuatorianos	21
Figura 2.	23
Vivienda rural en la parroquia Once de Noviembre	23
Figura 3.	25
Tenencia de vivienda en la provincia de Cotopaxi	25
Figura 4.	28
Árbol de problemas	28
Figura 5.	33
Vivienda en la parroquia Once de Noviembre	33
Figura 6.	34
Mapa de zonas climáticas del Ecuador	34
Figura 7.	35
Curvas de confort	35
Figura 8.	36
Carta psicrométrica	36
Figura 9.	39
Variación de la vestimenta en personas	39
Figura 10.	42
Gráfica PMV-PPD	42
Figura 11.	44
Confort relacionado con las ventanas	44
Figura 12.	47
Puerta de madera antigua, verde con viga de madera en casa de adobe, teja, Cuenca, Ecuador	47
Figura 13.	48
Volcán Cayambe, Ecuador	48
Figura 14.	50
Carta psicrométrica adaptada de Givoni	50
Figura 15.	51
Estrategias de diseño de inercia térmica.....	51
Figura 16.	51
Estrategia de diseño de calefacción solar pasiva	51
Figura 17.	52
Estrategias de diseño para minimizar las pérdidas de calor .52	52
Figura 18.	52
Estrategias de diseño de inercia térmica	52
Figura 19.	53
Casa ecuatoriana	53
Figura 20.	56
Esquema de las dimensiones de las viviendas	56
Figura 21.	66
Pasos a seguir para el cumplimiento de objetivos específicos 66	66
Figura 22.	67
División política del Ecuador	67
Figura 23.	68
Cantones de la provincia de Cotopaxi	68
Figura 24.	68
Parroquias del cantón Latacunga	68

Figura 25.	68	Figura 42.	83
Barrios de la parroquia rural Once de Noviembre	68	Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda	83
Figura 26.	70	Figura 43.	84
Movimiento del sol en el Ecuador	70	Porcentaje de ocupación de envolventes: Vivienda 2	84
Figura 27.	71	Figura 44.	85
Movimiento del sol en el Ecuador	71	Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda	85
Figura 28.	72	Figura 45.	86
Flora representativa de la parroquia	72	Temperatura de bulbo seco exterior en comparación con la temperatura interior: Vivienda N°2	86
Figura 29.	72	Figura 46.	87
Fauna representativa de la parroquia	72	Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda	87
Figura 30.	73	Figura 47.	90
Uso de suelo del Barrio Plaza Arenas	73	Isometría de la vivienda N°1	90
Figura 31.	74	Figura 48.	90
Crecimiento poblacional de la parroquia Once de Noviembre	74	Isometría de la vivienda N°1	90
Figura 37.	78	Figura 49.	91
Termo-higrómetro marca HTC-2	78	Insolación anual acumulada: Vivienda N°1	91
Figura 39.	80	Figura 50.	92
Porcentaje de ocupación de envolventes: Vivienda 1	80	Estudio solar en diferentes fechas: Vivienda 1	92
Figura 40.	81	Figura 51.	93
Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda	81	Vista aérea de la vivienda N°1	93
Figura 41.	82	Figura 52.	94
Temperatura de bulbo seco exterior en comparación con la temperatura interior: Vivienda 1	82	Detalle constructivo visto en isometría: Vivienda N°1	94

Figura 53.	95	Figura 63.	105
Distribución de zonas en el software DesignBuilder.....	95	Insolación solar acumulada: Vivienda N°2	105
Figura 54.	96	Figura 64.	106
Temperatura exterior vs temperatura operativa interior:		Detalle constructivo visto en isometría de vivienda N°2.....	106
Vivienda 1	96	Figura 65.	107
Figura 55.	97	Temperatura exterior vs temperatura operativa interior:	
Horas de desconfort con cualquier tipo de ropa : Vivienda 1.97		Vivienda 2	107
Figura 56.	98	Figura 66.	108
Horas de desconfort anuales visto en planta: Vivienda 1.....	98	Horas de desconfort mensual con cualquier tipo de ropa:	
Figura 57.	99	Vivienda 1	108
Frecuencia mensual de índices de confort térmico: Vivienda 1		Figura 67.	109
99		Horas de desconfort anuales visto en planta: Vivienda 2.....	109
Figura 58.	100	Figura 68.	110
Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD:		Frecuencia mensual de índices de confort térmico: Vivienda 2	
Vivienda 1	100	110	
Figura 59.	101	Figura 69.	111
Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD:		Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD:	
Vivienda 1	101	Vivienda 2	111
Figura 60.	102	Figura 70.	112
Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD:		Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante	
Vivienda 1	102	cálculo CFD: Vivienda 2	112
Figura 61.	103	Figura 71.	113
Índice de Voto Medio Previsto visto en corte ta mediante		Temperatura operativa vista en corte ta mediante cálculo CFD:	
cálculo CFD: Vivienda 1.....	103	Vivienda 1	113
Figura 62.	104	Figura 72.	114
Isometría de la vivienda N°2	104	Índice de Voto Medio Previsto visto en corte ta mediante	
		cálculo CFD: Vivienda 1.....	114

Figura 73.	116	Figura 83.	125
Estrategias de diseño para minimizar las pérdidas de calor .		Horas de desconfort con cualquier tipo de ropa: Vivienda 1-M	
116		125	
Figura 75.	117	Figura 84.	126
Propuesta de modificación de ventanas: Vivienda 1-M	117	Horas de desconfort anual visto en planta: Vivienda 1-M	126
Figura 76.	118	Figura 85.	127
Propuesta de mejoramiento de muro visto en isometría:		Temperatura operativa vista en planta del mes de septiembre:	
Vivienda 1-M	118	Vivienda 1-M	127
Figura 77.	119	Figura 86.	128
Detalle constructivo de la propuesta para la intervención de		Frecuencia mensual de índices de confort : Vivienda 1-M ..	128
muros exteriores: Vivienda 1-M.....	119	Figura 87.	129
Figura 78.	120	Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD:	
Propuesta de mejoramiento de cubierta visto en isometría:		Vivienda 1-M	129
Vivienda 1-M	120	Figura 88.	130
Figura 79.	121	Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante	
Detalle constructivo de la propuesta para la intervención de la		cálculo CFD: Vivienda 1-M	130
cubierta: Vivienda 1-M.....	121	Figura 89.	131
Figura 80.	122	Temperatura operativa vista en corte mediante cálculo CFD:	
Propuesta de mejoramiento de solado visto en isometría: ..	122	Vivienda 1-M	131
Vivienda 1-M	122	Figura 90.	132
Figura 81.	123	Índice de Voto Medio Previsto visto en corte mediante cálculo	
Detalle constructivo de la propuesta para la intervención del		CFD: Vivienda 1-M	132
solado: Vivienda 1-M	123	Figura 91.	133
Figura 82.	124	Fachada sur bloque 1: Vivienda N°2	133
Temperatura exterior vs temperatura operativa interior:		Figura 92.	135
Vivienda 1-M	124	Propuesta de modificación de ventanas: Vivienda 2-M	135

Figura 93.	136
Propuesta de mejoramiento de muro visto en isometría: Vivienda 2-M	136
Figura 94.	137
Detalle constructivo de la propuesta para la intervención de muros exteriores: Vivienda 2-M.....	137
Figura 95.	138
Propuesta de mejoramiento de cubierta visto en isometría: Vivienda 2-M	138
Figura 96.	139
Detalle constructivo de la propuesta para la intervención de la cubierta: Vivienda 2-M.....	139
Figura 97.	140
Temperatura exterior vs temperatura operativa interior: Vivienda 2-M	140
Figura 98.	141
Horas de desconfort con cualquier tipo de ropa: Vivienda 2-M	141

Figura 99.	142
Horas de desconfort anual visto en planta: Vivienda 2-M	142
Figura 100. Temperatura operativa vista en planta del mes de septiembre: Vivienda 2-M	143
Figura 101. Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M.....	144
Figura 102.	145
Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M.....	145
Figura 103.	146
Temperatura operativa vista en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M	146
Figura 104.	147
Índice de Voto Medio Previsto visto en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M	147

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en el análisis del confort térmico en el interior de una vivienda rural, partiendo desde el análisis de la materialidad que componen las envolventes de las viviendas en el sector rural andino del Ecuador; por lo que se concibe el tema de: “Análisis de sistemas constructivos y eficiencia térmica en la vivienda rural del cantón Latacunga”. En tiempo de invierno, los fenómenos climatológicos hacen que las bajas temperaturas de la noche al interior de las viviendas rurales de la zona interandina central; descienda a puntos cercanos al punto de fusión del agua, lo cual es un grave problema ya que afecta el estado de salud y el nivel de satisfacción de los habitantes de estas zonas, entre los más afectados frente a este agravio se encuentran los niños y las personas de la tercera edad, sin distinción de género (Abanto et al., 2017). La característica principal de las viviendas rurales es su materialidad heterogénea, los materiales predominantes en las viviendas rurales alto andinas son los bloques huecos de hormigón y el adobe en las paredes, conjugadas con las tejas y zinc en sus cubiertas.

La investigación de esta problemática surge por la razón de conocer cuáles son las razones por las que los habitantes de zonas rurales optan por sacrificar su confort térmico en el interior de las viviendas. Se tiene el interés por aportar con mediciones y utilización de software especializado para entender mejor la problemática al interior de las viviendas en

este piso climático. El interés en el ámbito profesional de la arquitectura se centra en comparar dos casos de estudio de una misma tipología.

La finalidad de la presente investigación se centra en conocer las condiciones de confort térmico en el interior dos casos de estudio de vivienda rural, a través de mediciones termo energéticas con el fin de generar lineamientos y estrategias pasivas en dos casos de estudio de vivienda de la parroquia rural Once de Noviembre, Cotopaxi.

La estructura de la investigación se compone de tres capítulos, los cuales van estructurados de la siguiente manera:

En capítulo I, encabezado por el problema, se da a conocer la problemática con la que se empieza la investigación, la contextualización que redacta en diferentes escalas el problema a ser investigado, objetivos generales y específicos que será sustentados con las preguntas de investigación.

En el capítulo II, se establecen los fundamentos conceptuales y teóricos del tema de investigación; en este apartado se darán a conocer los principales términos relacionados con el confort, bienestar y eficiencia térmica, se analizan referentes que hayan aportado a la temática de eficiencia térmica en la vivienda rural, se diseña una metodología

de investigación en base a la línea y sub línea de investigación, en donde se establece un diseño metodológico, enfoque de investigación, técnicas de investigación y tipo de investigación, cerrando finalmente este capítulo con conclusiones capitulares.

En el capítulo III, se aplica la metodología que se seleccionó con el fin de realizar los respectivos análisis a la temática de investigación; en ese apartado se analiza el contexto natural, artificial y social de la parroquia rural Once de Noviembre ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Del mismo modo se realiza un análisis del estado actual de las viviendas seleccionadas para el estudio de eficiencia térmica.

Para concluir, se define una propuesta de modificación de las envolventes y vanos de las viviendas, con el fin de mejorar las condiciones del confort interior en las dos viviendas seleccionadas, para posteriormente proceder a utilizar el software DesignBuilder para simular los resultados de la intervención y comparar el estado actual y los resultados de las intervenciones.

Figura 1.

Una casa y las montañas en los Andes ecuatorianos



Nota. Halisov.s.f

CONTEXTUALIZACIÓN

CONTEXTO MACRO

El confort térmico es un aspecto importante en las viviendas debido a que influye de manera importante en la salud y el bienestar de sus ocupantes. A escala mundial, el estudio del ambiente térmico requiere de una serie de conocimientos basados en el ambiente, tipo de vivienda y el individuo en sí (León, 2018). El modo en que el clima interior afecta a la comodidad de los habitantes en el interior de las viviendas es un aspecto que a menudo se pasa por alto en los estudios de la cultura material del pasado. La disciplina del bienestar térmico, así como la definición de un ambiente confortable nació en el siglo XX, cuando se hizo posible controlar, directamente, el microclima del ambiente interior de casas, vehículos, entre otros.

En siglos anteriores, las condiciones de confort interior se controlaban mediante rigurosos procesos de adaptación, relacionado con el comportamiento y la vestimenta, además del uso de fuentes de calor como chimeneas o estufas para controlar la temperatura. Al no poder actuar sobre el confort de las habitaciones no era útil estudiar los parámetros que podían influir con el confort. Además de estudiar el confort era necesario modelar el edificio como un sistema abierto y aplicar las leyes de la termodinámica, una disciplina que apenas nació en la segunda mitad del siglo XIX. Durante el desarrollo del siglo XX las teorías arquitectónicas (Movimiento moderno,

Racionalismo, Bauhaus, Le Corbusier con El Modulor, Neoplasticismo, CIAM, Estilo Internacional, entre otros) y demás técnicos de aquel siglo, pusieron al hombre al centro de todo, como un individuo con una dimensión física, fundando un interés en el desempeño de un edificio residencial (Fabbri, 2015).

En el norte de Europa la mejora del confort térmico ha sido crucial para el desarrollo de las viviendas, el clima interior en la vivienda suele definirse como una interrelación entre la forma y tejido del edificio y el clima actual, las temperaturas, la humedad relativa, la radiación solar y la dirección del viento (Hawkes, 1996).

Al terminar el siglo XIX, cuando la calefacción y la ventilación centralizadas se desarrollaban rápidamente, los conocimientos sobre como “abrigarse”, asegurar un aislamiento térmico adecuado, regular la temperatura y la consideración frecuente de nuevas soluciones energéticas eran decisivas para sobrevivir a los duros inviernos y a las condiciones meteorológica extremas, el control ambiental también se combinaba con las prácticas sociales y las jerarquías, es así como quedo conjugada un relación entre el estatus y confort. (Eriksdotter & Legnér, 2015).

Figura 2.
Vivienda rural en la parroquia Once de Noviembre



Nota. Elaboración propia

CONTEXTO MESO

Más de mil millones de personas no poseen una vivienda adecuada alrededor de todo el mundo, en América Latina el 36% de las familias existentes (alrededor de 59 millones de hogares) se enfrentan al mismo problema. En este contexto, se considera que una vivienda adecuada es toda aquella que proporciona seguridad de tenencia, asequibilidad, habitabilidad, accesibilidad, ubicación, adecuación cultural y disponibilidad de servicios, materialidad, instalaciones e infraestructura. (Miño-Rodríguez et al., 2016).

En el caso de un contexto más cercano, en zonas altas de los Andes peruanos las temperaturas oscilan los -20 hasta los -1 °C, estas condiciones climáticas afectan de manera negativa en los meses de clima invernal, ya que el resultado es la aparición de “heladas”. Estas condiciones causan daño a la vida de los habitantes de este piso climático y más aún a grupos de personas vulnerables como niños y ancianos. La mayoría de viviendas emplazadas en estas áreas rurales poseen sistemas constructivos precarios y no ofrecen un confort térmico ni buenas condiciones de vida a las personas que las habitan. (R. Molina y otros, 2020). Con el apoyo del Centro de Energía Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería (CER – UNI) se han elaborado prototipos de viviendas diseñadas para tener un confort térmico decente en este piso climático.

CONTEXTO MICRO

El déficit habitacional en varios países de América Latina se ve reflejado en el número de viviendas nuevas que necesitan ser construidas y en las

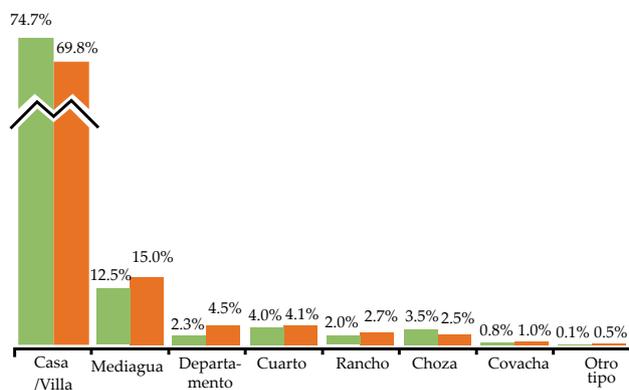
viviendas existentes cuyo estado representa un grave riesgo para las personas que las habitan. En el caso de Ecuador, 2,033,878 hogares, aproximadamente el 48,9% de hogares del país, poseen déficit habitacional. De un total de 4,157,113 hogares a nivel nacional, 632,488 (15,22%) tienen déficit habitacional cuantitativo mientras que más de un millón de hogares (33,7%) tienen déficit cualitativo. (Gallardo et al., 2016)

Los más de 1,4 millones de hogares con déficit cualitativo consisten en viviendas cuya tenencia es insegura, están construidos con materiales inadecuados, carecen de servicios básicos o están bajo condiciones de hacinamiento. Por otro lado, los 632.488 hogares con déficit cuantitativo comparten su vivienda con una o más familias, o viven viviendas improvisadas.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) es la entidad encargada de ejercer y promover la política pública de las ciudades en todo el Ecuador, pero además de ello dentro de su misión se detalla que garantizará a la ciudadanía el acceso a un hábitat seguro y saludable. El MIDUVI durante muchos años ha implementado un modelo único para sus proyectos de vivienda social en todo el país, tipología de vivienda que consiste en casas construidas con suelos y paredes de hormigón y techos de zinc sin aislamiento. (Gallardo et al., 2016). El modelo de vivienda que ofrece el MIDUVI no toma en cuenta las diferencias climáticas de cada región del Ecuador, lo que ha causado que el nivel de satisfacción al interior de las viviendas rurales sea bajo, las viviendas sociales construidas en Ecuador no consideran el uso de sistemas de climatización.

En la provincia de Cotopaxi, según su último censo en el año 2010 se tiene registrado que el número total de viviendas es de 142.766, en la cual destaca la tipología de vivienda casa/villa con un total de 74,7% en el año 2010 en comparación con el penúltimo censo del año 2001, lo cual indica que existe un crecimiento considerable en esta tipología de vivienda en la provincia.

Figura 3.
Tenencia de vivienda en la provincia de Cotopaxi



Nota. INEC, 2010.

En el documento del PDOT cantonal de Latacunga, específicamente en el apartado que diagnostica el componente de asentamientos humanos, se abordan temas que permite identificar las desigualdades de distintos grupos sociales en el territorio, así como se analiza la calidad del hábitat en todo el cantón. Con respecto al acceso de la población a la vivienda en el cantón Latacunga, esta presenta características análogas en lo que se denomina patrón de asentamiento, en este sentido se evidencia un índice que sobrepasa el 10% de viviendas con estructuras

deficientes en las áreas dispersas prevalecen las viviendas de tipología tradicional en forma y función. Del mismo modo, existe un alto número de viviendas con carencia de confort, lo cual afecta la calidad de vida de más del 40% de la población. (GADML, 2016)

En la parroquia Once de Noviembre la problemática del confort térmico al interior de las viviendas no está exento, esto se debe a que no se aborda esta problemática de la manera correcta, los efectos que padecen los principales actores de este problema son los mismos mencionados anteriormente, todos son nocivos para la calidad de vida de los habitantes de esta parroquia. Es de vital importancia profundizar en este problema ya que se deben realizar estudios científicos para posteriormente diseñar, elaborar y promover modelos de viviendas que sean funcionales en su totalidad, sin sacrificar ningún aspecto arquitectónico.

Tabla 1.
Área de ocupación de viviendas por barrios

Barrios	Área Ha	Área %
Angamarca	28	2.34 %
Barrio Centro	149	17.03 %
Cristo Rey	220	19.10 %
La Libertad	53	6.55 %
La Unión	47	4.14 %
Las Parcelas	136	16.55 %
Plaza Arenas	77	9.37 %
San Alfonso	79	9.61 %
San Pedro	106	12.90 %
San Gerardo	34	2.43 %

Nota. Adaptado de GAD Once de Noviembre, 2020.

De acuerdo al PDOT de Once de Noviembre, la parroquia cuenta con 732 viviendas, de las cuales el 53,55 % de las viviendas tienen piso entablado, parquet, baldosa, vinil, ladrillo o cemento y las viviendas con techo de teja o losa corresponden un 55,19%. Según el cuadro detallado a continuación, es necesario implementar un programa de vivienda en la parroquia, el cual debe ser accesible y logre solventar la problemática de una vivienda digna para todos en el cantón. (GAD parroquia Once de Noviembre, 2020).

Tabla 2.
Índices e indicadores de vivienda de la parroquia Once de Noviembre

Índices e indicadores de vivienda	Cantón Latacunga	Parroquia Once de Noviembre	Déficit Cantonal
Viviendas totales	44.041%	7.32 %	1.66%
Viviendas con piso de entablado, parquet, baldosa, vinil, ladrillo o cemento	79.91%	53.55%	
Viviendas con techo de teja o losa de hormigón	76.15%	55.19%	
Hogares hacinados	12.50%	10.66%	
Hogares que tienen vivienda propia	74.80%	86.72%	
Hogares que viven arrendando	5915%	12%	

Nota. Adaptado de INEC, ENEMDU,2018.

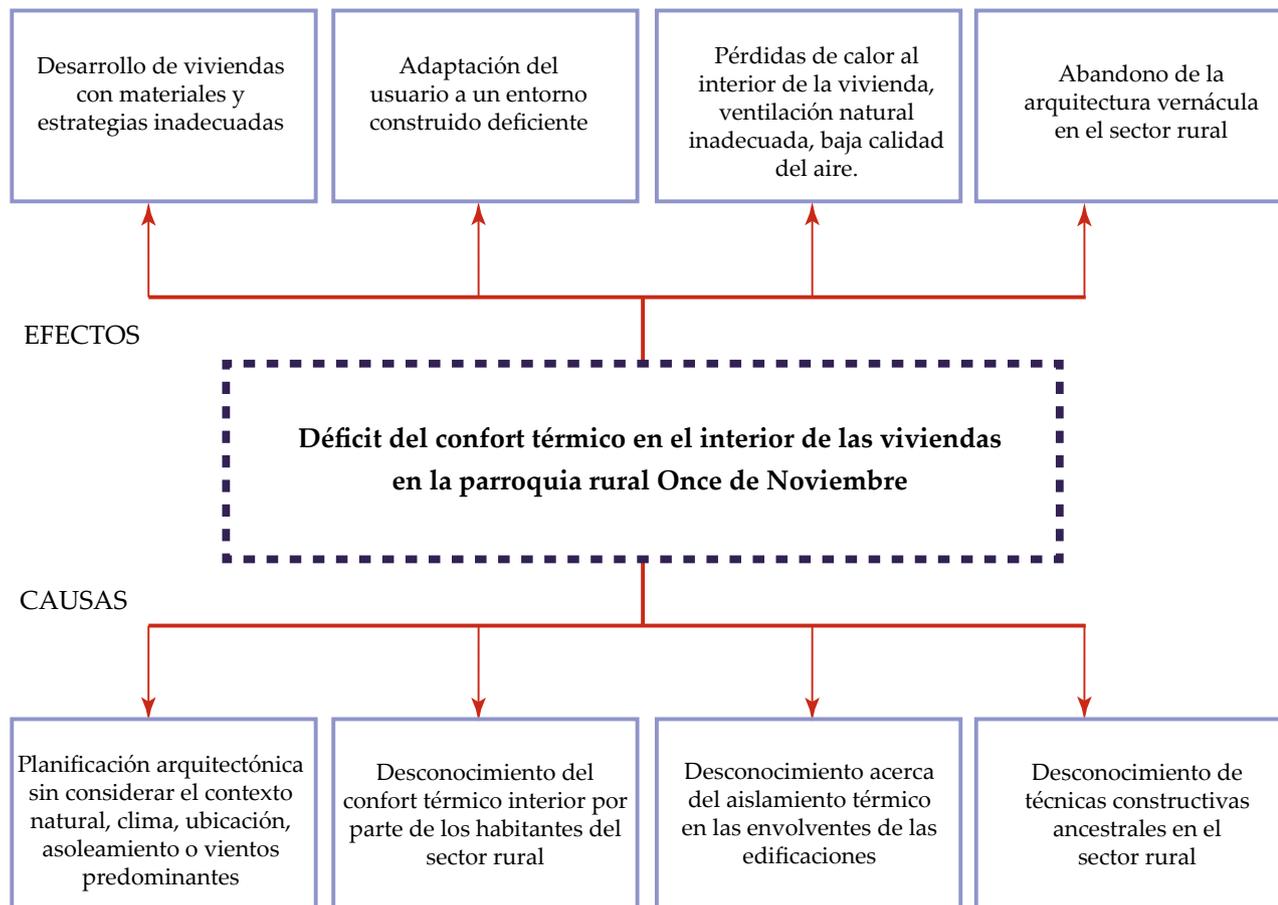
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ubicada a 2680 m s.n.m. en el corazón de la sierra central ecuatoriana se encuentra el cantón Latacunga, con una extensión de 138.630.57 ha. El cantón Latacunga se caracteriza por ser una zona volcánica, cuya evolución y productos pertenecen a edades diferentes y emisiones de material volcánico (GADML, 2014). En la actualidad se puede apreciar una gran cantidad de viviendas que no poseen las técnicas ni insumos pertinentes para la consolidación de una vivienda digna, independientemente de cuántas personas la habiten.

Gran parte de las viviendas rurales poseen materiales ancestrales de los páramos del Ecuador, entre los cuales destacan el adobe, paja, madera, piedra, ladrillo cerámico, entre otros. Sin embargo, estos materiales y por consiguiente sus sistemas constructivos han sido reemplazados por materiales y técnicas industrializadas asequibles como el hormigón, zinc, acero, fibrocemento, entre otros. La correcta aplicación de cualquier tipo de materialidad; ya sea esta de tipo industrializada o ancestral, será una condicionante para que el ambiente interior determinado sea confortable, por lo que la problemática de la investigación se basa en el siguiente planteamiento: **Déficit en el confort térmico interior de las viviendas de la parroquia rural Once de Noviembre**

ÁRBOL DE PROBLEMAS

Figura 4.
Árbol de problemas



Nota. Elaborado por el autor

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo es el estado actual de las envolventes en las viviendas rurales seleccionadas de la parroquia Once de Noviembre?
- ¿Cuáles son las razones por las que los habitantes de la parroquia Once de Noviembre no planifican sus viviendas con sistemas constructivos y materialidad arquitectónica en relación con el contexto?
- ¿De qué manera satisfacer el nivel de confort térmico de una persona al interior de una vivienda en la parroquia rural Once de Noviembre?
- ¿Cuál es la metodología para evaluar el confort térmico al interior de las viviendas rurales?

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como fin comparar los niveles de confort que se encuentran en una vivienda con materialidad ancestral frente a una vivienda con materialidad industrializadas. Con el fin de saber de buena tinta las razones por las que los habitantes de zonas rurales en climas fríos, elijen sacrificar el confort térmico de su vivienda por la calidad estética o por temas económicos.

Esta investigación tiene el interés de respaldar futuras investigaciones, a través de tesis doctorales, escritos, libros e información válida con el fin de elevar la temática y que se ponga en conocimiento de futuros lectores que busquen información relacionada con el confort térmico en zonas rurales.

La importancia de esta investigación radica en que se puede incentivar a la población en el uso de materiales y sistemas constructivos pertinentes para su aplicación en viviendas del sector rural, dado que la población desconoce de las técnicas de aislamiento térmico que se pueden lograr con materiales disponibles en su contexto inmediato, además de que son amigables con el medio ambiente. (GADML, 2014)

Los principales beneficiarios serán los habitantes que habitan en este piso climático en específico, aquellas personas que no estén conformes con el confort térmico de su vivienda, ya que podrán evaluar la materialidad de la vivienda acotando una serie de especificaciones y técnicas que eleven el nivel de confort que percibe una persona, para así poder mejorar una de las condicionantes que apuntan hacia el confort deseado en una vivienda.

La investigación es factible en su ejecución, dado que se puede obtener información de bibliografía relevante por medio del Internet, a su vez se puede realizar visitas de campo en las viviendas que se desee realizar la comparativa ya que se tiene el apoyo de la universidad para gestionar las visitas pertinentes, de igual manera existe la posibilidad de utilizar equipos de medición y programas computacionales necesarios para la medición térmica de las viviendas que se requiera hacer el análisis.

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Conocer las condiciones de confort térmico en dos casos de estudio de vivienda rural de la parroquia Once de Noviembre, a través de simulaciones termoenergéticas con la finalidad de generar lineamientos y estrategias pasivas.

Objetivos Específicos

- Identificar la materialidad arquitectónica de los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre 2021 - 2022.
- Conocer la percepción de confort térmico de una persona al interior de los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre.
- Simular el confort térmico interior en los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre, mediante equipo y software especializado.
- Proponer soluciones constructivas de materialidad arquitectónica en los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre.

FUNDAMENTO TEÓRICO - CONCEPTUAL

FUNDAMENTO LEGAL

Según lo establecido en la Constitución del Ecuador, en el Artículo N°30 de la sección sexta de hábitat y vivienda, se especifica que:

“Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia absoluta de su situación social y económica”(2008).

En esta sección se manifiesta que todas las personas a más de tener una vivienda, deben tener las condiciones necesarias para su correcta habitabilidad, sin hacer distinciones de su situación social y económica, por lo que se esclarece la importancia de una vivienda digna.

Según lo establecido en capítulo 13 de NEC-13 : Eficiencia energética en la construcción del Ecuador se especifica que, para la existencia de confort térmico interior, el interior de las edificaciones debe mantenerse dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26°C
- Temperatura radiante media de superficies de local: entre 18 y 26°C
- Velocidad del aire: entre 0.055 y 0.15 m/s
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65%(Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011)

Mediante lo establecido, se toma en consideración una serie de variables que deben ser controladas para que al interior de una vivienda se goce de un confort térmico deseable.

FUNDAMENTO CONCEPTUAL

Definición de lo rural

“Se puede definir lo rural en términos de censos y datos estadísticos como aquello que no es urbano”

En su tesis de maestría, Peres (2003) describe que la forma de calificar los espacios rurales responde a cada una de las tradiciones nacionales y que, antes de estudiar los procesos estadísticos que involucran a lo rural, lo importante es saber exactamente qué se entiende por “espacios rurales”. Ferrão (2007) destaca que lo construido en el medio rural debe ser visto desde diferentes áreas de conocimiento, integrando conceptos y caracterizando lo que podría llamarse “espacio no urbano”. En el ámbito de la arquitectura y el urbanismo, el medio rural llama la atención sobre el patrimonio cultural rural, su sostenibilidad y valoración. (Massucci, 2014).

La ruralidad puede ser entendida como una manera de vincular al hombre con el medio natural, de modo que se cree una identidad social y cultural específica.

En Ecuador, dentro de un punto de vista estadístico se puede considerar como rural a aquellas zonas que se encuentran fuera de los límites de áreas de amenazas, conjugado en lo espacial y administrativo, pero esto presenta una barrea para interpretar las dinámicas nacientes del Ecuador, por ello desde una realidad demográfica, productiva e identitaria, en el Ecuador se define a lo rural como aquellas áreas en donde la población se distribuye y se asiente de manera dispersa en el campo y en pequeños pueblos de hasta 15 000 habitantes (IGM et al., 2017).

Vivienda

La vivienda es aquel espacio de uso cotidiano más próximo al que las personas habitan desde el momento de su nacimiento, se puede entender a este espacio como un espacio familiar, el mismo que resulta el punto de partida para la consolidación de un hogar. La conjugación de la vivienda y la familia se compone de una realidad socio ambiental a través de un proceso de inserción en la estructura de las clases sociales. (Orozco Farfán & Rojas Otero, 2006).

La transición de la vivienda a un hogar es un fenómeno que se basa en una aproximación más subjetiva del espacio en el que habitan los miembros de la familia, para que este proceso se lleve a cabo, es necesario que la vivienda esté llena de contenido. La vivienda al final de cuentas resulta un campo de costumbres y de la constante práctica social, del mismo modo, la vivienda es un lugar para alcanzar la plena estabilidad en la vida de todos los seres humanos, conformando ese espacio en el cual el ser humano se refugia frente al mundo exterior (Orozco Farfán & Rojas Otero, 2006).

Figura 5.

Vivienda en la parroquia Once de Noviembre



Nota. Elaborada por el autor

Vivienda rural

Se considera a la vivienda rural como un organismo particularmente activo, con una permanente interactividad con el medio natural, construido y comunitario, la cual compone una herencia de tipo cultura, sostén emocional y cohesivo de las familias. (Sánchez Quintanar & Jimenez Rosas, 2010)

La vivienda vernácula rural, a lo largo de los años se ha reutilizado continuamente, se ha adaptado a las condiciones locales y han sobrevivido a muchos eventos de diferentes magnitudes como testimonios culturales, lo que genera un vínculo directo con el pasado. La satisfacción de las necesidades humanas con medios sencillos como el uso de materiales locales tradicionales y de los recursos disponibles, así como la incorporación de principios de diseño de carácter medioambiental, le confieren a este tipo de viviendas una identidad sostenible. (Philokyprou & Michael, 2021).

Zona climática

Las zonas climáticas son una aproximación de los posibles lineamientos naturales que el proyectista se encuentra al concebir un proyecto arquitectónico. En el Ecuador, el INAMHI es el ente encargado de monitorear los datos climatológicos, el cual ha generado un mapa de isotermas que se divide en 12 zonas térmicas, todo en función de la temperatura media anual registrada en cada estación meteorológica (MIDUVI, 2011). El país; de una manera simplificada, se ha configurado en seis zonas térmicas, el clima en determinadas locaciones puede variar dependiendo de varios factores lo cual genera microclimas.

Tabla 3.

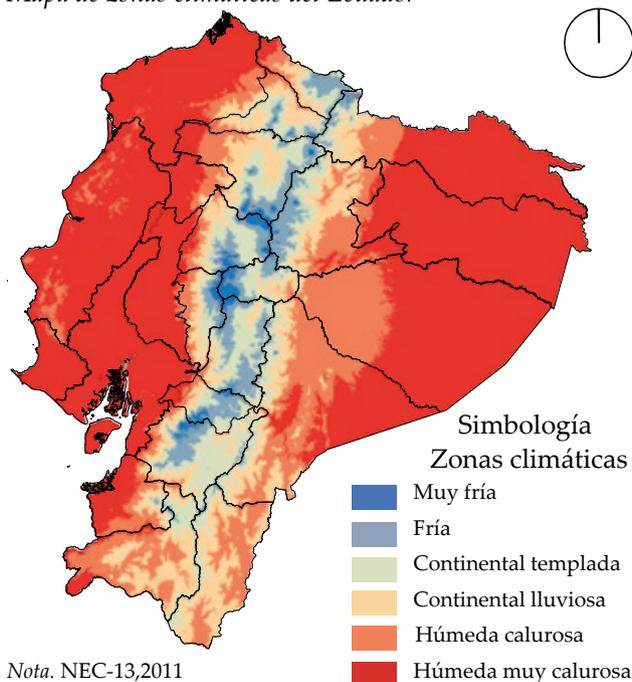
Rangos de temperatura en Ecuador

ZONA CLIMÁTICA	Rango de temperatura (INAMHI)
ZT1	6 - 10 °C
ZT2	10 - 14 °C
ZT3	14 - 18 °C
ZT4	18 - 22 °C
ZT5	22 - 25 °C
ZT6	25 - 27 °C

Nota. NEC-13,2011

Figura 6.

Mapa de zonas climáticas del Ecuador



Nota. NEC-13,2011

Confort térmico

La definición de confort térmico es considerada por muchos como una cuestión de parámetros físicos, entre los cuales se puede mencionar la temperatura del aire, la calidad del aire, luz y nivel de ruido. Según Francisco Javier Chávez:

El confort térmico se define en la Norma ISO 7730 como:

Es una condición de la mente en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico. Una definición en la que la mayoría de las personas puede estar de acuerdo, pero también es una definición que no se traslada fácilmente a parámetros físicos. (2002)

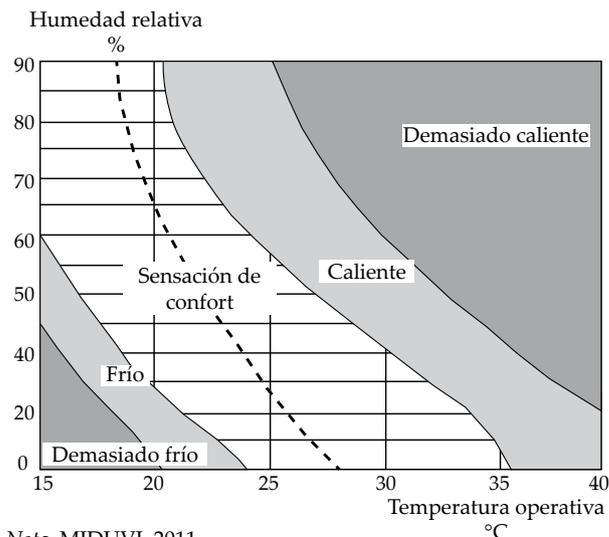
De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, el confort térmico está influido por una serie de factores ambientales, individuales y subjetivos. Los factores ambientales incluyen la temperatura del aire, la temperatura de superficies circundantes, el movimiento del aire, humedad relativa y la tasa de intercambio de aire. De igual manera la Organización Mundial de la salud declara que :

“La temperatura de confort para el ser humano, es de 20°C y para esto se recomienda que la temperatura en los muros, cerramientos y mamposterías sea menor a 16°C”.

Uno de los principales objetivos del diseño de edificios es proporcionar espacios interiores confortables para vivir y trabajar. Todos los ambientes interiores deben estar diseñados y controlados para asegurar el confort térmico, la calidad del aire, la seguridad y la salud de los ocupantes.

Figura 7.

Curvas de confort



Nota. MIDUVI, 2011.

El cuerpo humano

El cuerpo humano tiene la capacidad de regular su temperatura entre los 36.6°C y los 37.8°C, esto supone un cuerpo desnudo y un aire seco. Los mecanismos de transferencia de calor externo para el cuerpo humano incluyen la radiación, la conducción, la convección y la evaporación. El cuerpo humano desempeña un papel muy activo en la regulación de su temperatura.

Durante la actividad física, el cuerpo humano produce un calor residual, y la cantidad es principalmente una función de la actividad que se realiza. La tabla 4 representa las condiciones ambientales en las que el cuerpo humano puede disipar el calor y mantenerse cómodo:

Tabla 4.

Condiciones en las que el cuerpo humano se mantiene cómodo

Rango de temperatura del aire	Rango de humedad relativa	Rango de velocidad de aire
20 °C – 25°C	20% - 80% en invierno y 20 – 60% en verano	0.1 – 0.3 m/s

Nota. Adaptado de Vassig et al, 2013.

Tabla 5.

Regulación de temperatura promedio del cuerpo humano

	Por debajo del confort	Zona de confort	Por encima del confort
Temp. confort	14 – 20 °C	14 – 20 °C	25 -26 °C
Humedad relativa	< - 20%	20 – 60 % verano 20 – 80% invierno	80% - <
Velocidad del aire	< - 6 m/min	< - 6 m/min	18 - < m/min

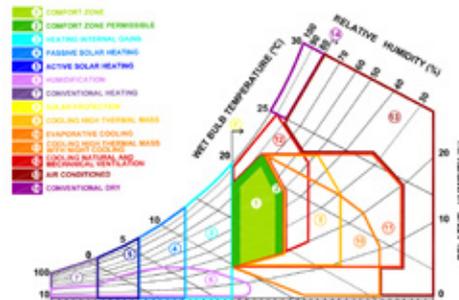
Nota. Adaptado de Vassig et al, 2013.

Cartas Psicrométricas

El análisis climático con archivos de datos meteorológicos es el paso inicial para la elaboración de un diseño que responda al clima y la evaluación de estrategias sostenibles. En este sentido, las cartas psicrométricas muestran a los diseñadores una gran variedad de representaciones gráficas de los datos climáticos en distintas horas de una ubicación elegida. Las cartas psicrométricas ayudan a comprender las relaciones entre un entorno exterior y las condiciones interiores necesarias para el confort térmico de los ocupantes, del mismo modo, ayudan a identificar estrategias activas y pasivas para el acondicionamiento del espacio, al mismo tiempo que se ajustan los requisitos de la zona de confort térmico a las normativas vigentes en cada territorio. La distribución de los grados – día de calefacción y refrigeración, las temperaturas del aire diarias u horarias, la temperatura del punto de rocío y los cambios en la humedad relativa a lo largo de todo un año pueden mostrarse trazando los datos climáticos en un gráfico psicrométrico con una zona de confort térmico.

Figura 8.

Carta psicrométrica



Nota. Adaptado de Givoni.B, 1992

Normas de confort térmico

Las normas actuales de confort térmico, como la Organización Internacional de Normalización (ISO) 7030 y la Norma 55-2011 del Instituto Nacional de Normalización Americano / Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ANSI/ASHRAE), especifican una zona de confort térmico representando el rango y las combinaciones óptimas de los factores térmicos:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Velocidad del aire
- Humedad
- Factores personales
- Ropa
- Nivel de actividad (ASHRAE, 2010)

Con estos factores en el rango óptimo, se espera que un mínimo del 80% del Voto Medio Previsto (PMV) de los ocupantes del edificio exprese un grado de satisfacción permisible. (Vassig et al., 2013).

Tabla 6.

Indicadores de confort térmico según varios autores

AUTORES	LÍMITES DE TEMPERATURA	LÍMITES DE HUMEDAD
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-13)	18 -26°C	40-65%
Norma NTE-ISO 7730:2005	20-24°C	50-50%

Baruch Givoni (1956)	21 – 26°C	5-17 mmHg
V.Olgay (1956)	23.9 – 29.6 °C	20-70%
ASHRAE (2017)	22.2 – 26.6°C	4 mmHg
Yaglou -Drinker (1928)	21.6 -25°C	14 mmHg
O.H.Koenigs-benger y otros (1971)	22 – 27°C	30-70%
C.E. Brooks (1959)	23.3 – 29.4°C	30-70%

Nota. Adaptado de NEC-11,2011. Navarro et.al,2017

Resistencia térmica de la ropa

El proceso de conducción del calor a través de las prendas de vestir es complejo, ya implica la transferencia a través de los espacios de aire, la conducción a través del material sólido; que varía si está mojado, los intercambios de radiación entre las capas, etc. Debido a las dificultades inherentes al manejo de tanto parámetros; que menudo son imposibles de determinar, se ha adoptado una simplificación y se ha hecho una escala de la ropa en una resistencia térmica global. Así es cómo se introduce la nueva unidad Clo, que es una expresión adimensional del aislamiento térmico de la ropa, el cual está medido desde la piel hasta la superficie de la ropa, excluyendo la resistencia de la superficie externa: $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ CW}^{-1}$, esto representa aproximadamente la resistencia térmica de un traje de salón con ropa interior normal.

El confort en edificaciones

El origen del confort se asocia directamente con el fortalecimiento, el apoyo o el consuelo. Gracias a la invención de los sistemas de aire acondicionado y calefacción durante el siglo XX, se hizo posible controlar las condiciones interiores y el concepto del confort empezó a tener connotaciones físicas y ambientales. La ciencia del confort desarrollada en las últimas décadas se ha centrado principalmente en mejorar las condiciones ambientales a través de un amplio uso de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Fabbri, 2015).

Con un enfoque en los principios de la termodinámica, el confort térmico fue finalmente parametrizado y normalizado mediante cálculos de ingeniería, con el fin de darle un sustento científico y dejar a un lado la experiencia personal subjetiva. El confort térmico se empezó a comercializar como un producto, producido por tecnologías marcadas como uno de los aspectos más intensivos en lo que respecta energía del estilo de vida moderno. La creciente dependencia de sistemas HVAC o de calefacción aumenta aún más la demanda de energía y las emisiones de CO₂, formando una trayectoria que es insostenible. (Ben, 2019)

Definiciones alternas del confort térmico

En cuanto aspectos fisiológicos y psicológicos la definición de confort es más compleja, la ciencia del confort térmico es muy rigurosa. El trabajo de P.Ole Fanger es la norma de referencia internacional, Fanger y muchos otros establecieron los parámetros de la zona de confort, quien comprobó que estos son en su mayoría fisiológicos, pero con diferencias culturales y personales (determinadas

por la edad, el sexo, la predisposición basada en la cultura). El trabajo de Fanger muestra una zona de confort ligeramente mayor que la que se adopta por ASHRAE, es decir un rango de confort percibido, que es una respuesta psicológica. Fue así como Fanger demostró que, si bien existe un acuerdo entre las personas sobre la zona de confort aproximada, hay un desacuerdo muy amplio sobre "cuándo estoy incómodo". (Williams, 2007).

Tabla 7.

Escala PMV de confort térmico

VALOR	SENSACIÓN
3	Muy caluroso
2	Caluroso
1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Nota. Adaptado de AENOR, 2016.

Confort higrotérmico

Este término se define como el estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea. Está relacionado con una serie de variables con las que el cuerpo humano siempre interactúa, a medida que se efectúa la interacción el cuerpo humano puede recibir calor, pero de igual manera se transfiere calor a su entorno. A este fenómeno se lo conoce como equilibrio térmico y está definido como el balance dinámico entre el calor del cuerpo humano

y el intercambio de calor con el ambiente que lo rodea. (Bustamante & Rozas, 2009).

La sensación de confort térmico está basada en una serie de parámetros, en los cuales los más importantes se relacionan con las personas en sí y los restantes corresponden al ambiente donde se encuentran estas personas:

- **Metabolismo:** Hace alusión a la actividad física de las personas, a mayor actividad física la temperatura de confort ambiental disminuye, debido a que el cuerpo está ganando más calor.

- **Vestimenta:** El uso de las prendas de vestir reduce el intercambio de calor entre el individuo y el ambiente inmediato, mientras más baja sea la temperatura en un ambiente interior, obliga a aumentar la vestimenta del individuo. Clo es la unidad de la aislación térmica de la vestimenta. (Bustamante & Rozas, 2009)
En relación con el ambiente, las variables más importantes son:

- **Temperatura superficial al interior de la envolvente:** Esta variable está definida por la temperatura de la superficie de las paredes, ventanas, solado, cubierta. Esta temperatura T_u presenta la potencia de intercambio entre el cuerpo las superficies del ambiente interior.

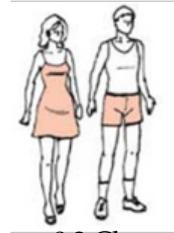
- **Humedad relativa del aire:** “Esta actúa sobre la posibilidad de intercambiar calor por la evaporación del sudor” (Bustamante & Rozas, 2009)

- **Velocidad del aire:** Actúa en relación sobre la evaporación del sudor. Mientras más velocidad del aire exista, aumenta la evaporación y se evita

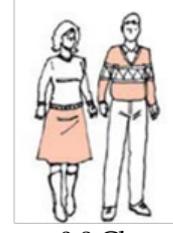
en verano el líquido sobre la piel. En invierno, se recomienda evitar la velocidad del aire.

Figura 9.

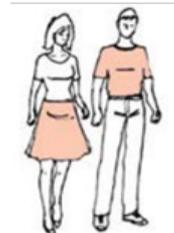
Variación de la vestimenta en personas



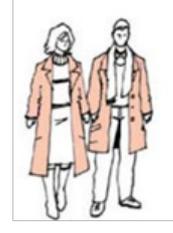
0.2 Clo



0.8 Clo



1.0 Clo



3.0 Clo

Nota. Lovigne, 2003.

La humedad relativa

La tolerancia del ser humano frente a la variabilidad de la humedad relativa es amplia: va desde 20% a 75%. El cuerpo humano es muy sensible a los cambios en la radiación, por ejemplo si un individuo se encuentra a una temperatura inferior a los 18 °C; la cual es relativamente baja, en determinado ambiente y en el exterior el sol irradia calor, bajo su protección el cuerpo de inmediato empieza a percibir una sensación de confort. La humedad relativa resulta molesta para el ser humano cuando se combinan los extremos de

temperatura, por ejemplo, una habitación con 30°C y 80% de humedad relativa, ofrece al habitante un ambiente muy molesto (Fernández & Carella, 1981).

Envolvente de edificios

La envolvente es la principal interfaz de un edificio con el entorno exterior, por ello la envolvente de un edificio desempeña un papel fundamental en la gestión energética y sostenibilidad del entorno construido. La selección adecuada de los materiales de construcción de los sistemas de paredes, suelos y tejados, así como el desarrollo riguroso y detallado de las conexiones y la carpintería estructural son componentes importantes de las estrategias de eficiencia térmica y energética de una edificación. (Vassig et al., 2013).

Garantizar las condiciones de confort térmico, visual y acústico en el interior de las habitaciones con un consumo mínimo de energía es gran importancia para la salud del usuario y el ahorro energético. Una de las funciones más importantes de la envolvente de un edificio es, por lo tanto, controlar los factores ambientales físicos, como el calor, la luz y el sonido, con el fin de lograr las condiciones de confort definidas por el usuario con un consumo mínimo de energía. (Oral et al., 2004)

Para garantizar la permanencia de un entorno saludable para el usuario y un rendimiento óptimo en sus actividades, las condiciones del ambiente interior deben ajustarse para garantizar las condiciones térmicas, visuales y acústicas deseadas.

Propiedades térmicas de los materiales

El diseño de envolventes eficientes requiere de un conocimiento del rendimiento térmico de los materiales a emplearse. La reducción de la pérdida de energía de la envolvente es fundamental, sobre todo cuando se requiere una calefacción o refrigeración para proporcionar confort térmico. En términos generales, la transmitancia térmica y la resistencia térmica son las dos propiedades más importantes para comprender el rendimiento conductivo de los materiales de construcción. (Vassig et al., 2013)

- **Resistencia Térmica (Valor R):** Es la capacidad de un material para resistir la transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Esta medida de valor de aislamiento depende del número y el tamaño de los espacios de cavidad material. La resistencia térmica se expresa como $R = \text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$ (metro cuadrado por °Celsius por vatio). El valor de R de los conjuntos de edificios compuestos por varios elementos puede hallarse mediante la suma de los valores de R de todos los elementos individuales.

- **Transmisión térmica (Valor U):** Se define como la tasa de pérdida o transferencia de calor a través de un material. Esta mide la capacidad de un material de un determinado grosor para transmitir calor por conducción, convección y radiación. Las unidades de valor U son iguales a $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ (vatios por metro cuadrado por °Kelvin). El valor de U se calcula a partir de recíproco de las resistencias térmicas combinadas de los materiales de paredes ($IJ = I/R$)

Con respecto al contexto nacional, la NEC -11 (2011) sigue que la transmisión térmica U máxima por

tipo de envolvente para la zona climática ZT3; que corresponde a la zona climática continental templada, es la siguiente según el tipo de cerramiento.

Tabla 8.

Coefficiente global U en función del tipo de cerramiento y zona climática W/m²K

Zona climática	Temp. °C	Fachadas en contacto con el aire	Cerram. contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire
ZT3	14 -18°C	1.80	1.80	1.50

Nota. Adaptado de NEC-13, 2011.

- **Conductividad térmica:** Es la capacidad de un material para transmitir calor. Resulta de la interacción molecular directa para transferir el calor cuando hay una diferencia de temperatura en el material. La conductividad térmica se expresa mediante k o X y las unidades empleadas para su cálculo son W/m.°K (vatios por metro por °Kelvin). La conductividad térmica y la transmitancia térmica están estrechamente relacionadas.

Modelos existentes de confort térmico

Los principales modelos de confort, estrés térmico y zonas de confort más utilizados en la actualidad incluyen modelos de estado estacionario como el modelo de Voto Medio Previsto (PMV) de Fanger y el modelo de Temperatura Efectiva Estándar (SET) y por otro lado los modelos confort adaptativo (Chen, 2018).

Modelos teóricos

El modelo PMV de Fanger

El modelo PMV desarrollado por el danés Povl Ole Fanger (1970) ha sido el modelo de confort térmico más popular y citado durante varias décadas. El modelo PMV de Fanger predice las sensaciones térmicas en función de seis factores ambientales y personales los cuales son: la temperatura del aire, la temperatura relativa media, la velocidad del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire, humedad relativa, tasa metabólica y el aislamiento de la ropa. Los valores de sensaciones térmicas previstas van desde el frío (-3) hasta el calor (+3) y el cero representa la neutralidad térmica, una de las mayores limitaciones del modelo PMV es la restricción de la temperatura de a piel y incontrolable pérdida de calor por evaporación.

Tabla 9.

Escala de Voto Medio Previsto

ESCALA PMV	
Hot	Sofocante
Warm	Caliente
Slightly warm	Ligeramente caliente
Neutral	Neutral
Slightly cool	Ligeramente fresco
Cool	Fresco
Cold	Frío

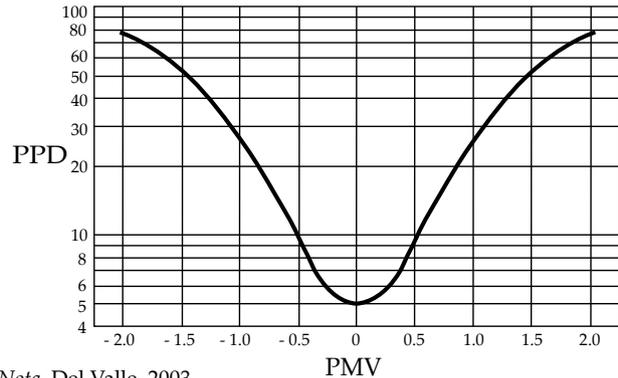
Nota. Adaptado de Del Valle, 2003

Fanger (1970) también desarrolló un modelo de Predicción del Porcentaje de Insatisfacción (PPD) para predecir el nivel de insatisfacción basado en los valores de PMV. Brager y de Dear (1998) criticaron el modelo PMV de Fanger por tratar a los ocupantes como “receptores pasivos de estímulos térmicos”, ya que se desarrolló en el contexto de una cámara climática, mientras que en un entorno real de edificios con estímulos térmicos y no térmicos complicados e imprevisibles, llevará a sus ocupantes a adaptar sus comportamientos y expectativas en busca de una mejora del confort de forma consciente e inconsciente.

Una serie de investigaciones sugieren que el modelo PMV de Fanger es solo aplicable en un edificio con aire acondicionado (AC) cuyo entorno térmico está controlado, pero este no representa con exactitud la sensación térmica de los ocupantes en edificios de funcionamiento libre, sin embargo, al variar el tipo de vestimenta, la tasa metabólica y la velocidad del aire para los cálculos de la VPM, se puede evaluar los procesos adaptativos o, al menos, parcialmente adaptativos. Los valores de PMV pueden calcularse utilizando la herramienta CBE Thermal Comfort Tool (Tartarini et al., 2020).

La ecuación usada para el modelo PMV, es un modelo en estado permanente. Se trata de una ecuación que permite predecir el voto medio en una escala de tipo ordinal, que evalúa el confort térmico de un grupo de personas. “La ecuación usa el balance térmico de una persona y toma como referencia una relación entre la desviación de la acumulación mínima en el mecanismo ejecutor del balance térmico” (Chávez Del Valle, 2002)

Figura 10.
Gráfica PMV-PPD



Nota. Del Valle, 2003.

La ecuación PMV se aplica únicamente a humanos expuestos a un amplio periodo de condiciones constantes y con una tasa metabólica constante. La ecuación de balance térmico surge de la conservación de la energía.

$$H - Ed - Esw - Erse - L = R + C$$

H: Producción interna de calor

Ed: Pérdidas de calor por el vapor de agua en la piel

Esw: Pérdidas de calor causadas por sudoración

Ere: Pérdidas de calor debido a la respiración

L: Pérdidas de calor por respiración seca

R: Pérdidas de calor radiación en el cuerpo vestido

C: Pérdidas de calor por convección del cuerpo vestido. (Chávez Del Valle, 2002)

La ecuación tiene como fin sustituir cada componente con una función derivada de la física básica. Todas las funciones descritas tienen valores mensurables, varía el valor de la temperatura superficial de vestimenta

y el coeficiente de transferencia por convección. Para la resolución de la ecuación, se toma un valor inicial para la temperatura de la ropa, con esto se calcula el coeficiente de transferencia de calor por convección y se obtiene una nueva temperatura de la ropa calculada, ambos valores interactúan hasta que se conocen con un grado satisfactorio.

Para calcular el PMV se puede recurrir a la siguiente expresión simplificada:

PMV: $\exp[\text{met}] * L$

Donde:

$L = F(Pa, TA, Tmrt, Tcl)$

El modelo de doble nodo de Pierce

El modelo fue desarrollado por primera vez por la Fundación John B. Pierce en la Universidad de Yale (Seiscubos, 2019). El modelo de Pierce convierte el entorno real en un entorno estándar a una temperatura efectiva estándar (SET). La SET es la temperatura de bulbo seco en un entorno hipotético conservando una humedad relativa del 50% para sujetos que llevan un tipo de ropa estándar para la actividad que están realizando en el entorno real.

El modelo de Pierce también convierte el entorno real en un entorno con temperatura efectiva, ET; esto quiere decir que la temperatura de bulbo seco exterior de un entorno con una humedad relativa del 50% y una temperatura uniforme, en el que los sujetos perciben el mismo esfuerzo fisiológico que en el entorno real. (Chowdhury et al., 2008).

El modelo SET

El modelo SET convierte seis estímulos térmicos básicos (los mismos que se utilizan en el modelo PMV) a una única temperatura operativa (con una HR del 50%) a la que las personas con una misma tasa metabólica y una vestimenta estandarizadas tendrán una misma humectación y temperatura de la piel.

El modelo SET es capaz de determinar el incremento de la temperatura operativa que se puede compensar ejerciendo el comportamiento adaptativo en cuestión y ya ha sido empleado para estimar las compensaciones del aumento de temperatura operativa, o incrementos adaptativos como lo nombraron Baker y Standeven (1996).

Debido a la velocidad del aire, (Huang et al., 2014), se encuentran entre los que verifican experimentalmente la aplicabilidad del modelo SET para predecir los efectos del movimiento del aire en la sensación térmica de los ocupantes. Los valores SET pueden calcularse utilizando el modelo desarrollado por el profesor Richard de Dear, disponible en el sitio web de la Universidad de Sídney.

La vivienda confortable

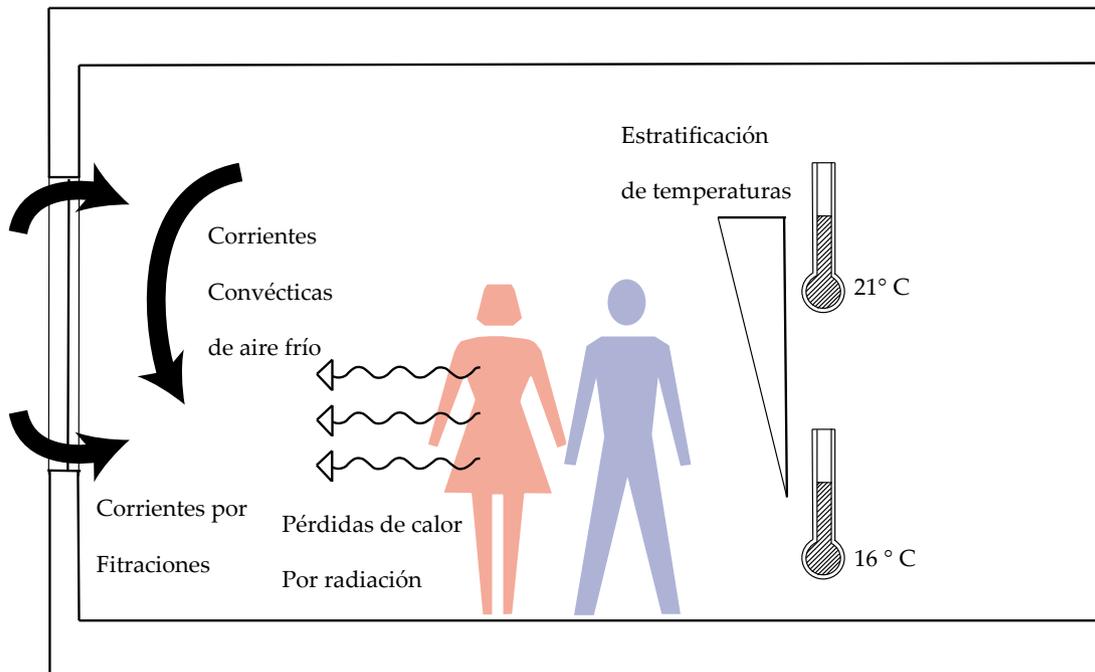
Hace miles de años, el hombre primitivo se cubría la piel con un espeso pelambre para protegerse de las inclemencias del clima. Los siglos ha transcurrido y es de costumbre para el ser humano protegerse del clima con una construcción que se denomina vivienda. El ser humano por naturaleza se ve obligado a mostrar su inconformidad en un ambiente demasiado caluroso o demasiado frío, es inconcebible que el ambiente que ocupa un ser humano no tenga diferencia respecto al aire exterior, el concepto de confort esta ligado al de la

constancia de la temperatura interior de la vivienda y a la independencia de la temperatura exterior.

Esta sensación; que desafortunadamente no todos los seres humanos pueden gozar en un ambiente interior, dependerá de varios factores subjetivos, tales como el tipo de actividad que se realiza, el mobiliario que ocupa el espacio, la vestimenta, entre otros. (Fernández & Carella, 1981)

Figura 11.

Confort relacionado con las ventanas



Nota. Adaptado de Ching & Shapiro, 2014.

Sistema constructivo

Partiendo de la etimología de la este término ampliamente usado en las prácticas arquitectónicas, cabe destacar que el término *sistema*, tiene dos acepciones principales que es :

“Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre si”

“Conjunto de cosas que relacionan entre si ordenadamente contribuyen a determinado objeto”

En este sentido, se puede entender al término sistema constructivo, como un conjunto de elementos y unidades que forman una organización funcional, que poseen un misión constructiva común, ya sea esta de elementos de la estructura, de elementos de cierre; como muros o tabiques, o de acondicionamiento interior (Monjo Carrió, 2005).

Los sistemas constructivos están constituidos por unidades, que a su vez son elementos que proviene de determinados materiales constructivos. Los sistemas constructivos requieren de un diseño previo, en donde se vela por lo funcional y por los agentes externos que tienen contacto directo, considerando la calidad de los materiales, así como su vulnerabilidad.

Clasificación de los sistemas constructivos

En la actualidad la industria de la construcción ha marcado la estructura como el eje central de cualquier tipo de sistema constructivo, es por este filtro por donde se debe tomar como base las instalaciones, las

envolventes, acabados y el mobiliario (Toro, 2013).

Sistemas constructivos tradicionales ecológicos

Es aquella que inserta de manera cuidados las edificaciones en un entorno sin ocasionar daño nocivo, en donde se permite la interrelación armónica con el hombre y lo construido.

Se estima que al rededor de 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra, y aproximadamente el 50% de países en vías de desarrollo viven en casas de tierra.

Sistemas constructivos industrializados

La industrialización en el mundo de la construcción es algo complejo, esta busca aplicar ciertos sistemas o métodos para la producción industrial. Partiendo desde la premisa que cada edificio debe ser entendido como un prototipo, se debería entender como un “ proceso industrial para la ejecución de edificios”.

La evolución de los sistemas constructivos se remontan en el primer cuarto del siglo XX. En donde se abandonaron las estructuras murarias (sistemas portantes) por las estructuras reticulares conformadas por pilares y vigas.

Se deja a un lado ciertos sistemas pasivos de acondicionamiento (inercia térmica, aireación, control de sombras), para la incorporación de sistemas activos de consumo de energía. (Monjo Carrió, 2005).

Materiales de construcción

Los materiales dentro del mundo de la arquitectura están determinados en función de la utilidad, de esta de desglosa lo constructivo y lo ornamental.

Productos en tierra

Los productos más habituales son los bloques de tierra comprimida BTC, ladrillos cocidos al sol y los morteros de arcilla. Estos materiales se han usado principalmente en Europa durante varios siglos. La ventaja de la incorporación de estos productos es su baja energía incorporada y baja toxicidad.

Piedra

Este material ha sido introducido en la consolidación de paredes y elementos estructurales. Gran parte de los edificios antiguos han trascendido en el tiempo, debido a la utilización de este material. Por su origen natural, la piedra es saludable, duradera y atractiva.

Madera

La madera y sus posibilidades estructurales constituyen la base para muchas edificaciones modernas y vernáculas. A más de ser un producto sostenible, ayuda a la re conversión del CO₂ en oxígeno. Sin embargo la madera debe provenir de proveedores y agentes certificados, con el fin de preservar los hábitats naturales.

Morteros de cal

Su uso se remonta hace siglos atrás, siendo sustituido por el cemento en a finales del siglo XIX. La cal es un material permeable que se usa en los revoques interiores y exteriores de las edificaciones, la utilización de este empastado natural permite que los elementos recubiertos se recuperen y puedan reutilizarse.

Ladrillos

Con forma de paralelepípedo, la masa de arcilla es cocida en grandes hornos, conformando una unidad constructiva comúnmente utilizada en muros o paredes (Ching, F,1998). En la práctica común el ladrillo es utilizado en mamposterías de albañilería, existen varios de tipo de ladrillo como son el macizo, huevo y perforado, que poseen una amplia gama de forma, tamaños y modo de empleo. Dentro de sus propiedades térmicas, posee una alta capacidad de mantener el calor del aislamiento en relación con el grosor del mismo material aislante.

Adobe

Es una composición de masa de barro, con fibras naturales, secado naturalmente. Sus dimensiones varían, en la actualidad en el mercado ecuatoriano sus dimensiones son de 28x18x10 (INPC,2010).

La arquitectura en tierra

En la investigación de Gloria Zuleta Roa (2011) titulada “ La Arquitectura en Tierra: una Alternativa para la Construcción Sostenible”, la autora explica que la intención del estudio surge de la inquietud sobre el uso de la tierra como alternativa para la construcción sostenible.

La tierra ha estado presente como material constructivo en toda forma de asentamientos humanos a lo largo de la historia; en todos los continentes y civilizaciones. Esto se evidencia mediante los hallazgos arqueológicos en África, Asia, América y Europa. En América, con la llegada los españoles; quienes ya poseían una tradición marcada en el uso de la tierra como material constructivo, aparecen en los asentamientos las primeras edificaciones híbridas entre los saberes ancestrales de los indígenas con el nuevo conocimiento de los conquistadores fruto de la colonización (Roa, 2011). Se puede inferir de este modo que la vida humana está soportada en la tierra, que a más de mirarla como una fuente de alimento y resguardo, es necesario focalizarla con parámetros de sostenibilidad.

La tierra resulta un material asequible, inofensivo y reciclable en un cien por ciento; salvo que no haya sido mezclado con materiales de otra procedencia. Esta está presente prácticamente en todos los lugares en donde habita el ser humano y se puede mejorar sus características, mezclando sus componente con otros elementos naturales como paja cal, yeso y demás fibras naturales.

La construcción en tierra presenta un bajo coste energético y no depende de gastos de transporte, además de que posee grandes propiedades térmicas lo que permite tener un ambiente confortable al interior de cualquier edificación.

Figura 12.
Puerta de madera antigua, verde con viga de madera en casa de adobe, teja, Cuenca, Ecuador



Nota. Armadillo, s.f.

Figura 13.
Volcán Cayambe, Ecuador



Nota. Robert,s.f. #324983820

FUNDAMENTO TEÓRICO

Arquitectura Sostenible

El término arquitectura sostenible se refiere a un método alternativo de construcción de edificios en el que se tienen en cuenta las condiciones climáticas locales y se utilizan diversas estrategias pasivas con el fin de mejorar la eficiencia energética al interior de un edificio.

Arquitectura Bioclimática

El diseño bioclimático emplea tecnologías apropiadas y principios de diseño basados en un enfoque reflexivo sobre el clima y el entorno. La aplicación de los principios bioclimáticos es un factor crítico para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ de sector de la construcción. Este tipo de diseño se refiere a la disposición de los edificios (orientación en relación con el sol y el viento, relación de aspecto), el espacio (planificación del emplazamiento), la circulación del aire, ñas aberturas (tamaño - posición, protección) y las envolventes del edificio (paredes, grosor del material de construcción, detalles de construcción del tejado).

La arquitectura bioclimática ocasionalmente se basa en la arquitectura vernácula y trata de analizar la arquitectura tradicional en función del clima y la cultura de un lugar y estudiarlas soluciones arquitectónicas y constructivas.

La misión de la arquitectura siempre ha sido la de proteger al hombre frente al contexto exterior, es por esta razón que la arquitectura bioclimática en un intento de conseguir un confort térmico para el

ser humano, logra una interacción energética con el clima exterior. La arquitectura siempre ha tenido como objetivo primordial el confort climático y esto ha permanecido inherente desde los orígenes de esta. A lo largo de la historia y en cada contexto único, se han producido evoluciones arquitectónicas para conseguir mejorar los niveles de confort en los espacios interiores, proceso al que se le ha dado el nombre de “arquitectura vernácula”. A partir de la Revolución industrial se han empezado a utilizar estrategias de climatización activas que implica la incorporación de tecnologías de consumo intensivo de energía. Hoy en actualidad, tras ser testigos de los efectos medioambientales locales y globales que esto conlleva, se ha producido un retorno hacia los valores arquitectónicos resiliente (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

Para la aplicación de arquitectura bioclimática, es necesario tener en cuenta los diferentes niveles climáticos de la ubicación del edificio; esto incluye el clima general, mesoclima y el clima cercano al edificio. El siguiente paso incluiría las envolventes arquitectónicas, que requiere tener en cuenta la temperatura, humedad relativa, radiación solar, así como la velocidad y la dirección del viento, todo con el fin de buscar las condiciones de confort adecuadas.

Es muy usual utilizar diferentes diagramas bioclimáticos como herramienta para determinar los niveles de confort. Entre los más utilizados se encuentra el diagrama desarrollado por Victor Olgyay ; que determina el confort exterior y la temperatura efectiva interior, y basándose en los mismos parámetros el diagrama de Baruch Givoni. (Manzano-Agugliaro et al., 2015)

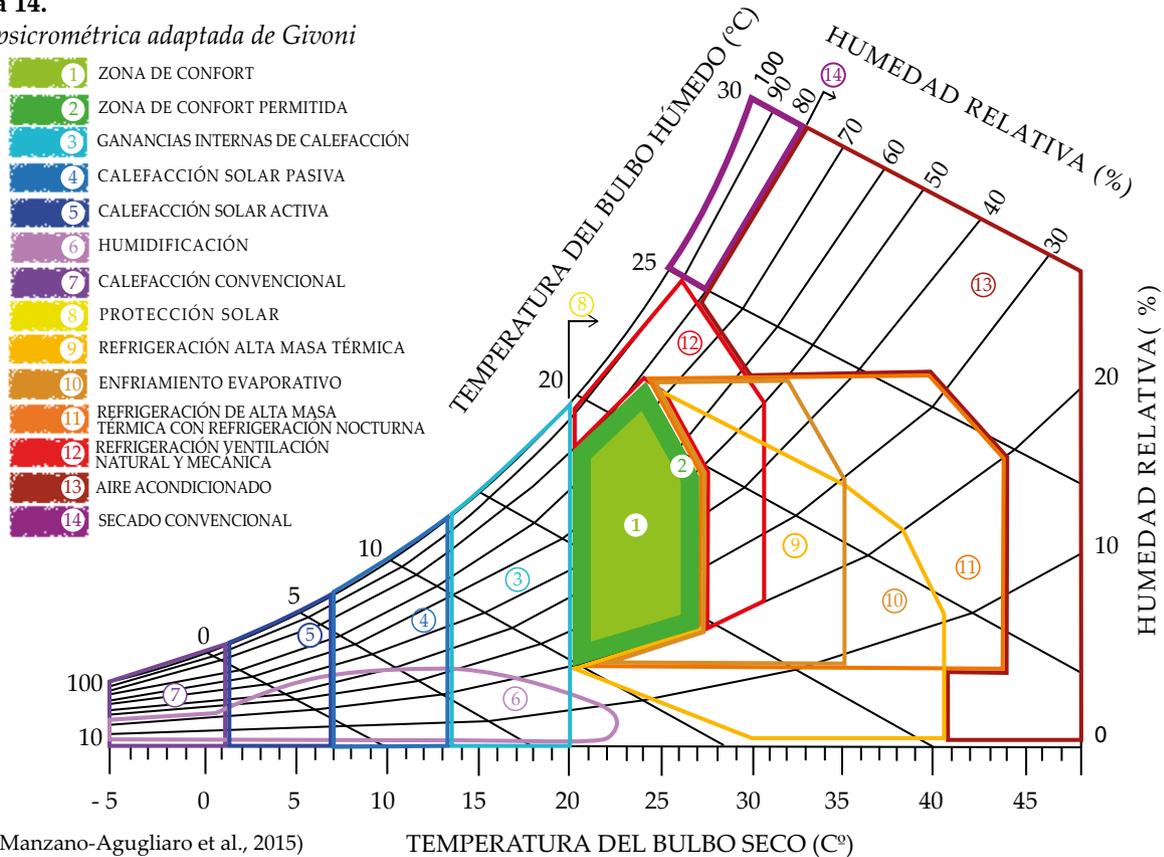
Estrategias arquitectónicas bioclimáticas

El diagrama de Givoni es un diagrama bioclimático, el cual se ha dividido en diferentes zonas, por lo que es necesario utilizar estrategias para lograr el confort humano dentro de un edificio. El diagrama está compuesto por 14 zonas, condicionadas por la temperatura del bulbo seco y la humedad relativa del aire; las zonas 1 y 2 son las zonas de confort ideales.

Es así como se puede definir las condiciones climáticas existentes y las estrategias bioclimáticas para llevar a la vivienda hacia la zona de confort, siempre que sea factible se procuran proponer estrategias pasivas, ya que estas no consumen energía, de otro modo se recurrirá a la utilización de estrategias activas que implica el uso de dispositivos que consumen energía.

Figura 14.

Carta psicrométrica adaptada de Givoni



Nota. . (Manzano-Agugliaro et al., 2015)

Estrategias de calefacción

Las estrategias consideradas para las zonas de Ecuador se desglosan a partir de la carta psicrométrica de Givoni, Según (Palme et al., 2017) para el caso de Ecuador se establecieron macro estrategias que son: ventilación natural, inercia térmica, captación solar, minimización de pérdidas de calor y maximización de ganancias de calor.

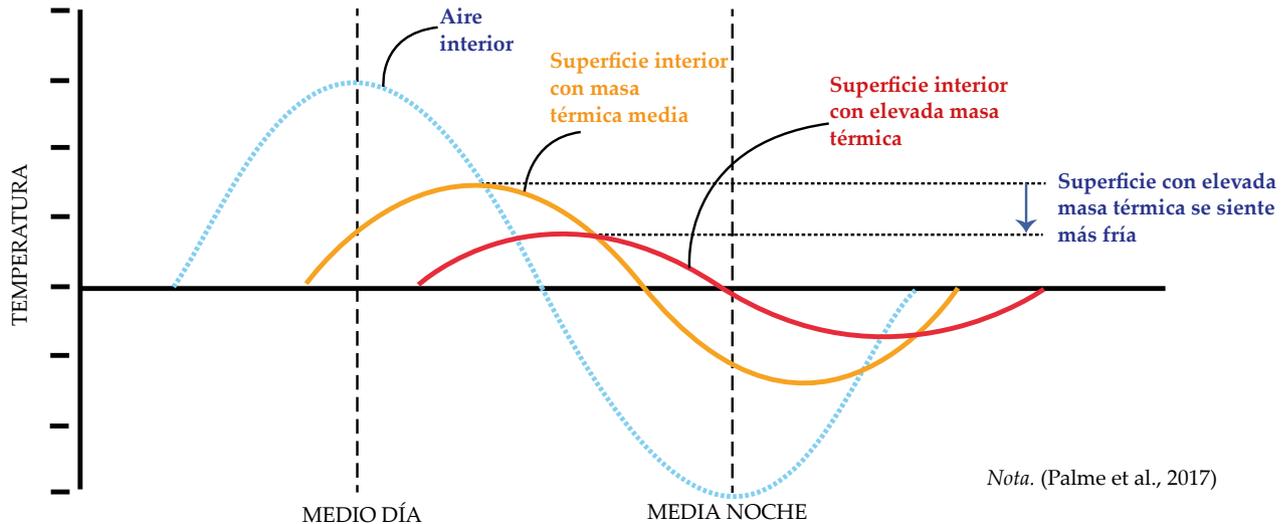
Las estrategias de diseño presentadas a continuación son de acuerdo a la zona climática 4 o 4-C conforme la ASHRAE-55.

Inercia térmica

Utilización de materiales de alta densidad y calor específico en las envolventes.

Figura 15.

Estrategias de diseño de inercia térmica



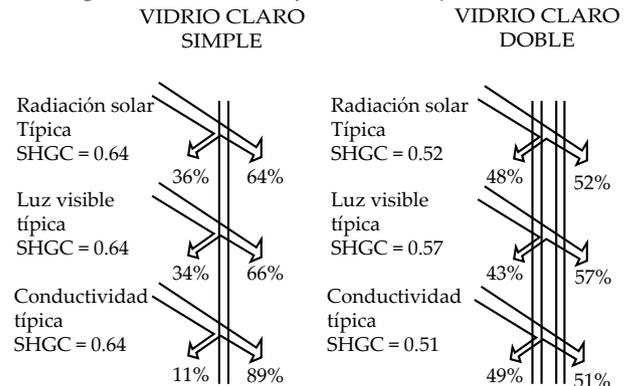
Nota. (Palme et al., 2017)

Calefacción solar pasiva

Usar acristalamiento que admita el ingreso de luz y calor solar que evite la pérdida de calor al interior de la vivienda.

Figura 16.

Estrategia de diseño de calefacción solar pasiva



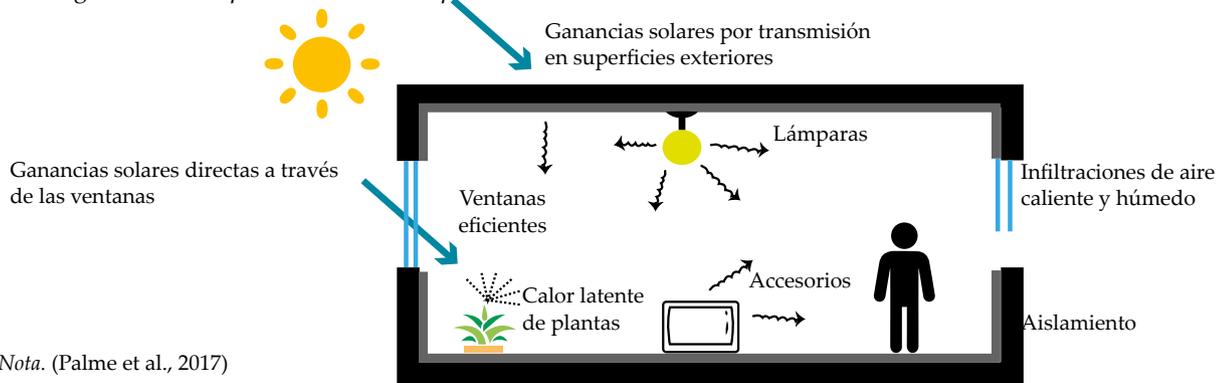
Nota. (Palme et al., 2017)

Minimizar pérdidas de calor

Conservar la hermeticidad en un espacio interior, con un correcto aislamiento para retener las ganancias de calor de luces, personas y equipos internos.

Figura 17.

Estrategias de diseño para minimizar las pérdidas de calor



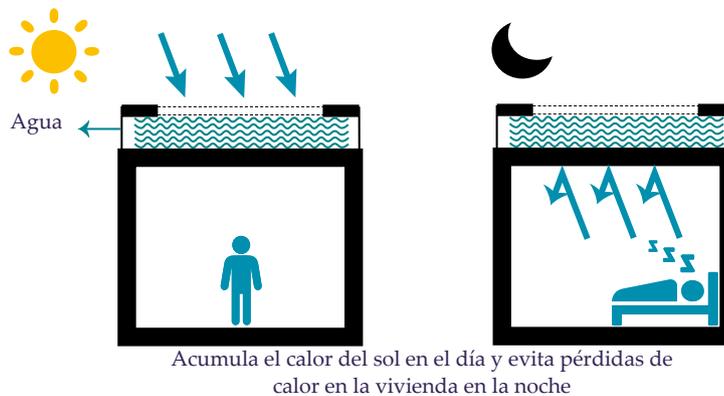
Nota. (Palme et al., 2017)

Inercia térmica

Utilizar cubiertas de agua u otro material de elevada inercia con sistemas de protección

Figura 18.

Estrategias de diseño de inercia térmica



Nota. (Palme et al., 2017)

Arquitectura Vernácula

La arquitectura vernácula ha experimentado una lenta evolución durante la cual ha adquirido conocimientos sociales, culturales, religiosa, económica, tecnológica y climática relacionada con lugares concretos para dar lugar a diseños arquitectónicos bastante singulares. Este tipo de arquitectura se adapta al clima del lugar sin utilizar dispositivos adicionales que consumen energía y dejan una huella ecológica. (Manzano-Agugliaro et al., 2015)

En la arquitectura vernácula, el clima es simplemente una de las fuerzas ; ya sean de tipo social-cultural, económico,defensivo o religioso, material, que requiera de recursos técnico y constructivos, etc). Que generan las formas de la arquitectura. Es en condiciones de baja tecnología donde el clima juega el papel principal en las soluciones viables. Cuánto más severas son las condiciones climáticas, más limitadas son las soluciones. Según este principio, en condiciones muy extremas es fortuito encontrar soluciones únicas, útiles y económicas (Gallo et al., 1999).

Figura 19.
Casa ecuatoriana



Nota. Grigory Kubatyan

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Al presente, el alcance investigativo referente a la eficiencia térmica interior se desarrolla en varios escenarios a nivel mundial, debido a que la importancia de mejorar la calidad del ambiente interior está asociada a la reducción de los problemas de salud para los individuos y a la mejora del bienestar de los hogares. Consiguiente a esta aclaración, se prosigue en analizar los trabajos vigentes que comparten similitud con la temática de este trabajo, todos con rigor científico, los cuales contribuyen para una mejor comprensión de la problemática en el contexto ecuatoriano, del mismo modo cabe mencionar que en el país se desarrollan investigaciones que comparten temáticas similares, pero estos son muy limitados.

Confort térmico en una Casa Pasiva rumana, resultados preliminares

El confort térmico es un aspecto de mucha relevancia en el diseño y en la evaluación de los edificios, dentro de ello la actual concentración global se centra en reducir el consumo de energía, lo que se traduce en una preocupación por los inmuebles de bajo consumo. Existen estudios que se han realizado en el contexto europeo, tal es el caso del presente artículo científico, en donde el objetivo principal de este trabajo es

realizar un estudio amplio de confort térmico de un edificio de baja energía, en este caso un edificio de oficinas Pasiva House situado en Rumania.

Para ello se realizó un estudio de campo en el verano de 2013, se midieron parámetros de confort en el interior de las instalaciones y se extendió un cuestionario relacionado con la temática del confort a los ocupantes del inmueble. El confort térmico en el interior de los edificios se evalúa mediante varias normas ASHRAE 55, EN 15251 e ISO 7730, el trabajo se propone realiza un estudio de confort térmico adaptativo en esta situación y encontrar el riesgo de sobrecalentamiento en una casa pasiva utilizando la evolución adaptativa del confort térmico según la norma EN 15251 (Urrea et al., 2016).

Evaluación del confort térmico y de la respuesta climática del edificio en climas cálidos-húmedos para viviendas vernáculas en Suggenhalli (India)

En este artículo se hace el estudio sobre la respuesta climática y el confort térmico en las viviendas vernáculas de la ciudad india de Suggenhalli, el estudio incluye una monitorización del rendimiento térmico en tiempo real de una vivienda con tipología de casa patio e incluye una encuesta

de sensación térmica en la que participó un gran parte de los habitantes del pueblo. Como parte de la metodología se han evaluado dos modelos de vivienda populares, con la incorporación del voto medio previsto de Fanger (PMV) y el confort térmico adaptativo de Humphreys. En el estudio también se desarrolló un modelo de simulación dinámica por ordenador para estudiar en detalle la respuesta climática de estas viviendas vernáculas. El modelo de simulación dinámica se construyó adoptando el software DesignBuilder (versión 2.2.5) en un paquete de simulación basado en la Dinámica de Fluidos Computacional CFD (Shastry et al., 2016).

Confort higrotérmico en la vivienda social y la percepción del habitante

La vivienda social en Chile está sujeta a varias exigencias en las que se desea entregar a los habitantes las condiciones adecuadas para su desarrollo. El ministerio de Vivienda y Urbanismo es el ente regulador que establece uno de los propósitos principales de la construcción, en específico de las viviendas, es proveer las condiciones adecuadas para que quede en permanencia las condiciones de habitabilidad al interior de las viviendas. Es por eso que en este artículo se realiza una investigación en tres conjuntos habitacionales que están ubicados en Santiago, en los tres casos se usan metodologías cualitativas y cuantitativas para que el levantamiento de la información y análisis de datos, sea el adecuado. Para la metodología de investigación se tomó como objetivo principal analizar las mejoras de la MART (Manual de Aplicación a la Reglamentación Térmica) en el confort higrotérmico de este hábitat residencial. (Espinosa & Cortés Fuentes, 2015)

Enfoque bioclimático para viviendas rurales en la región fría y alto-andina: Un estudio de caso de una casa peruana

El siguiente artículo tiene lugar en un pueblo alto-andino de Perú, específicamente en San Francisco de Raymina ubicada a 3700 m s.n.m. La temperatura media anual, la humedad relativa y la energía solar diaria horizontal fueron de 8.3 °C, 73.1% y 5.2 kWh/m² respectivamente, las temperaturas en el exterior y el interior de las viviendas rurales del sector son casi iguales. Como parte de la metodología, se modeló el comportamiento térmico de la vivienda con la herramienta m2m; con el uso de esta herramienta fue posible crear un balance de energía durante el mes de junio del 2014 para determinar las contribuciones ganancias y pérdidas de energía de cada pared y así poder evaluar como los intercambios. (Molina et al., 2020)

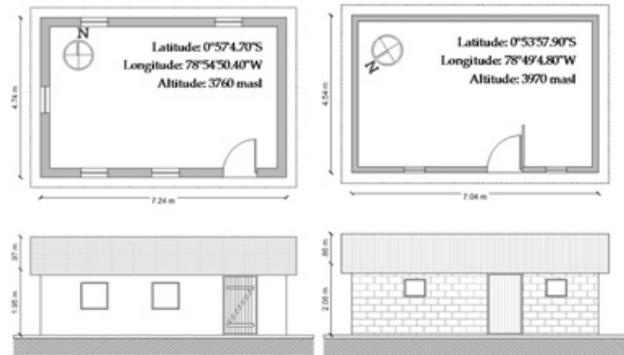
Este artículo presenta un importante aporte para el desarrollo de técnicas bioclimáticas para viviendas en zonas rurales alto-andinas, con el fin de mejorar el confort térmico, reducir la tasa de mortalidad y enfermedades en la población. Algunas de las soluciones bioclimáticas más sencillas y asequibles que han adaptado a una vivienda ejemplar y este trabajo analiza la contribución energética para cada técnica. En esta investigación destaca el uso de la herramienta m2m y cómo se realizó el cálculo para cada componente de la vivienda.

Evaluación térmica de viviendas rurales de bajo coste: un estudio de caso en los Andes ecuatorianos

En un contexto mucho más cercano, el trabajo de Isabel Miño, Carlos Naranjo e Ivan Korolija en el año 2016, se aplica una metodología de tres pasos de investigación para evaluar el rendimiento de confort térmico en dos casos de estudio de vivienda rural de la sierra ecuatoriana, esta metodología consiste en (a) recopilar datos de campo, (b) desarrollo y calibración del modelo térmico de la vivienda, y (c) análisis de comparación y evaluación de las estrategias tradicionales de mejora.

Los casos de estudio se ubican en Zumbahua, una parroquia rural ubicada en la provincia de Cotopaxi, en donde se analiza una vivienda A que posee masa térmica media expuesta con bloques de tierra estabilizada comprimida (CSEB) y tejas de hormigón, por otro lado, el caso B corresponde a un modelo de vivienda contemporánea, con un sistema de construcción ligera sin aislamiento alguno, con bloques huecos de hormigón y una cubierta a dos aguas de zinc. Ambas viviendas son de una planta y la forma de su planta arquitectónica es rectangular, las diferencias de cada una de las viviendas son los materiales de la envolvente, el número de ocupantes y los perfiles de uso. (Miño-Rodríguez et al., 2016)

Figura 20.
Esquema de las dimensiones de las viviendas



Nota. Miño Rodríguez et al, 2016

Análisis y optimización del comportamiento térmico de los materiales de construcción de viviendas sociales del Ecuador

El presente estudio tiene como objetivo el analizar el comportamiento térmico de un modelo de vivienda social desarrollado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en Ecuador, el cual se entrega a los beneficiarios del subsidio de vivienda en el país. El MIDUVI es el ente público encargado de ejercer la política pública de las ciudades, el cual garantiza a la ciudadanía un hábitat seguro y saludable, pero ante todo esto el MIDUVI ha usado por muchos años un único modelo para sus proyectos de vivienda social en todo el territorio nacional, el cual consiste en una tipología de vivienda construida con paredes y pisos de hormigón y cubiertas de zinc sin aislamiento en sus envolventes.

El modelo que se presenta, no toma en cuenta la diferencia climática en cada región del Ecuador; la cual está muy marcada y tiene características específicas, esto ha provocado un malestar entre las viviendas que habitan in este modelo de vivienda, en donde la estrategia principal de acondicionamiento es la ventilación natural.

Para evaluar el comportamiento térmico en la vivienda social, se realizaron simulaciones energéticas del edificio y análisis de optimización en esta investigación, los resultados demostraron que los materiales originales usados en estas viviendas no son la mejor opción, ya que estos no garantizan unas condiciones de vida adecuadas durante todos los periodos de ocupación.

El confort térmico en las edificaciones de arquitectura vernácula de la ciudad de Loja y Malacatos

En este artículo científico se analizan ocho casos de estudio de viviendas vernáculas construidas en tierra en comparación de una vivienda de práctica contemporánea erigida en ladrillo y hormigón; que se encuentran emplazadas en la ciudad de Loja y Malacatos en las cuales se realizaron mediciones en el interior de las viviendas por un período de 50 días en diferentes horas del día, del mismo modo se aplicó una encuesta referente al ambiente térmico de los habitantes de las viviendas; basada en el estándar de la ASHRAE-55, en donde se utiliza los procedimientos del Voto medio previsto (PMV) y el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) en comparación con el AMV que representa la percepción real de los usuarios.

El autor sugiere la aplicación de estrategias pasivas de control térmico para mejorar la situación actual de las viviendas que fueron: la ventilación natural e incrementar las ganancias solares. (Tapia & Correa, 2017).A manera de conclusión el autor manifiesta que cada individuo expresa una opinión subjetiva sobre el confort que se percibe y todo está relacionado con el clima del lugar. Del mismo modo, los resultados de la investigación elevan la vivienda con prácticas ancestrales como la vivienda con mejores características de sostenibilidad en relación con la vivienda de referencia que posee materialidad contemporánea.

La importancia de este trabajo radica en que se obtuvieron los datos de temperatura mediante la utilización de equipos de medición como *data loggers* que fueron instaurados en puntos específicos de la vivienda durante un tiempo considerable para después ponderar estos datos y realizar las respectivas conclusiones.

Aspectos de diseño resiliente aplicados a la envolvente que determinan el confort térmico en las viviendas sociales

En este artículo de revista, el objetivo general es evaluar las condiciones de dos viviendas de carácter social implantadas en dos ciudades latinoamericanas, en este caso dos escenarios opuestos: Passo Fundo en Brasil y Tunja en Colombia. En el artículo los autores mencionan que las ciudades latinoamericanas presentan un disconfort térmico en el interior de las viviendas, producto del cambio climático, en síntesis según varios autores, la vivienda social en

latinoamericana se caracteriza por ser muy vulnerable ante el cambio climático.

Los autores dividen su investigación en dos etapas, una fase teórica en donde se analizan datos estructurados y no estructurados; una fase empírica en donde se analizan dos departamentos de 42.5 m² (Passo Fundo) y 56 m² (Tunja), tomando en consideración los datos climáticos de cada región. Posterior a esto los autores utilizan la herramienta Climate Consultant 6.0 de la UCLA, con el fin de generar mejoras en las envolventes de los departamentos (Nieto et al., 2021).

La vivienda social y el confort higrotérmico en la parroquia rural de Huambaló

En esta tesis de maestría, el objetivo principal de la investigación es reconocer todas las características constructivas de la vivienda social en la parroquia rural de Huambaló, ubicada en el cantón Pelileo, Tungurahua. La parroquia de Huambaló se encuentra a una altitud que va desde los 2220 m s.n.m. hasta los 398. m s.n.m. Mediante técnicas de recolección de datos como encuestas y entrevistas, se extrajo la percepción de los habitantes de las viviendas seleccionadas. En este trabajo investigativo se hace un análisis a varias viviendas de carácter social; entregadas por los programas de gobierno, en donde se evidencian las patologías constructivas y las condiciones de hacinamiento que presentan los habitantes mediante la tabulación de las encuestas (Aldás, 2018).

La autora realiza una recopilación exhaustiva de fundamentos teóricos y conceptuales como el confort higrotérmico, estrategias de diseño bioclimático, arquitectura resiliente y bienestar general al interior de una vivienda. Para elaborar sus recomendaciones del trabajo, la autora se basa en los resultados de las entrevistas que realizó a varios profesionales de la construcción y todos aseveraban que la vivienda rural a nivel general debe tener un análisis previo a la consolidación del proyecto, así también menciona que se deben priorizar la materialidad con mayor inercia térmica; en especial en este piso climático.

Finalmente, la autora concluye que existe una estrecha relación entre el confort higrotérmico y el sistema constructivo empleado en cada vivienda y gracias a los indicadores planteados en el trabajo de investigación se puede identificar a las viviendas que requieran modificaciones, con la intención de lograr un confort higrotérmico en el interior de las viviendas (Aldás, 2018).

Tabla 10.

Resumen del estado de la cuestión

TABLA RESUMEN DEL ESTADO DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN			
Autor	Tema/Título	Año	Aporte
Ioana Udrea, Cristiana Croitru, Ilinca Nastase, Ruzandra Crutescu, Viorel Badescu	Confort térmico en una Casa Pasiva rumana, resultados preliminares	2016	Se analiza el confort térmico al interior de una vivienda de estándar <i>Passive Haus</i> en el contexto europeo
Vivek Shastry, Monto Mani, Rosangela Tenorio	Evaluación del confort térmico y de la respuesta climática del edificio en climas cálidos-húmedos para viviendas vernáculas en Suggenhalli (India)	2011	Evaluación térmica en el interior de una vivienda vernácula en la India, en la metodología se incorpora el software <i>DesignBuilder</i> .
Constanza Espinosa Alejandra Cortés	Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante	2015	Los autores analizan tres casos de estudio en el contexto chileno, utilizando técnicas de recolección de datos como la entrevista y la muestra
Jessica Molina, Gills Lefebvre, Rafael Espinoza, Manfred Horn, Mónica Gómez	Enfoque bioclimático para viviendas rurales en la región fría y alto andina: Un estudio de caso de una casa peruana	2020	Se analizan dos casos de estudio en los andes peruanos en donde las temperaturas en invierno son extremas
Isabel Miño, Carlos Naranjo Mendoza, Ivan Korolija	Evaluación térmica de viviendas rurales de bajo coste: un estudio de caso en los Andes ecuatorianos	2016	Se analizan dos viviendas en la parroquia rural Zumbahua, Cotopaxi, cada una con un tipo de materialidad diferente.

Autor	Tema/Título	Año	Aporte
Gallardo Andrés, Beltrán David, Palme Massimo, Lobato-Cordes Andrea	Análisis y optimización del comportamiento térmico de los materiales de construcción de viviendas sociales del Ecuador	2016	Se hace un análisis de las viviendas sociales del MIDUVI en Ecuador y se compara la materialidad de las envolventes
Tapia Eduardo Correa Ramiro	El confort térmico en las edificaciones de arquitectura vernácula de la ciudad de Loja y Malacatos	2017	Se analizan 9 viviendas con dos tipos de sistemas constructivos, se toma como referencia el estándar ASHRAE -55
V. Nieto - Barbosa R. Cubillos - González R. Barrios -Salcedo	Aspectos de diseño resiliente aplicados a la envolvente que determinan el confort térmico en las viviendas sociales	2021	Se toma como referencia dos viviendas en dos lugares diferentes de Latinoamérica, en donde se evalúan sus envolventes
Jessica Margarita Aldás Aldás	La vivienda social y el confort higrotérmico en la parroquia rural de Huambaló	2018	Se analizan varios casos de estudio de vivienda social en una parroquia rural del contexto ecuatoriano

Nota. Elaborado por el autor

CONCLUSIONES PARCIALES

La definición del confort térmico para muchos puede ser considerado un estado mental al estar en armonía con el ambiente más próximo, pero en realidad existen muchos métodos, escalas, modelos, variables e inclusive ecuaciones para poder determinar esta “sensación mental” y poder esclarecer un camino viable para poder mejorar las condiciones de un espacio habitable. Del mismo modo, varios autores y organismos a nivel mundial rigen sus propios parámetros físicos para determinar las condiciones idóneas para habitar un espacio y gozar de un confort térmico deseado.

Las zonas rurales en el Ecuador no cuentan con un sistema constructivo que sea representativo e identitario, por lo que una de las características principales en la ruralidad es precisamente la heterogeneidad en las envolventes identificadas en las viviendas. Del mismo modo, según la bibliografía previamente analizada, se puede inferir que las envolventes de las viviendas; en específico de las zonas rurales, no se encuentran asiladas correctamente.

En relación con el estado de la cuestión o estado del arte, se evidencia que existe una preocupación a nivel mundial por el bienestar y confort térmico en el interior de viviendas, debido a que en los asentamientos rurales no se tiene una metodología específica para su aplicación.

En el caso de la bibliografía que habla sobre casos de estudio en el territorio, existe una escasez de estudios científicos que aborden la problemática planteada, así como se puede evidenciar que el trabajo de las entidades públicas como el MIDUVI no ha sido la más óptima para mitigar la problemática vigente en las zonas rurales, con esto se debería incentivar a la investigación y desarrollo de proyectos que realcen y sean los portavoces de una calidad de vida decente en este tipo de asentamientos humanos.

MATERIALES & MÉTODOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Línea 1: Diseño arquitectónico sostenible, sustentable e integral.

Esta línea de investigación está orientada a buscar respuestas frente a problemáticas que tengan relación con: el hábitat social, materiales y sistemas constructivos, materiales locales, arquitectura bioclimática, construcción sismo resistente, patrimonio, infraestructura e instalaciones urbanas, equipamiento social, entre otras.

SUB - LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La sub - línea corresponde al Diseño y construcción sostenible y sustentable, debido a que la presente investigación busca aplicar estrategias de eficiencia térmica en los casos de estudio de vivienda rural.

DISEÑO METODOLÓGICO

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de carácter mixto, debido a que se formula, recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en la investigación. El fin de este tipo de enfoque no es reemplazar los enfoques cualitativo y cuantitativo, sino utilizar cada una de las fortalezas de ambas partes para combinarlos con la finalidad de minimizar las debilidades potenciales encontradas (Hernández Sampieri et al., 2014).

Los métodos mixtos, se componen de un compendio de procesos de naturaleza empírica, sistemática y crítica e implican la recolección y el posterior análisis de los distintos datos cuantitativos y cualitativos, con el fin de lograr un mayor entendimiento de un fenómeno de estudio. Chen (2006) define al enfoque mixto como la integración de los métodos cuantitativo y cualitativo, para así obtener una imagen más amplia del fenómeno que se está estudiando. En fin, los métodos mixtos se valen de datos numéricos, verbales, textuales, simbólicos y de otra clase para poder entender problemáticas en el mundo de la ciencia (Hernández Sampieri et al., 2014).

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación parte desde un nivel de tipo exploratorio, esto debido a que este alcance de investigación, esto debido a que se tiene por objetivo examinar problemas de investigación que sea poco estudiado o debatido. (Hernández Sampieri et al., 2014). La explicación a esto es debido a que, en Ecuador el acceso a literatura científica que trate de esta temática, es muy reducido. Del mismo modo, se considera de tipo exploratorio debido a que se desea conocer la percepción de los habitantes basado en un enfoque cualitativo mediante encuestas y entrevistas.

La investigación se torna de tipo descriptivo, debido a que se debe “describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos” (Hernández Sampieri et al., 2014) debido a esto se requiere la utilización de instrumentos, programas computacionales y demás herramientas técnicas que contribuyan con el levantamiento de la información. En este caso, es necesario realizar un levantamiento planimétrico de los casos de estudio, detallando la materialidad de las envolventes conjuntamente con el registro de la temperatura interior de las viviendas mediante equipos especializados.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación experimental

Esta investigación corresponde a este tipo debido al manejo de las variables que se maneja en la recopilación de información.

Investigación de campo:

Corresponde a este tipo ya que parte de la investigación está orientada en recolectar información técnica en el lugar de los hechos, en este caso las dos viviendas antes mencionadas, con el fin de poder procesar de la manera más apropiada los distintos datos recolectados en los lugares de estudio.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que será considerada en la investigación, se encuentra conformada por las viviendas que se encuentran en la parroquia rural Once Noviembre, Latacunga. Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Once de Noviembre:

“La parroquia cuenta con 732 viviendas, de las cuales el porcentaje de viviendas con piso entablado, parque, baldosa, vinil ladrillo o cemento corresponde al 53.55%. Las viviendas con techo de teja o losa de hormigón representan un 55.19%” (2020).

En este caso, para la elección de muestras se toma en cuenta la geo-estadística como herramienta para determinar la distribución espacial de las viviendas emplazadas en la parroquia Once de noviembre. La

parroquia está ubicada a 2900 m.s.n.m, en tanto las viviendas seleccionadas se encuentran ubicadas a 2947 m.s.n.m (vivienda vernácula) y 2928 m.s.n.m. (vivienda contemporánea). Utilizando el criterio de la geo-estadística, de la misma manera se puede inferir que las viviendas son seleccionadas debido a que estas no se encuentran colindando con viviendas aledañas, por lo que no existen elementos que interfieran con los cálculos y mediciones.

El tamaño de la muestra empleado en la investigación es no probabilístico, debido a que considera dos casos de estudio; una vivienda vernácula y una vivienda de práctica común con materiales contemporáneos. Una de las principales ventajas de la muestra no probabilística es su utilidad para un determinado estudio que no requiere de una “representatividad de una población, sino de una cuidadosa y controlada elección de sujetos con características especificadas previamente en el planteamiento del problema”. (Hernández Sampieri et al., 1991)

Técnicas de recolección de datos

A fin de encontrar el camino idóneo de recolección y manejo de datos, las técnicas de investigación permiten recolectar, procesar y analizar información.

La incorporación de técnicas de investigación es indispensable dentro del mundo investigativo, debido a que se integra una estructura que ordena la información, dentro de esta destacan los siguientes objetivos:

- Sintetizar las etapas de la investigación científica
- Aportar instrumentos que manejan la información
- Elaborar un control de seguimiento de los datos
- Orientar la obtención de conocimientos. (Nava Sanchezllanes & Monroy Mejia, 2018)

Una vez seleccionado el diseño metodológico y las muestras de las viviendas adecuadas, es pertinente realizar la recolección de los datos basado en los atributos que desee evaluar o considerar.

Entrevista

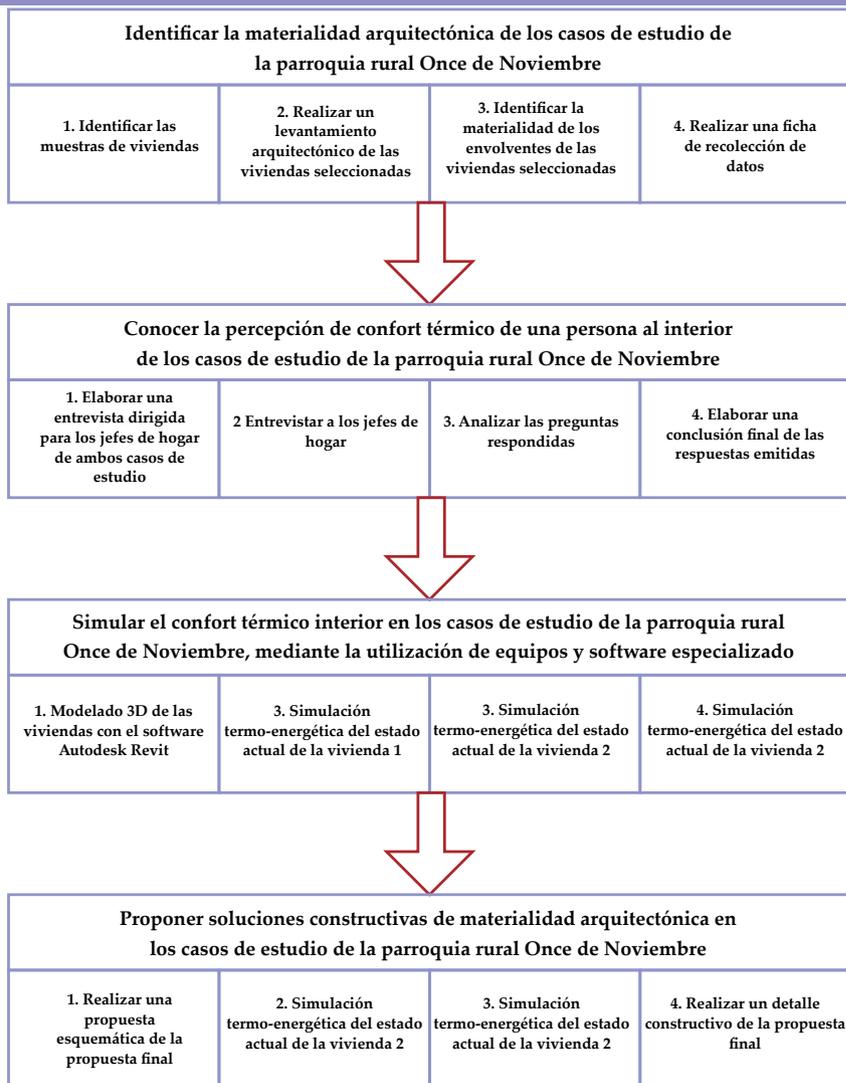
Se entrevistará a los jefes de hogar de los casos de estudio, con la finalidad de que se tomen datos cualitativos sobre la percepción del confort interior; para con ello establecer conclusiones parciales y recomendaciones.

Observación

Se recolectarán varios aspectos cualitativos y cuantitativos para el respectivo análisis de las viviendas seleccionadas, considerando todos los puntos de relevancia que se puede apreciar en cada uno de los casos de estudio. A través de una ficha de recolección de datos se podrá detallar cada aspecto de relevancia a una escala más detallada en donde se evidencian datos importantes como la especificación de la materialidad arquitectónica y el registro de la temperatura interior en los dos casos de estudio seleccionados. (Ver anexo 3 & 4)

TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Figura 21.
Pasos a seguir para el cumplimiento de objetivos específicos



Nota. Elaborado por el autor

DELIMITACIÓN ESPACIAL

Con una extensión de 6.015 km² se eleva la provincia de Cotopaxi, localizada en la región interandina norte de la República del Ecuador, está caracterizada por la presencia de actividad volcánica, como resultado de varios procesos geológicos en toda su historia (GADML, 2018). El territorio de Cotopaxi fue delimitado el 1 de abril de 185 y en el pasado la conformaban dos cantones, Latacunga; su capital y Ambato, posteriormente se la oficializa como provincia de León en honor a la figura laticungueña Dr. Vicente León, fue hasta el año de 1938 cuando Alberto Enríquez Gallo le devolvió su denominación original a provincia de Cotopaxi (Martínez, C, 2017).

La provincia de Cotopaxi, concentra el 2.8% del total de población nacional, equivalente a 409.205 habitantes. La densidad de población rural representa el 70% de la población provincial, correspondiente a 288.235 habitantes, mientras que la población en los centros urbanos es del 30% con 120.970 habitantes.

El presente estudio se ejecutó en Once de Noviembre, parroquia rural del cantón Latacunga. Según el PDOT de Latacunga detalla: “el cantón está localizado geográficamente en el centro de la provincia de Cotopaxi, en las coordenadas UTM 762000; 9904000 y 769000; 998100”. La altitud del cantón va desde los 2700; en su punto más alto, hasta los 3000 msnm. En

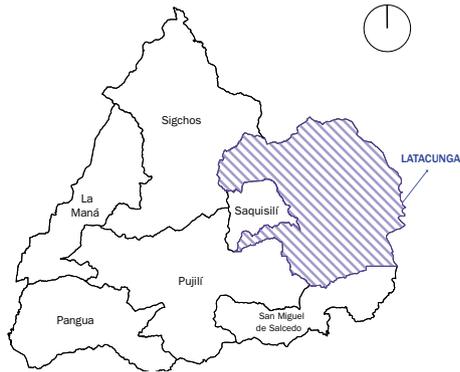
el cantón se ubica el Cotopaxi que es el volcán activo más alto del mundo. (GADML, 2016). El cantón de Latacunga está conformado por 10 parroquias rurales: Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Mulaló, Once de Noviembre, Poaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchí, Toacaso (GADML, 2016).

Figura 22.
División política del Ecuador



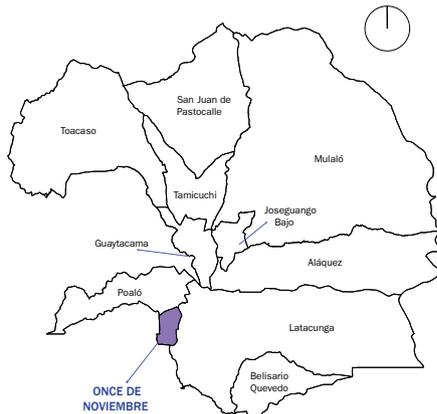
Nota. Elaborado por el autor

Figura 23.
Cantones de la provincia de Cotopaxi



Nota. Elaborado por el autor

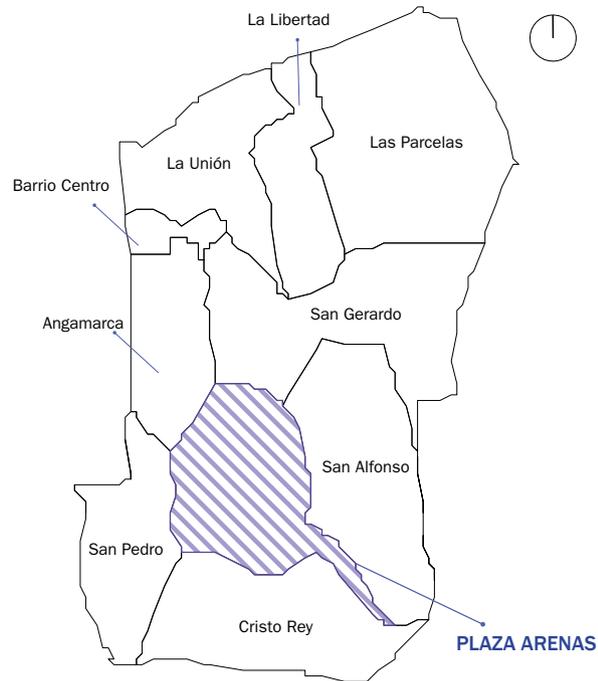
Figura 24.
Parroquias del cantón Latacunga



Nota. Elaborado por el autor

La parroquia rural Once de Noviembre se encuentra ubicada al noroeste del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Anteriormente se la conocía como Caserío Cacique de Illichis, debido a la loma en la que se asienta la parroquia “Loma de Illichis”. La parroquia se eleva a 2950 msnm y ocupa una superficie de 23,135 ha, conformada por 7 barrios: Centro, San Gerardo, San Juan, Cristo Rey, Plaza Arenas, La Libertad e Inchapo

Figura 25.
Barrios de la parroquia rural Once de Noviembre



Nota. Elaborado por el autor

ANÁLISIS

CONTEXTO FÍSICO

Es de vital importancia tomar en consideración este apartado para comprender las características físicas del territorio, tales como la temperatura exterior, humedad relativa, humedad y el asoleamiento; esto debido a que influyen directamente a la temática de estudio. Las condiciones meteorológicas que caracterizan un asentamiento humano sirven de indicadores para poder realizar las introspecciones de los diferentes casos de estudio.

Tabla 11.
Climatología en el cantón Latacunga

CLIMATOLOGÍA DE LATACUNGA			
ZONAS	TEMPERATURAS	ÁREA ha	PORCENTAJE
Ecuatorial de alta montaña	0°C – 6°C	82198.40	59.29
Ecuatorial Mesotérmico Seco	10°C – 20°C	11729.30	8.46
Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo	13°C-18°C	29628.90	21.37
Nival	0°C -6°C / 6°C-10°C	15073.94	10.87
TOTAL		138630.54	99.99

Nota. GADML, 2018.

Estructura climática

De acuerdo con el PDOT de Latacunga: “Al ubicarse en un espacio montañoso accidentado, el clima característico de Latacunga experimenta una temperatura anual media de 14.1 °C, una precipitación anual de 664,5 mm y una humedad anual media de 74,4%” (2016). En los datos obtenidos de la estación meteorológica de Rumipamba-Salcedo, la temperatura media anual tiene como valor mínimo de 13.6 °C y un valor máximo de 14,4°C, la precipitación anual registra un valor de 51.8 mm y un valor máximo de 3838 mm.

El clima del cantón varía en función de su situación geográfica, el cual posee 4 pisos climáticos: ecuatorial de alta montaña, ecuatorial mesotérmico seco, ecuatorial mesotérmico, semihúmedo y zona nival.

Debido a la altitud en la que está la parroquia; con cotas cercanas a los 3000 msnm, la temperatura media a anual se encuentra entre los 7 y 12 °C, sus precipitaciones anuales son de 500 y 1000 mm.

La parroquia se encuentra ubicada a una altura que va desde los 2800 a 2950 msnm, la temperatura media anual es de 12.5 °C, los meses con las temperaturas más bajas son noviembre, diciembre y enero, los meses con más precipitaciones son los meses de febrero, marzo, abril, octubre y noviembre y los meses con más escenarios de sequías son junio, julio y agosto (GAD parroquial Once de Noviembre, 2020).

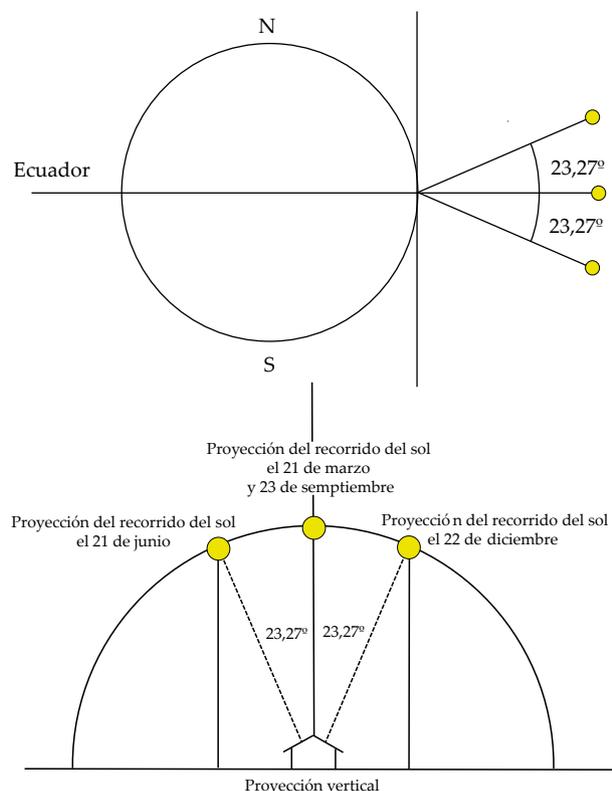
La particularidad de la parroquia es que posee tres micro-climas variados que van desde los 12 a los 15 °C; debido a que se encuentra en el centro sur de la Provincia de Cotopaxi. En las cotas que entre los 2000 a 3000 msnm, la temperatura de la parroquia es comparable con la de tipo isotérmica; de 12 °C, con una precipitación media anual de 500 y 1000 msnm. En zonas donde la altura sobrepasa los 3000 msnm, la temperatura está entre los 7 y 12 °C, con precipitaciones anuales de 500 y 1000 msnm, en ciertas zonas donde la altura sobrepasa los 3000 msnm, se han registrado temperaturas entre -6 a -3 °, con precipitaciones anuales de 1000 a 2000 mm.

Radiación solar

Al estar ubicado al oeste del meridiano de Greenwich; específicamente entre las latitudes 1°30'N (Carchi) y 5°0'S (Zamora) y entre las longitudes 72°0'E y 75°0'O entre las ciudades de Salinas y Orellana respectivamente, el Ecuador no tiene variaciones a razón de la posición del sol, esto resulta favorable

para la utilización de energías renovables como la solar. (MIDUVI, 2011). En promedio en el Ecuador existen 12 horas diarias de sol, durante el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre) se ha logrado calcular que la variación del zenit a las 12:00 es de $\pm 23.5^\circ$, eso quiere decir que el sol se desplaza cada año unos 47° durante estos eventos solares.

Figura 26.
Movimiento del sol en el Ecuador



Nota. Vélez. Roberto, 1992

Los valores de insolación en la mayoría de las provincias rondan entre los 4050 a 5835 Wh/m²día, en el caso puntual de Cotopaxi sus valores son:

Tabla 12.

Valores promedio de radiación solar en Latacunga

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² día
Cotopaxi	Latacunga	4800

Nota. NEC-11, 2013

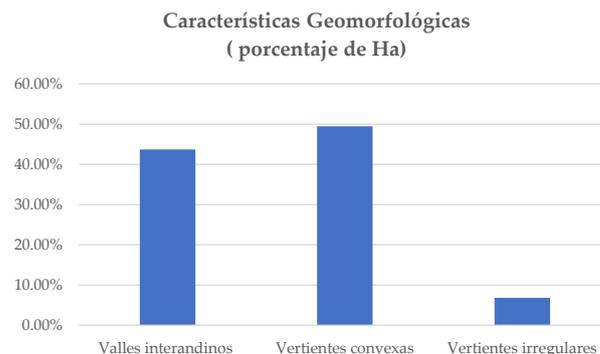
ESTRUCTURA GEOGRÁFICA

La limitación geográfica de la Parroquia Once de Noviembre es la siguiente de acuerdo con su PDOT la parroquia se localiza en el centro norte de Ecuador, al noroeste de la provincia de Cotopaxi; como dato adicional cabe destacar que, en tanto a extensión territorial, la parroquia es la más pequeña del cantón Latacunga. Los bordes de la parroquia son los siguientes: “Al Norte: parroquia Poaló, al Sur: cantón Pujilí, al Este: parroquia Eloy Alfaro, y al Oeste: la Parroquia La Victoria. (GAD parroquia Once de Noviembre, 2020).

La Parroquia Once de noviembre se encuentra ubicada en una zona privilegiada, debido a que se encuentra en una llanura en la zona que conecta la ciudad y la parroquia Victoria, emplazándose en el centro de las parroquias de La Victoria, Poaló, el cantón Latacunga y Pujilí. (GAD parroquia Once de Noviembre, 2020). La zona más alta de Once de Noviembre se encuentra bordeando los 2950 m s.n.m. y la locación más alta se encuentra a 2850 m s.n.m.

Figura 27.

Movimiento del sol en el Ecuador



Nota. NEC-11, 2013

Al estar localizada en el callejón interandino a una altura de 2800 a 250 m s.n.m., la parroquia presenta una topografía y relieve accidentados. El relieve de la parroquia está compuesto en su mayoría por el de categoría de meso relieve Glacis; el cual figura de una pendiente que corresponde a menos del 10%. Debido a la intensa actividad volcánica a la que la parroquia ha estado expuesta desde tiempos remotos, la zona se ha configurado destacando la forma de su relieve, creando a razón de terrazas estructurales taludes con grados de pendiente diversos, de los cuales se pueden resaltar dos áreas relevantes: En la altura comprendida entre los 2900 a 3200 m s.n.m; la cual comprende zonas de grandes lomas, se evidencian relieves con una pendiente moderada que fluctúan entre el 12 a 40 % de pendiente. En la cota de los 2900 m.s.n.m, se encuentran llanuras con pendientes de 2 a 12% con características uniformes y ligeramente onduladas.

ESTRUCTURA ECOLÓGICA

Flora

En todo el territorio de la parroquia se presencia una gran variedad de especies nativas, en donde resaltan las especies de capulí, penco, cabuya negra y chilca. El capulí se puede hallar en las zonas bajas de la parroquia y la cabuya negra crece únicamente en suelos de buena calidad. Entre otras especies presentes en la parroquia, se encuentran la cabuya blanca, cebadilla, pasto avena, festucas, pata de gallina, gramas, kikuyos, Santa María y Taraxaco; especies que se pueden ser encontradas en quebradas y terrenos baldíos (GAD parroquial Once de Noviembre, 2020).

Figura 28.

Flora representativa de la parroquia



Nota. Adaptado de GAD Once de Noviembre, 2020.

Fauna

Gracias a las condiciones físicas y geográficas de la parroquia, en la extensión del territorio se pueden encontrar varios representantes en lo que respecta la fauna característica de Once de Noviembre. En la parroquia destacan una gran variedad de aves como las: tórtolas, güiragchuros, mirlos, golondrinas, jilgueros y richas, del mismo modo se pueden divisar búhos de quebradas, palomas y copetones.

Siguiendo la categorización de animales silvestres, en la parroquia predominan especies de mamíferos como: zorrillos, ratas, ratones, comadreas, raposas; y una especie de anfibio en peligro de extinción, el jambato negro (GAD parroquia Once de Noviembre, 2020).

Figura 29.

Fauna representativa de la parroquia

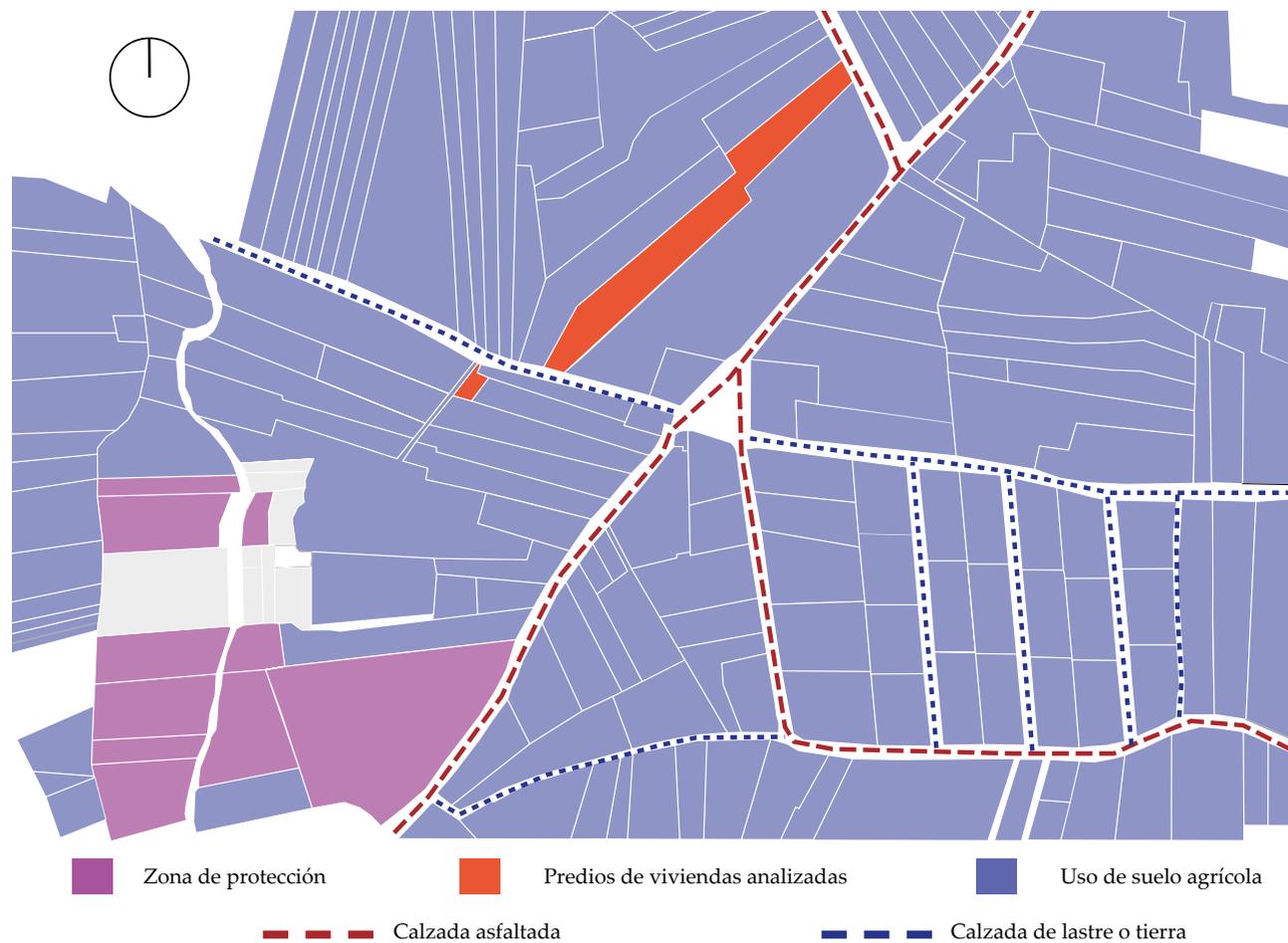


Nota. Adaptado de GAD Once de Noviembre, 2020.

CONTEXTO RURAL

Figura 30.

Uso de suelo del Barrio Plaza Arenas



Nota. Elaborado por el autor

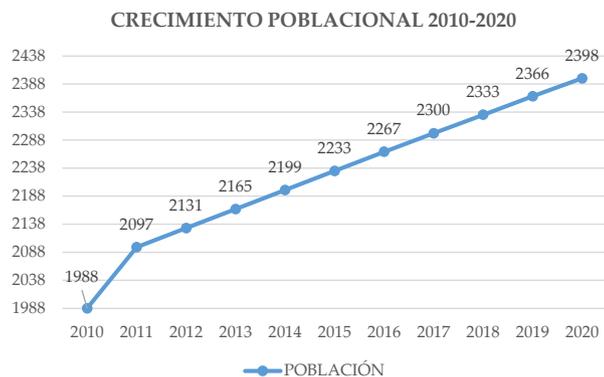
CONTEXTO SOCIAL

La población de la parroquia Once de Noviembre en el año 2010 fue de 1988 habitantes, según el INEC (2010), la proyección de la población para el año 2020 según el mismo instituto, es de 2398 habitantes. La población de la parroquia se encuentra distribuida en una superficie de 920 ha, lo que significa que existe una densidad poblacional de 2.60 hab/ha.(GAD parroquia Once de Noviembre, 2020).

La parroquia actualmente cuenta con 2398 habitantes y según la fórmula de proyección de la población del INEC, la población ha incrementado un 20% entre los años 2010 y 2020. De esta población; como en el año 2010, la mayoría de la población concierne el género femenino, quienes en la actualidad suman el 52% del total de habitantes en Once de Noviembre.

Figura 31.

Crecimiento poblacional de la parroquia Once de Noviembre



Nota. Adaptado de GAD Once de Noviembre, 2020.

CONTEXTO SOCIAL EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS

Vivienda 1

La vivienda está habitada por 3 personas; una persona adulta que ronda los 43 años y sus hijos de 7 años y 13 años. La propietaria de la vivienda es la señora Inés Rodríguez y adquirió la vivienda hace 13 años por medio de una postulación en el MIDUVI. La principal actividad del hogar se basa en la comercialización de productos agrícolas.

Figura 33.
Ubicación de Vivienda N°1



Nota. Elaborada por el autor

Figura 32.
Vivienda N°1



Nota. Elaborada por el autor

Vivienda 2

La vivienda está habitada actualmente por 4 personas adultas; dos personas de la tercera edad y sus hijos adultos. El propietario de la vivienda es el señor Segundo José Calvopiña; que es un adulto de la tercera edad. La vivienda tiene una vida de 50 años aproximadamente. La principal actividad económica del hogar es el cultivo y comercialización de productos agrícolas.

Figura 35.

Ubicación de vivienda N°2



Nota. Obtenido de Google Earth

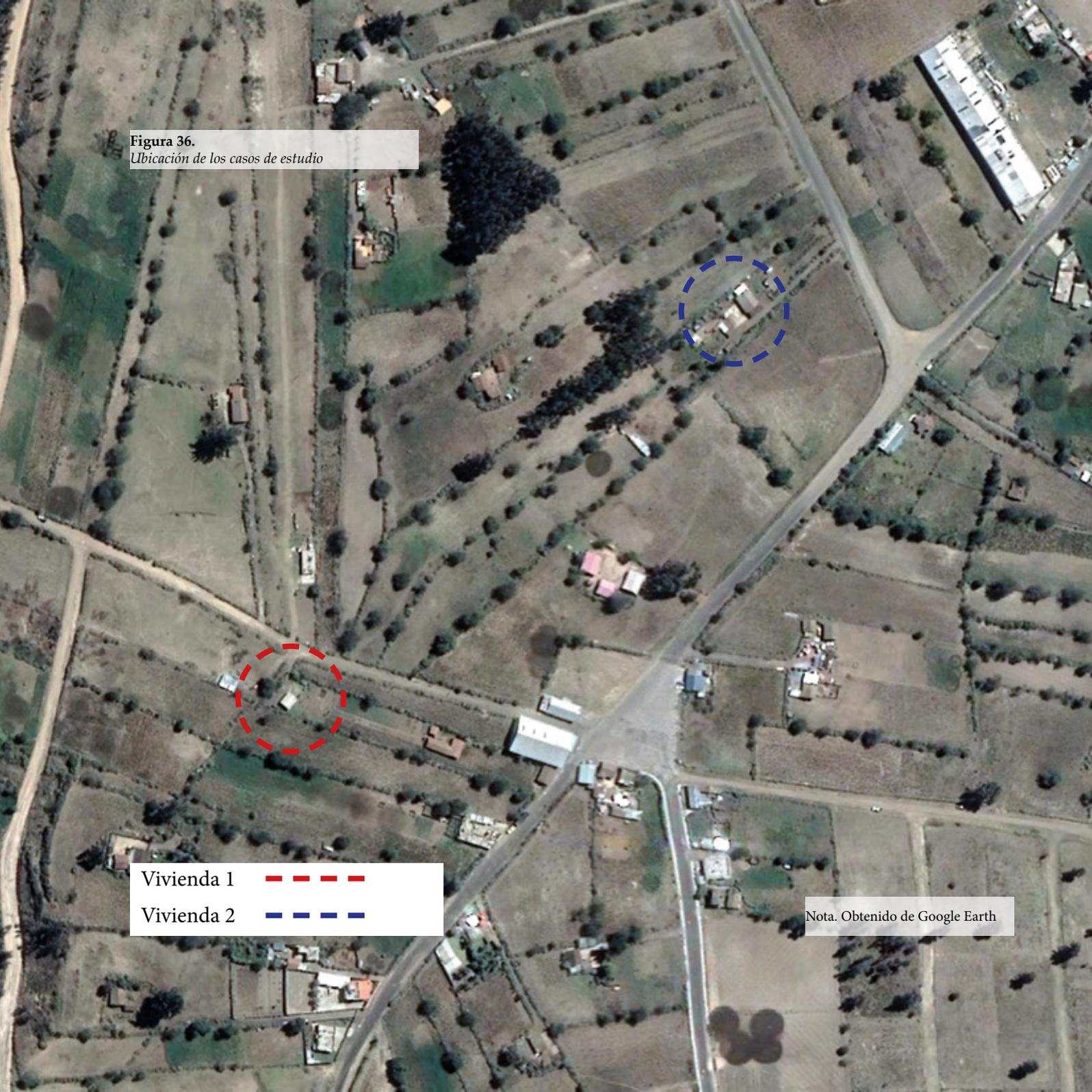
Figura 34.

Vivienda N°2



Nota. Elaborada por el autor

Figura 36.
Ubicación de los casos de estudio



Vivienda 1 - - - - -

Vivienda 2 - - - - -

Nota. Obtenido de Google Earth

RESULTADOS

DESARROLLO DE OBJETIVOS

Para un correcto cierre de la investigación, se plantea seguir el desarrollo de las técnicas para el procesamiento de la información; pasos a seguir que están ligados a los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación.

1. Identificar la materialidad arquitectónica de los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre

La utilización de fichas de recolección de datos, es una técnica importante, esto se debe a que con estos instrumentos se puede obtener la información más detalladas de las viviendas a ser analizadas. En el contenido de estas fichas se encuentra información detallada de las viviendas como el tipo de materialidad, estado constructivo y un apartado que es importante; la toma de temperaturas en los espacios de las viviendas.

A partir de la elaboración de las fichas de recolección de datos; en cada caso de estudio, se detallaron los distintos elementos de las envolventes constructivas de los dos tipos de vivienda. Posterior a esto se calcula los metros cuadrados de ocupación de los distintos paquetes constructivos que se han identificado en

los dos casos de estudio. De la misma manera, se realiza una recolección de la temperatura y de la humedad relativa; mediante la utilización de un termo-higrómetro digital HTC-2, en función de las horas que se consideran críticas para la percepción del confort de los habitantes.

Para el procesamiento de datos meteorológicos, se ha tomado como referente los datos históricos que la estación Rumipamba-Salcedo ha recolectado a lo largo de los años, esto debido a que la estación meteorológica con código M0004; propiedad del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), dicha estación meteorológica es la estación funcional más cercana a la parroquia Once de Noviembre, con aproximadamente 16 km de distancia que separa la estación meteorológica de la zona de estudio.

Figura 37.
Termo-higrómetro marca HTC-2



Nota. Obtenido de (Mercado Libre, s.f.)



ONCE DE NOVIEMBRE

Figura 38.
Relación de distancia entre la zona de estudio y la estación meteorológica

ESTACIÓN RUMIPAMBA - SALCEDO

Nota. Obtenido de Google Earth

Análisis de vivienda N°1

Envolvente

En la tabla 12 se detalla los elementos que componen la envolvente de la vivienda, se optó por marcar cada elemento con respecto a su posición geográfica para una mejor comprensión. (VER ANEXO 3)

Tabla 13.

Resumen de las envolventes: Vivienda N° 1

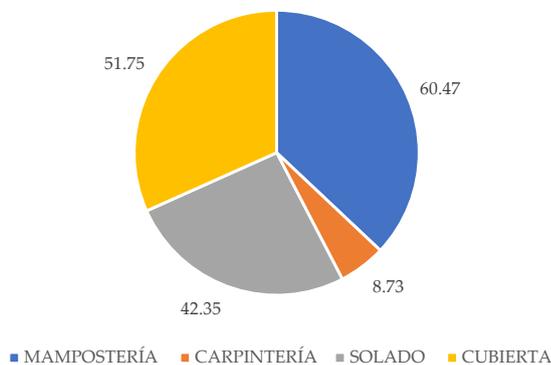
RESUMEN VIVIENDA 1		
ENVOLVENTE	ÁREA m ²	PORCENTAJE
Mampostería	60.47	37.03%
Carpintería	8.73	5.35%
Solado	42.35	25.93%
Cubierta	51.75	31.69%

Nota. Elaborado por el autor

Figura 39.

Porcentaje de ocupación de envolventes: Vivienda 1

CUADRO DE ÁREAS m² - VIVIENDA 1



Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

En la vivienda con materialidad industrializada, la envolvente que posee más metros cuadrados es la de mampostería de bloques de hormigón con 51.75 m² de los 163.3 m² totales calculados de la envolvente, esto corresponde al 37.03% de toda la envolvente de la vivienda, esto evidencia que la materialidad de la mampostería forma parte de un rol importante del bienestar térmico en el interior de la vivienda, por lo que todas las capas que conforman los muros deben tener las características físicas para elevar el conteo de horas de confort en la vivienda.

Temperatura interior y exterior

Para la recolección de temperatura, se hizo un análisis de distintas horas críticas en donde el confort de una persona puede ser variable, para esto se recurrió a recolectar datos *in situ* con ayuda de un termo higrómetro digital HTC-2. Con esto, se comparó la temperatura de bulbo seco exterior y la temperatura operativa en el interior de los ambientes de las viviendas. Las temperaturas detalladas en la tabla 15, fueron recolectadas el día 08 de enero del año 2022.

Tabla 14.

*Resumen de la temperatura exterior e interiores:
Vivienda N° 1*

RESUMEN DE TEMPERATURAS °C						
Hora	Temp. exterior °C	Cocina	Sala	Comedor	Dorm. 1	Dorm. 2
7:00 a. m.	16.8	15.9	16.3	18.5	17.9	18.2
9:00 a. m.	19.8	16.3	16.3	16.3	16.2	16.2
12:00 p. m.	23.8	20.5	21.6	22.8	22.4	22.4
5:00 p. m.	21.5	23.3	23.7	23.7	22.9	22.9
8:00 p. m.	15.9	19.3	20.4	18.6	18.5	18.5
10:00 p. m.	11.3	18.2	19.2	19.6	20.3	18.6
12:00 a. m.	10.6	17.5	16.5	16.8	17.3	17.6

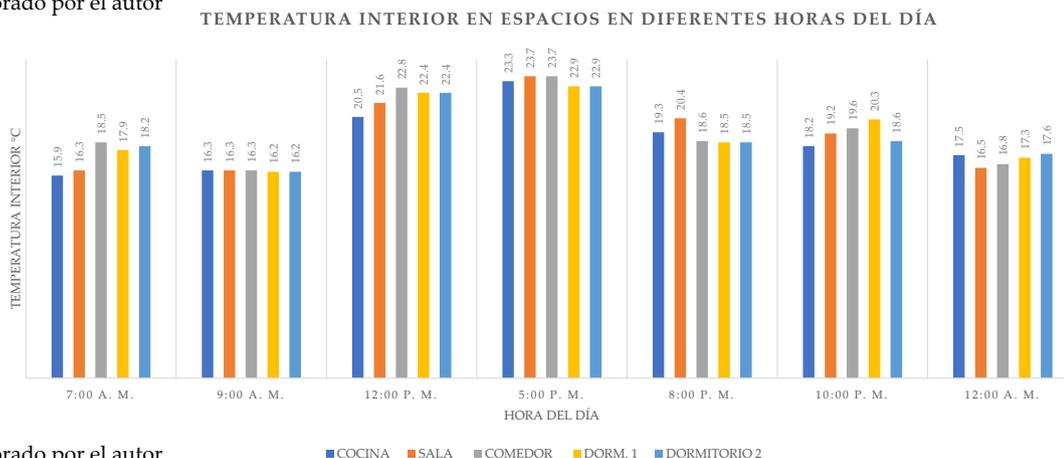
Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de datos

Se observa que la temperatura más alta registrada es de 23.7°C, registrada a las 5:00 pm, en los ambientes de sala y comedor respectivamente. La temperatura más baja registrada es de 15.6 °C registrada a las 7:00 am. Tomando en cuenta el estándar ASHRAE -55 (2010), que menciona que un ambiente confortable se encuentra entre los 22 a 26 °C, se puede inferir que estos espacios a determinada hora presentan confort térmico, no obstante, se ignoran algunas variables como el metabolismo, coeficiente de vestimenta y humedad relativa para hacer una afirmación del confort en estos espacios.

Figura 40.

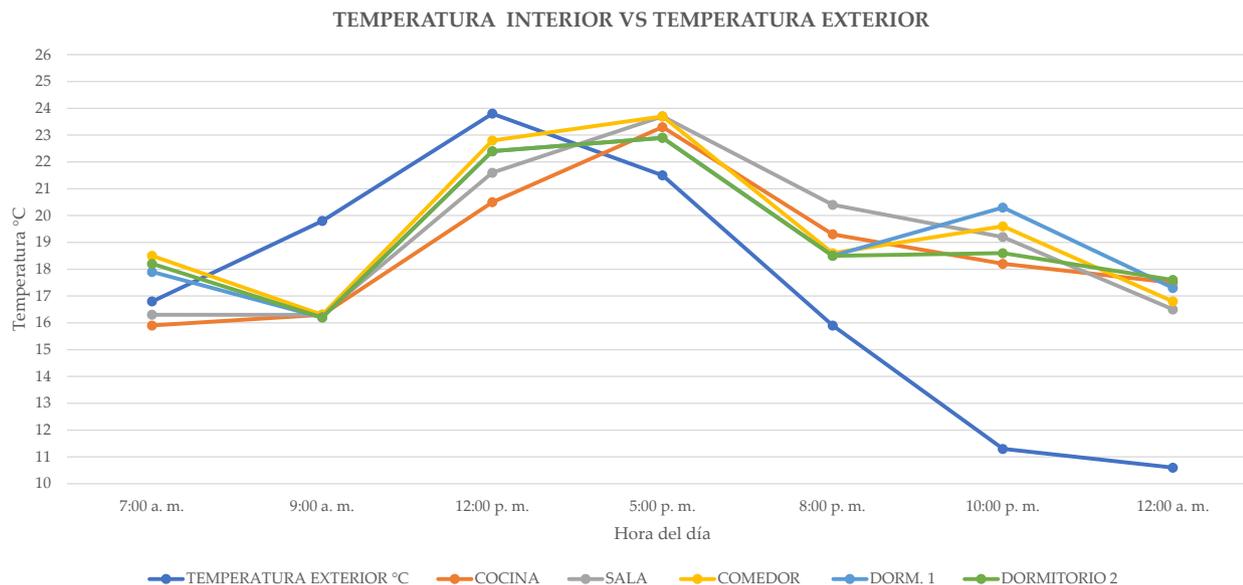
Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda



Nota. Elaborado por el autor

Figura 41.

Temperatura de bulbo seco exterior en comparación con la temperatura interior: Vivienda 1



Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

Se puede observar que la máxima temperatura captada por el instrumento de medición es de 23.8°C, esto se debe a que a las 12:00 pm el sol se encuentra en el cenit y la radiación solar a esta hora del día provoca que la captación térmica de los materiales sea mucho mayor. Por el contrario, la temperatura más baja registrada es 10.6 °C media noche y la temperatura en el interior de la vivienda está en un promedio de 17.4 °C.

Humedad relativa

Tabla 15.

Resumen de la humedad relativa en ambientes interiores: Vivienda N° 1

RESUMEN DE HUMEDAD RELATIVA %					
Hora	Cocina	Sala	Comedor	Dorm.1	Dorm.2
7:00 a. m.	87	86	85	86	86
9:00 a. m.	76	76	77	75	75
12:00 p. m.	45	46	43	44	44
5:00 p. m.	34	39	39	39	39
8:00 p. m.	54	53	52	51	51
10:00 p. m.	86	73	75	76	74
12:00 a. m.	78	67	67	68	68

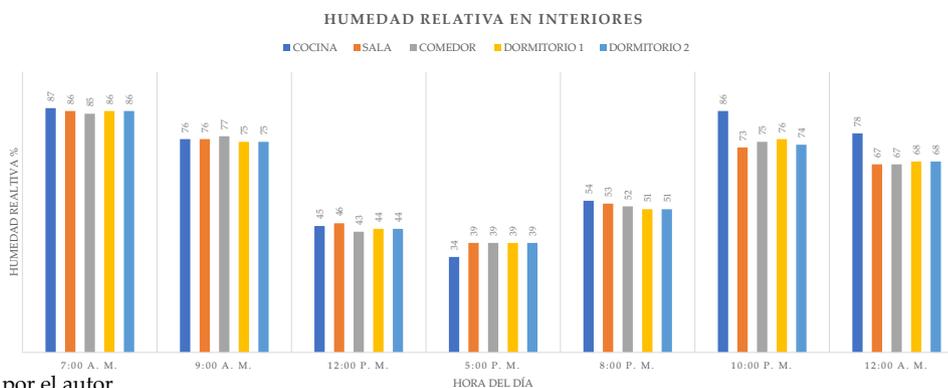
Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

Con respecto a la humedad relativa, el máximo porcentaje de humedad relativa en el día de registro es del 87%, registrado a las 7:00 am, de igual modo se registró un porcentaje de humedad similar a las 10:00 pm. Según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (2011), los límites de humedad relativa en un ambiente confortable se ubican entre el 40 y 65 %

Figura 42.

Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda



Nota. Elaborado por el autor

Análisis de vivienda N°2

Envolvente

Del mismo modo que en el caso anterior, en la tabla 14 se detalla los elementos que componen la envolvente de la vivienda, se optó por marcar cada elemento con respecto a su posición geográfica para una mejor comprensión. En este caso en particular, al tratarse de una vivienda vernácula, la programación arquitectónica de la vivienda está distribuida en dos bloques.

Tabla 16.

Resumen de las envolventes: Vivienda N° 2

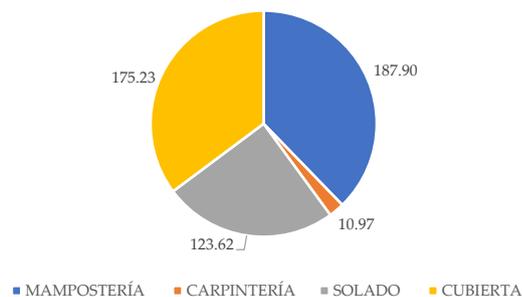
RESUMEN VIVIENDA 2		
ENVOLVENTE	VIVIENDA 2	PORCENTAJE
Mampostería	187.90	37.75%
Carpintería	10.97	2.20%
Solado	123.62	24.84%
Cubierta	175.23	35.21%
TOTAL	497.72	100%

Nota. Elaborado por el autor

Figura 43.

Porcentaje de ocupación de envolventes: Vivienda 2

CUADRO DE ÁREAS m² VIVIENDA 2



Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

En la vivienda con materialidad ancestral, la envolvente que posee más metros cuadrados es la mampostería de bloques de adobe con 175.23 m² de los 497.72 m² calculados de la envolvente, esto corresponde al 37.75 % de toda la envolvente de la vivienda, esto evidencia que la materialidad de la mampostería forma parte de un rol importante del bienestar térmico en el interior de la vivienda, por lo que todas las capas que conforman los muros deben tener las características físicas para elevar el conteo de horas de confort en la vivienda.

Temperatura interior y exterior

Para la recolección de temperatura, se hizo un análisis de distintas horas críticas en donde el confort de una persona puede ser variable, para esto se recurrió a recolectar datos *in situ* con ayuda de un termohigrómetro digital HTC-2. Con esto, se comparó la temperatura de bulbo seco exterior y la temperatura operativa en el interior de los ambientes de las viviendas. Las temperaturas detalladas en la tabla 16, fueron recolectadas el día 08 de enero del año 2022.

Tabla 17.

Resumen de la temperatura exterior e interiores:
Vivienda N° 2

Nota. Elaborado por el autor

RESUMEN DE TEMPERATURAS °C						
Hora	Temp. exterior	Cocina	Sala	Comedor	Dorm. 1	Dorm. 2
7:00 a. m.	16.8	18.9	20.6	20.7	21.4	21.4
9:00 a. m.	19.8	19.3	19.8	20.3	20.8	20.8
12:00 p. m.	23.8	23.6	22.7	22.5	22.6	22.6
5:00 p. m.	21.5	24.3	21.7	22.3	21.3	21.3
8:00 p. m.	15.9	22.4	22.3	23.8	22.5	22.7
10:00 p. m.	11.3	18.6	19.5	19.3	19.6	19.4
12:00 a. m.	10.6	18.3	19.2	19.1	20.3	20.3

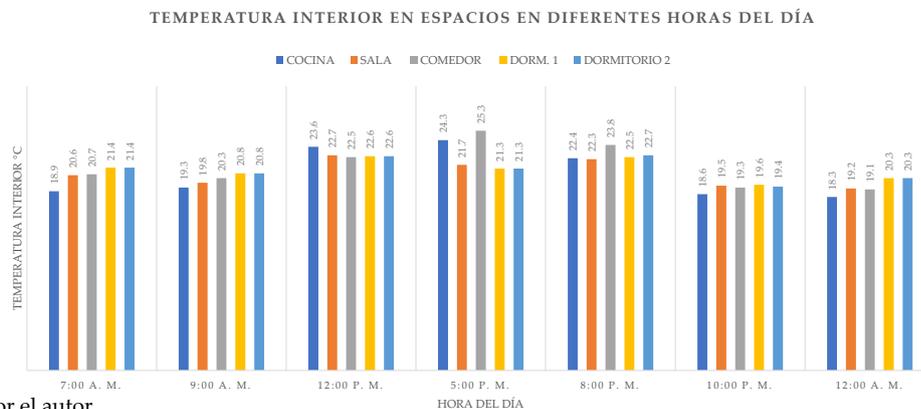
Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

Se observa que la temperatura más alta registrada es de 25.3 °C, registrada a las 5:00 pm, en la sala de la vivienda. La temperatura más baja registrada es de 18.3°C registrada a la media noche. Tomando en cuenta el estándar ASHRAE -55 (2010), que menciona que un ambiente confortable se encuentra entre los 22 a 26 °C, se puede inferir que estos espacios a determinada hora presentan confort térmico, no obstante, se ignoran algunas variables como el metabolismo, coeficiente de vestimenta y humedad relativa para hacer una afirmación de la presencia de confort en estos ambientes.

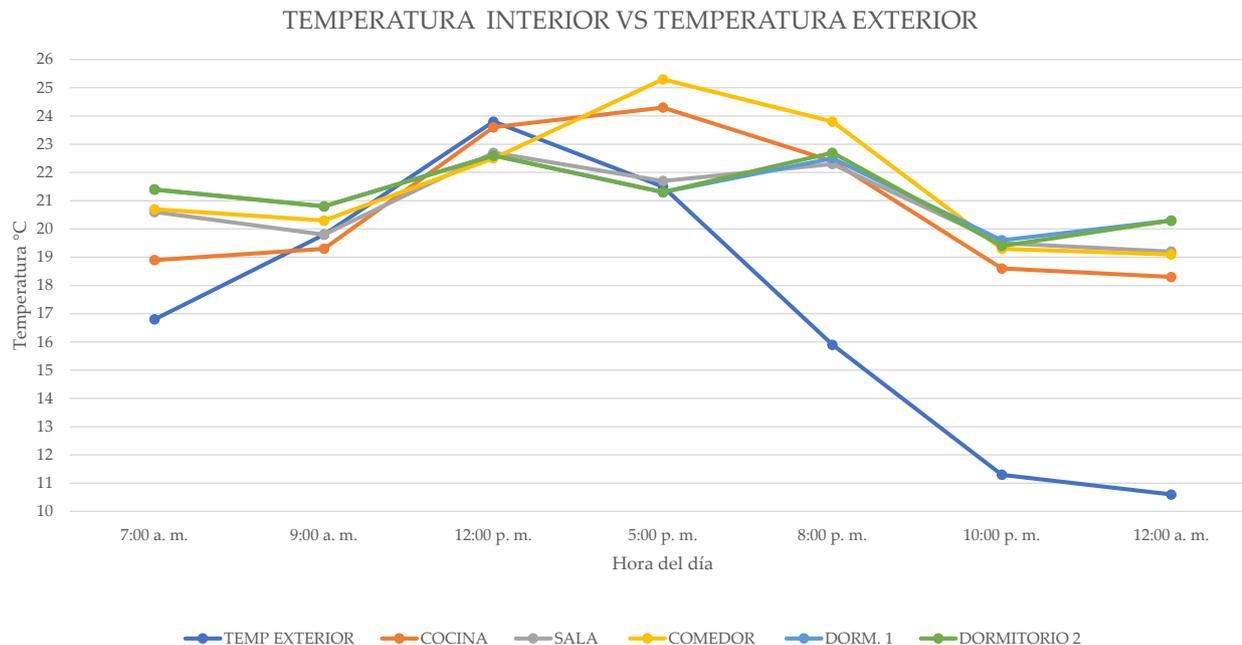
Figura 44.

Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda



Nota. Elaborado por el autor

Figura 45.
*Temperatura de bulbo seco exterior en comparación con la
temperatura interior: Vivienda N°2*



Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

Se puede observar que la máxima temperatura captada por el instrumento de medición es de 23.8°C, esto se debe a que a las 12:00 pm el sol se encuentra en el cenit y la radiación solar a esta hora del día provoca que la captación térmica de los materiales sea mucho mayor. Por el contrario, la temperatura más baja registrada es 10.6 °C media noche y la temperatura en el interior de la vivienda está en un promedio de 17.4 °C.

Humedad relativa

Tabla 18.

Resumen de la humedad relativa en ambientes interiores: Vivienda N° 2

RESUMEN DE HUMEDAD RELATIVA %					
Hora	Cocina	Sala	Comedor	Dorm.1	Dorm.2
7:00 a. m.	83	80	83	82	82
9:00 a. m.	75	42	73	70	75
12:00 p. m.	42	46	45	52	52
5:00 p. m.	35	37	42	43	43
8:00 p. m.	55	52	50	45	45
10:00 p. m.	83	73	73	78	78
12:00 a. m.	73	67	70	71	71

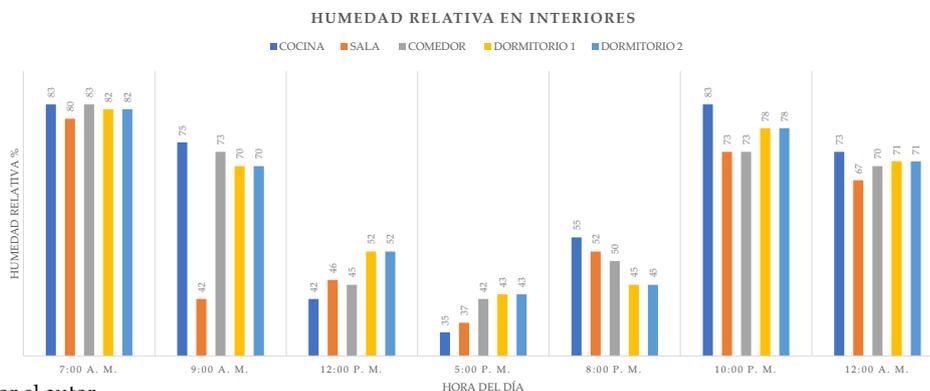
Nota. Elaborado por el autor

Análisis e interpretación de resultados

Con respecto a la humedad relativa, el máximo porcentaje de humedad relativa en el día de registro es del 87%, registrado a las 7:00 am, de igual modo se registró un porcentaje de humedad similar a las 10:00 pm. Según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (2011), los límites de humedad relativa en un ambiente confortable se ubican entre el 40 y 65 %. Es oportuno mencionar que la humedad relativa es una de las variables para determinar el confort térmico, todas las variables deben trabajar conjuntamente para obtener resultados confiables.

Figura 46.

Temperatura operativa al interior en diferentes espacios de la vivienda



Nota. Elaborado por el autor

2. Conocer la percepción de confort térmico de una persona al interior de los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre

Para el desempeño de este objetivo, se realizaron dos entrevistas a los propietarios o jefes de hogar de las dos viviendas seleccionadas, todo con el fin de conocer datos cualitativos sobre la percepción del confort en los espacios habitables de las viviendas

Entrevista sobre el confort térmico en viviendas rurales, dirigida a los jefes de hogar en las viviendas seleccionadas.

Nombre de los entrevistados:

E1: Inés Rodríguez: jefe de hogar de vivienda 1
E2: Segundo Calvopiña: jefe de hogar vivienda 2

Ocupación:
E1: Quehacer doméstico
E2: Agricultor

Edad:
E1: 43 años
E2: 92 años

Cuestionario:

¿A qué hora del día siente frío en su hogar?

E1: Por lo general cuando me levanto en las mañanas el frío se siente más, en las noches desde las 10 pm se siente frío en algunas habitaciones de mi casa.
E2: Siempre he sentido frío cuando me despierto en las mañanas y cuando me levanto de la cama, aunque

en las noches últimamente se ha sentido mucho frío.

Análisis

A pesar de vivir por mucho tiempo en sus viviendas, las personas sienten un grado de discomfort, pero han aprendido a vivir con el creyendo que es parte del proceso de adaptación del ser humano.

¿Considera usted que su hogar a nivel general es confortable?

E1: A veces mis hijos y yo tenemos frío, pero cuando hago los quehaceres de la casa no se siente el frío.
E2: Si, a veces uno siente frío, pero con ponerse un abrigo basta.

Análisis

Ambas personas comparten que su vivienda no es confortable la mayoría del tiempo, pero al realizar una actividad en cualquier espacio, la sensación térmica puede cambiar.

¿En qué habitación de su hogar usted se encuentra más a gusto?

E1: Creo que uno se siente más a gusto en su dormitorio porque ahí es donde las personas descansan después de un día de trabajo agotador.
E2: La mayoría de veces en la cocina siento más sensación de calor, pero esto es porque ahí está el horno de leña.

Análisis

La sensación de confort en cada caso es diferente, en

el caso de E1 es el dormitorio y de E2 es la cocina por la presencia de una fuente de calor.

¿Alguna vez ha requerido equipos de calefacción en su hogar?

.....

E1: He tenido la intención de recurrir a un calentador, pero no he tenido la oportunidad de comprar uno.

E2: No, por lo general cuando hace mucho frío prendemos la leña y nos calentamos

Análisis

La intención de adquirir equipos de calefacción ha sido considerada por más de una vez por parte de las personas que habitan las viviendas, sin embargo, no lo han hecho por temas económicos y porque fundamentan que ya están acostumbrados a ese tipo de sensación.

¿Considera que su vivienda se encuentra correctamente aislada del exterior?

.....

E1: No, debido a que por la noche se puede sentir el aire corriendo por las ventanas o por espacios que no están rellenos de la cubierta.

E2: No, creo que el frío entra por las grietas de la cubierta y por las ventanas.

Análisis

A pesar de no conocer en términos técnicos qué es un material aislante o las propiedades térmicas de un material, las personas están conscientes que existen infiltraciones y que los puntos más vulnerables son la

cubierta y ventanas.

¿Ha pensado en mejorar algún elemento arquitectónico de su hogar?

.....

E1: Si, he pensado en invertir un poco de dinero y cambiar la cubierta de mi vivienda en un futuro.

E2: Si, he pensado en cambiar las tejas por que empiezan a haber goteras.

Análisis

Los jefes de hogar comparten el deseo de algún día poder mejorar las fallas constructivas o algún detalle que impida que su vivienda sea confortable la mayor parte del tiempo.

3. Simular el confort térmico interior en los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre, mediante la utilización de equipo y software especializado

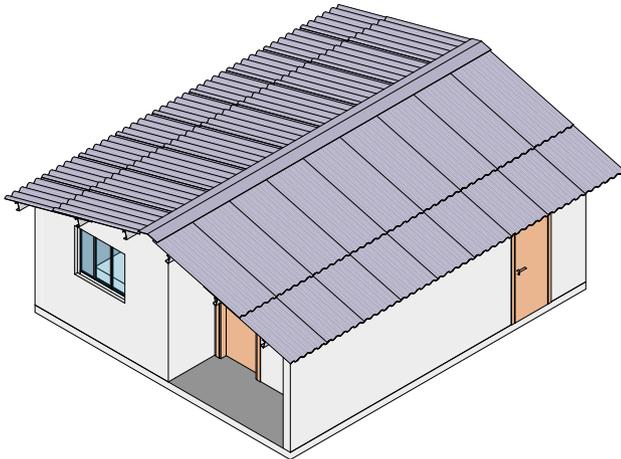
Para proceder a efectuar este apartado en la investigación, en primera instancia se realizó un levantamiento arquitectónico de las viviendas en donde se recopiló información de las distintas plantas, cortes, fachas, recorridos solares y radiación térmica en ambas viviendas. Para ello, se utilizó el software BIM Revit de la compañía estadounidense Autodesk, para realizar el modelado de la vivienda que posteriormente será utilizado como un modelo analítico de análisis.

Vivienda 1

.....

Figura 47.

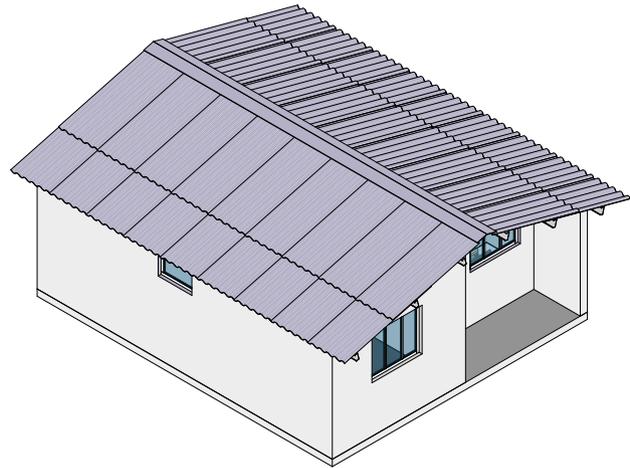
Isometría de la vivienda N°1



Nota. Elaborado por el autor

Figura 48.

Isometría de la vivienda N°1

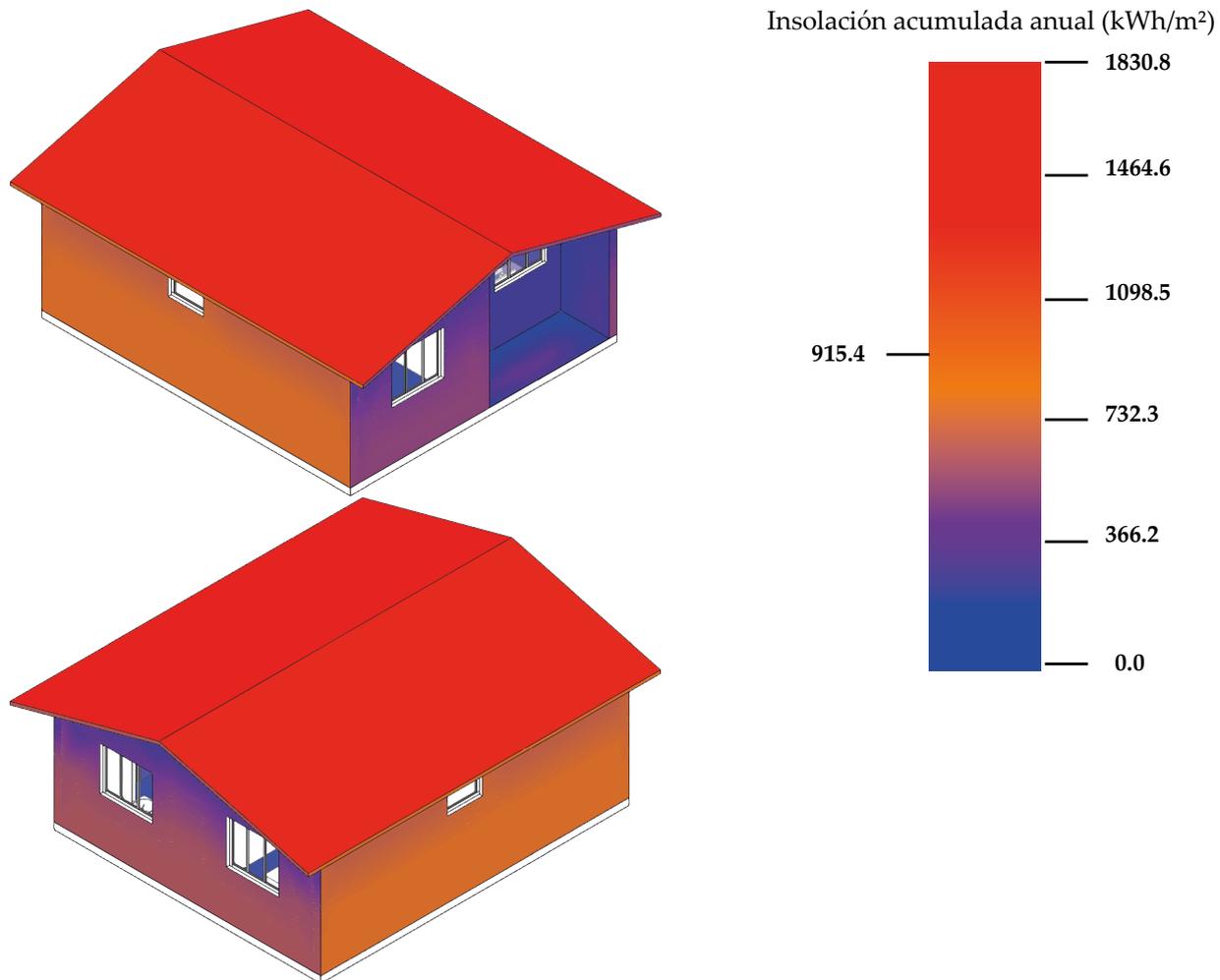


Nota. Elaborado por el autor

ANÁLISIS SOLAR

Figura 49.

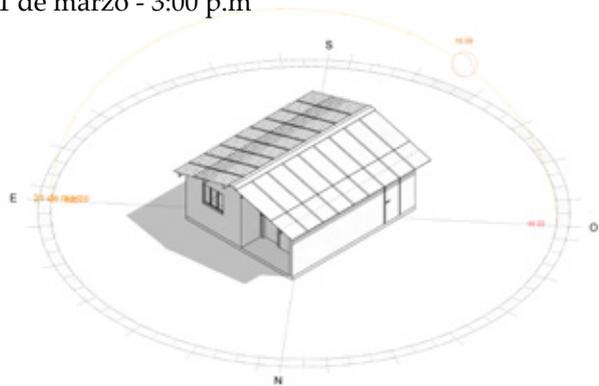
Insolación anual acumulada: Vivienda N°1



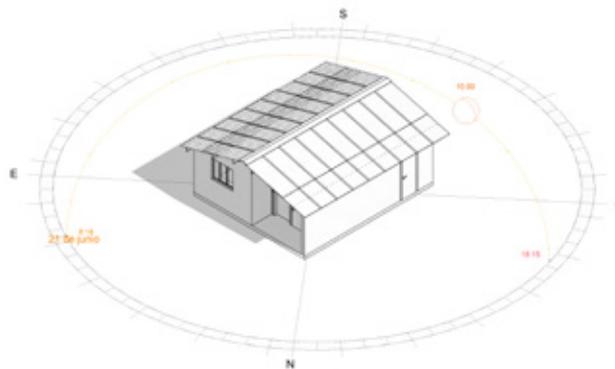
Nota. Datos obtenido de Autodesk Revit

Figura 50.
Estudio solar en diferentes fechas: Vivienda 1

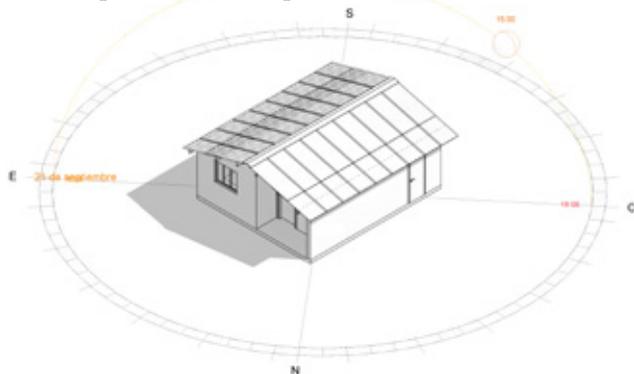
21 de marzo - 3:00 p.m



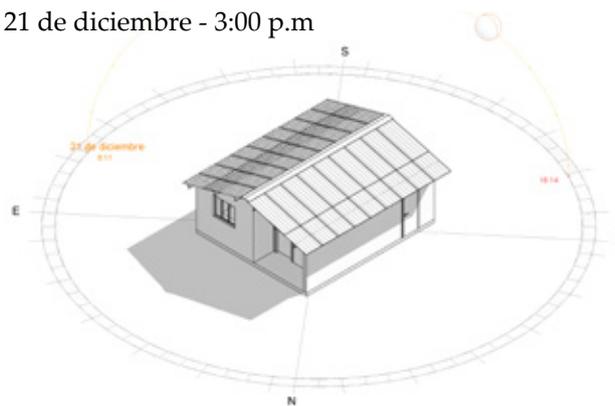
21 de junio - 3:00 p.m



21 de septiembre - 3:00 p.m



21 de diciembre - 3:00 p.m



Nota. Datos obtenidos de Autodesk Revit

Simulación en vivienda N°1

Para la simulación de la vivienda N°1 en el software Design Builder, existe una serie de pasos que el proyectista debe considerar para tener un resultado de análisis favorable en la edificación. En primer lugar, se debe cargar la información climática disponible; o en este caso se configuró los datos de la estación climática más cercana a la zona de estudio, la estación climática de Rumipamba-Salcedo, ubicada a 16 km con dirección sureste de la zona de estudio.

Posterior a esto, le sigue la etapa de modelado del edificio, en esta fase se delimita el perímetro de la vivienda y también se delimitan las zonas

que en este caso se refiere a los ambientes; estos pueden ser cocina, sala, dormitorios, entre otros.

Una vez terminada esta fase, la especificación de materialidad de las envolventes de la vivienda es mucha importancia, debido a que en la etapa de modelado no se especifican grosores de los elementos, más bien esto se detalla en el apartado de especificación de envolventes. Para ello, se especificó de manera detallada cada una de las capas que componen las diferentes envolventes de la vivienda, como se especifica en la figura 52.

Figura 51.

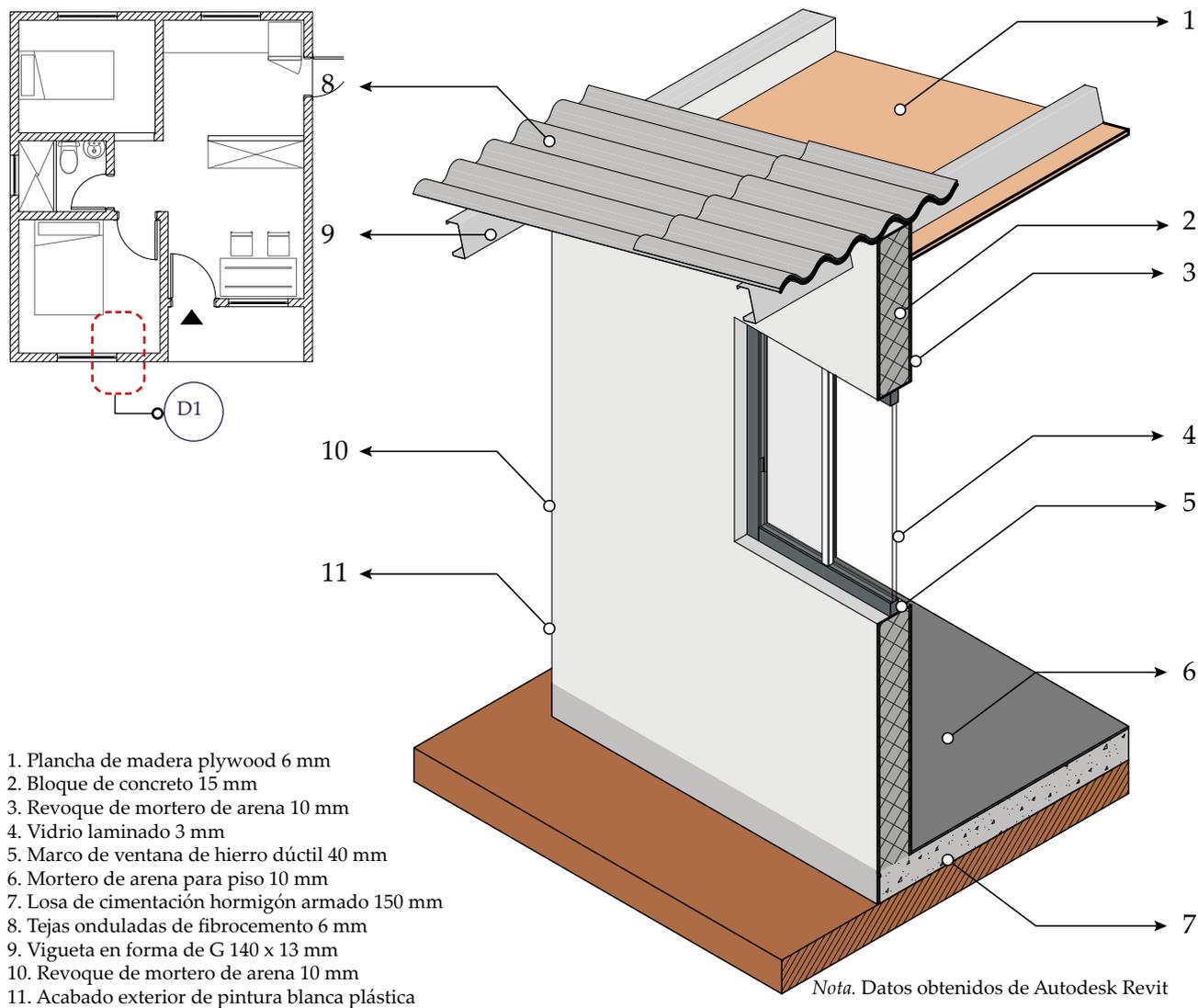
Vista aérea de la vivienda N°1



Nota. Elaborada por el autor

Figura 52.

Detalle constructivo visto en isometría: Vivienda N°1



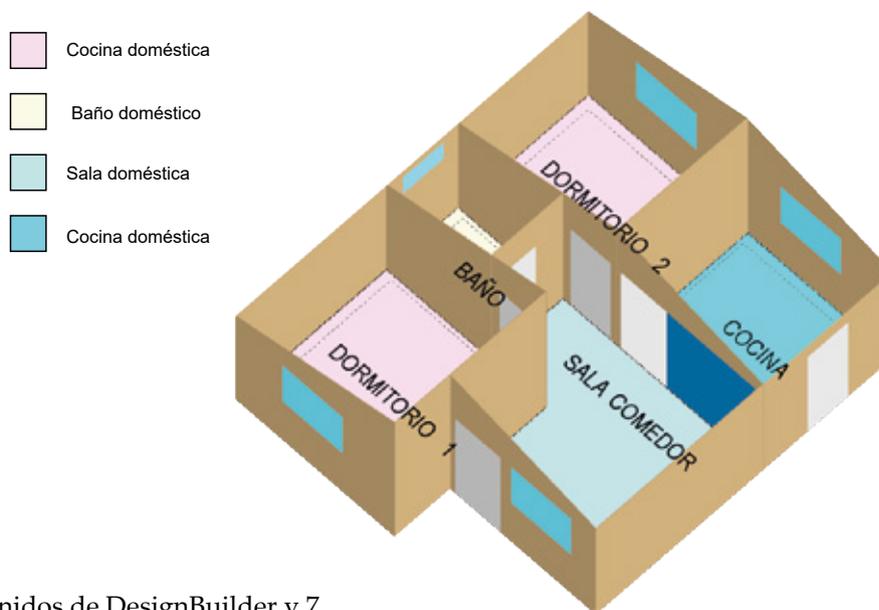
El siguiente aspecto a considerar, son los 6 factores mencionados por la ASHRAE-55 (2010), que definen el confort en una habitación. En este caso, el programa calcula la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad del aire y la humedad relativa. En el caso del rango metabólico se ha tomado el valor referencial de 1, se ha tomado el valor de referencia que es de 0.9 a 1.0 W/m², que hace referencia a que una persona se encuentra en reposo, leyendo o haciendo actividades que no requieran esfuerzo físico. Para el caso del valor de Clo; que es el nivel de arropamiento, se tomó el valor de 0.89 clo.

Pese a que se puede especificar los 6 factores mencionados anteriormente, el programa cuenta con plantillas cargadas de valores preestablecidos,

que calculan todos estos valores en función de la actividad que se realice en cada zona o habitación, como se detalla a continuación en la figura 19.

Una vez configurado todos los aspectos iniciales, se procede a realizar la simulación para determinar el nivel de confort en función de los parámetros calculados en el software. En la primera simulación del programa, se compara la temperatura de bulbo seco exterior; que corresponde a los datos meteorológicos del sitio, con la temperatura operativa interna que es la media del aire interno y las temperaturas radiantes

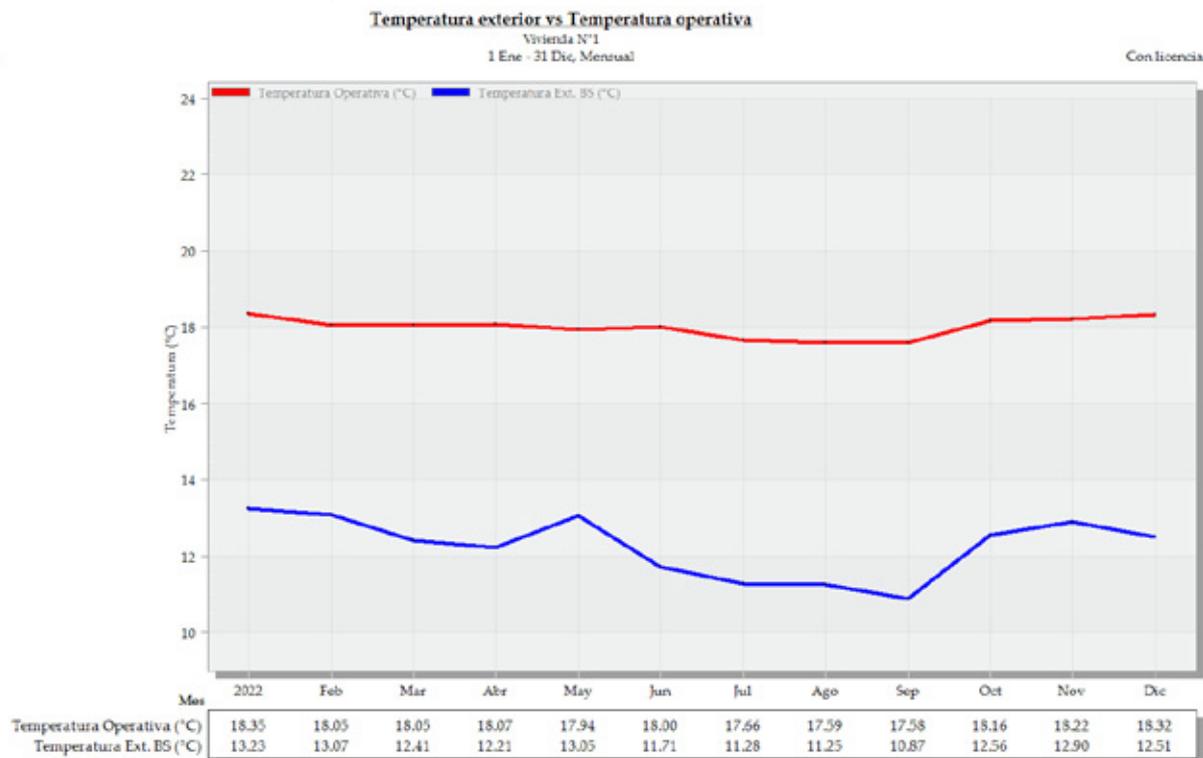
Figura 53.
Distribución de zonas en el software DesignBuilder



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Figura 54.

Temperatura exterior vs temperatura operativa interior: Vivienda 1

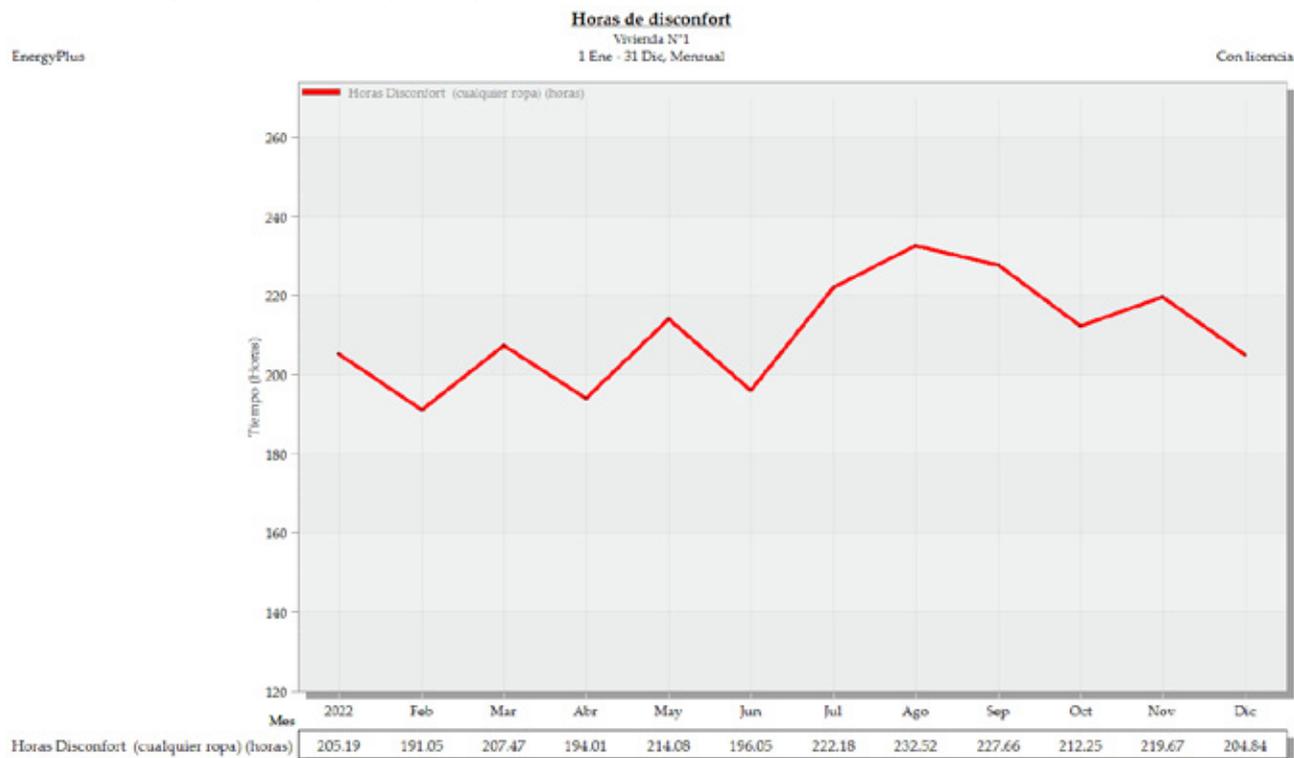


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La simulación vista en el gráfico 54, compara la temperatura exterior (línea color azul) a lo largo de los doce meses del año de manera consecutiva, en la cual se puede inferir que los meses con las temperaturas más críticas son las de julio, agosto y en septiembre la temperatura de bulbo seco exterior registra una media de 10.87°C. Seguido de la línea de color rojo, se tiene una idea de que la temperatura operativa al interior de la vivienda no alcanza el grado de confort propuesto por varios autores, temperatura que puede estar dentro de los rangos de 18°C a 26°C según la NEC (2011).

Figura 55.

Horas de disconfort con cualquier tipo de ropa : Vivienda 1

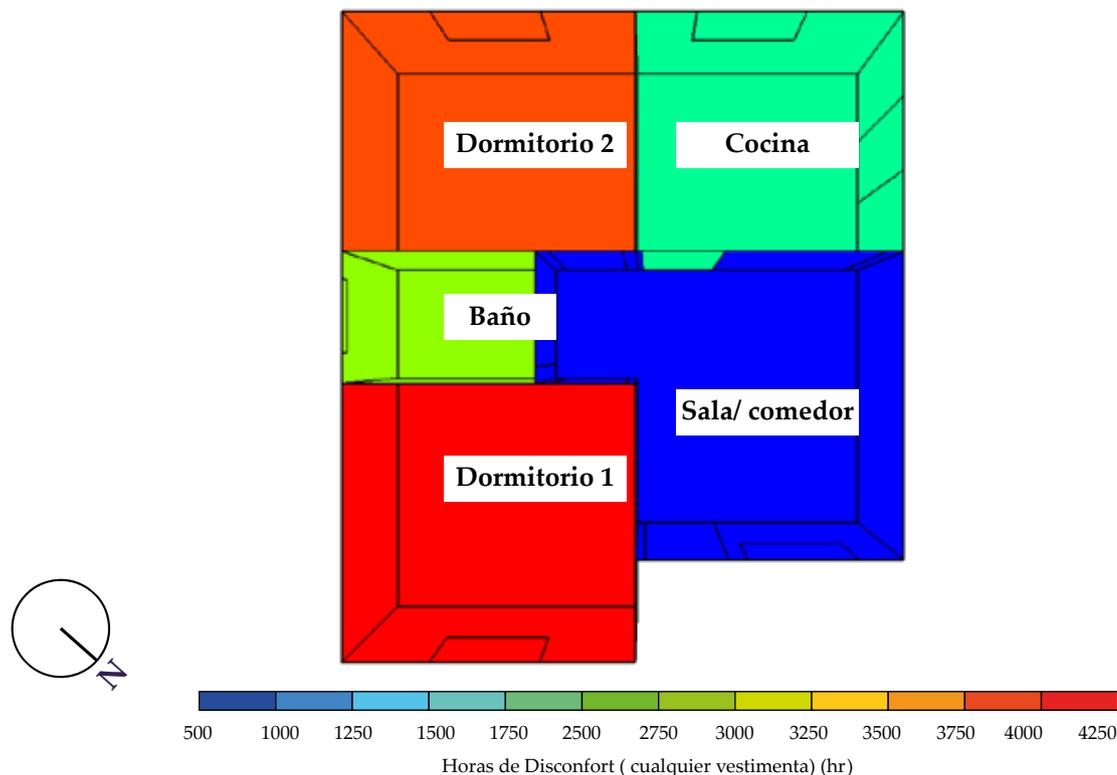


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

En la figura 55 se evidencia las horas de disconfort percibidas por una persona a lo largo de un año, tomando esta unidad de medida mensual se puede mencionar que un mes tiene 730 horas. El caso más extremo se registra en el mes de agosto, en donde se tiene un aproximado de 232 horas de disconfort, eso quiere decir que los habitantes de las viviendas experimentan disconfort térmico el 31.77 % del tiempo, que representan aproximadamente 9 días.

Figura 56.

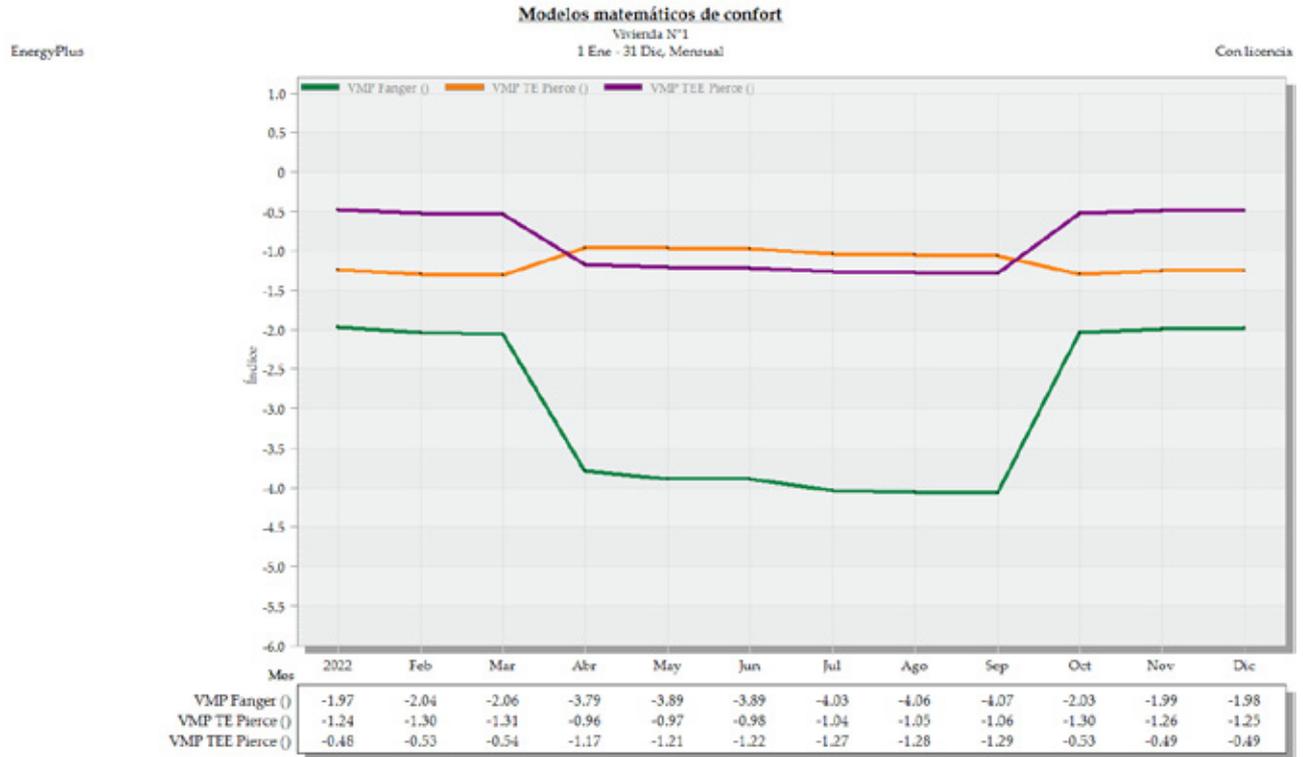
Horas de disconfort anuales visto en planta: Vivienda 1



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La figura 56 corresponde a la cantidad de horas de disconfort calculadas a lo largo de todo el año, en donde se ve reflejado que el ambiente habitable con menos horas de disconfort es la sala/comedor con un aproximado de 650 horas de disconfort, teniendo en cuenta que un año tiene 8760 horas, esto quiere decir que el 7.42% del total de horas anuales son de disconfort en este espacio. Siguiendo esta lógica, el ambiente que presenta más horas de disconfort es el dormitorio 1, el cual tiene un aproximado de 4013 horas de disconfort, lo que representa que el 45.36% del total de horas anuales sean de disconfort.

Figura 57.
Frecuencia mensual de índices de confort térmico: Vivienda 1

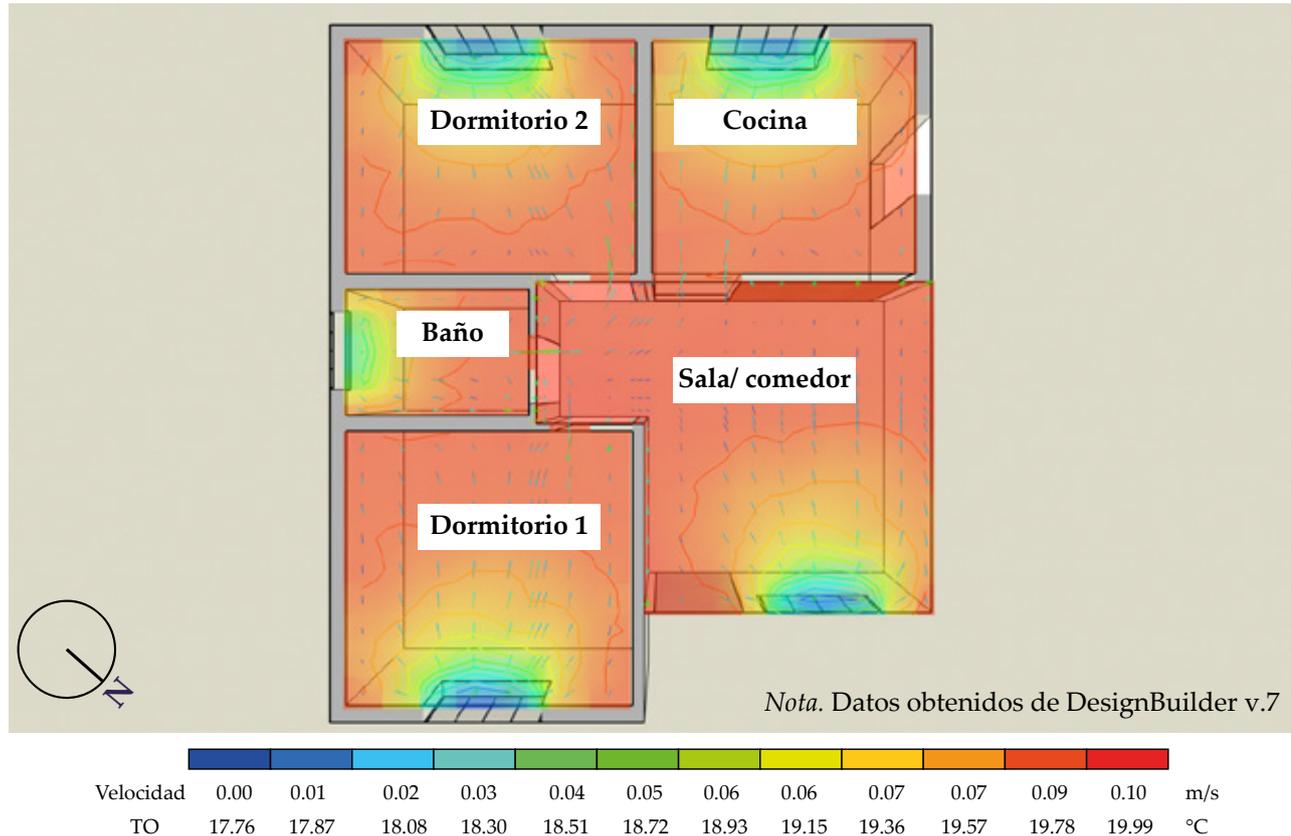


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Con respecto a los modelos existentes que miden el confort térmico, se puede observar en el gráfico 57 que los meses con los índices más bajos son los julio, agosto y septiembre. Tomando como referencia el índice PMV de Fanger (1970), el cual se manifiesta por medio de una escala que va desde el +3 (sensación más calurosa) hasta -3 (sensación más fría); en donde el valor 0 es el punto más neutro o más confortable, se observa que todos los índices están por debajo de -1.5, lo cual refleja que los valores son inconfortables con tendencia al frío. Los valores más críticos simulados son de -4 en los meses de agosto y septiembre.

Figura 58.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 1

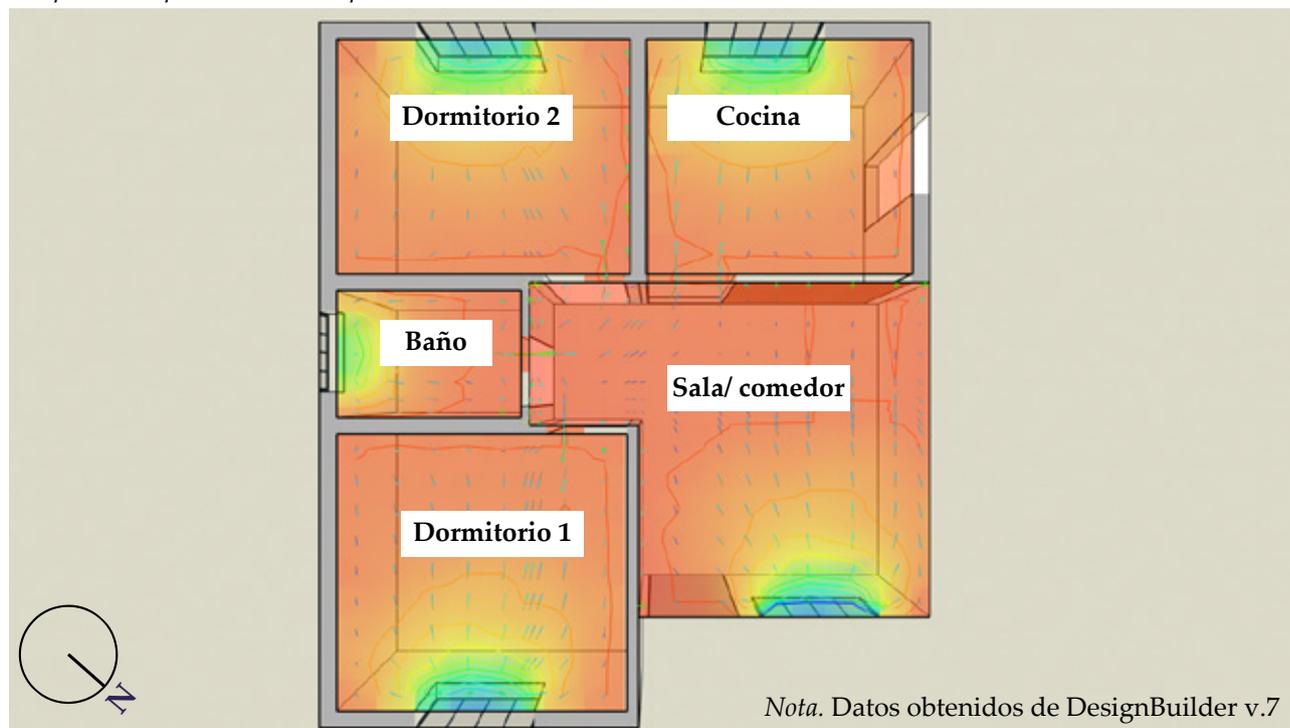


Análisis CFD

La dinámica de fluidos computacional o CFD es el término utilizado para describir una familia de métodos numéricos utilizados para calcular la temperatura, velocidad y otras propiedades de ciertos los fluidos en una región del espacio determinada (Tindale.A,2005). En la figura 58, representa la temperatura operativa representada mediante bandas, isolíneas y vectores de velocidad del viento que se esparcen por todos los espacios habitables, se puede inferir que las ventanas son el punto de entrada de las infiltraciones de aire y a medida que se adentra en la vivienda el la temperatura va en aumento.

Figura 59.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 1



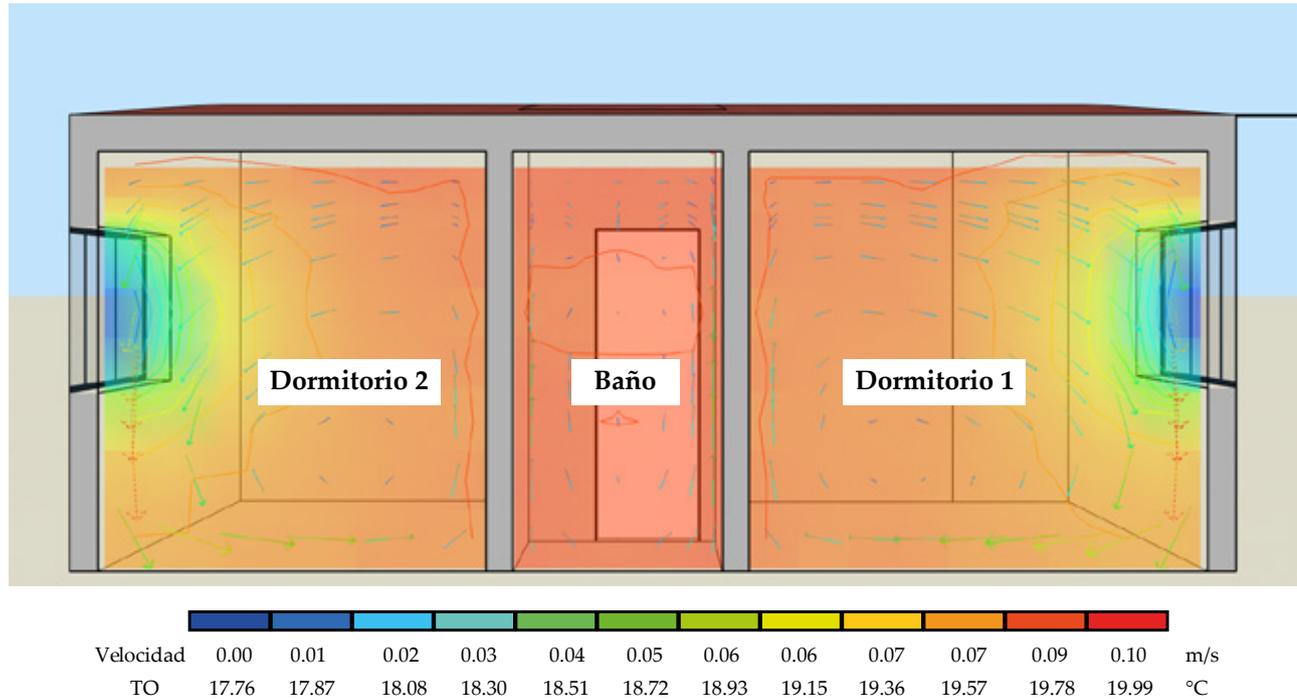
Velocidad	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	m/s
VMP	-2.15-	2.09	-2.04-	1.98	-1.92-	1.87	-1.81-	1.75	-1.69	-1.64-	-1.58	1.52	

Análisis CFD

En la figura 59 se puede apreciar el cálculo CFD tomando en consideración el Voto Medio Previsto en toda la unidad de vivienda, en donde se puede inferir que al rededor de las ventanas convergen los valores más negativos de la escala de Fanger.

Figura 60.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 1



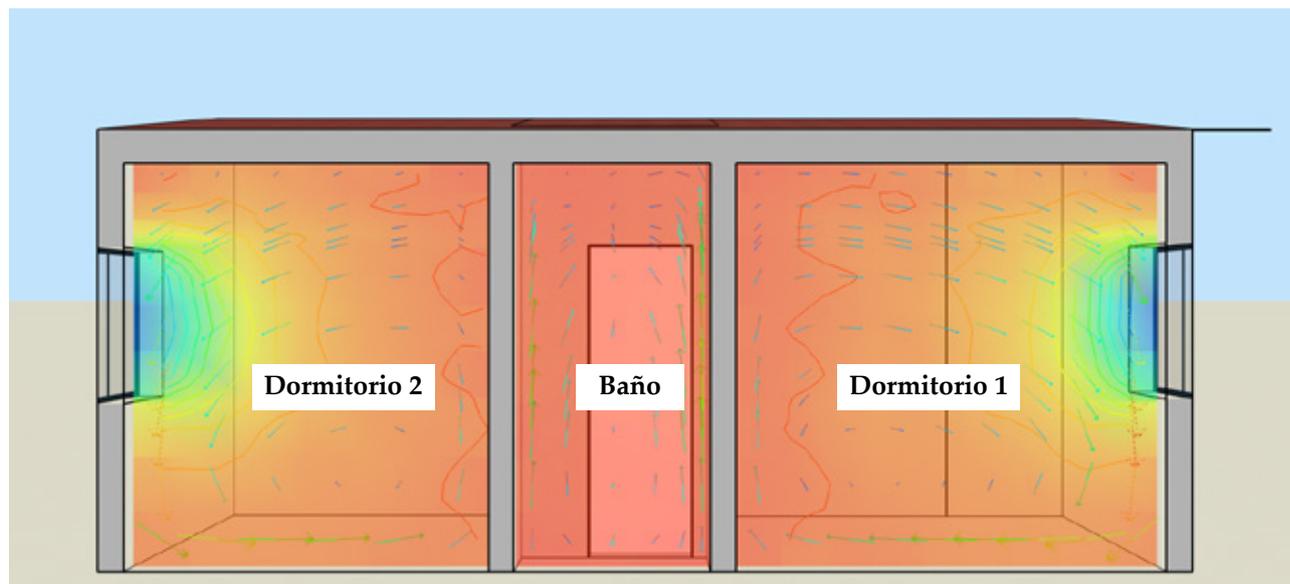
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 60 se observa representada la temperatura operativa en los ambientes de la vivienda, en donde se puede observar que las temperaturas no sobrepasan los 19.80° C. De igual modo se observan los vectores de velocidad en los espacios habitables.

Figura 61.

Índice de Voto Medio Previsto visto en corte ta mediante cálculo CFD: Vivienda 1



Velocidad	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	m/s
VMP	-2.15-	2.09	-2.04-	1.98	-1.92-	1.87	-1.81	-1.75-	1.69	-1.64-	-1.58°	1.52	C

Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

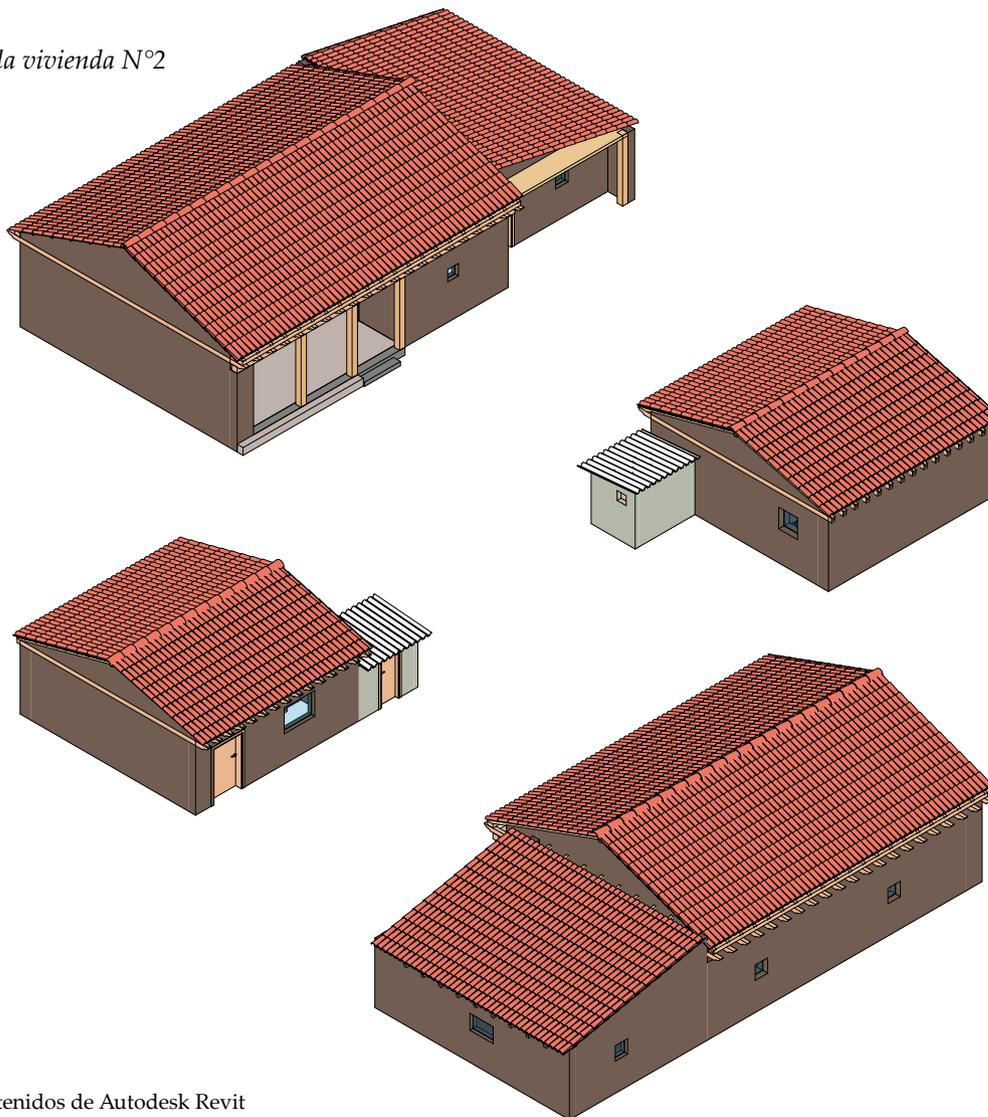
Análisis CFD

En la figura 61 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Vivienda 2

.....

Figura 62.
Isometría de la vivienda N°2

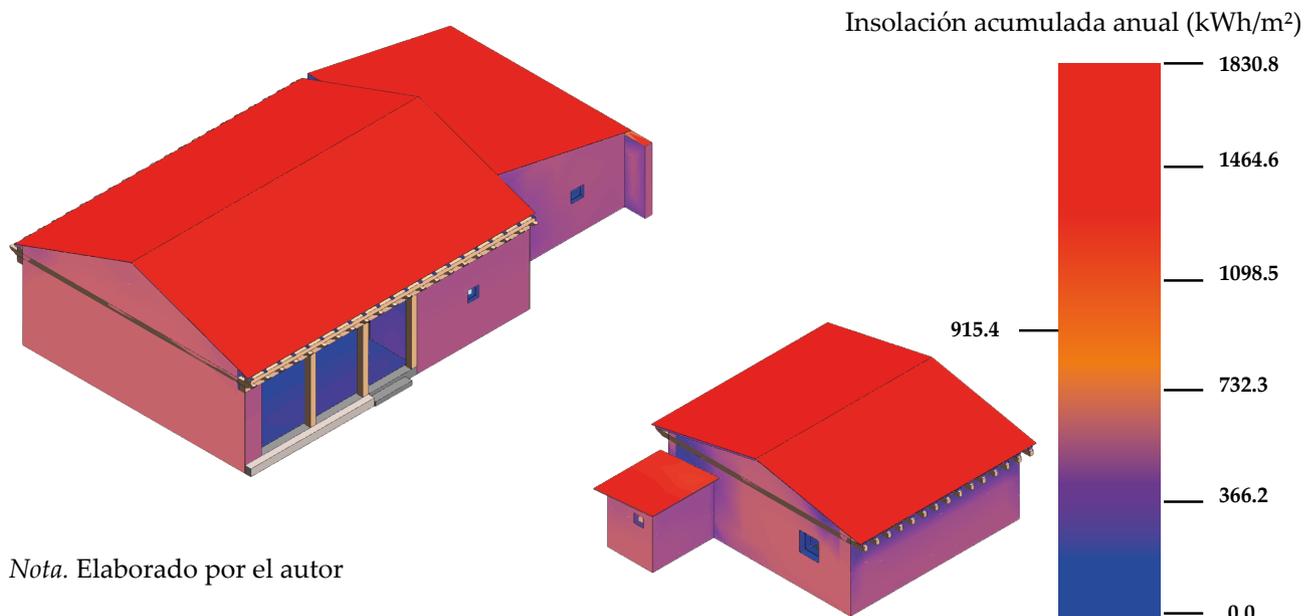


Nota. Datos obtenidos de Autodesk Revit

ANÁLISIS SOLAR

Figura 63.

Insolación solar acumulada: Vivienda N°2



Nota. Elaborado por el autor

Simulación de vivienda N°2

Para la simulación de la vivienda N°2 se tomó en cuenta las mismas especificaciones en tanto al clima y la posición geográfica para realizar los respectivos cálculos de confort, la variable para este caso es el incremento de metros cuadrados de la edificación y sus sistemas constructivos, los cuales corresponden a la arquitectura tradicional o vernácula. En este caso, la mayoría de muros exteriores son erigidos con bloques de adobe de 25, 40 y hasta 60 cm de espesor en algunos casos.

Para el análisis de esta vivienda, se consideró únicamente los espacios habitables que son la sala, y los dormitorios ubicados en el bloque N°1

Como se explicó en el anterior caso de estudio, se utilizaron los mismos parámetros de configuración climáticos, haciendo alusión a la estación meteorológica más cercana que es de la de Rumipamba Salcedo, con código M0004.

Figura 64.

Detalle constructivo visto en isometría de vivienda N°2

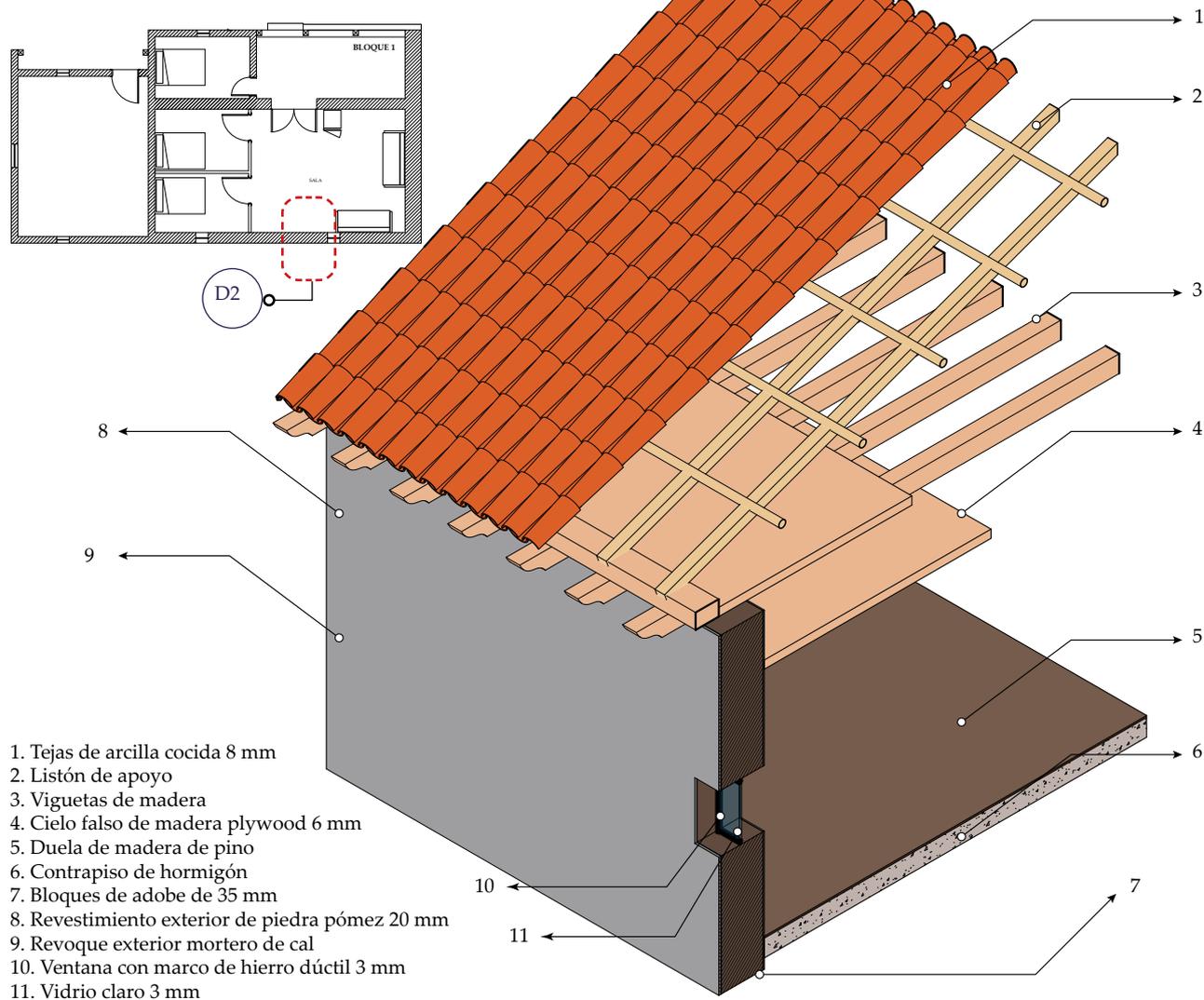
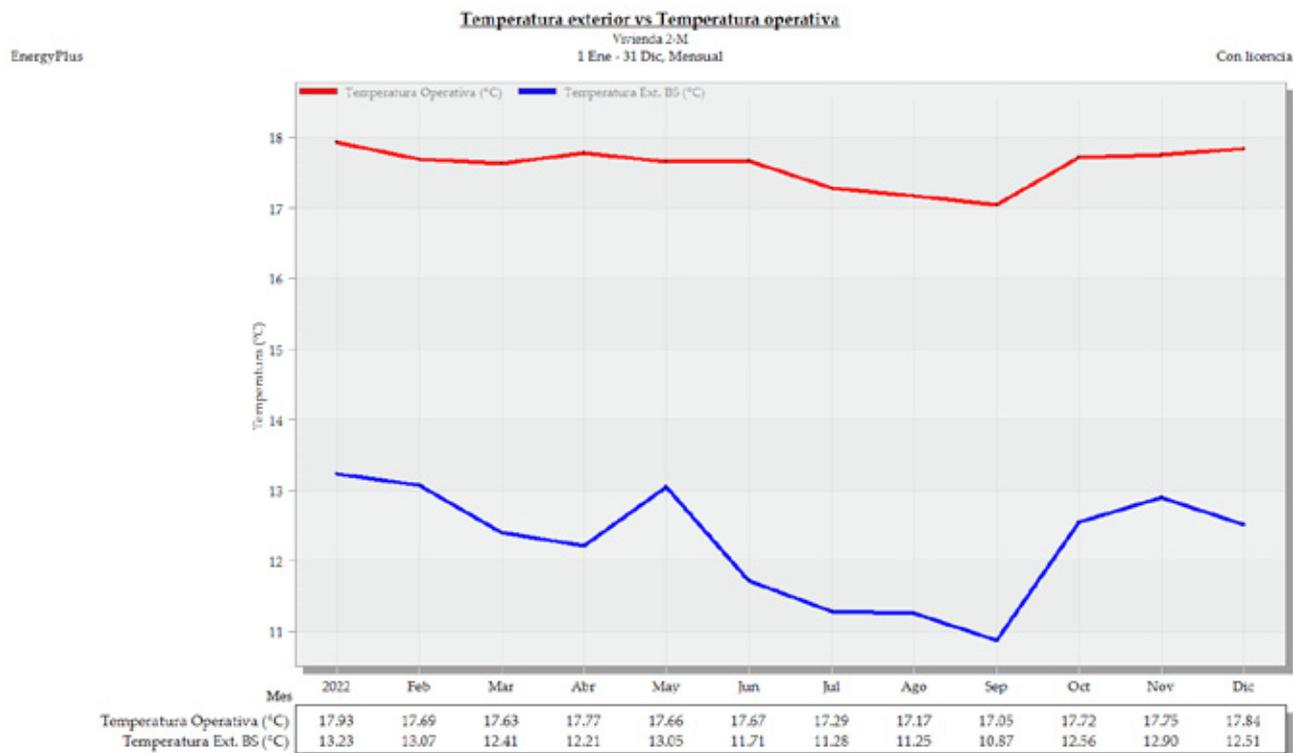


Figura 65.

Temperatura exterior vs temperatura operativa interior: Vivienda 2

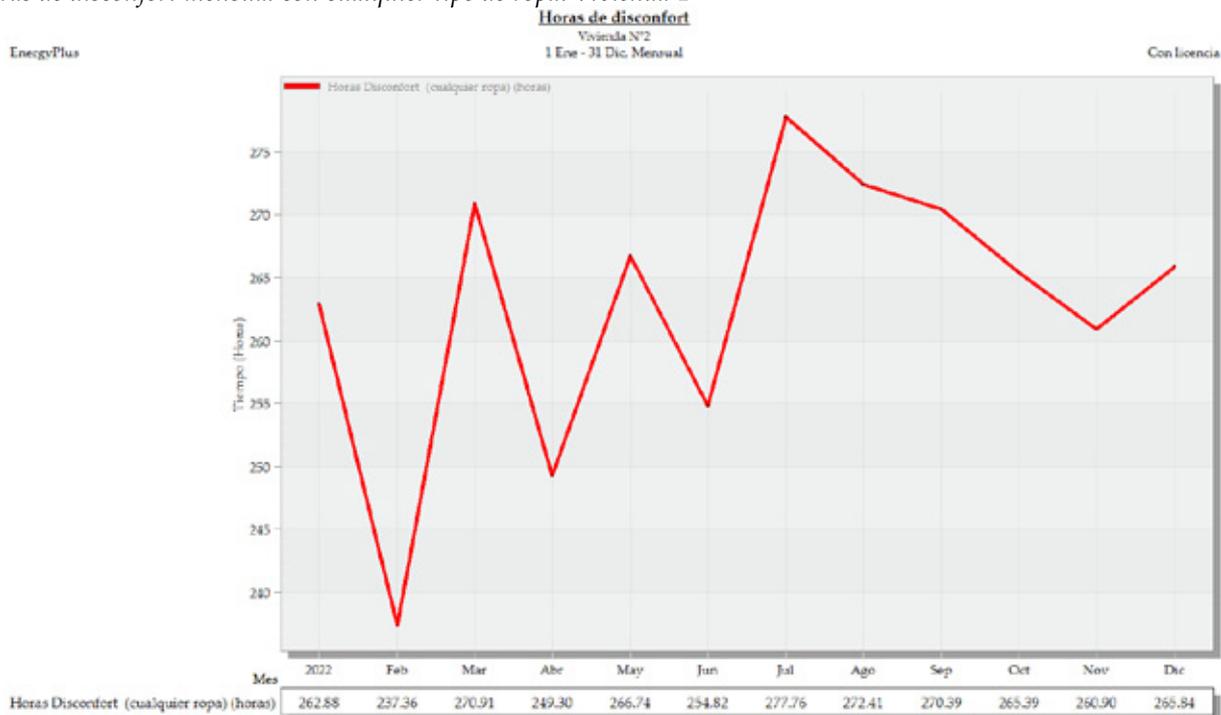


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La simulación vista en el gráfico 65, compara la temperatura exterior (línea color azul) a lo largo de los doce meses del año de manera consecutiva, en la cual se puede inferir que los meses con las temperaturas más críticas son las de julio, agosto y en septiembre la temperatura de bulbo seco exterior registra una media de 10.87°C. Seguido de la línea de color verde, se tiene una idea de que la temperatura operativa al interior de la vivienda no alcanza el grado de confort propuesto por varios autores, temperatura que puede estar dentro de los rangos de 18°C a 26°C según la NEC (2011).

Figura 66.

Horas de desconfort mensual con cualquier tipo de ropa: Vivienda 1

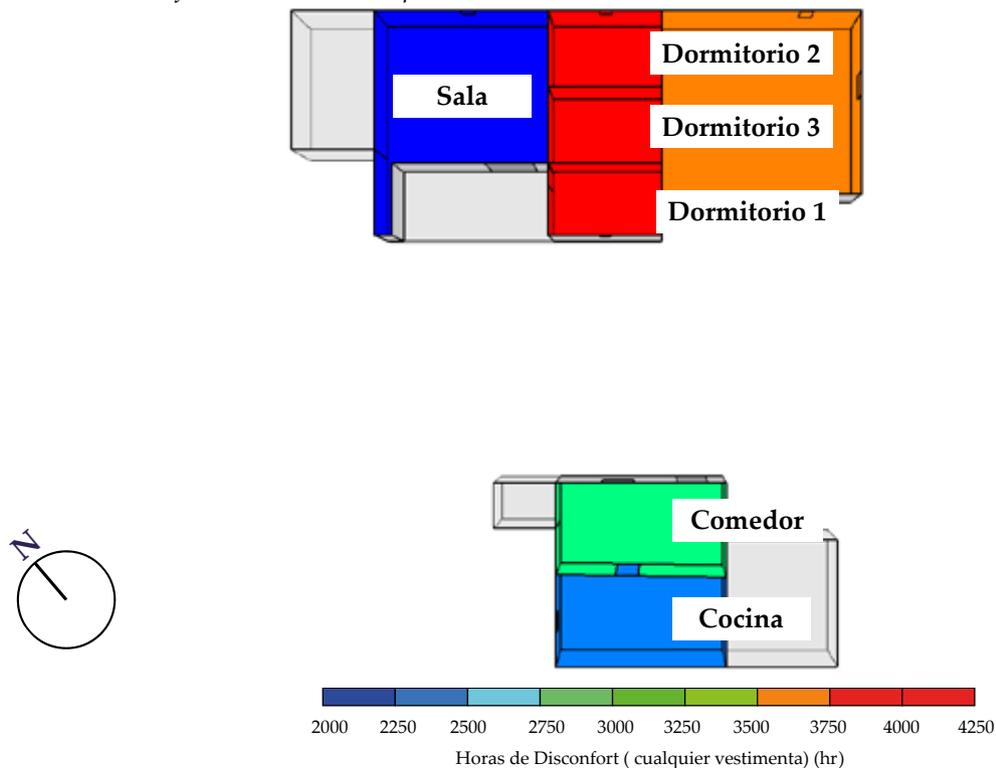


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

En la figura 66 se evidencia las horas de desconfort percibidas por una persona a lo largo de un año, tomando esta unidad de medida mensual se puede mencionar que un mes tiene 730 horas. El caso más extremo en este caso se registra en el mes de julio, en donde se tiene un aproximado de 277 horas de desconfort, eso quiere decir que los habitantes de las viviendas experimentan desconfort térmico el 37.9 % del tiempo en un mes, que representan aproximadamente 11 días. El mes con menos horas de confort es febrero, con un total de 237 horas de desconfort, lo que indica que indica que el 32.4% de las horas son de desconfort, lo que corresponde 9 días.

Figura 67.

Horas de disconfort anuales visto en planta: Vivienda 2

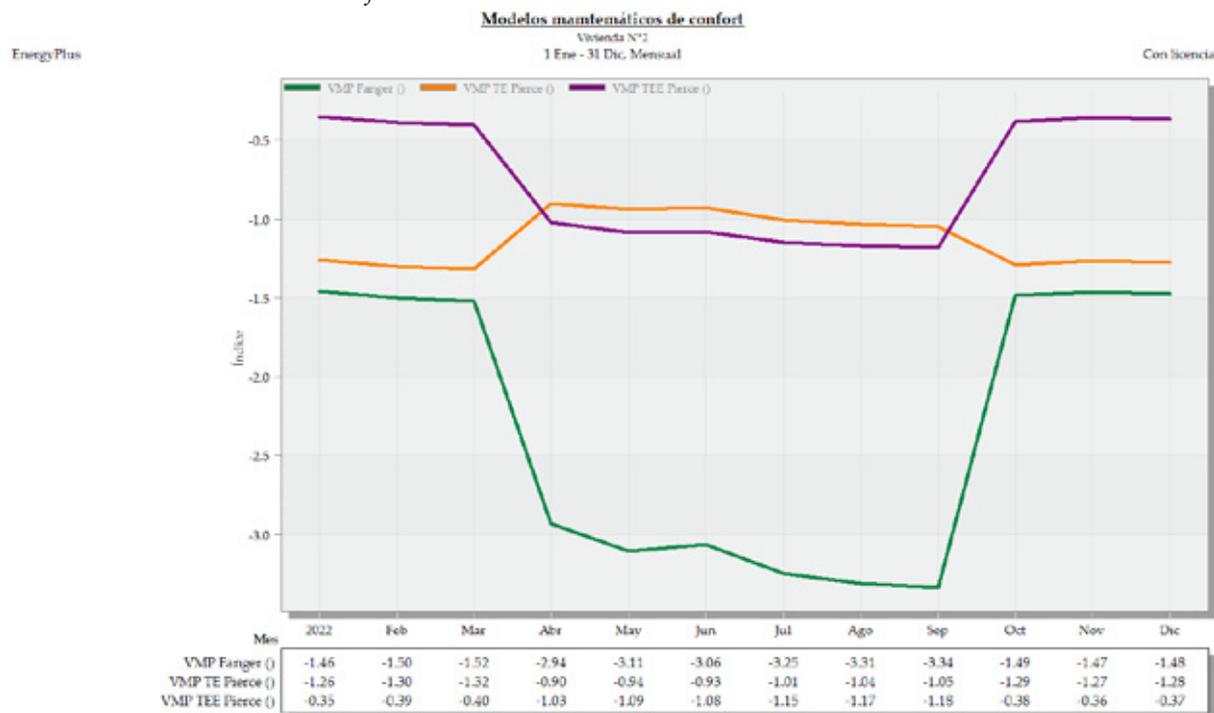


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La figura 67 corresponde a la cantidad de horas de disconfort calculadas a lo largo de todo el año, en donde se ve reflejado que el ambiente habitable con menos horas de disconfort es la sala/comedor con un aproximado de 2128 horas de disconfort, tomando como referencia que un año tiene 8760 horas, esto quiere decir que el 24.29 % del total de horas anuales son de disconfort en este espacio. Siguiendo esta lógica, el ambiente que presenta más horas de disconfort es el dormitorio 1 y dormitorio 2, en donde los cálculos proyectan un aproximado de 4013 horas de disconfort, lo que representa que el 45.81% del total de horas anuales sean de disconfort.

Figura 68.

Frecuencia mensual de índices de confort térmico: Vivienda 2

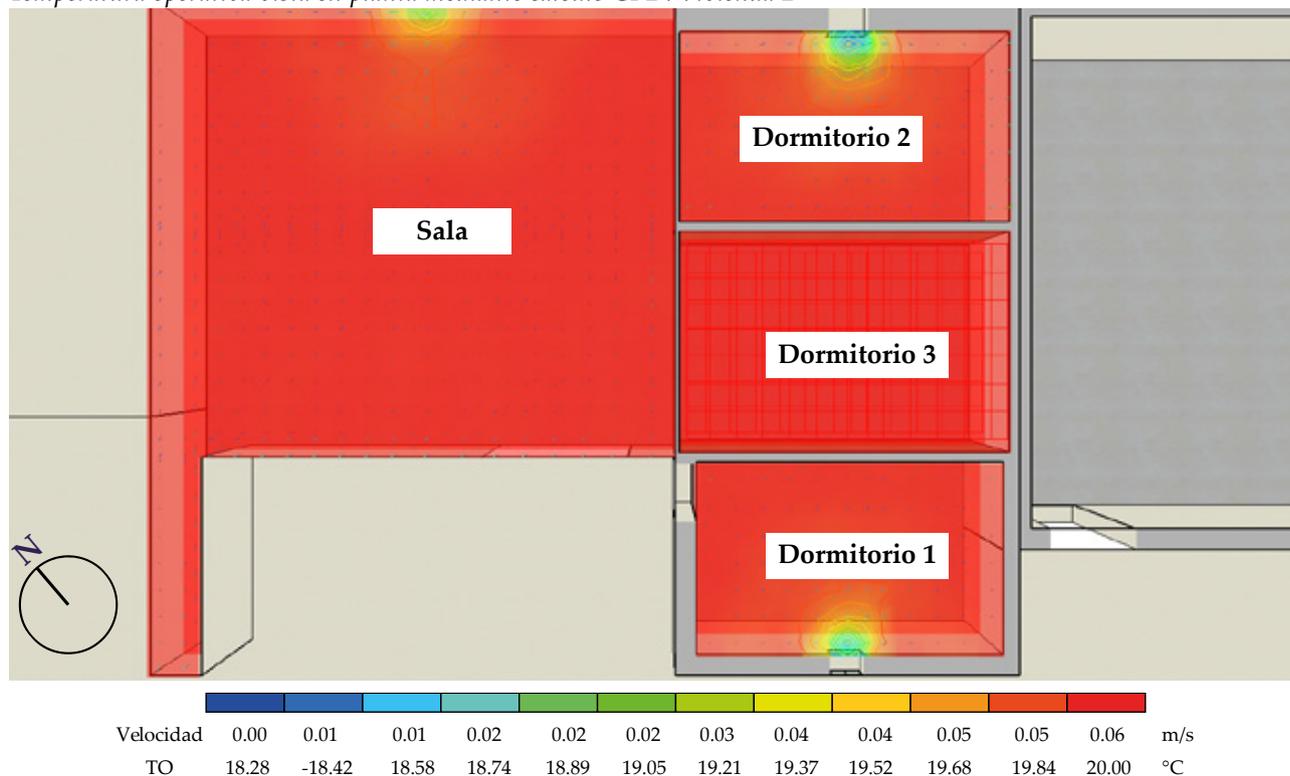


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Con respecto a los índices existentes que miden el confort térmico, se puede observar en la figura 68 que los meses con los índices más bajos son los de julio, agosto y septiembre. Tomando como referencia el índice PMV de Fanger (1970), el cual se manifiesta por medio de una escala que va desde el +3 (sensación más calurosa) hasta -3 (sensación más fría); en donde el valor 0 es el punto más neutro o más confortable, se observa que todos los índices están por debajo de -3 en estos meses, lo cual refleja que los valores son in-confortables con tendencia al frío. Pese a que los índices suben en los meses de enero y febrero; con índices entre -1.5 y -1.4, la escala de Fanger sugiere que estos ambientes son ligeramente frescos

Figura 69.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2



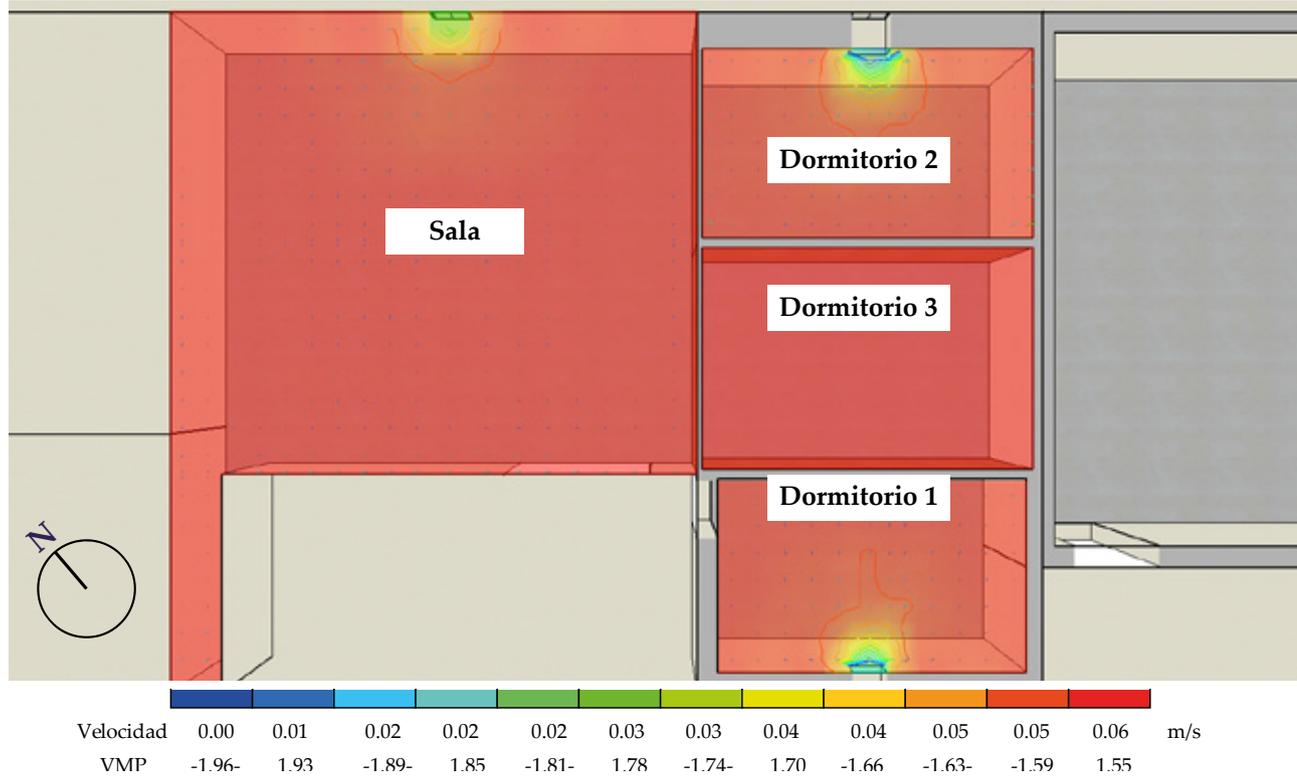
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 69 se observa representada la temperatura operativa representada en los espacios habitables de la vivienda en donde se observa que los puntos al rededor de las ventanas son puntos en donde la temperatura resulta más baja en comparación con los ambientes habitables.

Figura 70.

Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2



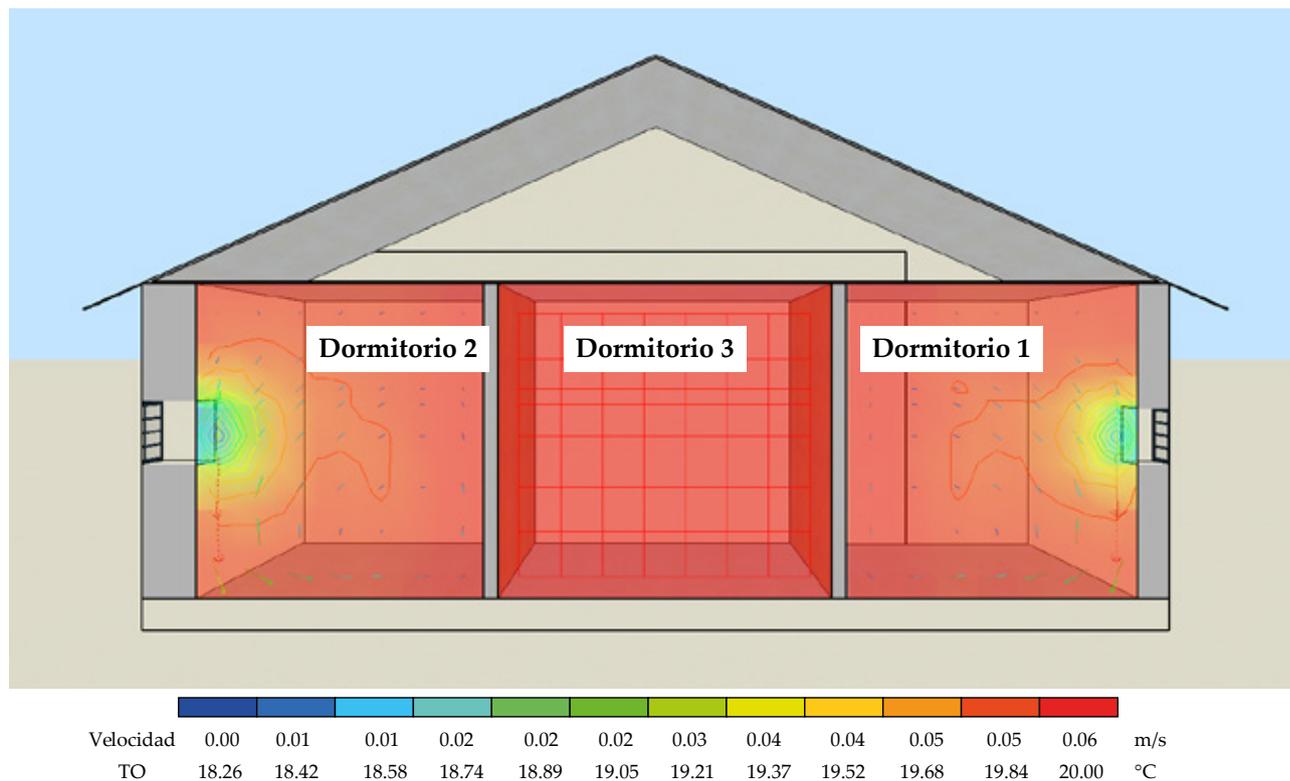
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 70 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Figura 71.

Temperatura operativa vista en corte ta mediante cálculo CFD: Vivienda 1



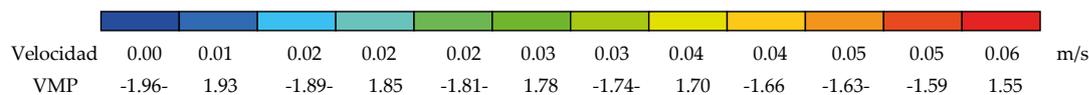
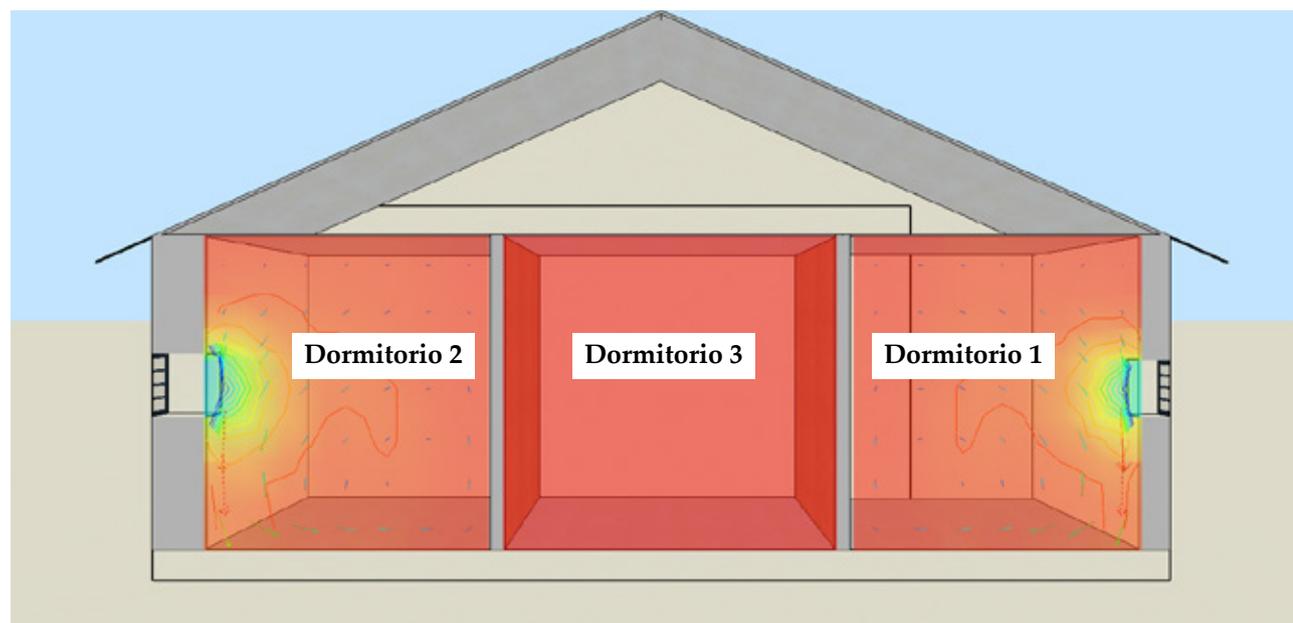
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 71 se observa representada la temperatura operativa en los ambientes de la vivienda, en donde se puede observar que las temperaturas superan los 18.2° C. De igual modo se observan los vectores de velocidad en los espacios habitables.

Figura 72.

Índice de Voto Medio Previsto visto en corte ta mediante cálculo CFD: Vivienda 1



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 72 se observa representado el Índice de Voto Previsto a manera de un corte de los espacios habitables, en donde se evidencia que existe un índice de -1.55 en el dormitorio N°3

4. Proponer soluciones constructivas de materialidad arquitectónica en los casos de estudio de la parroquia rural Once de Noviembre

Una vez realizados las simulaciones termo energéticas de las viviendas en su estado actual; tomando en consideración la materialidad y las condiciones físicas del entorno en ambos casos de estudio, para concluir el trabajo de investigación se propone intervenir ambas viviendas para mejorar las condiciones de confort en sus espacios habitables, con la intención de simular con el software DesingBuilder los cambios del comportamiento térmico de ambos casos de estudio.

Vivienda 1 - M

.....
Para la intervención de esta vivienda, se decidió replantear la materialidad de las envolventes, basada en todas las exigencias prescriptoras de **Tabla 19**.

Requisitos de envolvente para la zona climática 4

Requisitos de envolvente para la zona climática 4		
ELEMENTOS OPACOS	Ambientes climatizados	
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
Techos	U-0.273	R-3.5
Paredes, sobre el nivel de terreno	U-0.513	R-2.0
Pisos	U-0.420	R-1.8
Puertas opacas	U-2.27	R-1.8
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC

los requerimientos mínimos en los materiales o componentes de las envolventes, con la intención de mejorar el comportamiento térmico y energético de las edificaciones. Las especificaciones giran en torno a la zona climática de cada localidad del Ecuador, en base a las zonas climáticas definidas en la NEC-13 (2011).

Las intervenciones están guiadas de las estrategias de diseño que se recomiendan para las distintas macro-regiones del Ecuador; que en este caso corresponde a la zona climática N°4 o 4A de acuerdo la clasificación de la ASHRAE-55, como referencia se toma la carta psicrométrica de la estación meteorológica de Salcedo - Rumipamba y las estrategias de diseño pasivo que tienen que ver con la ventilación natural, inercia térmica y captación solar pasiva.

U= Coeficiente de transmisión de calor
R= Valor mínimo de resistencia térmica
SHGC= Coeficiente de ganancia de calor

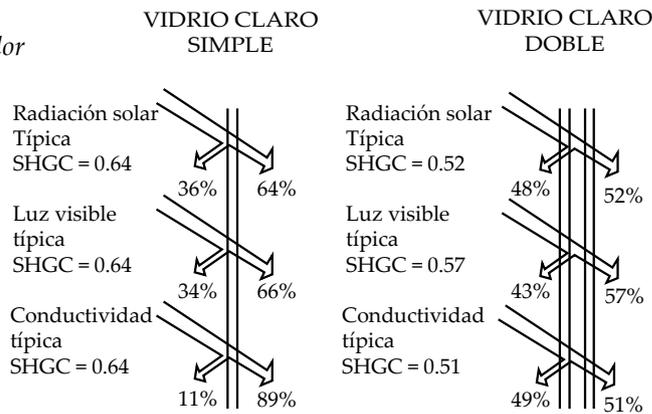
Nota. Adaptado de NEC-13, 2011

MODIFICACIÓN DE VANOS

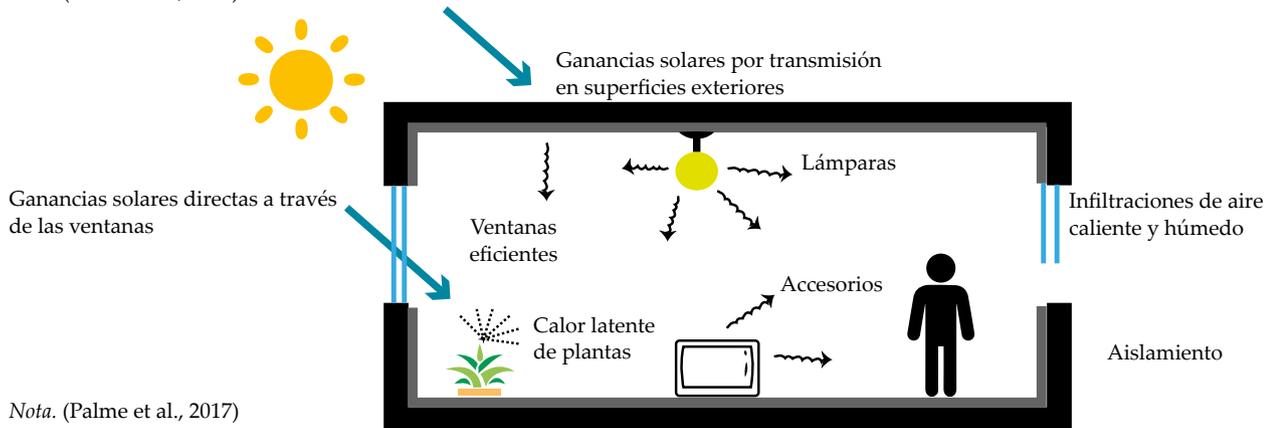
Una de las estrategias planteadas para mejorar el confort térmico al interior de la vivienda, es la apertura de vanos para que estos tengan más captación de calor y adición a esto se toma como referencia las estrategias de diseño pasivo planteadas por el software Climate Consultant 6.0 (2020), el cual sugiere que el acristalamiento debe minimizar la pérdida y la ganancia de conductividad (minimizar el factor U) porque la ganancia de radiación solar no deseada tiene menos impacto en este clima. Por lo que modificó las proporciones de las ventanas que dan hacia las habitaciones de la vivienda N°1, con el fin de obtener ganancias solares en estas zonas.

Figura 73.

Estrategias de diseño para minimizar las pérdidas de calor



Nota. (Palme et al., 2017)

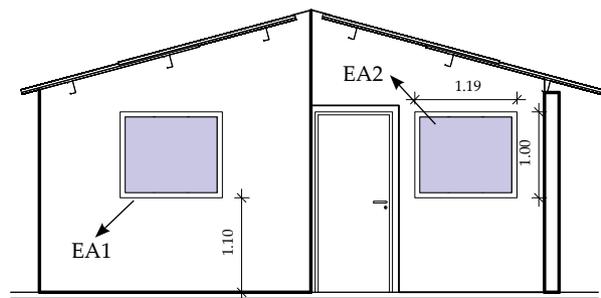


Nota. (Palme et al., 2017)

Figura 75.

Propuesta de modificación de ventanas: Vivienda 1-M

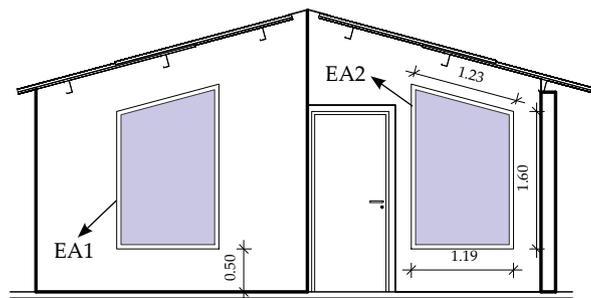
ESTADO ACTUAL



Elevación Sur

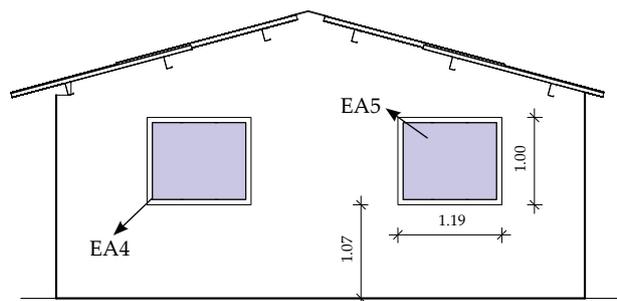


PROPUESTA



Elevación Sur

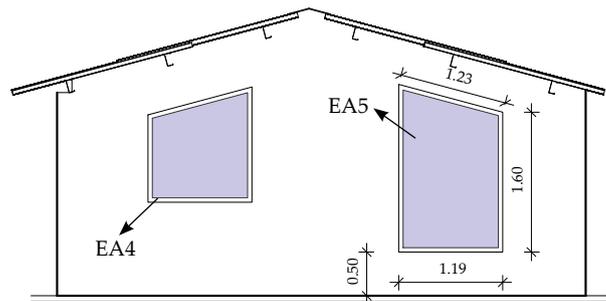
ESTADO ACTUAL



Elevación Norte



PROPUESTA



Elevación Norte

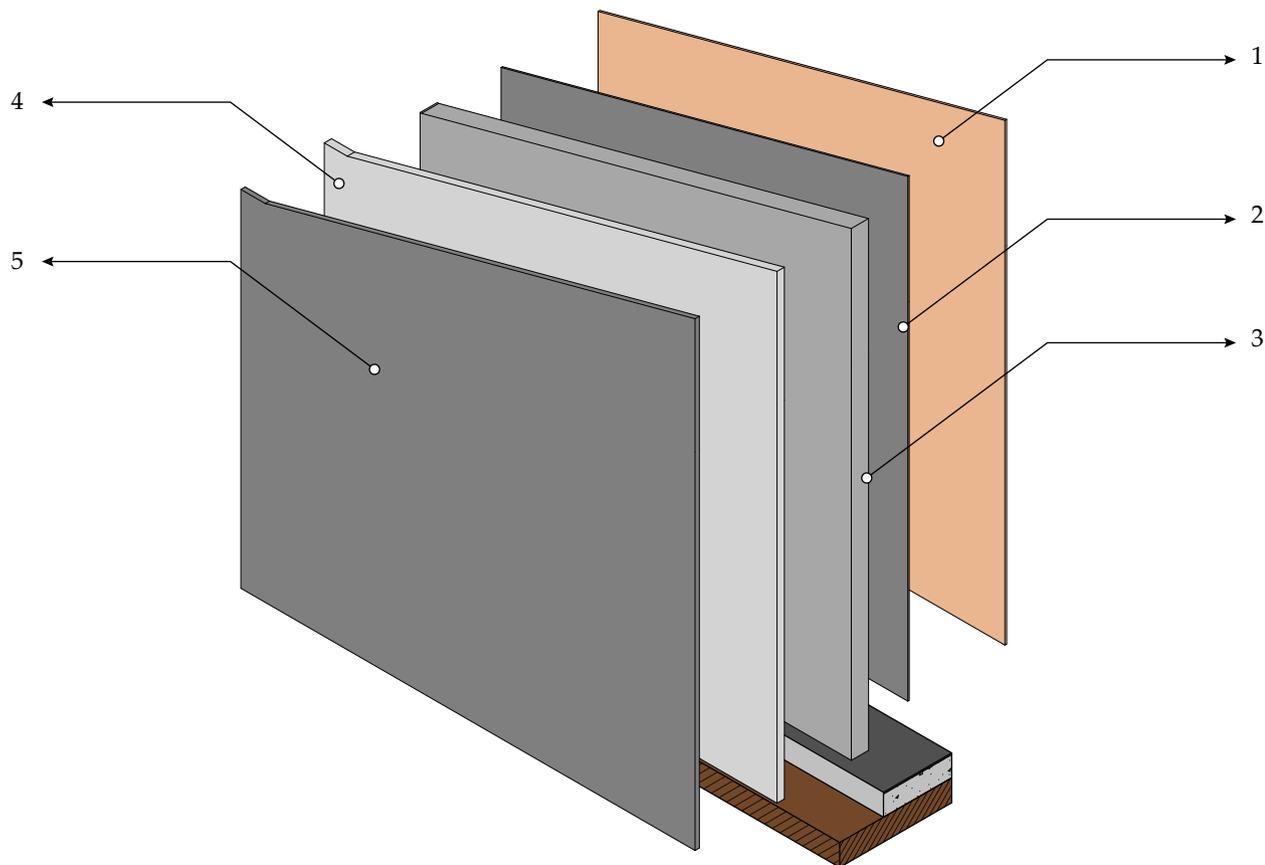
Nota. Elaborado por el autor

EA: Elemento arquitectónico a transformar

Figura 76.

Propuesta de mejoramiento de muro visto en isometría: Vivienda 1-M

ESC____1:25



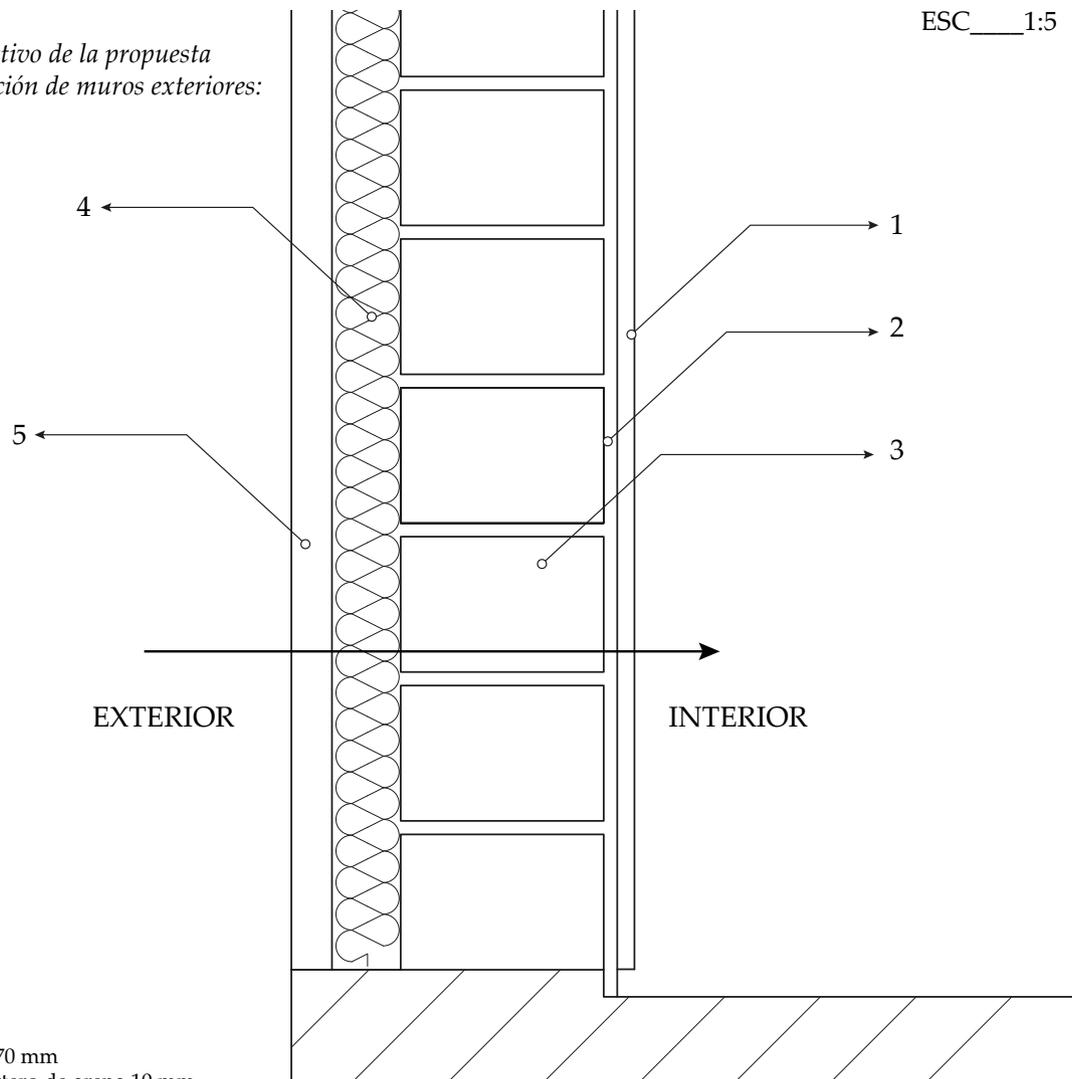
1. Tablero OSB 12.70 mm
2. Revoque de mortero de arena 10 mm
3. Bloques de concreto 12 mm
4. Aislante térmico de lana de oveja 50.80 mm
5. Tablero de fibrocemento 30 mm

Nota. Elaborado por el autor

Figura 77.

*Detalle constructivo de la propuesta
para la intervención de muros exteriores:
Vivienda 1-M*

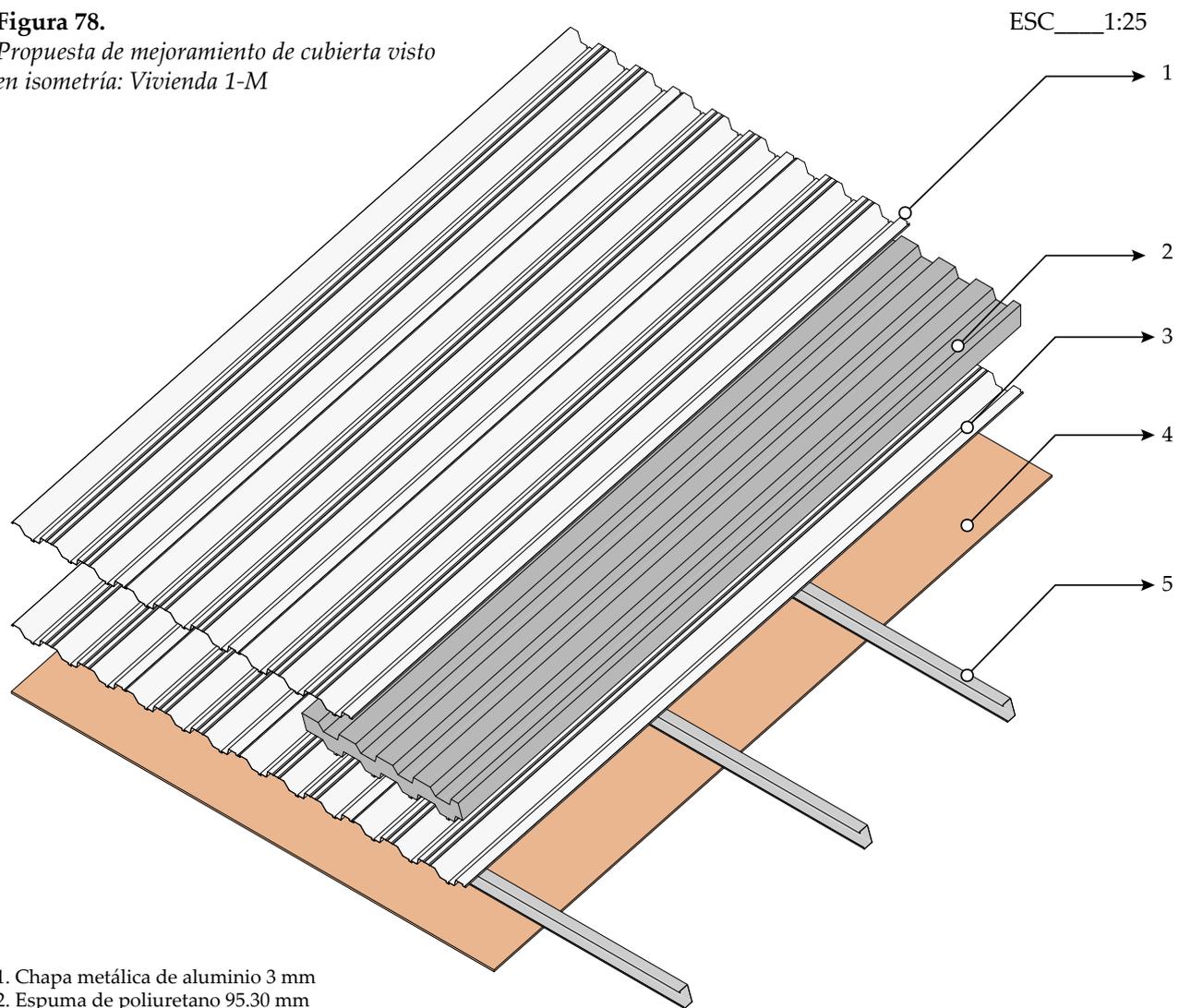
ESC ___ 1:5



1. Tablero OSB 12.70 mm
2. Revoque de mortero de arena 10 mm
3. Bloques de concreto 12 mm
4. Aislante térmico de lana de oveja 50.80 mm
5. Tablero de fibrocemento 30 mm

Nota. Elaborado por el autor

Figura 78.
*Propuesta de mejoramiento de cubierta visto
en isometría: Vivienda 1-M*



1. Chapa metálica de aluminio 3 mm
2. Espuma de poliuretano 95.30 mm
3. Chapa metálica de aluminio 3 mm
4. Perfil de acero tipo G
5. Tablero OSB 12.70 mm

Nota. Elaborado por el autor

Figura 79.

ESC___1:5

*Detalle constructivo de la propuesta para la intervención
de la cubierta: Vivienda 1-M*

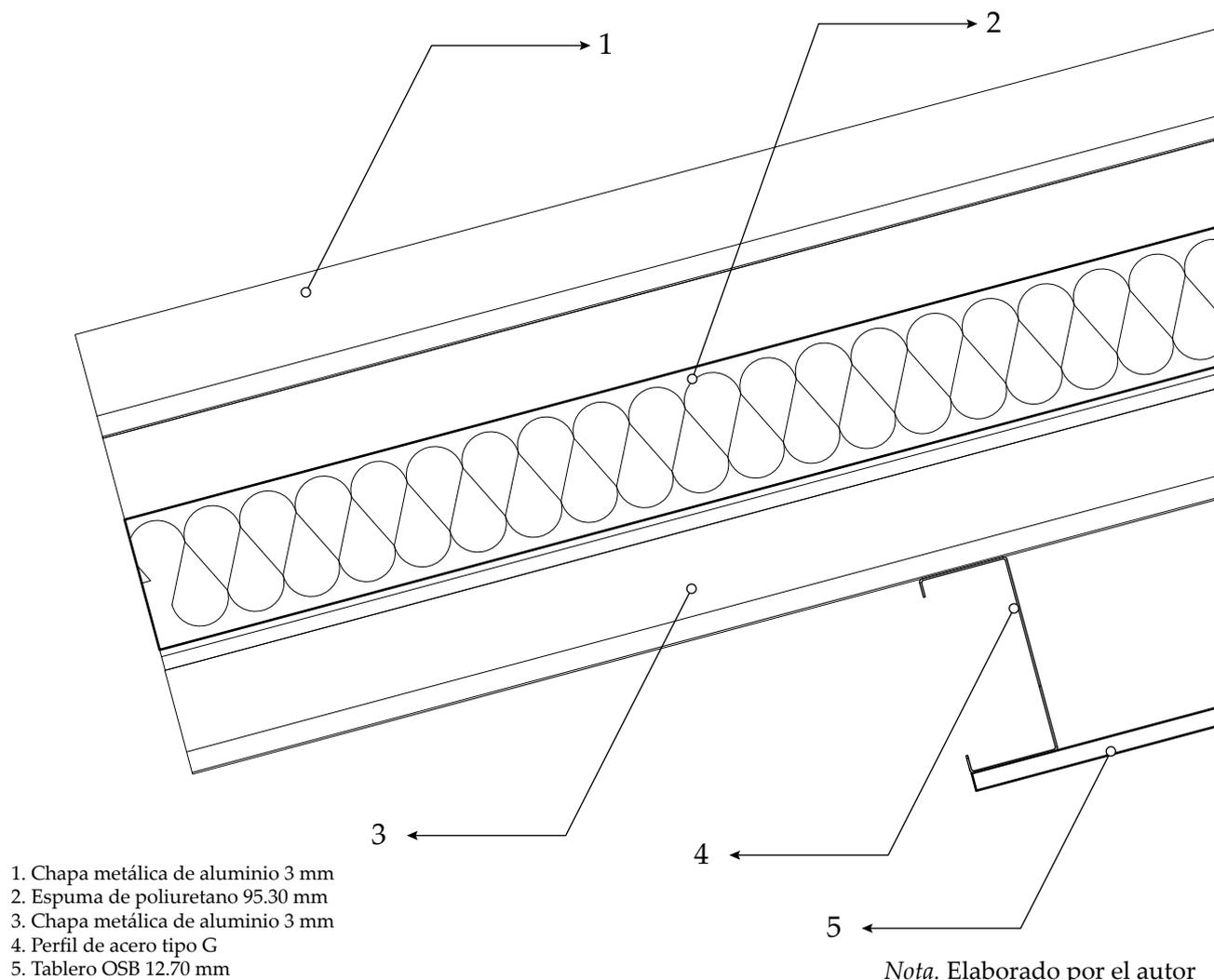
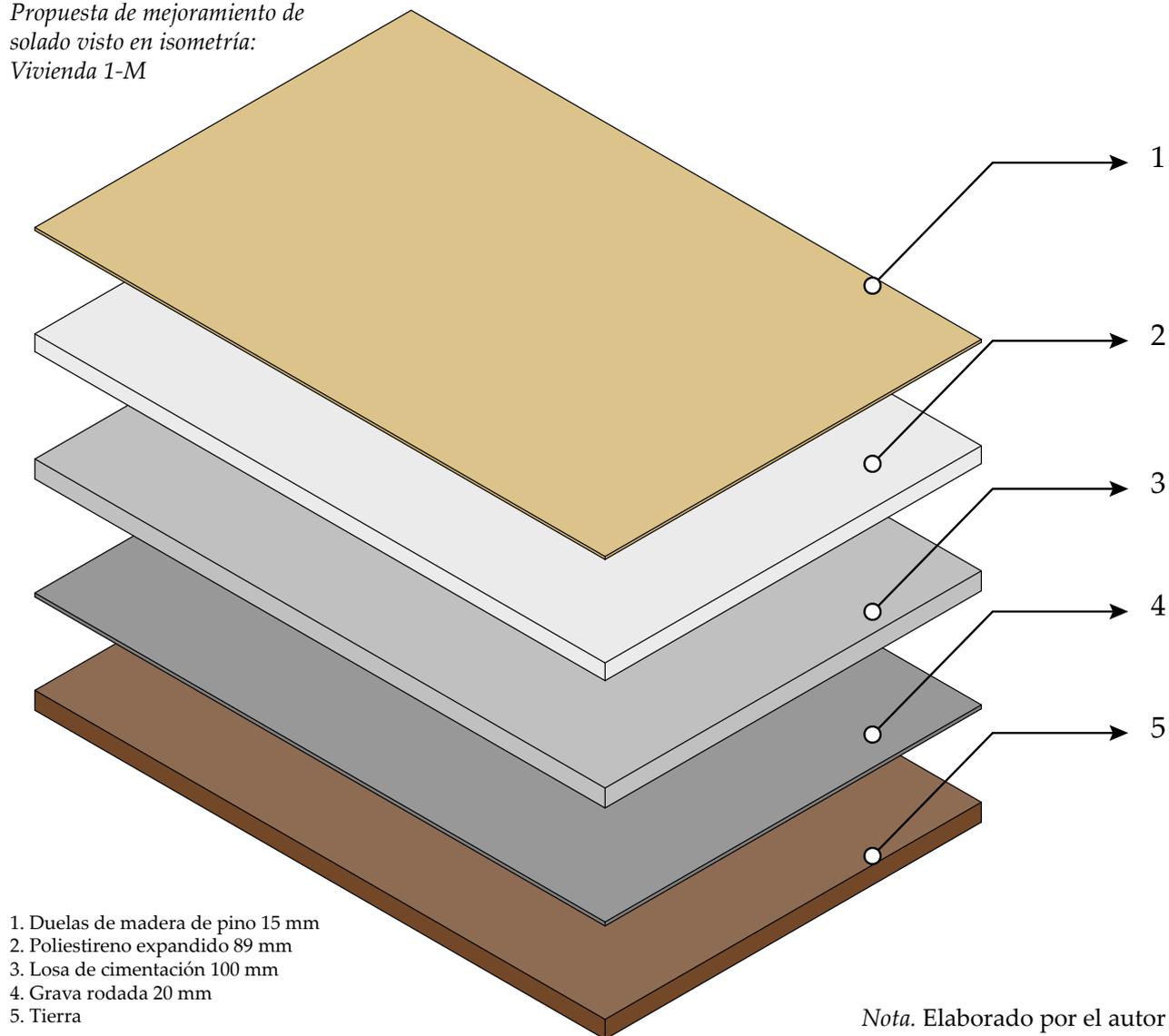


Figura 80.
*Propuesta de mejoramiento de
solado visto en isometría:
Vivienda 1-M*

ESC___1:25

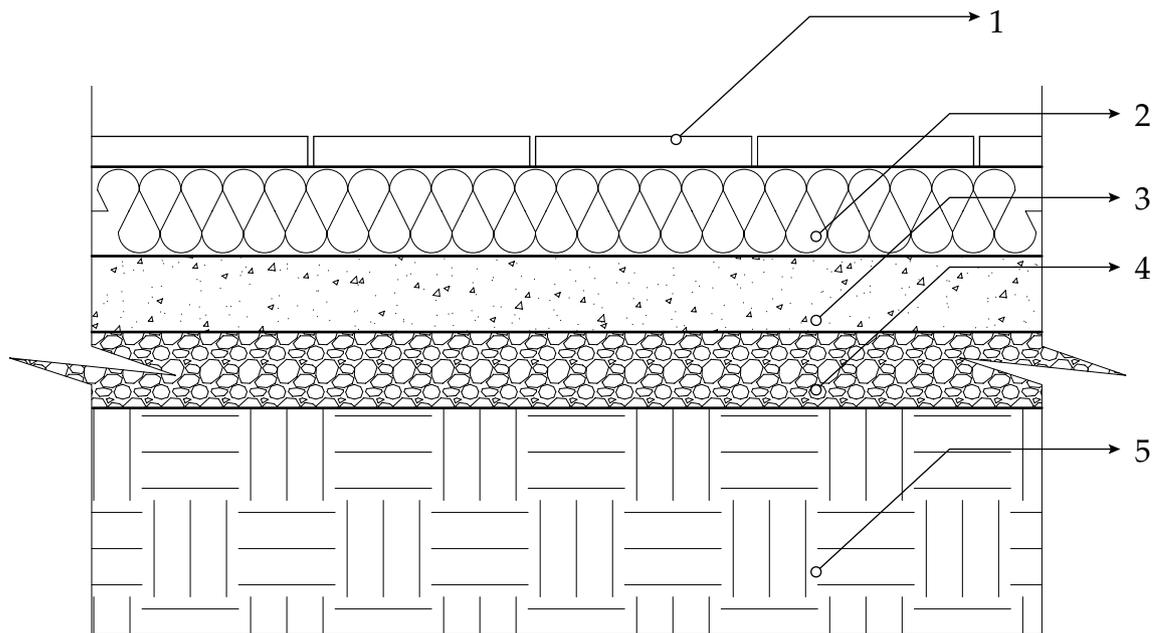


Nota. Elaborado por el autor

Figura 81.

*Detalle constructivo de la propuesta para la intervención
del solado: Vivienda 1-M*

ESC___1:5

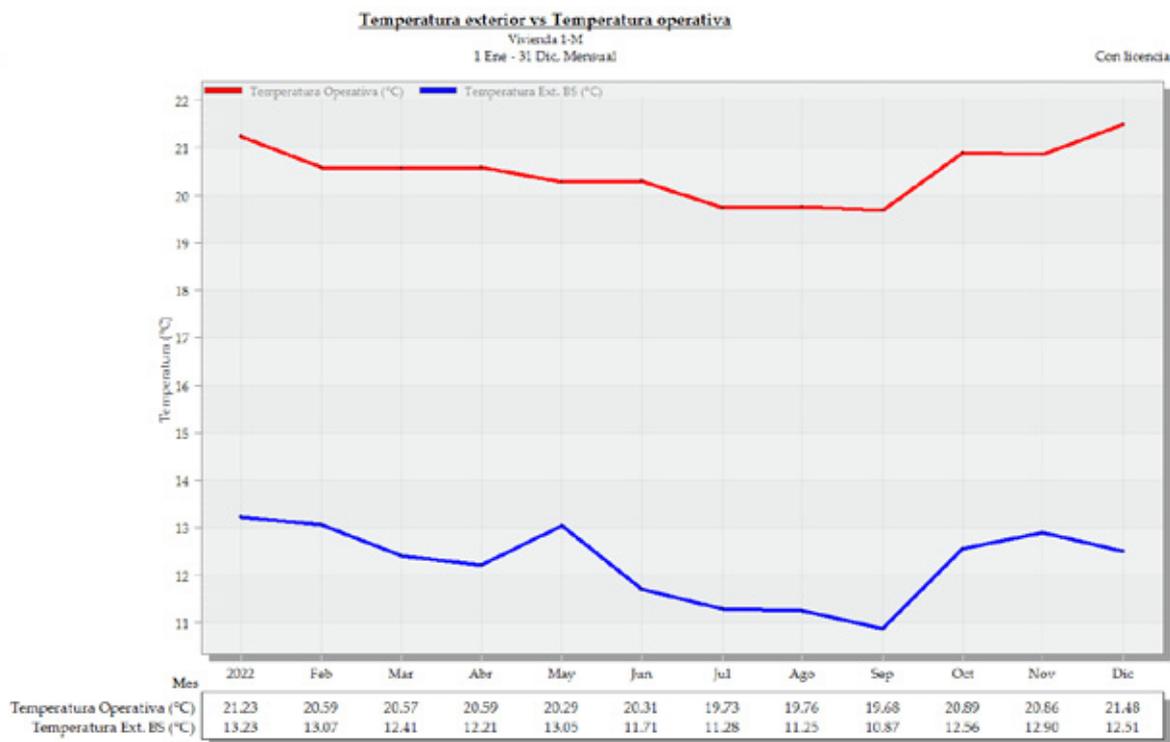


1. Duelas de madera de pino 15 mm
2. Poliestireno expandido 89 mm
3. Losa de cimentación 100 mm
4. Grava rodada 20 mm
5. Tierra

Nota. Elaborado por el autor

Figura 82.

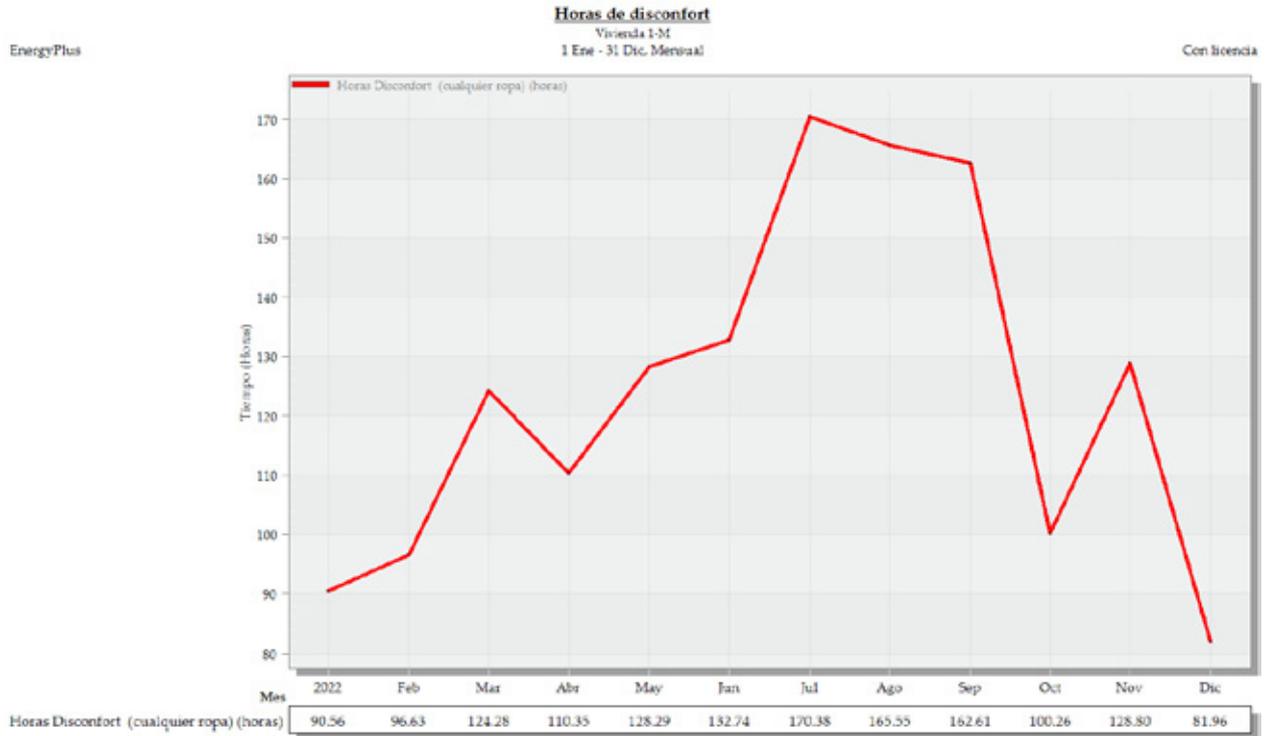
Temperatura exterior vs temperatura operativa interior: Vivienda 1-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La simulación vista en la figura 82, compara la temperatura exterior (línea color azul) a lo largo de los doce meses del año de manera consecutiva, en la cual se puede inferir que los meses con las temperaturas más críticas son las de julio, agosto y en septiembre la temperatura de bulbo seco exterior registra una media de 10.87°C. La línea de color verde expresa el promedio de la temperatura operativa en toda la vivienda, y en este sentido se observa que en la mayoría de meses presentan una temperatura superior de 19°C.

Figura 83.
Horas de disconfort con cualquier tipo de ropa: Vivienda 1-M

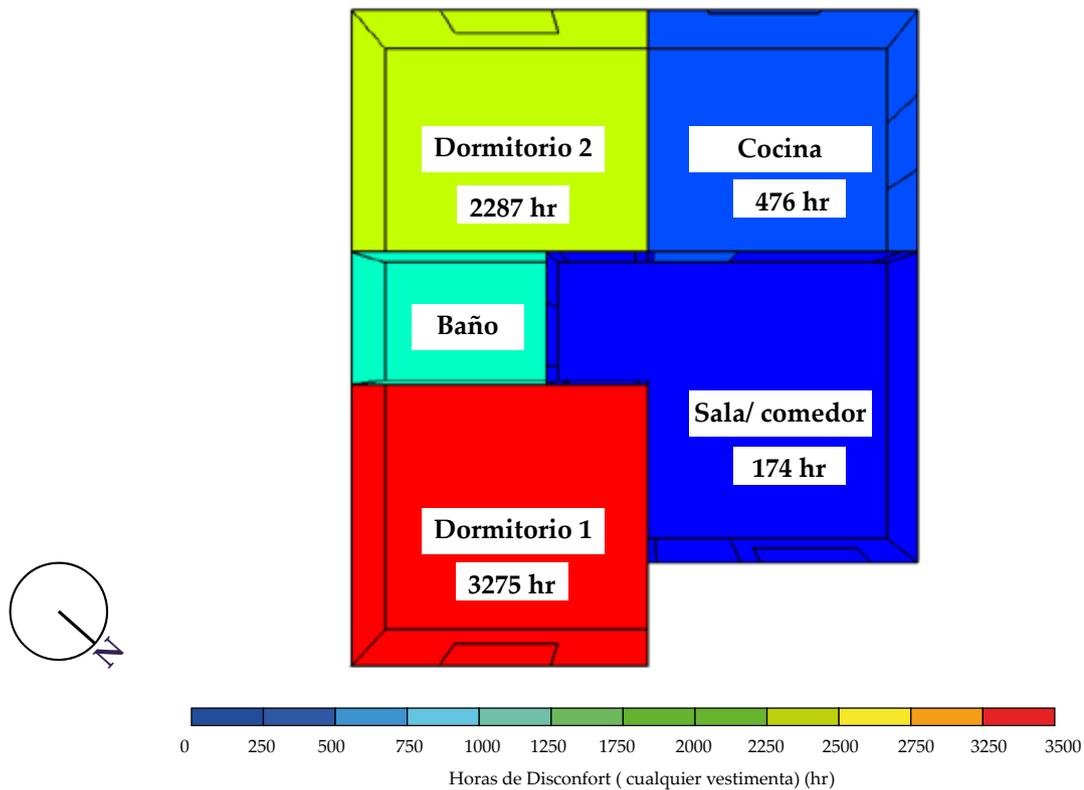


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

En la figura 83 se evidencia las horas de disconfort percibidas por una persona a lo largo de un período de 12 meses, tomando esta unidad de medida mensual se puede mencionar que un mes tiene 730 horas. En este caso se puede mencionar que la vivienda intervenida posee una disminución de las horas de disconfort en todos los meses de simulación. El mes con más horas de disconfort es el mes de julio con un total de 170.38 horas de disconfort, lo que quiere decir que los habitantes de las viviendas experimentan disconfort térmico el 23.33 % del tiempo en un mes, que representa un aproximado de 7 días. El mes con menos horas de disconfort es el mes diciembre con un total de 81.90 horas de disconfort, lo que indica que el 11.21% de las horas en un mes son de disconfort, lo que corresponde a 3 días en escala temporal.

Figura 84.

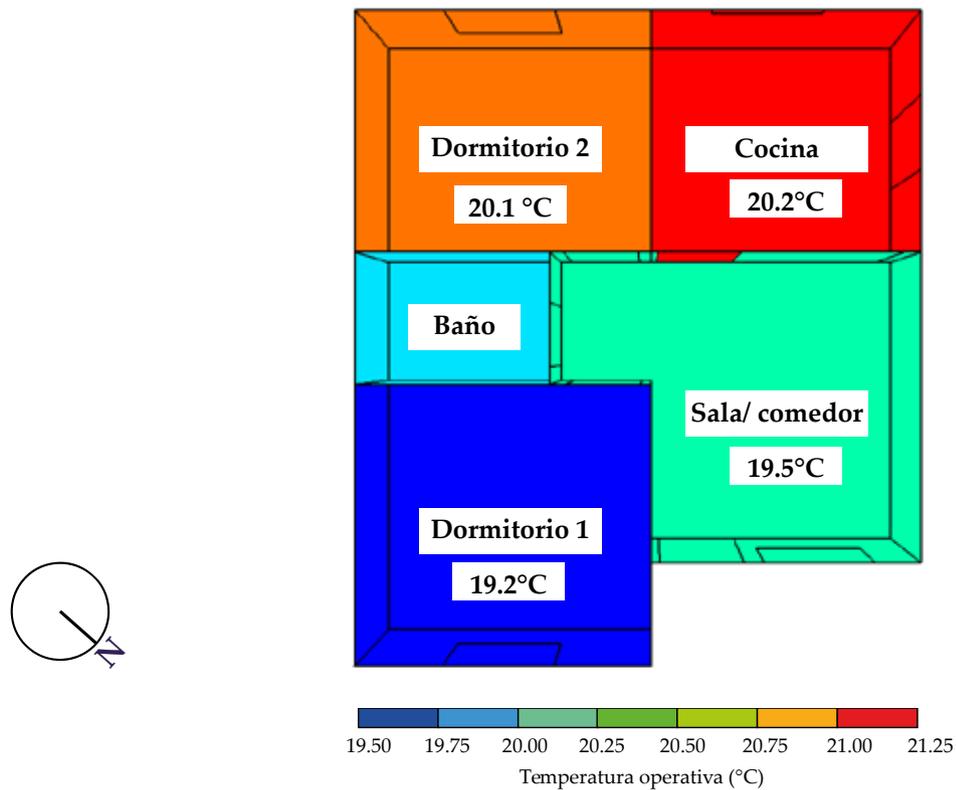
Horas de disconfort anual visto en planta: Vivienda 1-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Figura 85.

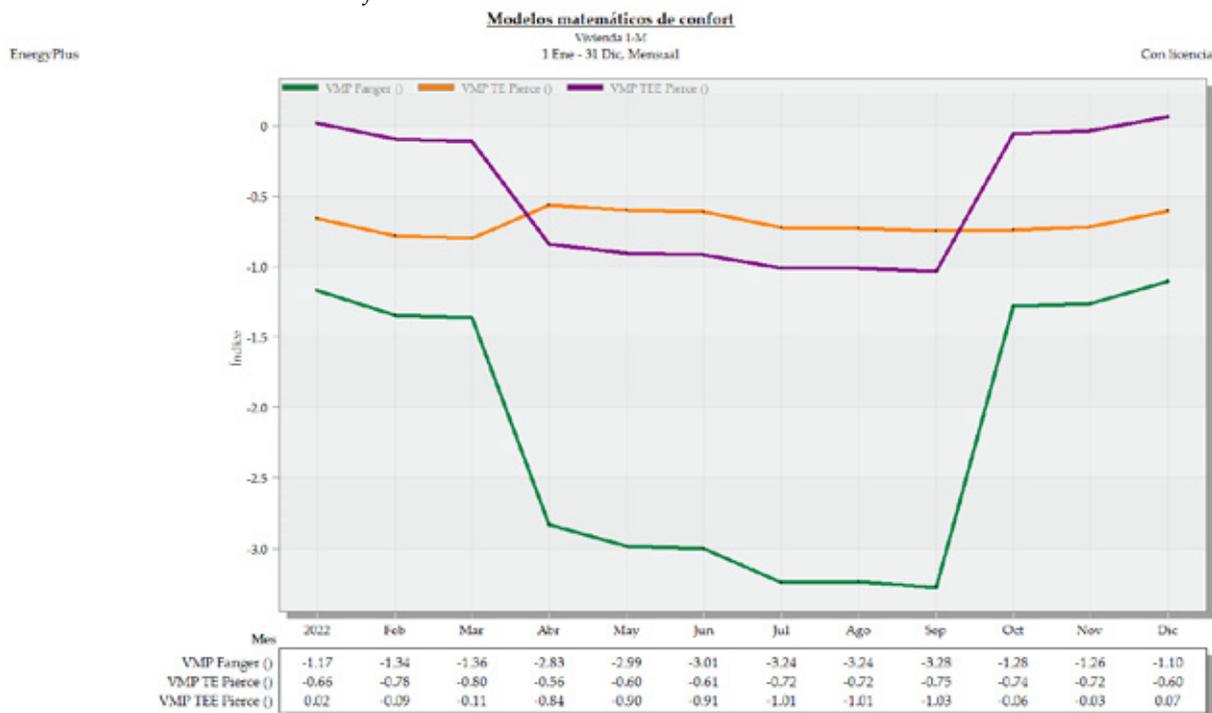
Temperatura operativa vista en planta del mes de septiembre: Vivienda 1-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Figura 86.

Frecuencia mensual de índices de confort : Vivienda 1-M

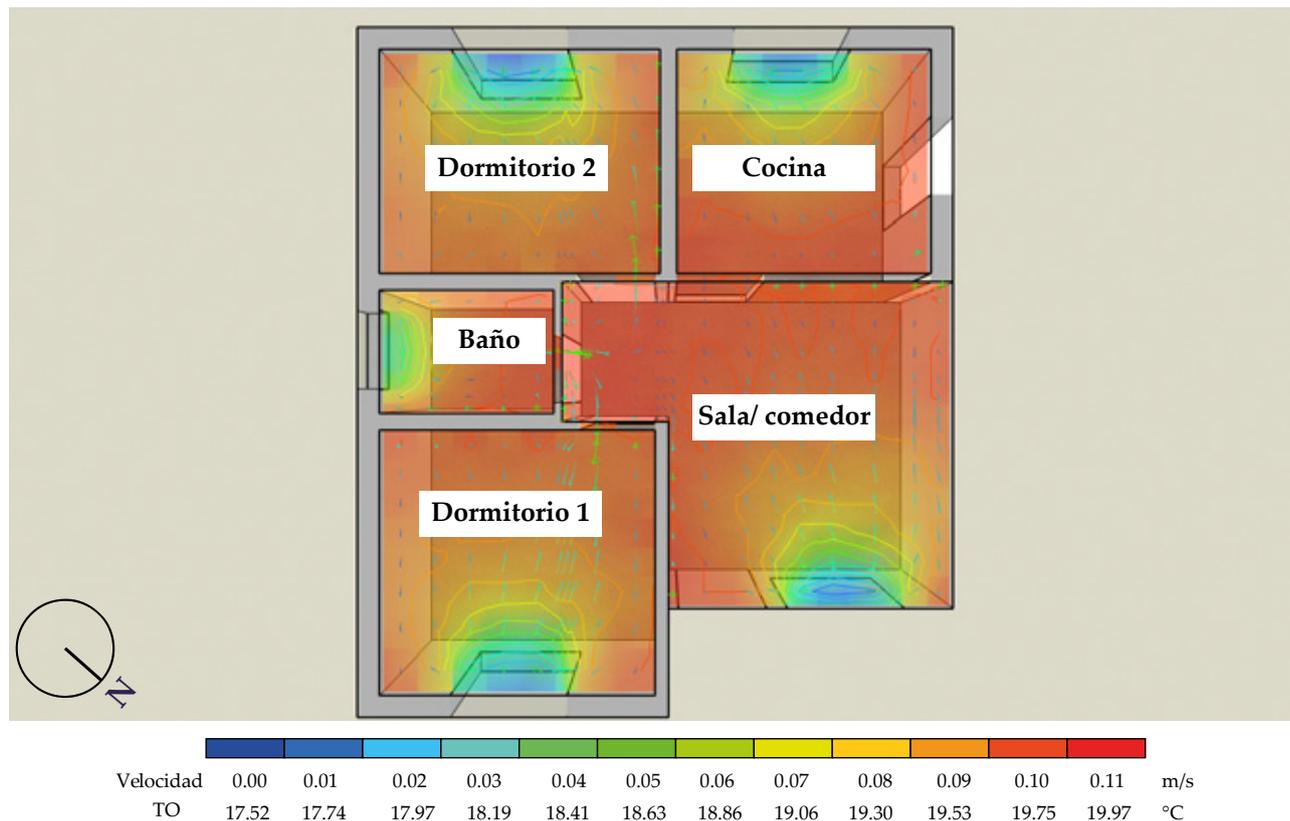


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Con respecto a la comparativa de los índices de confort existentes, se puede observar en el gráfico 86 que los meses con los índices más bajos son los de julio, agosto y septiembre. Tomando como referencia el índice PMV de Fanger (1970), el cual se manifiesta por medio de una escala que va desde el +3 (sensación más calurosa) hasta -3 (sensación más fría); en donde el valor 0 es el punto más neutro o más confortable, se observa que todos los índices están por debajo de -3 en estos meses, lo cual refleja que los valores son in-confortables con tendencia al frío. Pese a que los índices suben en los meses de diciembre, enero y febrero; con índices entre -1.1 y -1.3, la escala de Fanger indica que estos ambientes son ligeramente frescos.

Figura 87.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 1-M



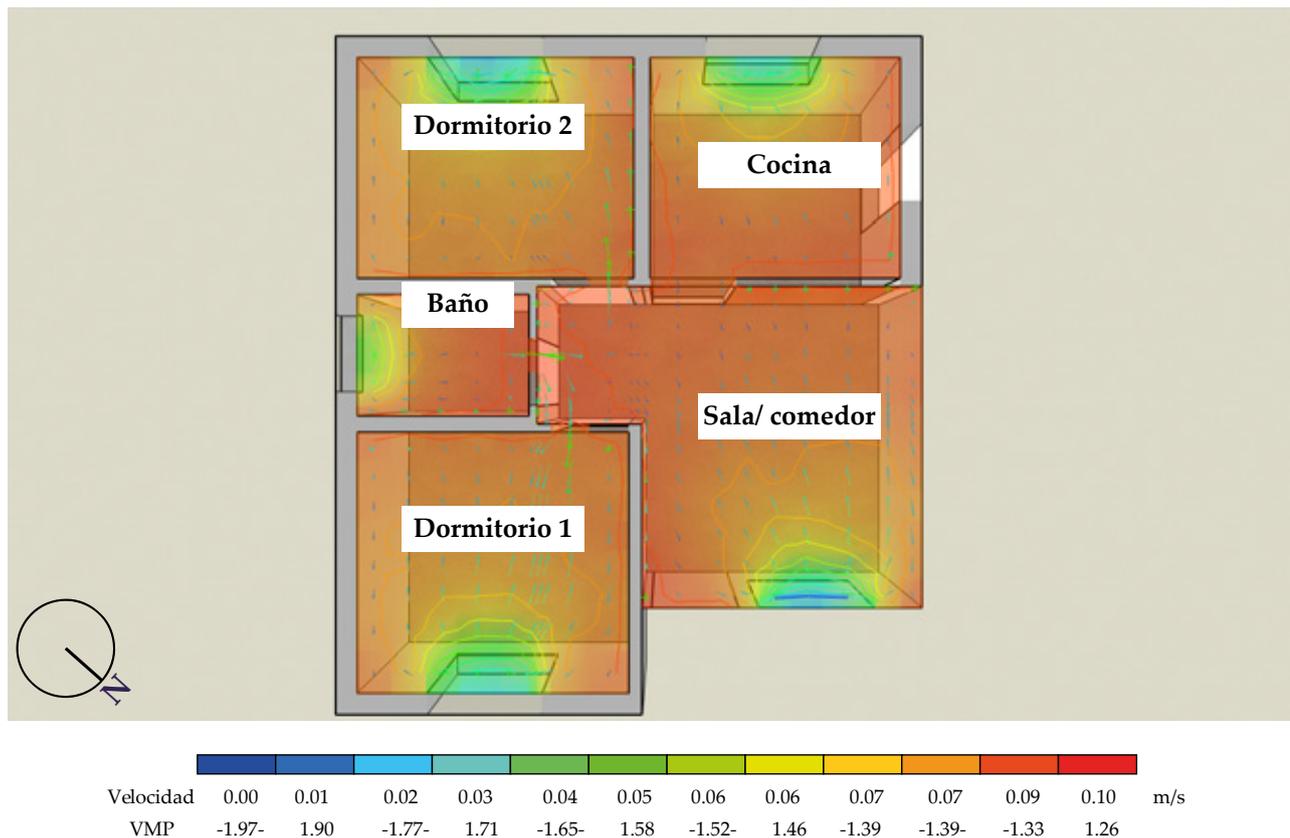
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 87 se observa representada la temperatura operativa en la simulación de la vivienda 1-M, en donde se observa el incremento de la temperatura en los espacios habitables, haciéndolos más confortables en relación con su estado actual.

Figura 88.

Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 1-M



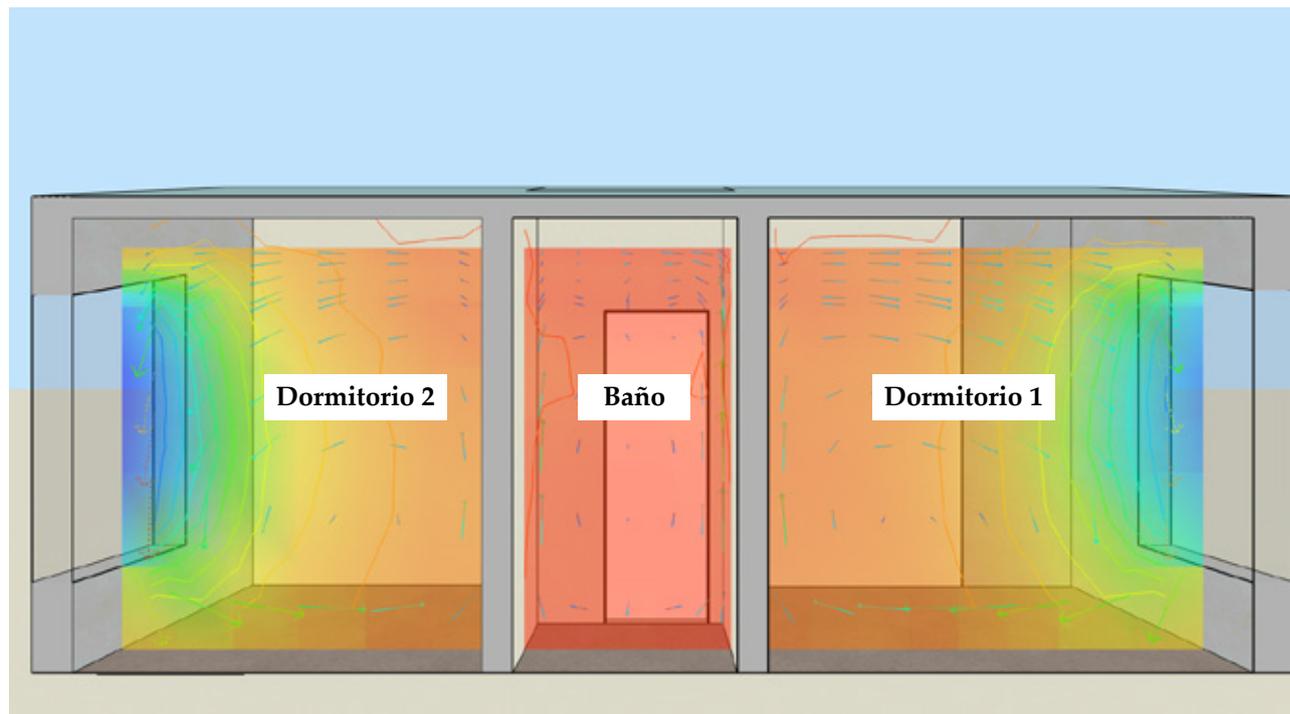
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 88 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Figura 89.

Temperatura operativa vista en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 1-M



	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	m/s
Velocidad	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	m/s
TO	17.52	17.74	17.97	18.19	18.41	18.63	18.86	19.06	19.30	19.53	19.75	19.97	°C

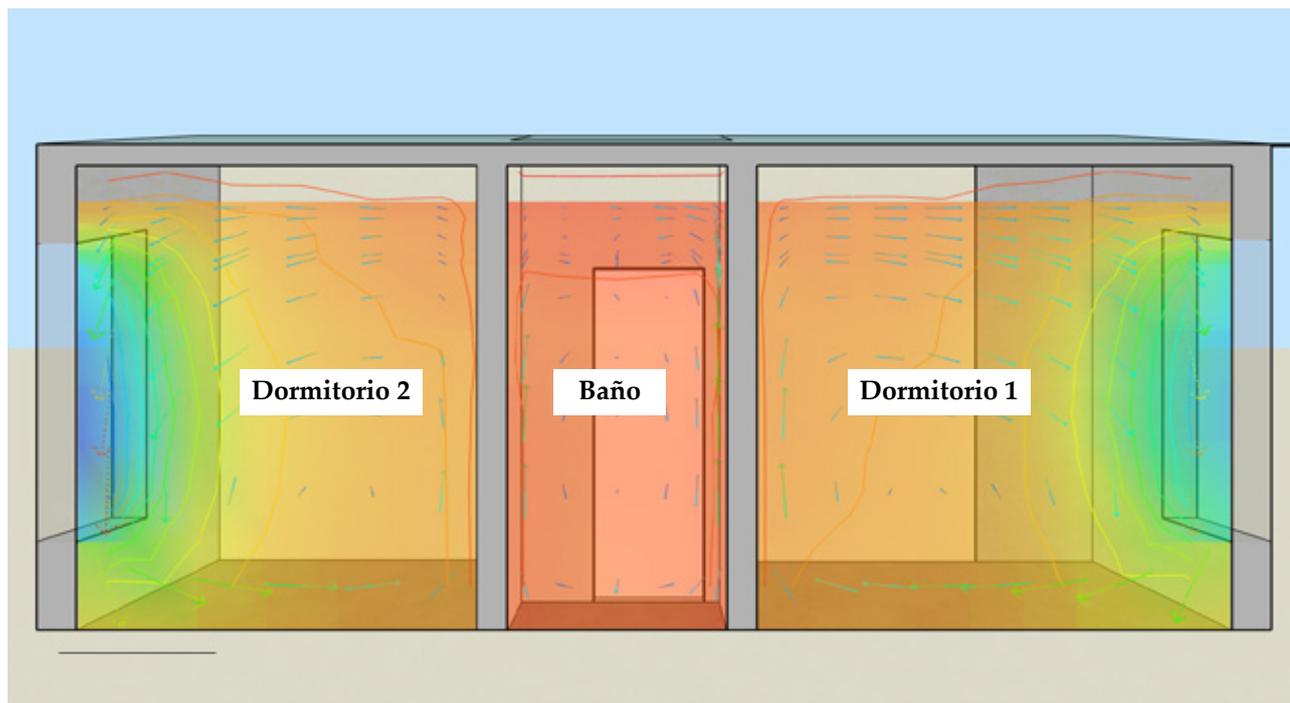
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 89 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Figura 90.

Índice de Voto Medio Previsto visto en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 1-M



Velocidad	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	m/s
TO	17.52	17.74	17.97	18.19	18.41	18.63	18.86	19.06	19.30	19.53	19.75	19.97	°C

Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 90 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Vivienda 2 - M

.....

Una vez realizadas las simulaciones termoenergéticas de las viviendas en su estado actual; tomando en consideración la materialidad y las condiciones físicas del entorno en ambos casos de estudio, para concluir el trabajo de investigación se propone intervenir ambas viviendas para mejorar las condiciones de confort en sus espacios habitables, con la intención de simular con el software DesingBuilder los cambios del comportamiento térmico de ambos casos de estudio.

Para la intervención de la vivienda N°2, se decidió replantear la materialidad arquitectónica, basada en todas las exigencias prescriptoras de los requerimientos mínimos en los materiales o componentes de las envolventes, con la intención de mejorar el comportamiento térmico y energético de las edificaciones. Las especificaciones giran en torno a la zona climática de cada localidad del Ecuador, en base a las zonas climáticas definidas en la NEC-13.

Figura 91.

Fachada sur bloque 1: Vivienda N°2

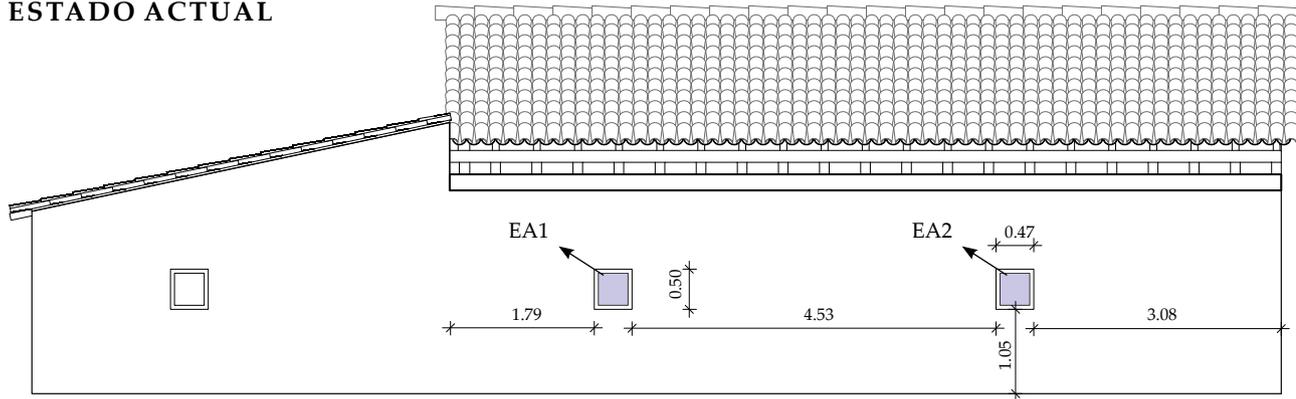


Nota. Elaborada por el autor

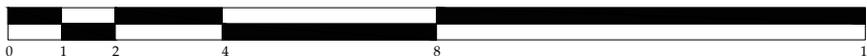
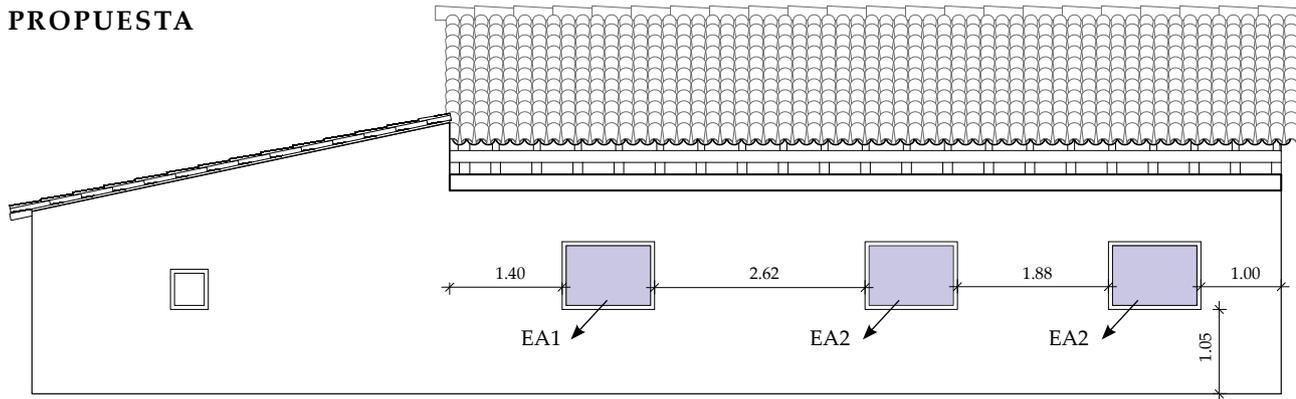
APERTURA DE VANOS

Al igual que en el caso de estudio anterior se plantea modificar las ventanas para mejorar el confort térmico al interior de la vivienda, para que estos ambientes tengan más captación de calor y en adición a esto se toma como referencia las estrategias de diseño pasivo planteadas por el software Climate Consultant 6.0 (2020), el cual sugiere que el acristalamiento debe minimizar la pérdida y la ganancia de conductividad (minimizar el factor U) porque la ganancia de radiación solar no deseada tiene menos impacto en este clima. Por lo que modificó las proporciones de las ventanas que dan hacia las habitaciones de la vivienda N°2, con el fin de obtener ganancias solares en estas zonas.

ESTADO ACTUAL



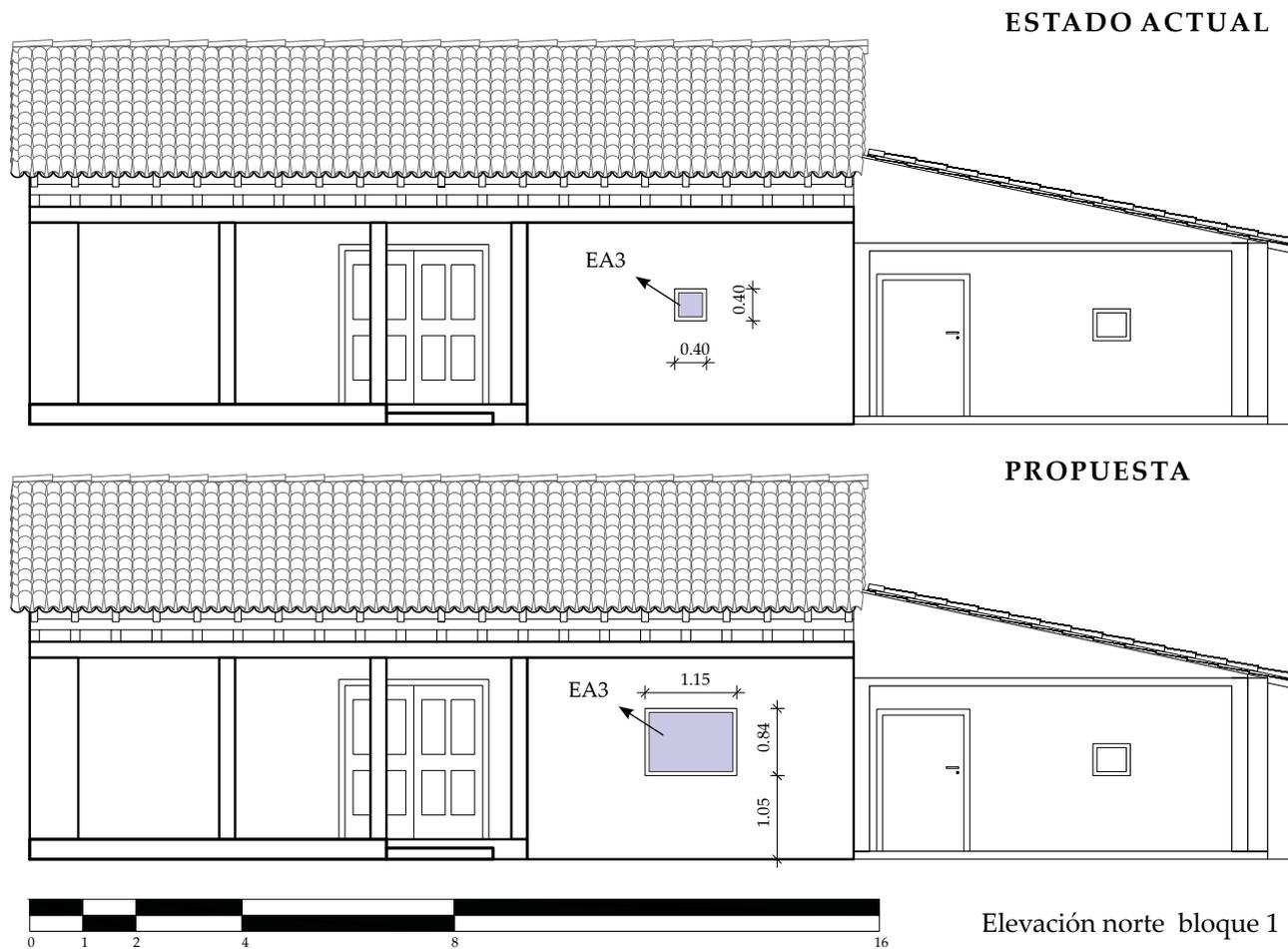
PROPUESTA



Elevación sur bloque 1

EA: Elemento arquitectónico a transformar

Figura 92.
Propuesta de modificación de ventanas: Vivienda 2-M



EA: Elemento arquitectónico a transformar

Figura 93.

Propuesta de mejoramiento de muro visto en isometría: Vivienda 2-M

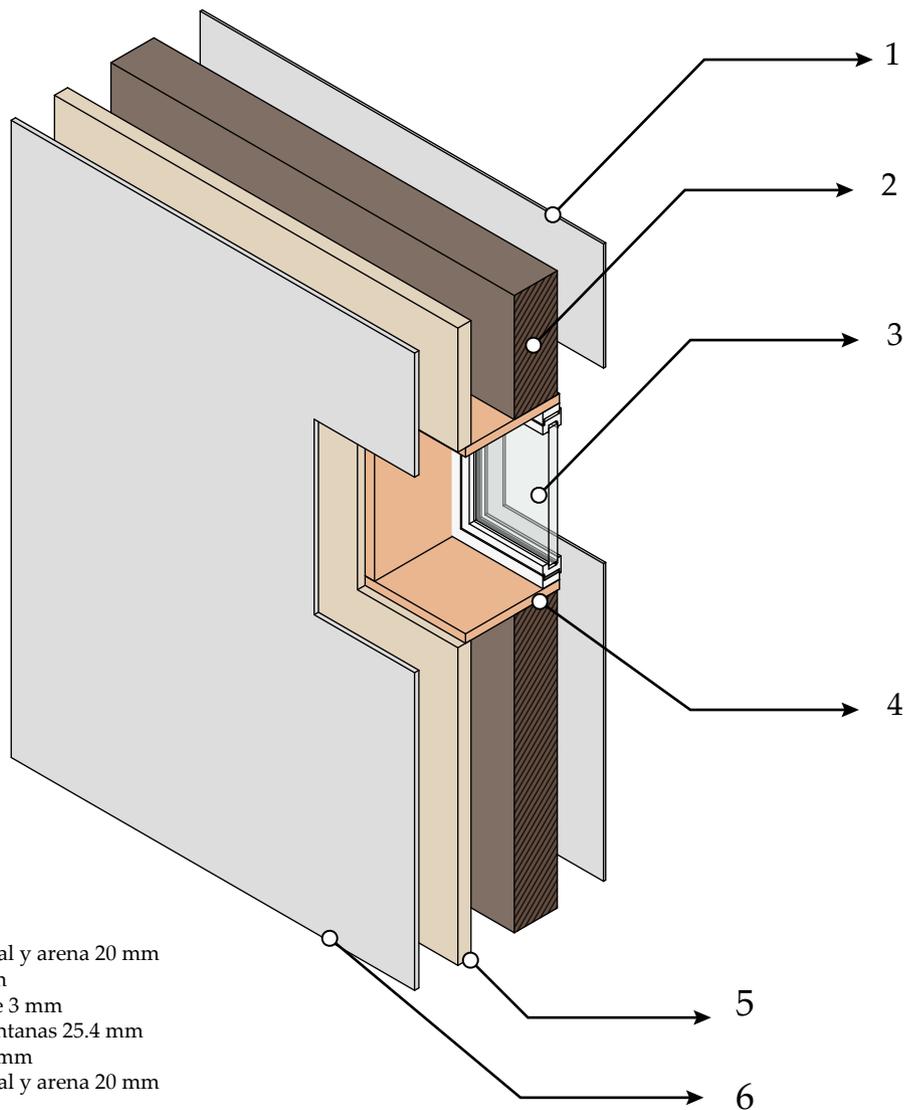
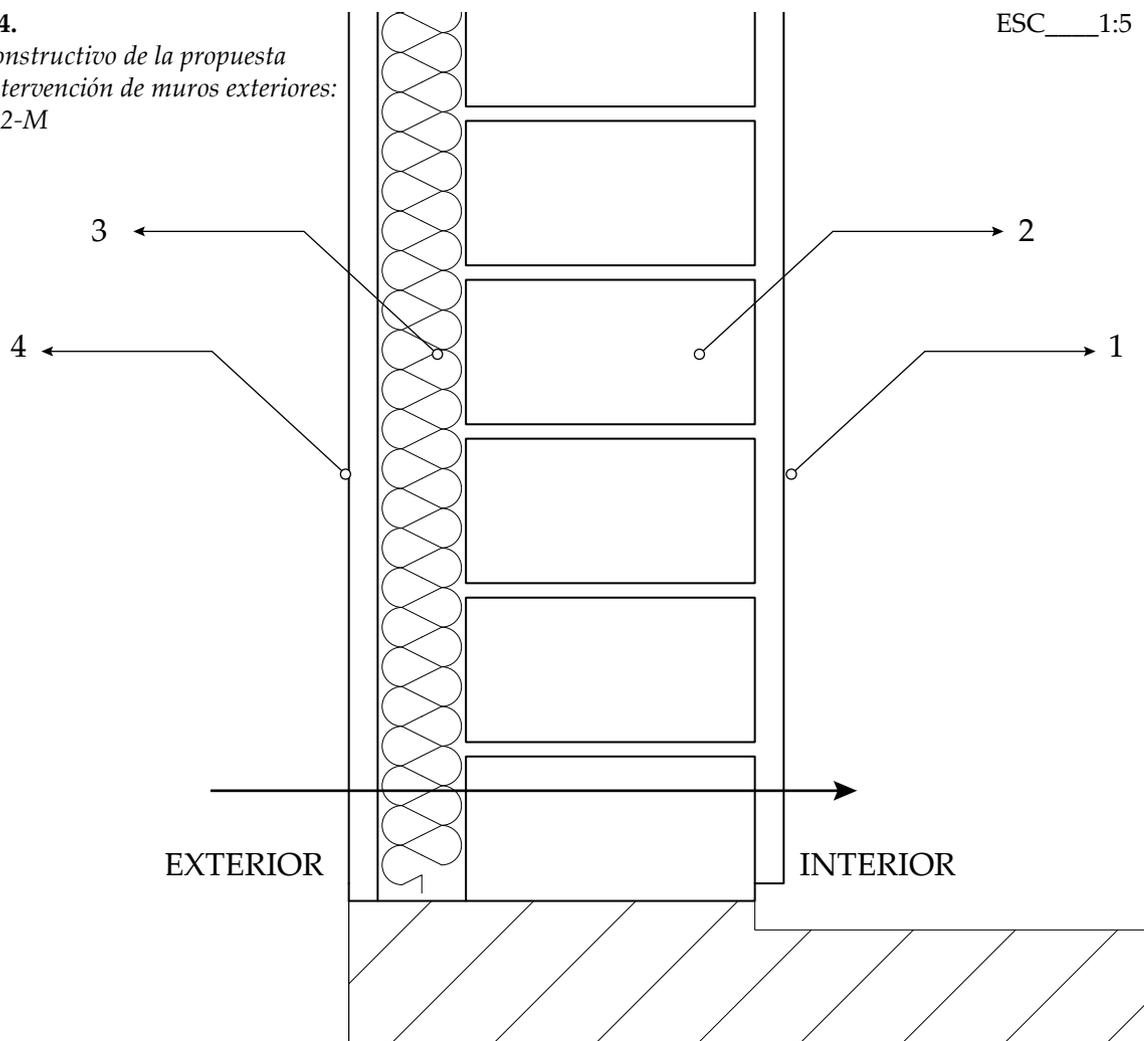


Figura 94.

*Detalle constructivo de la propuesta
para la intervención de muros exteriores:
Vivienda 2-M*



1. Revoque de mortero de cal y arena 20 mm
2. Bloques de adobe 200 mm
3. Plancha de lana oveja 61 mm
4. Revoque de mortero de cal y arena 20 mm

Figura 95.
*Propuesta de mejoramiento de cubierta visto
en isometría: Vivienda 2-M*

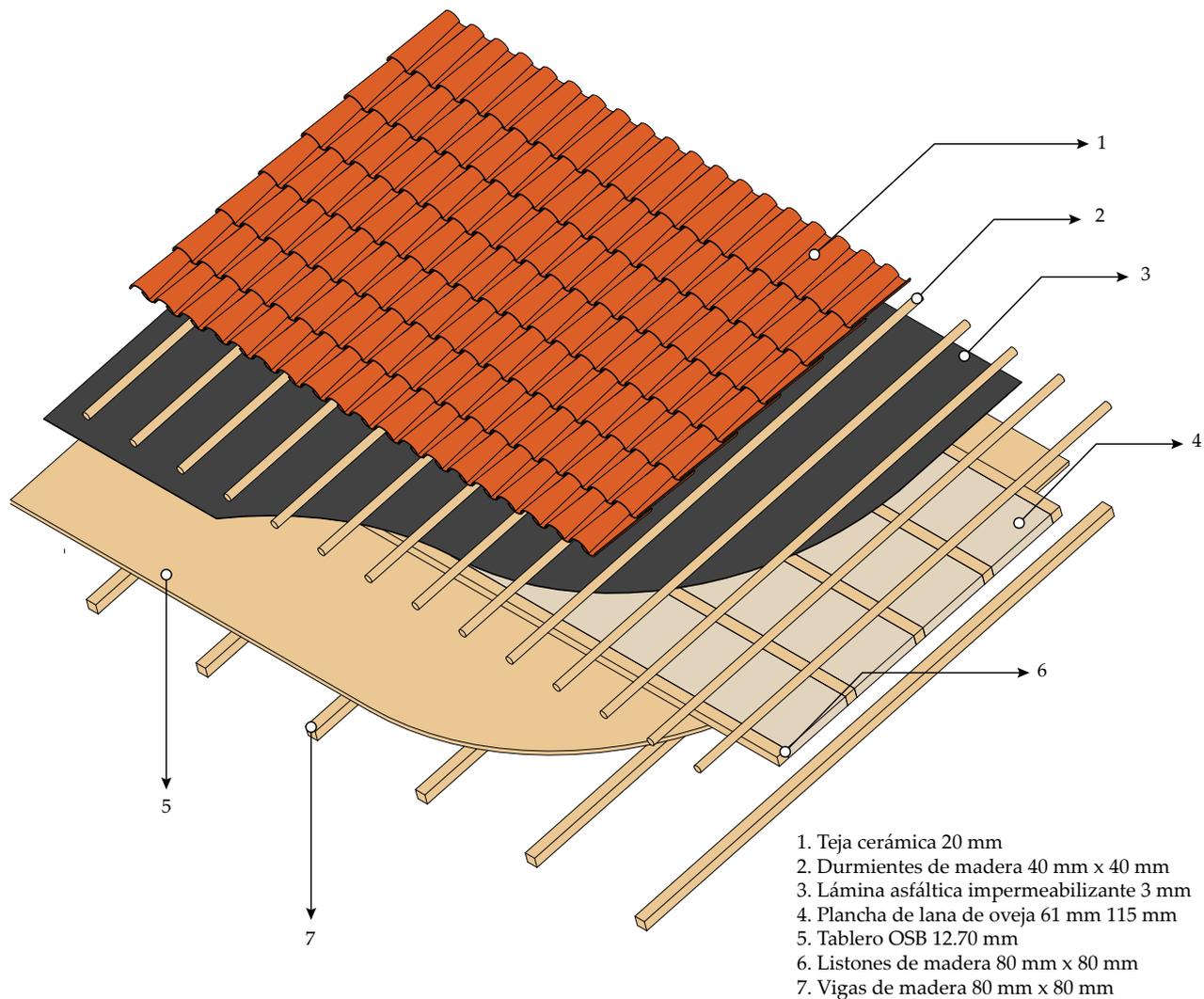


Figura 96.

*Detalle constructivo de la propuesta para la intervención
de la cubierta: Vivienda 2-M*

ESC ____1:5

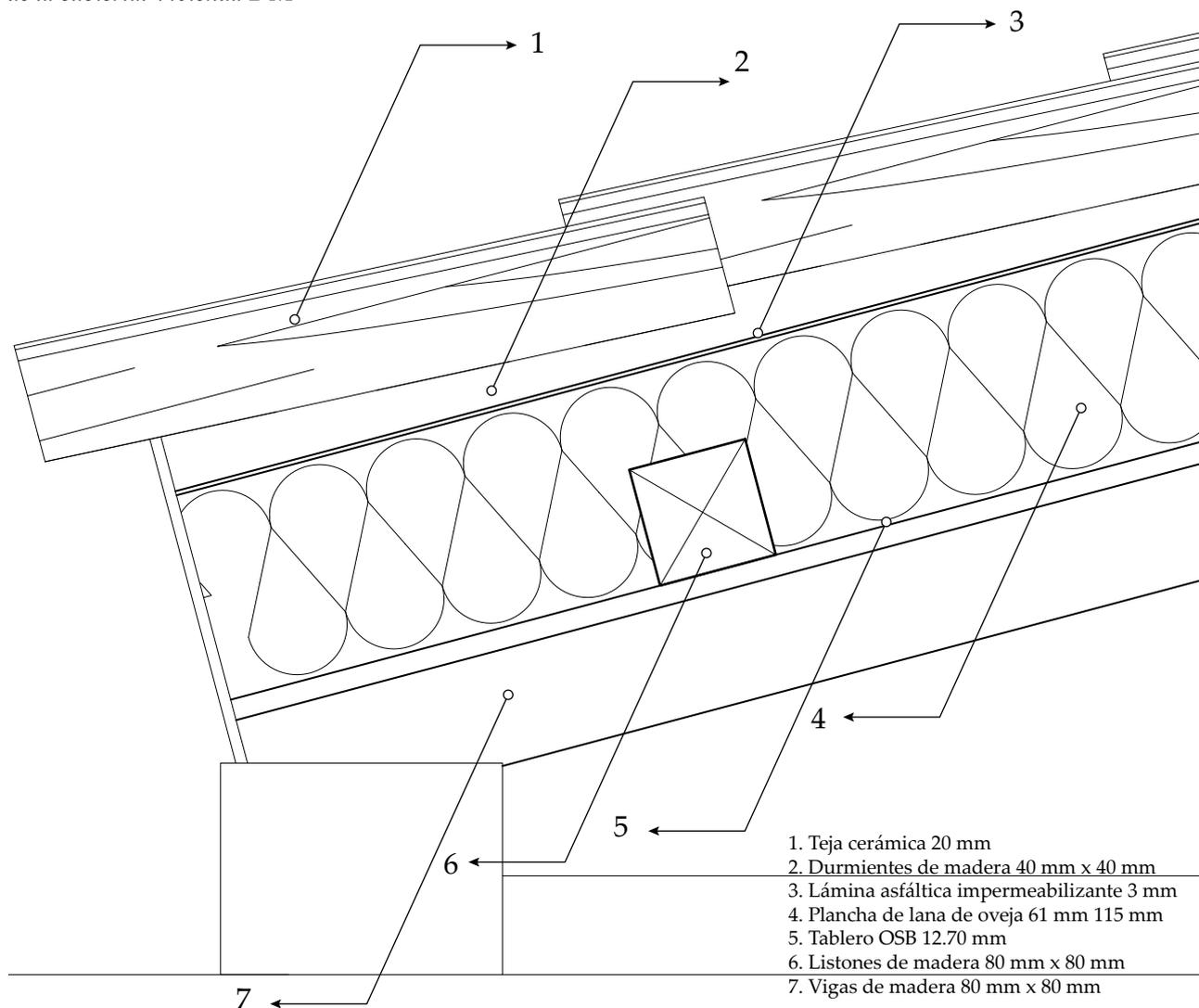
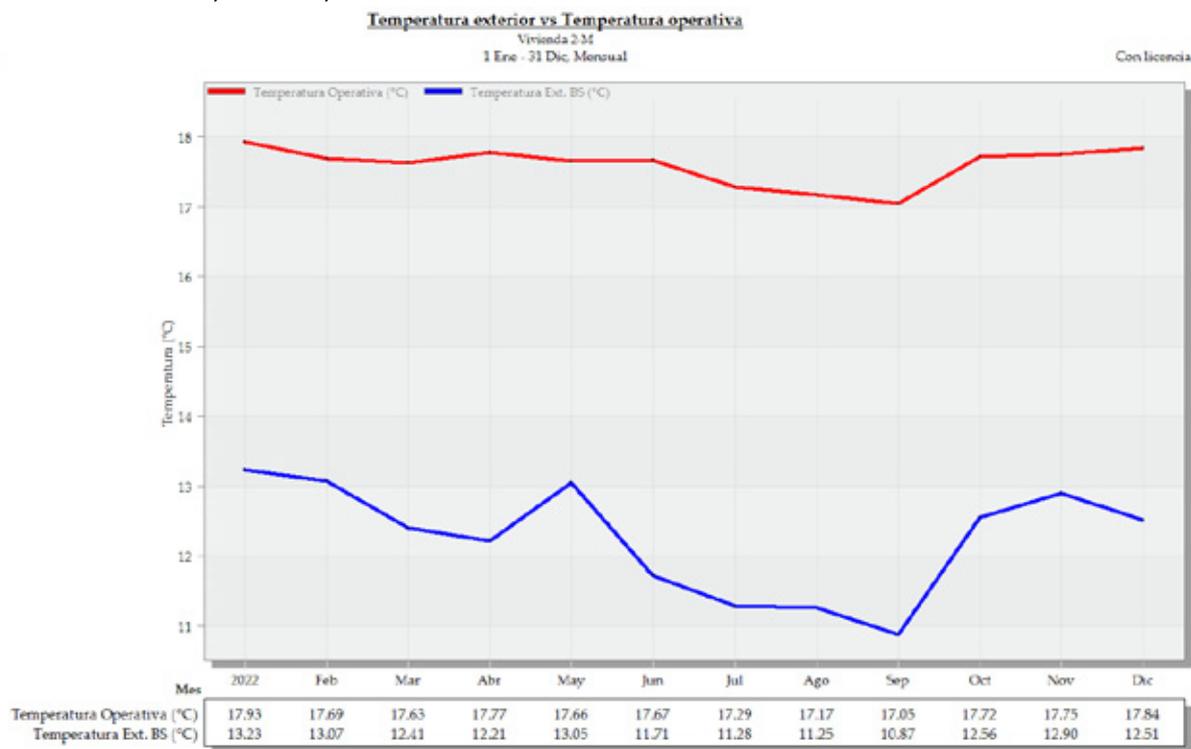


Figura 97.

Temperatura exterior vs temperatura operativa interior: Vivienda 2-M

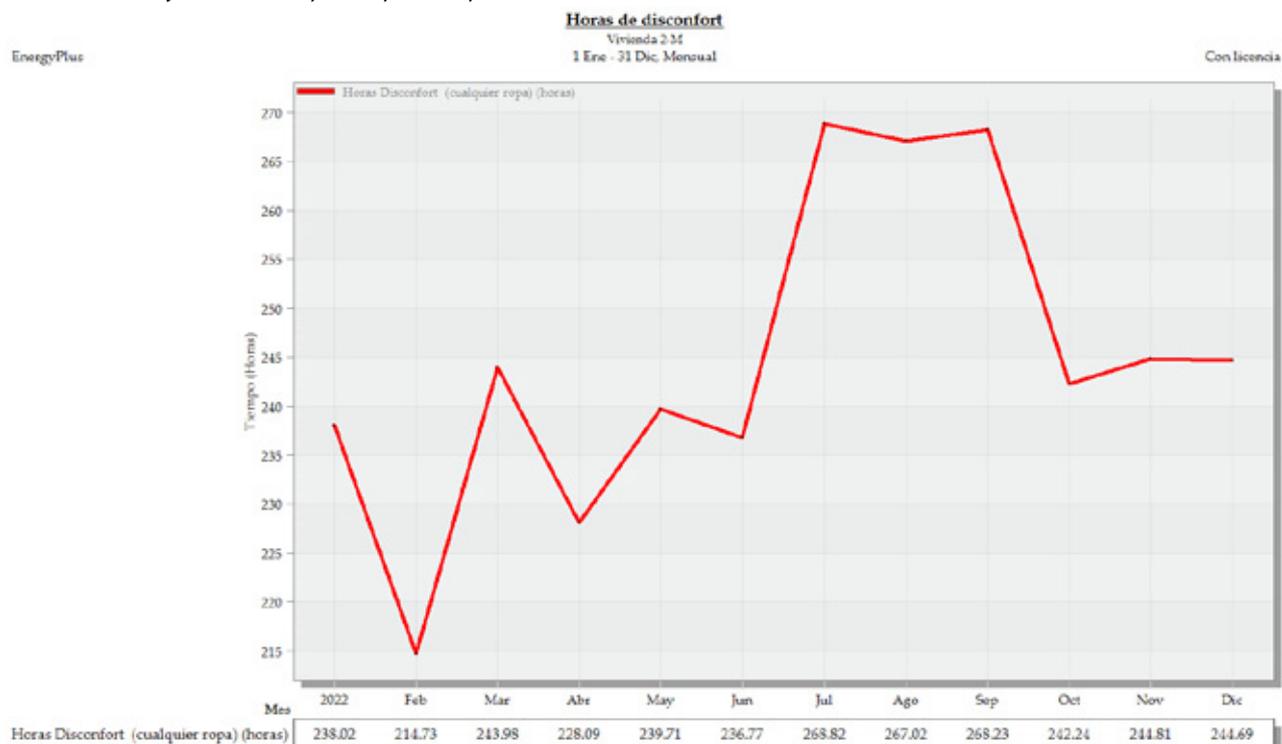


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

La simulación vista en el gráfico 97, compara la temperatura exterior (línea color azul) a lo largo de los doce meses del año de manera consecutiva, en la cual se puede inferir que los meses con las temperaturas más críticas son las de julio, agosto y en septiembre la temperatura de bulbo seco exterior registra una media de 10.87°C. La línea de color verde expresa el promedio de la temperatura operativa en toda la vivienda, y en este sentido se observa que en la mayoría de meses presentan una temperatura superior de 17°C.

Figura 98.

Horas de disconfort con cualquier tipo de ropa: Vivienda 2-M

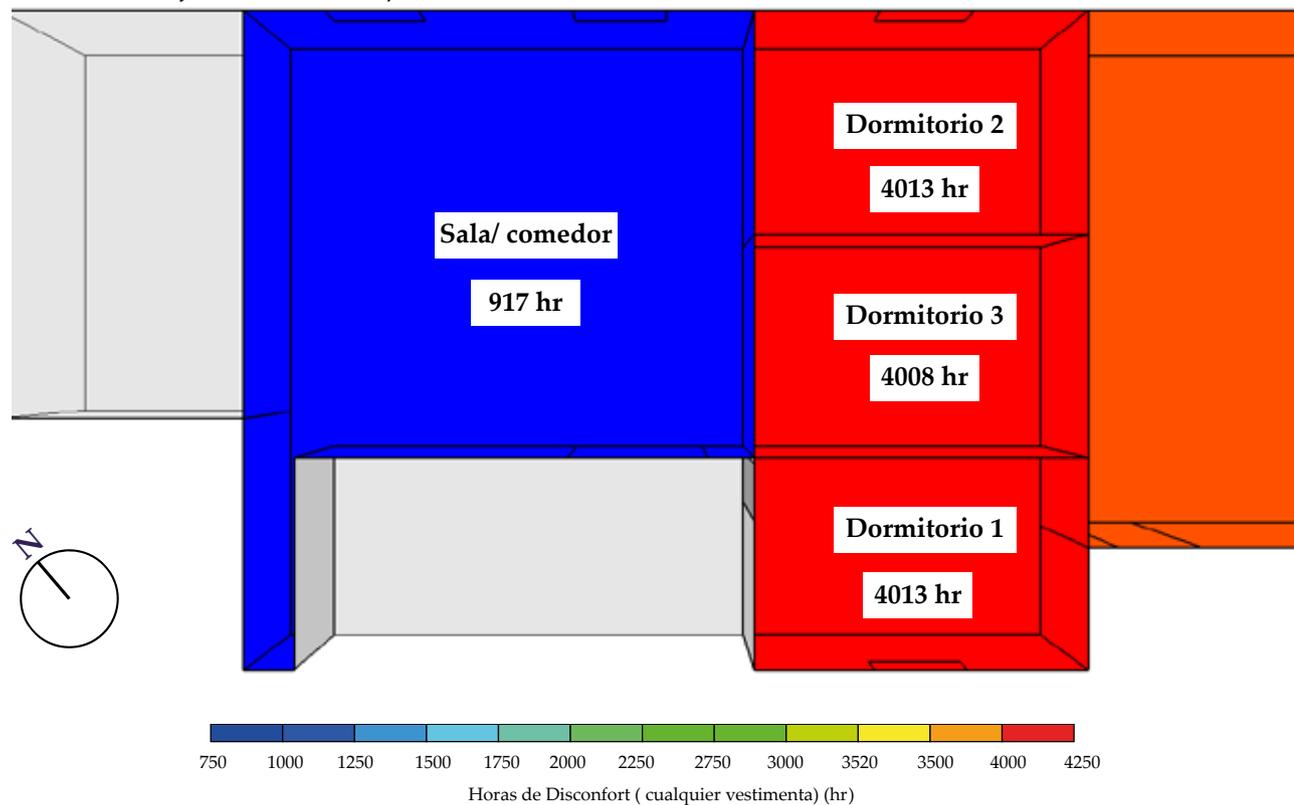


Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

En el gráfico 98 se evidencia las horas de disconfort percibidas por una persona a lo largo de un período de 12 meses, tomando esta unidad de medida mensual se puede mencionar que un mes tiene 730 horas. En este caso se puede inferir que la vivienda intervenida posee una disminución de las horas de disconfort en todos los meses de simulación. El mes con más horas de disconfort es el mes de julio con un total de 268 horas de disconfort, lo que quiere decir que los habitantes de las viviendas experimentan disconfort térmico el 36.71 % del tiempo en un mes, que representa un aproximado de 11 días. El mes con menos horas de disconfort es el mes de febrero con un total de 214.73 horas de disconfort, lo que indica que el 29.41% de las horas en un mes son de disconfort, lo que corresponde a 9 días en escala temporal.

Figura 99.

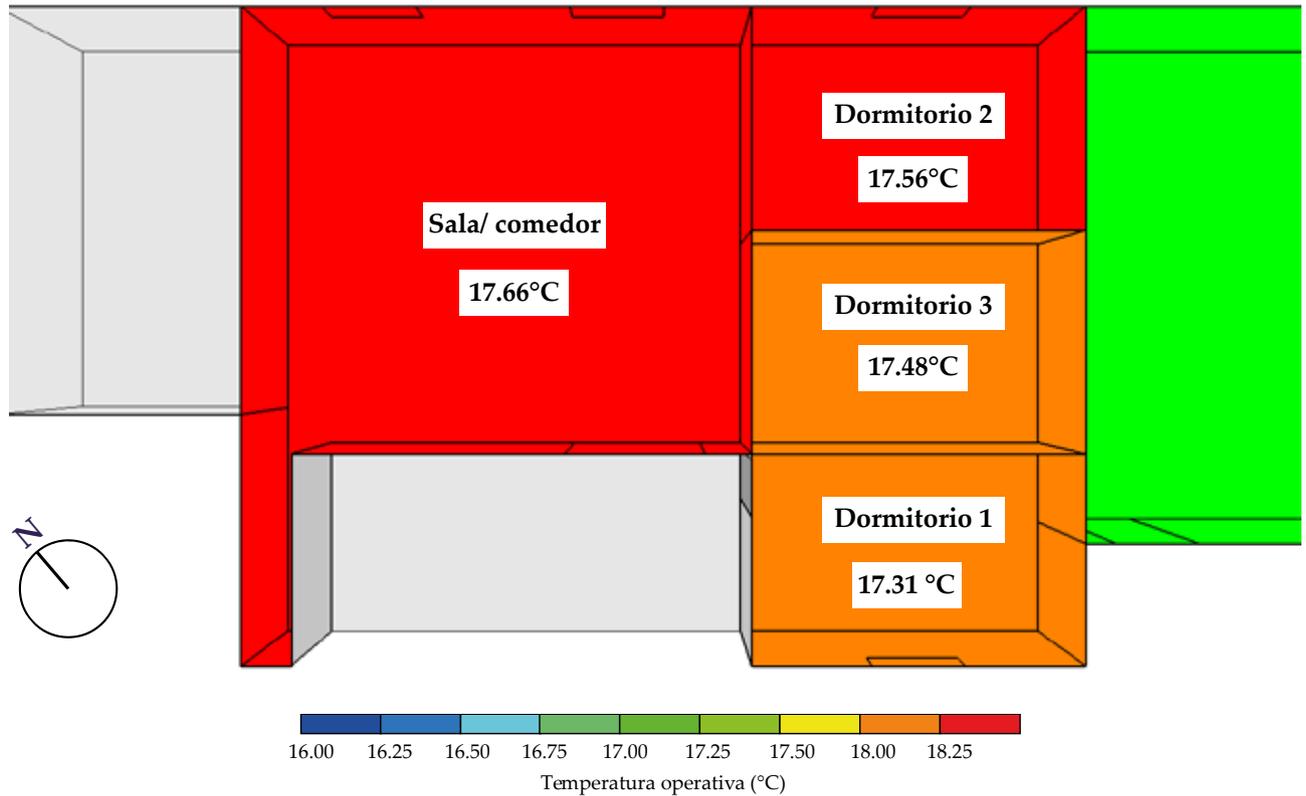
Horas de disconfort anual visto en planta: Vivienda 2-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Figura 100.

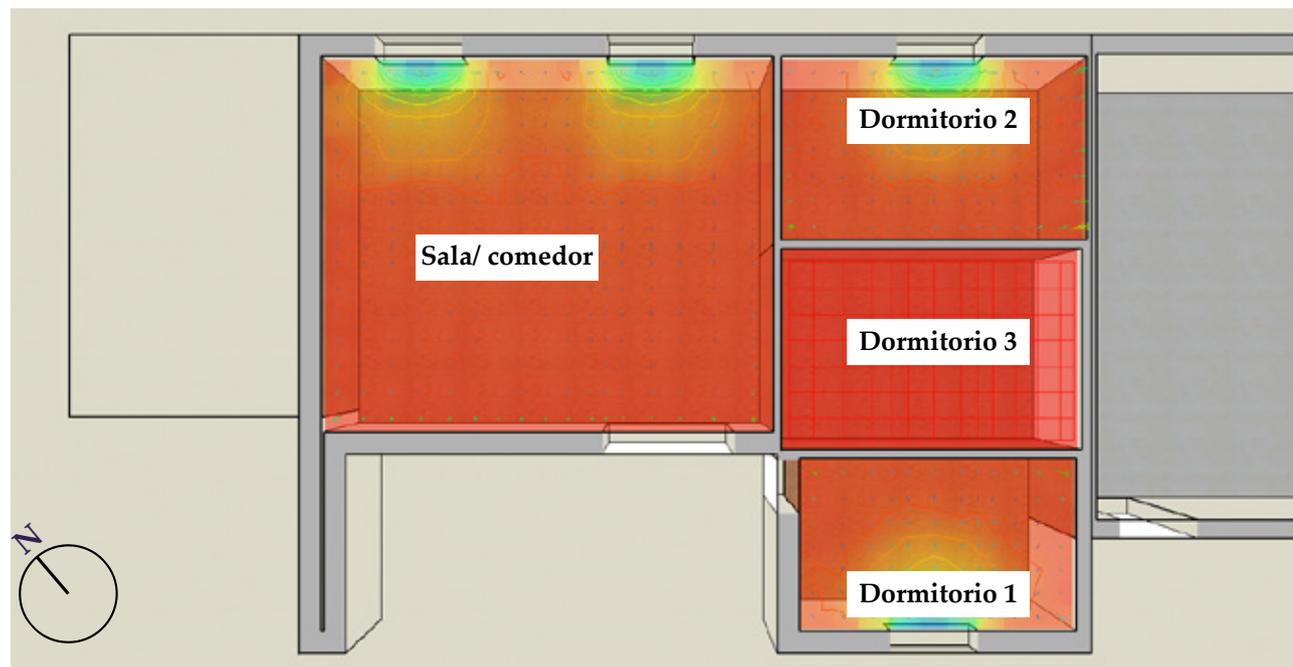
Temperatura operativa vista en planta del mes de septiembre: Vivienda 2-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Figura 101.

Temperatura operativa vista en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M



Velocidad	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	m/s
TO	17.71	17.92	18.13	18.33	18.54	18.75	18.96	19.17	19.38	19.58	19.79	20.00	°C

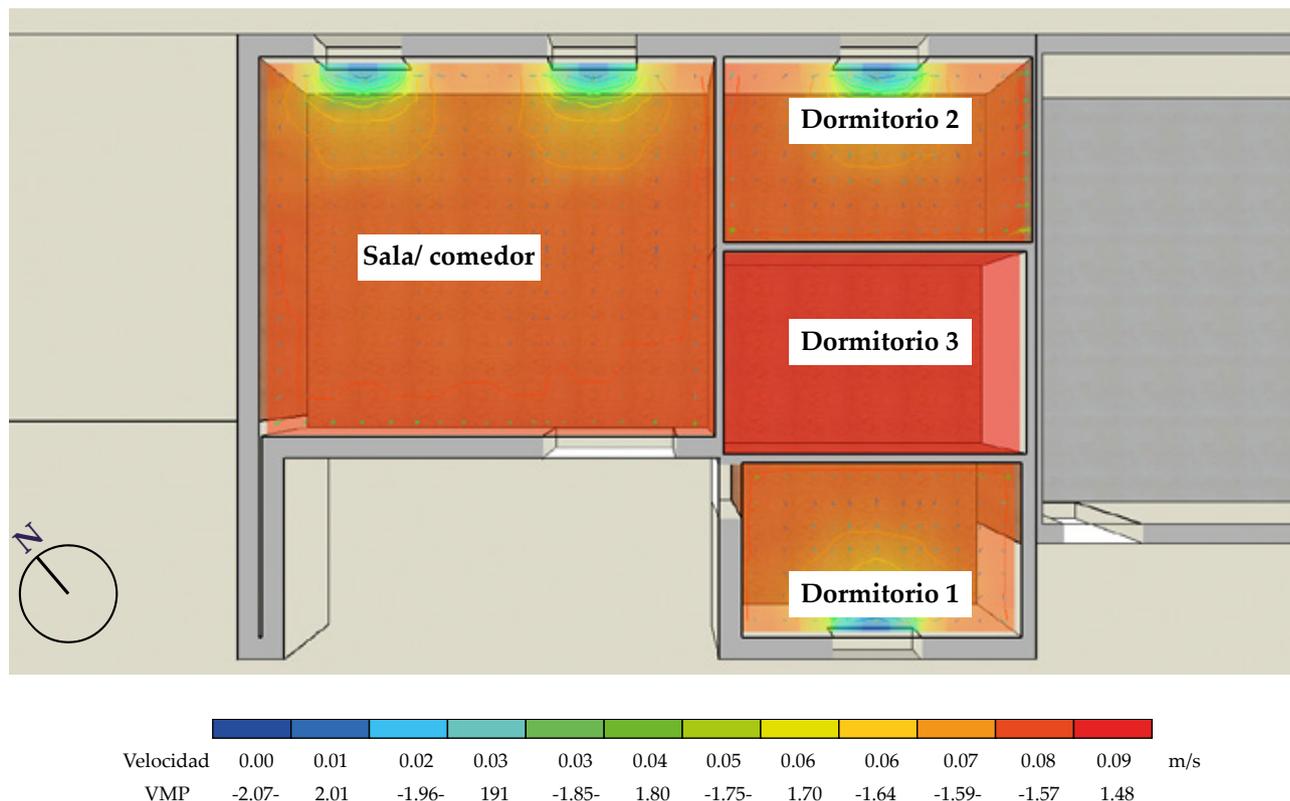
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 101 se observa representada la temperatura operativa de la vivienda 2-M, en donde se evidencia la temperatura a manera de bandas e isolíneas, se evidencias zonas donde las temperaturas alcanzan hasta los 20 °C y temperaturas más bajas de 17.71°C

Figura 102.

Índice de Voto Medio Previsto visto en planta mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M



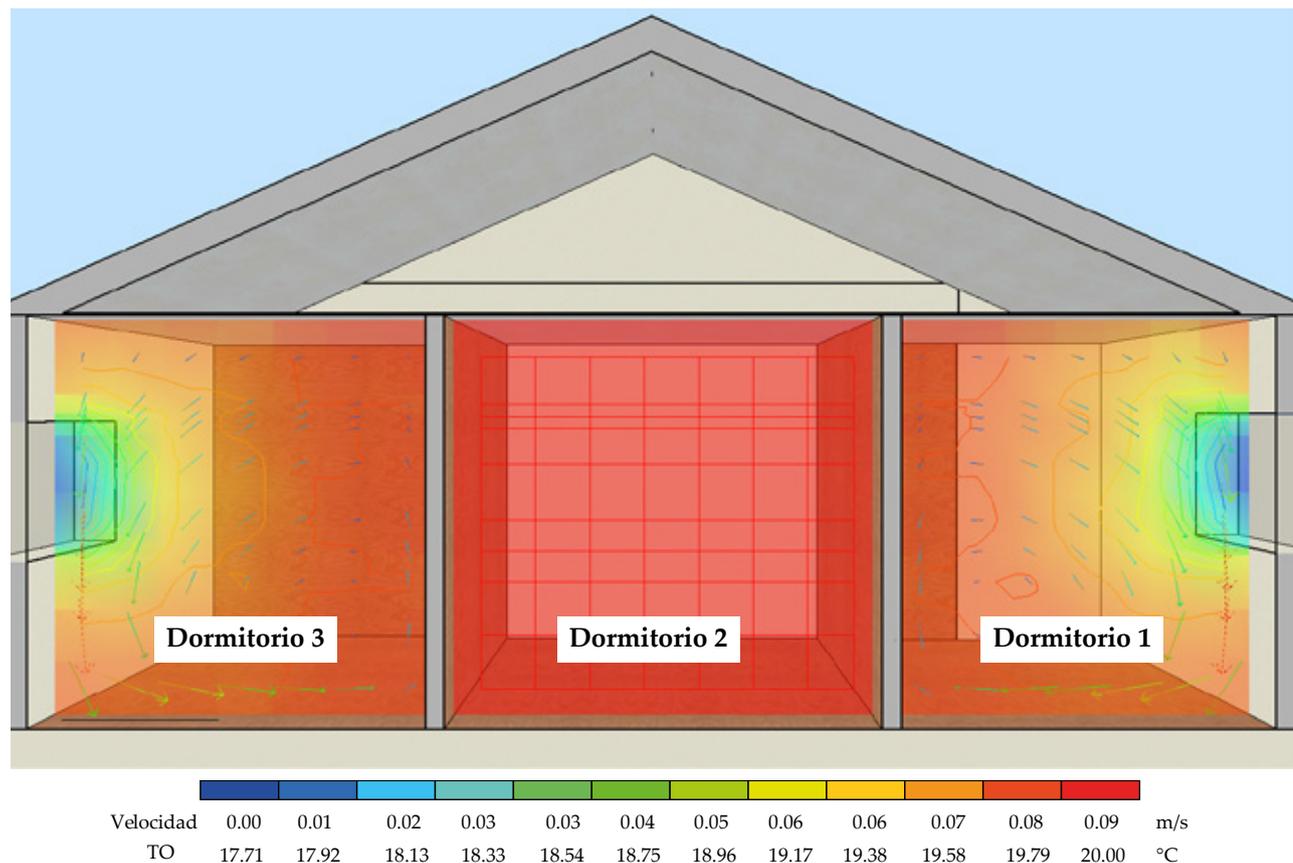
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 102 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Figura 103.

Temperatura operativa vista en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M



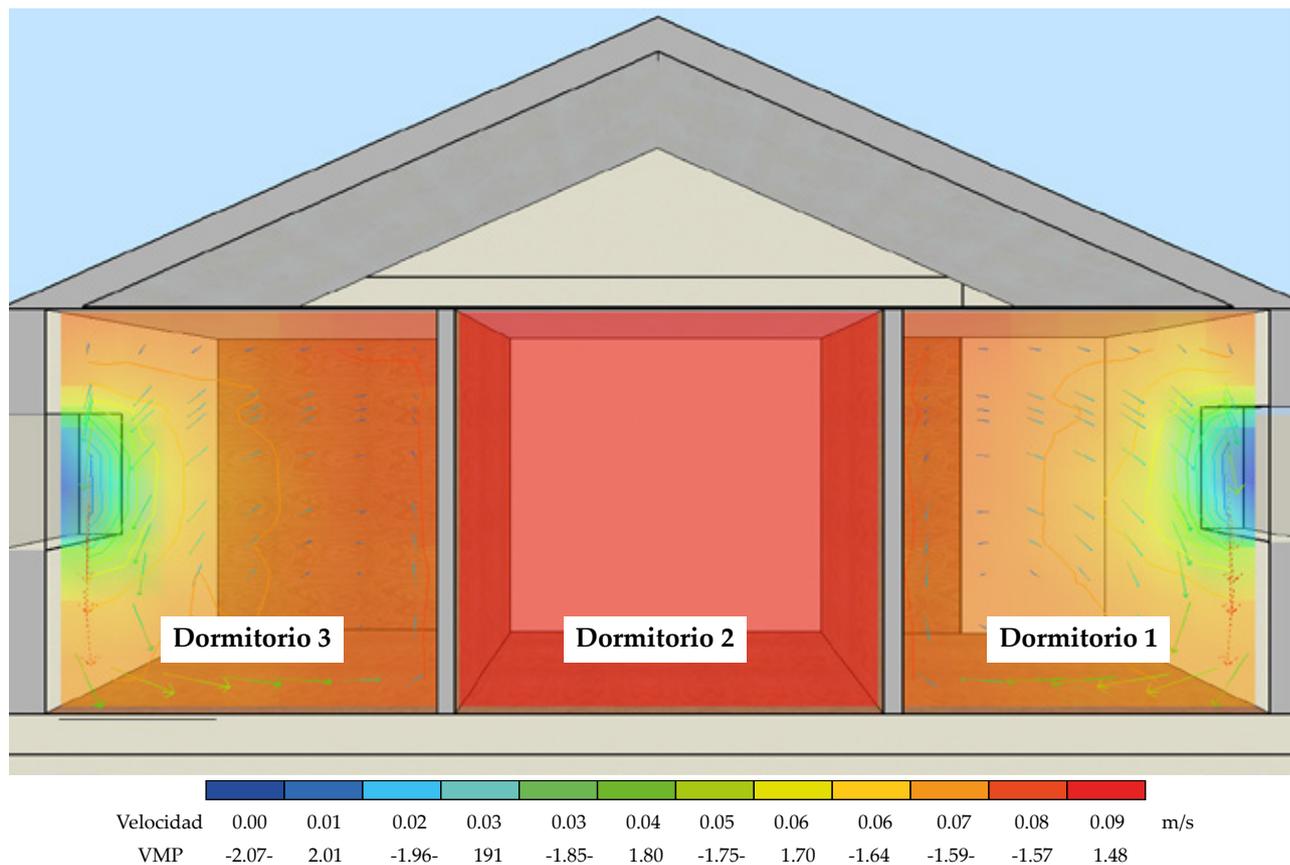
Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 103 se observa representada la temperatura operativa a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

Figura 104.

Índice de Voto Medio Previsto visto en corte mediante cálculo CFD: Vivienda 2-M



Nota. Datos obtenidos de DesignBuilder v.7

Análisis CFD

En la figura 104 se observa representada los valores de la escala del Voto Medio Previsto a manera de un corte, en donde se ve que los puntos al rededor de las ventanas presentan los valores más negativos de la escala de confort térmico.

COMPARACIÓN FINAL

La intervención de las capas de envolventes y la modificación de los vanos de las ventanas en la vivienda N°1, provoca que mejoren las condiciones confort térmico interior. Para esta comparación, se ha tomado como referencia el mes de septiembre, debido a que previamente se pudo observar que la temperatura operativa en este mes era la más crítica. La temperatura operativa interior aumenta en todos los espacios habitables de esta vivienda, tal es el caso del Dormitorio 2; en donde la temperatura operativa se encuentra por encima de los lineamientos de la NEC-13 y la ASHRAE 55.

Otro aspecto a mencionar son las horas de disconfort, en donde se observa que las horas de disconfort disminuyen, tal es el caso de la sala que resulta ser espacio más beneficiado con un total de 0 horas de disconfort en el mes de septiembre.

Tabla 20.

Comparación final de temperatura operativa: Vivienda 1 & vivienda 1-M

TEMPERATURA OPERATIVA °C: SEPTIEMBRE			
	Sala	Dormitorio 1	Dormitorio 2
Vivienda N°1	18.29	18.08	17.58
Vivienda 1 - M	19.5	19.2	20.1

Nota. Elaborado por el autor

Tabla 21.

Comparación final de horas de disconfort: Vivienda 1 & vivienda 1-M

HORAS DE DISCONFORT : SEPTIEMBRE			
	Sala	Dormitorio 1	Dormitorio 2
Vivienda N°1	119	321	322
Vivienda 1 - M	0	314	314

Nota. Elaborado por el autor

COMPARACIÓN FINAL

La intervención de las capas de las envolventes y la modificación de los vanos de las ventanas en la vivienda N°2, provoca que mejoren las condiciones confort térmico interior. Para esta comparación, se ha tomado como referencia el mes de septiembre, debido a que previamente se pudo observar que la temperatura operativa en este mes era la más crítica. La temperatura operativa interior aumenta en todos los espacios habitables de esta vivienda, tal es el caso de la sala de estar, en donde la temperatura operativa no alcanza los lineamientos de confort establecidos por la NEC-13 y la ASHRAE-55.

Otro aspecto a mencionar son las horas de disconfort, en donde se observa que las horas de disconfort disminuyen, tal es el caso de la sala que resulta ser espacio más beneficiado con un total de 184.5 horas de disconfort en el mes de septiembre, bajando al rededor de horas de disconfort.

Tabla 22.

Comparación final de temperatura operativa: Vivienda 2 & vivienda 2-M

TEMPERATURA OPERATIVA °C : SEPTIEMBRE				
	Sala	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3
Vivienda N°2	16.81	16.47	17.22	17.43
Vivienda 2 - M	17.66	17.31	17.56	17.48

Nota. Elaborado por el autor

Tabla 23.

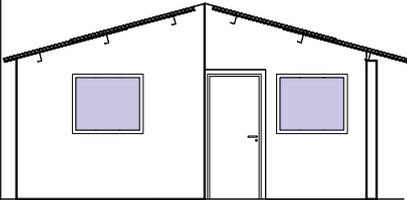
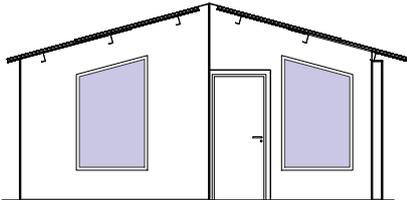
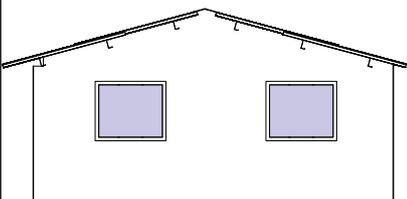
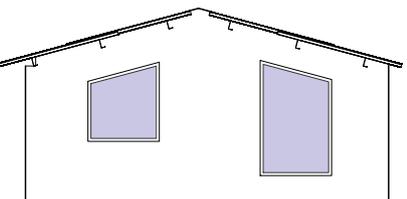
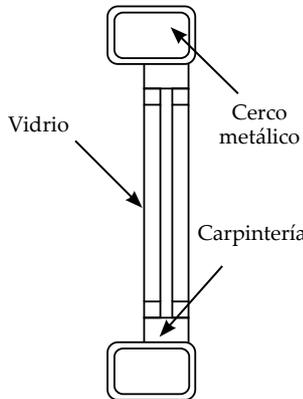
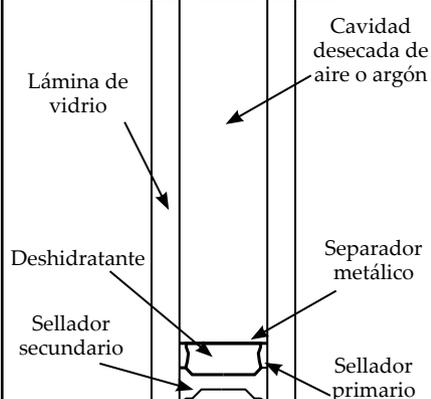
Comparación final de horas de disconfort: Vivienda 2 & vivienda 2-M

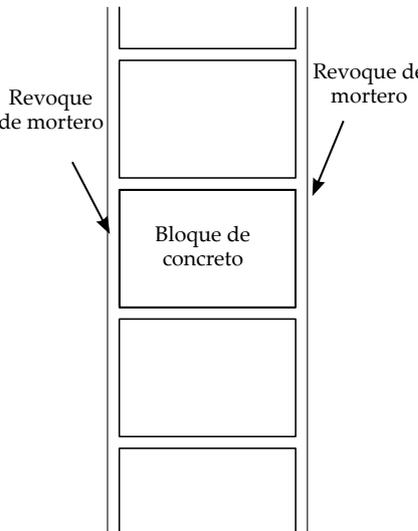
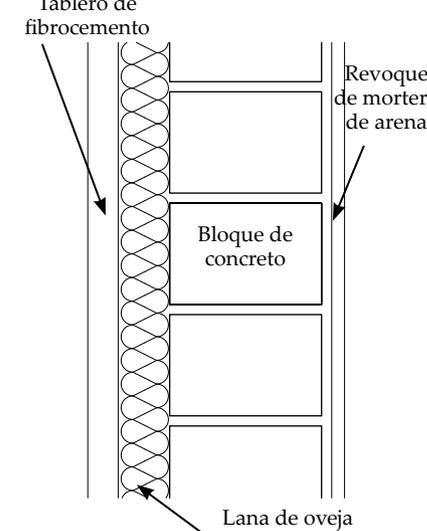
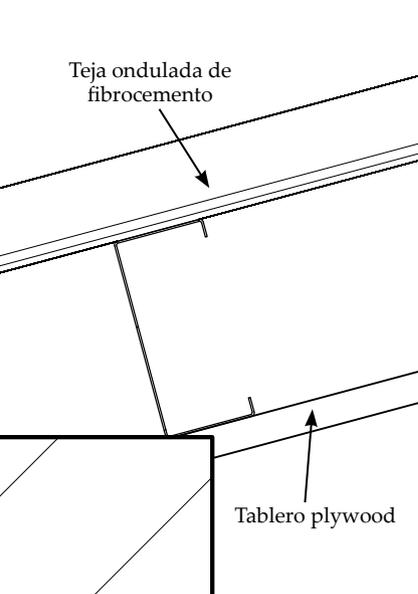
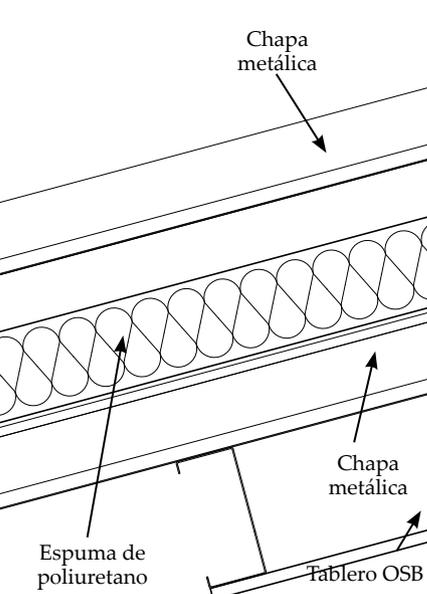
HORAS DE DISCONFORT : SEPTIEMBRE				
	Sala	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3
VIVIENDA N°2	210	330	330	330
VIVIENDA 2 - M	184.5	330	330	330

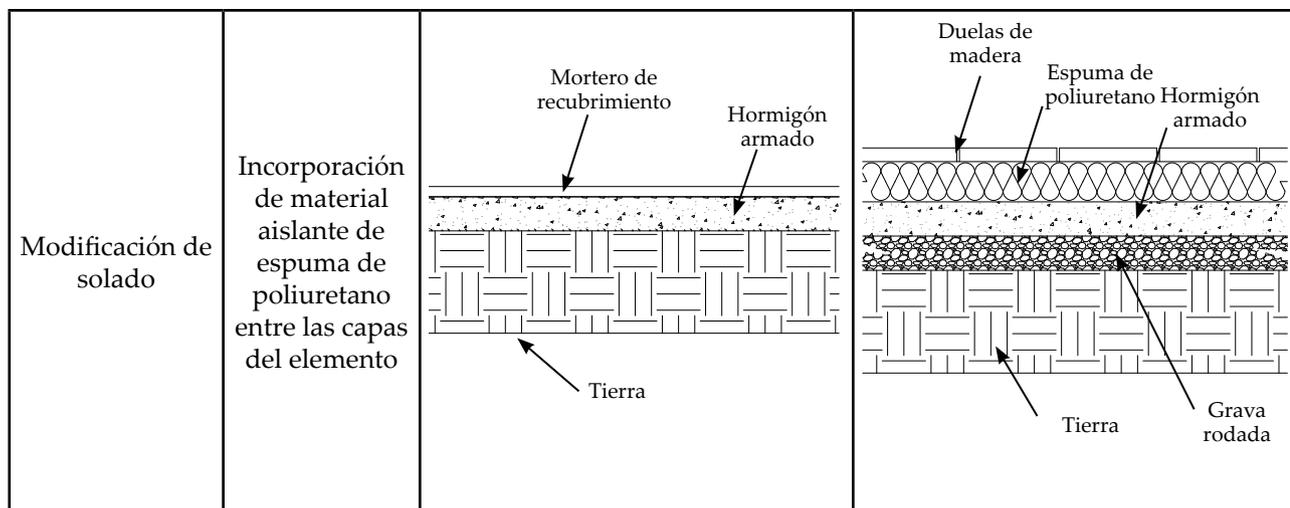
Nota. Elaborado por el autor

Tabla 24.

Intervención de materialidad arquitectónica y vanos: Vivienda 1 & Vivienda 1-M

MODIFICACIÓN DE MATERIALIDAD Y ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS			
Vivienda N°1 & Vivienda 1-M			
Estrategia	Descripción	Representación	
		Estado actual	Modificación
Modificación de vanos de ventanas	La modificación de ventanas permite una mejor captación solar y ventilación natural	 <p>Fachada frontal</p>	 <p>Fachada frontal</p>
		 <p>Fachada posterior</p>	 <p>Fachada posterior</p>
Acrisolamiento doble	Esto permite minimizar las pérdidas y ganancias por conducción (minimizar el factor U)		

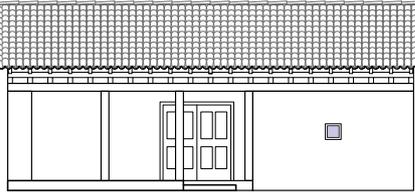
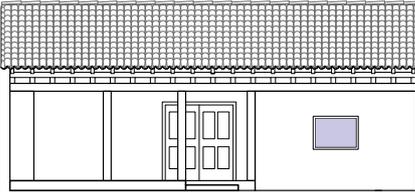
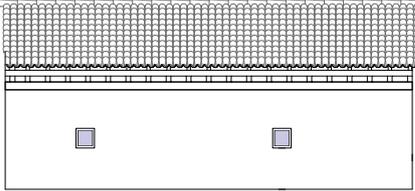
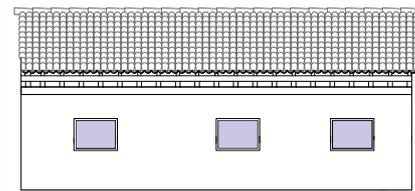
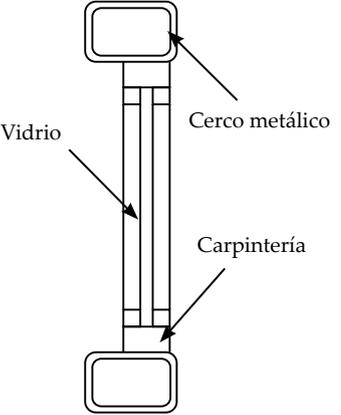
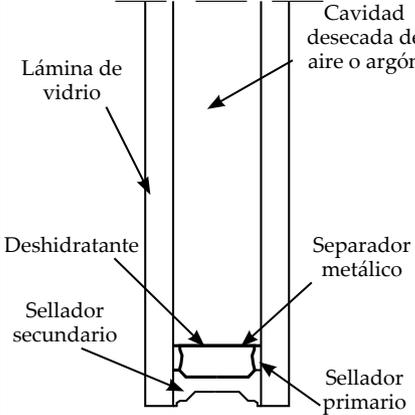
<p>Modificación de mampostería</p>	<p>Modificación de las capas del elemento, incorporación de material aislante en relación con el valor U recomendado para la zona climática</p>	 <p>Revoque de mortero</p> <p>Bloque de concreto</p> <p>Revoque de mortero</p>	 <p>Tablero de fibrocemento</p> <p>Revoque de mortero de arena</p> <p>Bloque de concreto</p> <p>Lana de oveja</p>
<p>Modificación de cubierta</p>	<p>Aplicación de panel termo acústico y tablero OSB en el interior de la vivienda</p>	 <p>Teja ondulada de fibrocemento</p> <p>Tablero plywood</p>	 <p>Chapa metálica</p> <p>Espuma de poliuretano</p> <p>Chapa metálica</p> <p>Tablero OSB</p>

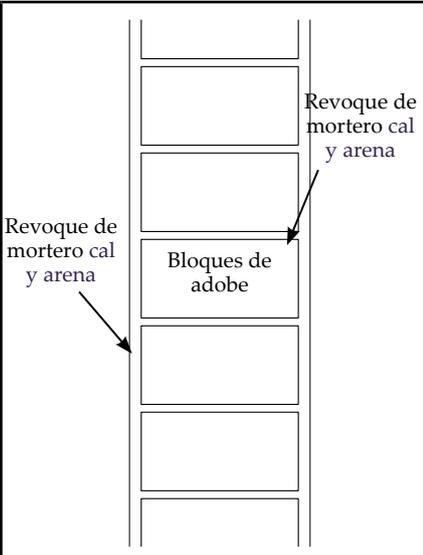
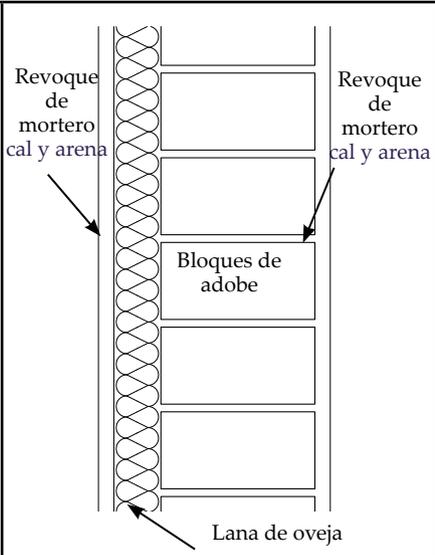
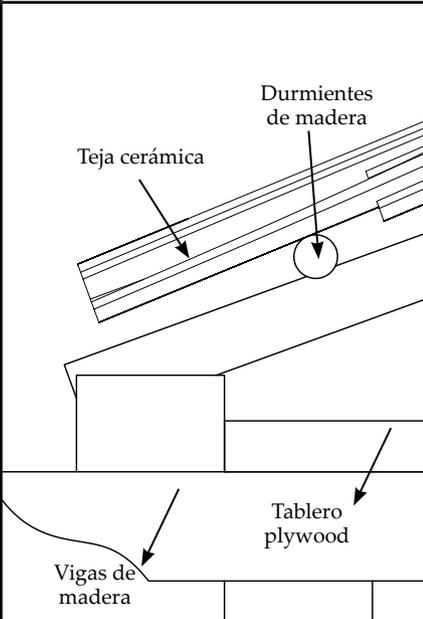
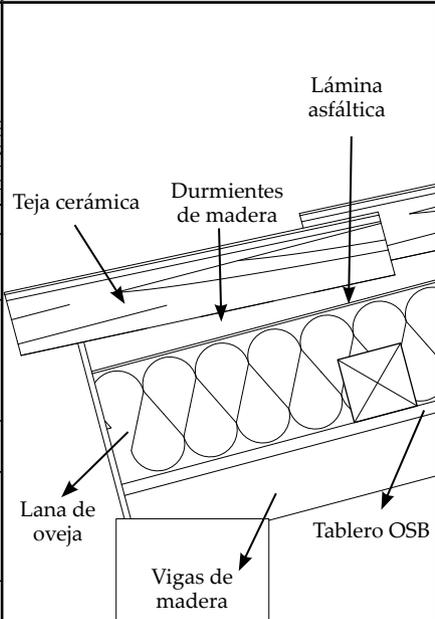


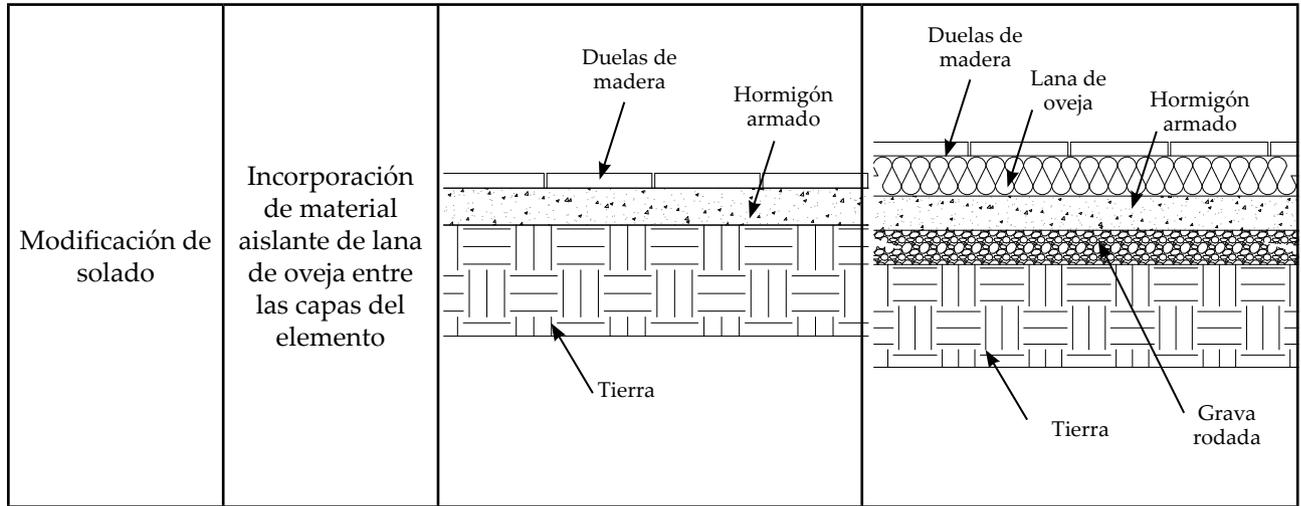
Nota. Elaborado por el autor

Tabla 25.

Intervención de materialidad arquitectónica y vanos: Vivienda 2 & Vivienda 2-M

MODIFICACIÓN DE MATERIALIDAD Y ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS			
Vivienda N°2 & Vivienda 2-M			
Estrategia	Descripción	Representación	
		Estado actual	Modificación
Modificación de vanos de ventanas	La modificación de ventanas permite una mejor captación solar y ventilación natural	 <p>Fachada frontal</p>	 <p>Fachada frontal</p>
		 <p>Fachada posterior</p>	 <p>Fachada posterior</p>
Acristalamiento doble	Esto permite minimizar las pérdidas y ganancias por conducción (minimizar el factor U)		

<p>Modificación de mampostería</p>	<p>Modificación de las capas del elemento, incorporación de material aislante en relación con el valor U recomendado para la zona climática</p>	 <p>Revoque de mortero cal y arena</p> <p>Bloques de adobe</p> <p>Revoque de mortero cal y arena</p>	 <p>Revoque de mortero cal y arena</p> <p>Bloques de adobe</p> <p>Lana de oveja</p> <p>Revoque de mortero cal y arena</p>
<p>Modificación de cubierta</p>	<p>Incorporación de material aislante de lana de oveja en las capas del elemento</p>	 <p>Teja cerámica</p> <p>Durmientes de madera</p> <p>Tablero plywood</p> <p>Vigas de madera</p>	 <p>Teja cerámica</p> <p>Durmientes de madera</p> <p>Lámina asfáltica</p> <p>Lana de oveja</p> <p>Vigas de madera</p> <p>Tablero OSB</p>



Nota. Elaborado por el autor

CONCLUSIONES PARCIALES

1. La vivienda rural debe responder al contexto inmediato que lo rodea, la intención del trabajo de titulación no radica en determinar el mejor sistema constructivo en los dos casos de estudio, la intención es denotar que la correcta adecuación de materialidad en las envolventes de las viviendas es una condicionante para tener un ambiente confortable al interior de una vivienda.
2. En esta investigación, se concluye que la vivienda N°1; en su estado actual resulta un 24.8% más confortable en relación con la vivienda N°2, pese a que la arquitectura de práctica ancestral posee en sus envolventes materiales con una masa térmica mayor en comparación con las técnicas constructivas de la vivienda N°1.
3. La principal razón por la cual las personas deciden sacrificar el confort térmico interior es por la situación socio económica de los hogares, esto debido a que no resulta asequible para los jefes de hogar contratar servicios profesionales de construcción para planificar un proyecto arquitectónico desde su etapa inicial y así concebir un proyecto en diálogo con el medio que lo rodea.
4. La manera más idónea de satisfacer el confort térmico a los habitantes de una vivienda es por medio de estrategias pasivas de diseño, concebidas desde una etapa inicial del proyecto. Pese a esto, una vez que ya se habite dentro de la vivienda, se puede recurrir a modificar los paquetes constructivos de las envolventes para así lograr aislar la edificación de manera efectiva.

REFLEXIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

La vivienda al ser un espacio de carácter íntimo para la mayoría de personas, necesita tener todas las condiciones para habitarlo de una manera que no resulte incómoda. Para ello es pertinente realizar estudios climáticos previos a la ejecución del proyecto, sobre todo en las zonas rurales donde temas como la orientación, asoleamiento, vientos predominantes y el clima, serán condicionantes para garantizar que una edificación sea resiliente y que no requiera en el futuro de equipos que climaticen los ambientes interior o mejoras en los elementos arquitectónicos.

Gran parte de las edificaciones que están en el contexto rural, no han sido planificadas por un profesional en la rama de la construcción, por ello se debe incentivar a que las personas recurran a un profesional que brinde asesoría sobre las mejores opciones de materialidad, sistemas constructivos y estrategias bioclimáticas que requiera el proyecto en relación con el lugar donde se emplazará el proyecto. La materialidad que se empleará en un proyecto es de gran relevancia, debido a que cada material posee propiedades físicas específicas para cada contexto y se prestan a generar una mayor inercia térmica, generando un aislamiento eficaz de las envolventes que componen la vivienda sin recurrir a estrategias activas de climatización.

Al realizar esta investigación, se incentiva a los lectores a considerar la incorporación de herramientas y equipos especializados en lo que respecta el confort de una vivienda, la utilización de recursos como DesignBuilder resulta eficaz al momento de simular de una manera impresionante resultados para mitigar problemas de confort, eficiencia energética, iluminación y costos. Pese a que una construcción no depende únicamente de la eficiencia térmica en el interior para ser confortable; ya que a esto se incorpora el confort térmico y acústico, estos parámetros convergen de la misma aplicación metodológica y pueden ser trabajado a la par, para lograr una sensación de confort total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, Karkri, Lefebvre, Horn, Solis, & Gómez. (2017). Thermal properties of adobe employed in Peruvian rural.
- Aldás, J. (2018). La vivienda social y el confort higrotérmico en la parroquia rural de Huambaló.
- ASHRAE. (2010). Thermal environmental conditions for human occupancy. www.ashrae.org
- Ben, H. (2019). Incorporating Occupant Behaviour and Comfort in Domestic Energy Retrofit. <https://doi.org/https://doi.org/10.17863/CAM.39977>
- Bustamante, W., & Rozas, Y. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.
- Chávez Del Valle, F. (2002). Modelos Existentes de Confort Térmico.
- Chávez del Valle, F. (2002). Zona variable de confort térmico. <http://hdl.handle.net/10803/6104>
- Chen, R. (2018). Adaptive thermal comfort and its application in mixed mode buildings: The case of a hot-summer and cold-winter climate in China. <https://doi.org/10.17863/CAM.32786>
- Chowdhury, A. A., Rasul, M. G., & Khan, M. M. K. (2008). Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. *Applied Energy*, 85(6), 449–462. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2007.10.001>

- Eriksdotter, G., & Legnér, M. (2015). Indoor Climate and Thermal Comfort from a Long-term Perspective: Burmeister House in Visby, Sweden, c. 1650-1900. *Home Cultures*, 12(1), 29–53. <https://doi.org/10.2752/175174215X14171914084692>
- Espinosa, C. F., & Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI* , 30(85), 227–242. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582015000300008>
- Fabbri, K. (2015a). Indoor thermal comfort perception: A questionnaire approach focusing on children. In *Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18651-1>
- Fabbri, K. (2015b). A Brief History of Thermal Comfort: From Effective Temperature to Adaptive Thermal Comfort. In *Indoor Thermal Comfort Perception* (pp. 7–23). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18651-1_2
- Fernández, R., & Carella, A. (1981). Conservación de energía en viviendas y edificios. ESSO .
- GAD parroquia Once de Noviembre. (2020). Documento Propuesta del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del GAD de la parroquia Once de Noviembre.
- GADML. (2016). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Latacunga 2016-2028.
- GADML. (2018). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025.

- Gallardo, A., Palme, M., David Beltrán, R., & Lobato-Cordero, A. (2016). Analysis and Optimization of the Thermal Performance of Social Housing Construction Materials in Ecuador. 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments. <https://www.researchgate.net/publication/305462556>
- Gallo, C., Sala, M., & Sayhigh, A. A. M. (1999). Architecture- comfort and energy (1st ed., Vol. 1).
- Hawkes, D. (1996). Environmental Tradition Studies in the architecture of environment. *Architectural Research Quarterly*, 1. <https://doi.org/10.1017/s1359135500002980>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (M. Rocha Martínez, Ed.; 6th ed.).
- Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos., & Baptista Lucio, Pilar. (1991). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- Huang, L., Arens, E., Zhang, H., & Zhu, Y. (2014). Applicability of whole-body heatbalancemodelsforevaluatingthermalsensationundernon-uniform air movement in warm environments. *Building and Environment*, 75, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.01.020>
- IGM, Molestina, R. C., Orozco, M. V., & Sili, M. (2017). Atlas rural del Ecuador (1st ed.)
- INPC, I. N. (2010). Glosario d arquitectura. Quito: Ediecuatorial.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506:2009, Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos. Quito: INEN

- León, A. M. (2018). Evaluación del confort térmico en las oficinas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato . Universidad Técnica de Ambato , Ambato.
- Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., & García-Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 736–755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>
- Massucci, F. S. (2014). Análise do desempenho térmico de edificações desidenciais ventiladas naturalmente: NBR 15575 e ASHRAE 55.
- MIDUVI. (2011). Eficiencia energética en la construcción del Ecuador. In Norma Ecuatoriana de la Construcción .
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). Eficiencia energética en la construcción en Ecuador.
- Miño-Rodríguez, I., Naranjo-Mendoza, C., & Korolija, I. (2016). Thermal assessment of low-cost rural housing, a case study in the ecuadorian andes. *Buildings*, 6(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/buildings6030036>
- Molina, J. R., Lefebvre, G., Espinoza, R., Horn, M., & Gómez, M. M. (2020). Bioclimatic approach for rural dwellings in the cold, high Andean region: A case study of a Peruvian house. *Energy and Buildings*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110605>
- Monjo Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. *Procedimientos para su industrialización*. <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i499-500.481>

- Nava Sanchezllanes, N., & Monroy Mejia, M. de los A. (2018). Metodología de la investigación. Grupo Editorial Exodo. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/172512>
- Nieto, V., Cubillos, R., & Barrios, R. (2021). Aspectos de diseño resiliente aplicados a la envolvente que determinan el confort térmico en las viviendas sociales. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(2), 197–209. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000200197>
- Oral, G. K., Yener, A. K., & Bayazit, N. T. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. *Building and Environment*, 39(3), 281–287. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00141-0](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00141-0)
- Orozco Farfán, B., & Rojas Otero, E. (2006). Vivienda rural y medio ambiente. http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=199&I...
- Palme, M., Lobato, A., Gallardo, A., Beltrán, D., Castillo, J., Villacreses, G., & Almaguer, M. (2017). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas.
- Philokyprou, M., & Michael, A. (2021). Environmental Sustainability in the Conservation of Vernacular Architecture. The Case of Rural and Urban Traditional Settlements in Cyprus. *International Journal of Architectural Heritage*, 15(11), 1741–1763. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1719235>
- Roa, G. Z. (2011). La Arquitectura en Tierra: una Alternativa para la Construcción Sostenible. *Hábitat Sustentable*, 1(1), 35–39. www.blogdemarruecos.com/

- Seiscubos. (2019, primavera 8). Modelos matemáticos de confort. Seiscubos. <https://www.seiscubos.com/conocimiento/modelos-matematicos-de-confort>
- Shastry, V., Mani, M., & Tenorio, R. (2016). Evaluating thermal comfort and building climatic response in warm-humid climates for vernacular dwellings in Sugghalli (India). *Architectural Science Review*, 59(1), 12–26. <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.971701>
- Tapia, W., & Correa, R. (2017). El confort térmico en las edificaciones de arquitectura vernácula de la ciudad de Loja y Malacatos.
- Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T., & Hoyt, T. (2020). CBE Thermal Comfort Tool. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100563>
- Tindale, A., 2005, “DesignBuilder software”, Design-Builder Software Ltd, Stroud, Gloucestershire UK
- Toro, L. M. (2013). Ventajas comparativas entre sistemas tradicionales y sistemas industrializados.
- Udrea, I., Croitoru, C., Nastase, I., Crutescu, R., & Badescu, V. (2016). Thermal Comfort in a Romanian Passive House. Preliminary Results. *Energy Procedia*, 85, 575–583. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.247>
- Vassig, S., Ozer, E., & Spiegelhalter, T. (2013). *Best Practices in Sustainable Building Design*. J,Ross Publishing .
- Williams, D. E. (2007). *Sustainable design: Ecology, Architecture, and Planning*.

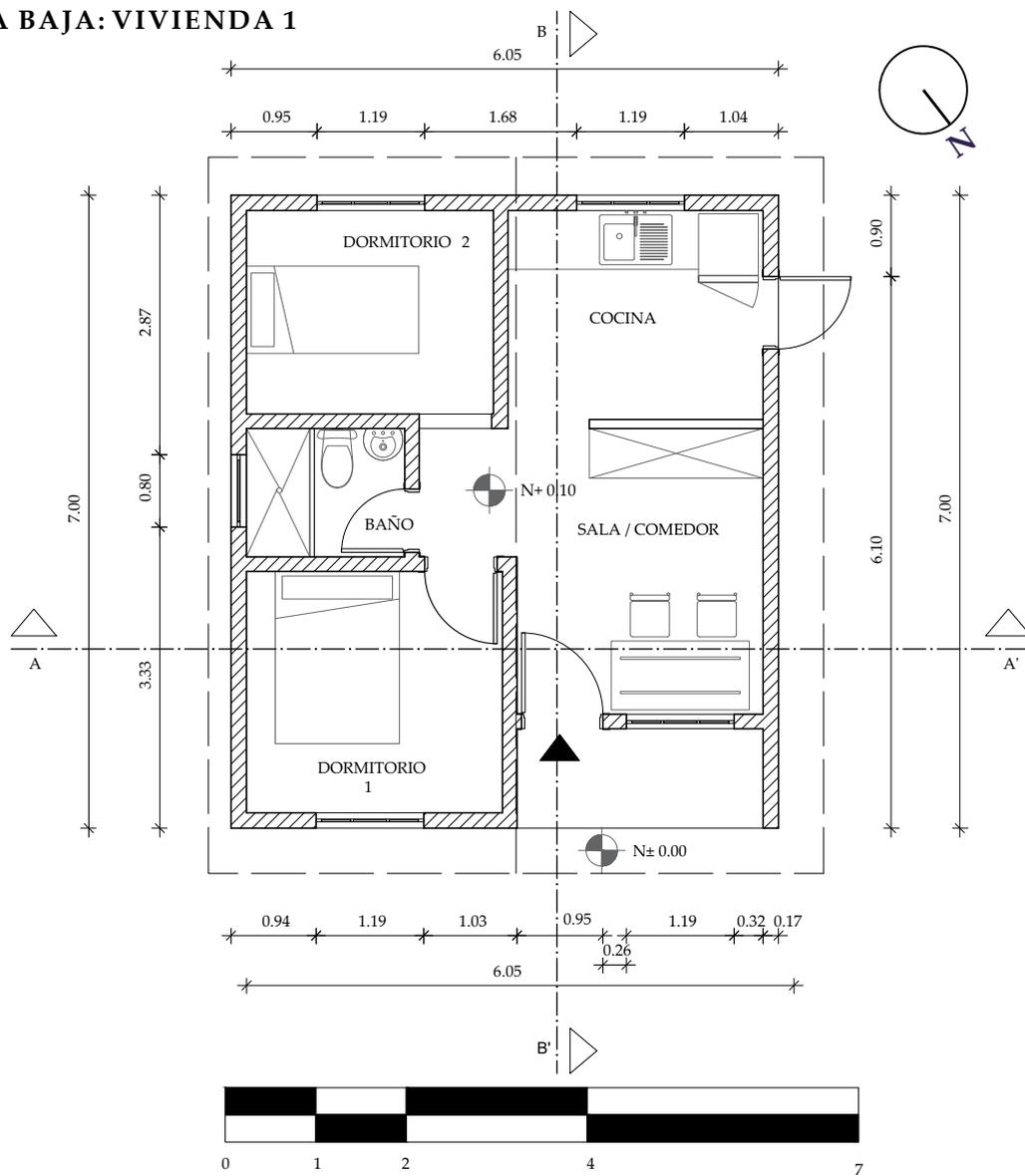
ANEXOS

ANEXO 1

VIVIENDA N°1

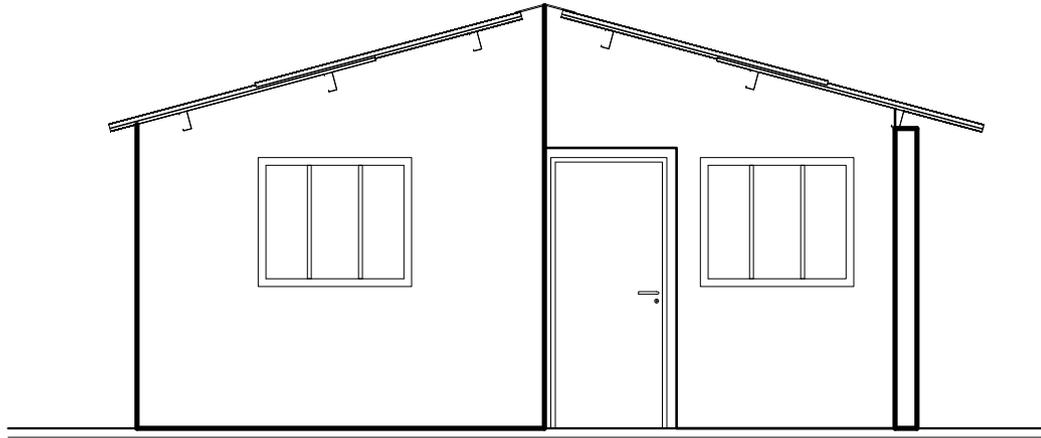


PLANTA BAJA: VIVIENDA 1



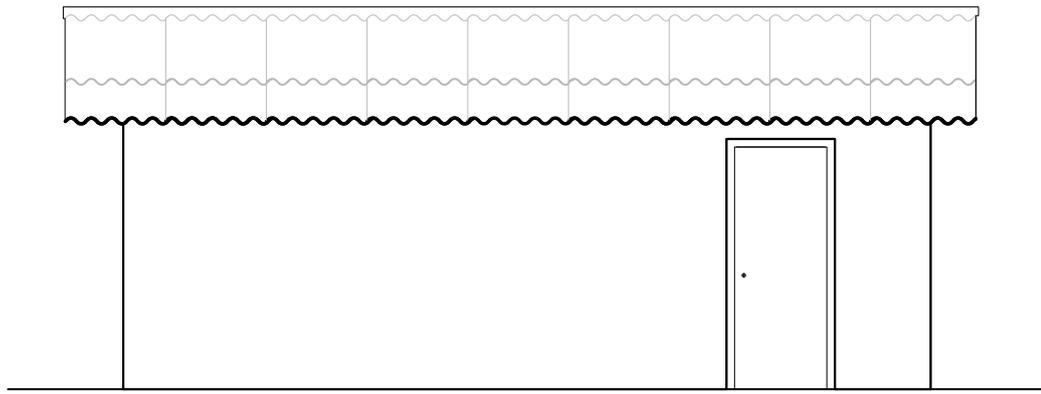
ELEVACIÓN SUR

ESC___1:50



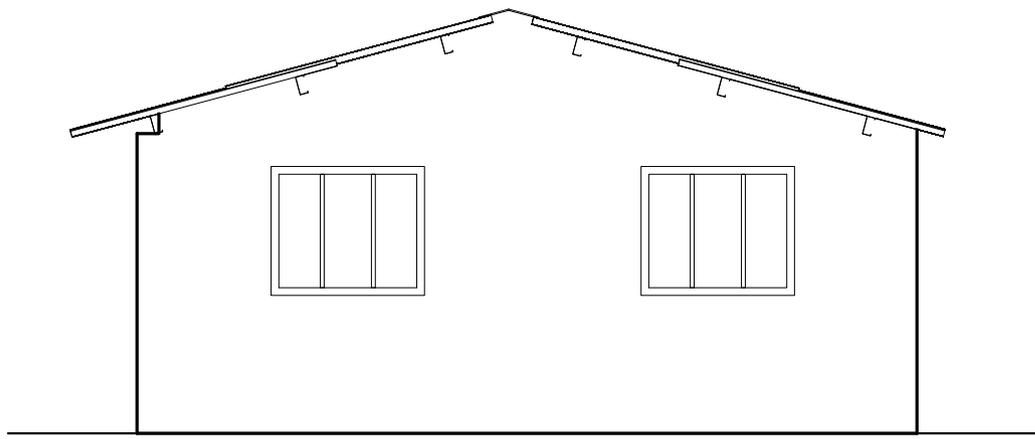
ELEVACIÓN ESTE

ESC___1:50



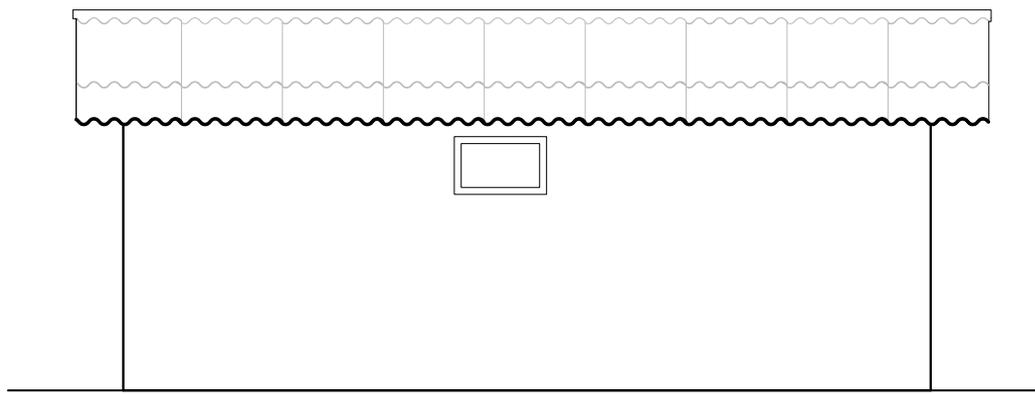
ELEVACIÓN NORTE

ESC___1:50

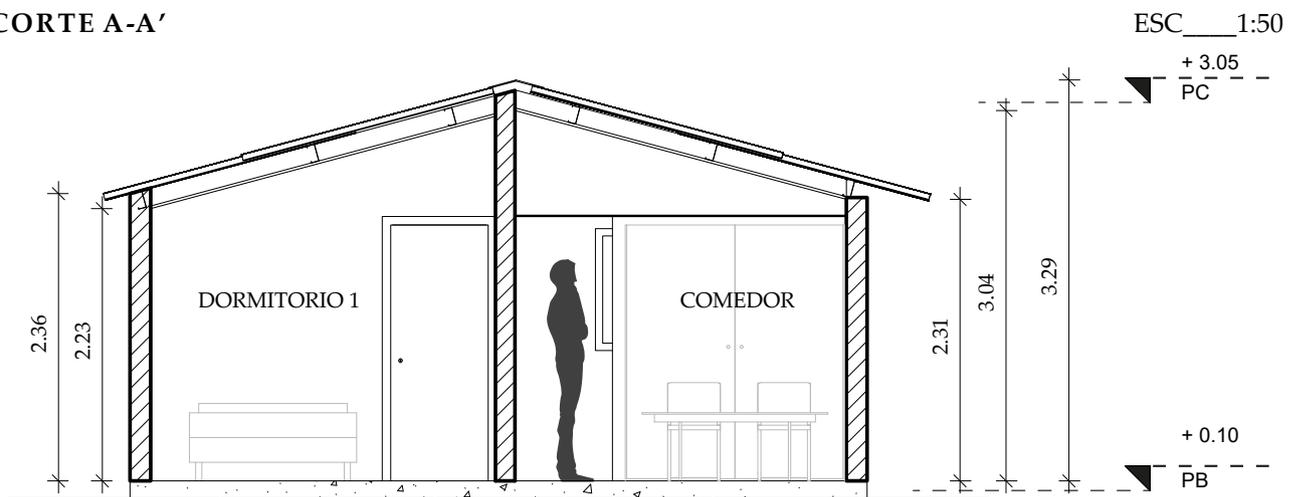


ELEVACIÓN OESTE

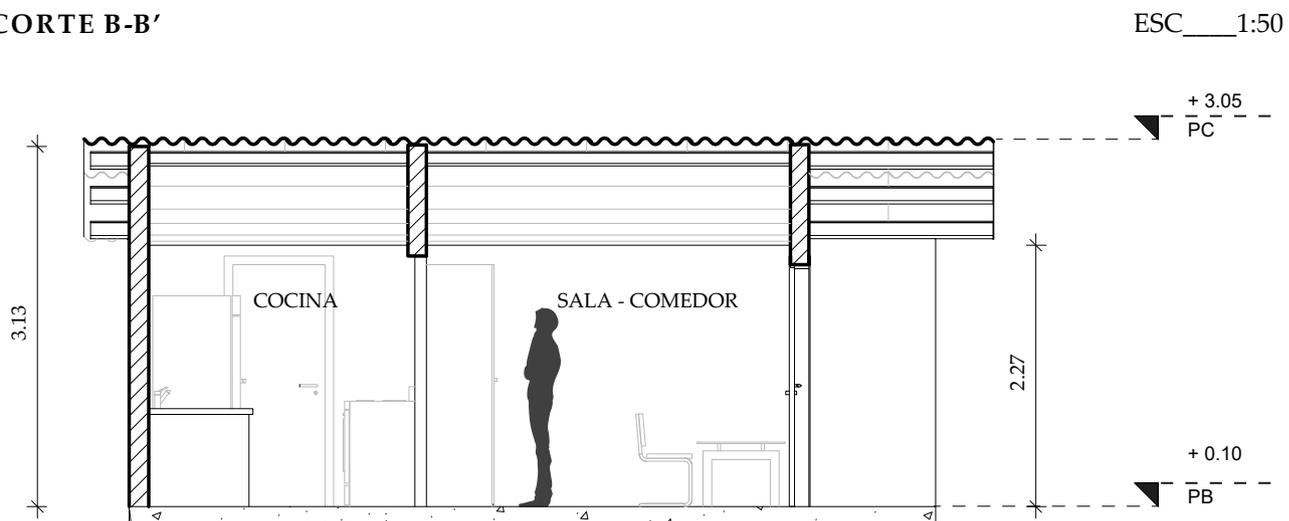
ESC___1:50



CORTE A-A'



CORTE B-B'

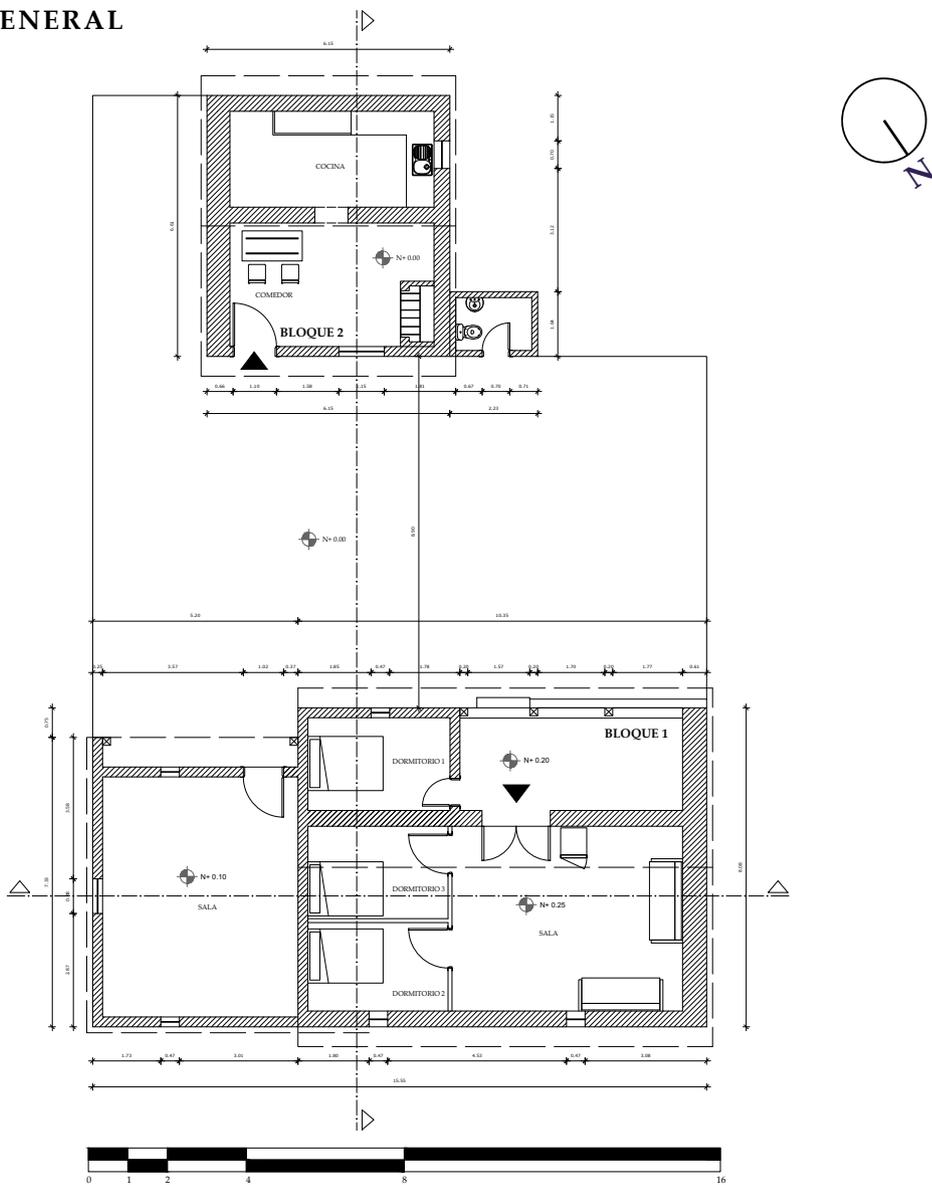


ANEXO 2

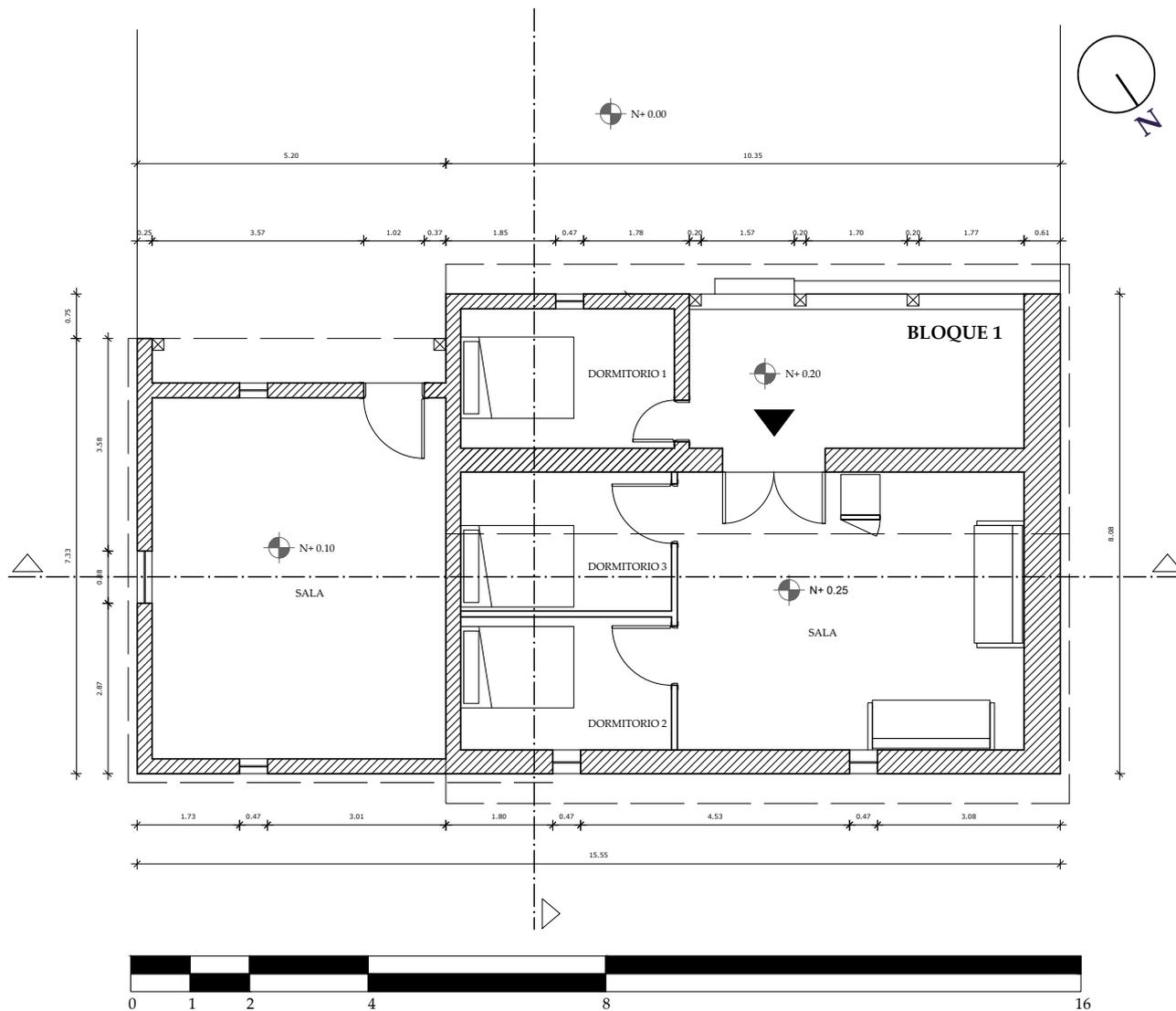
VIVIENDA N°2



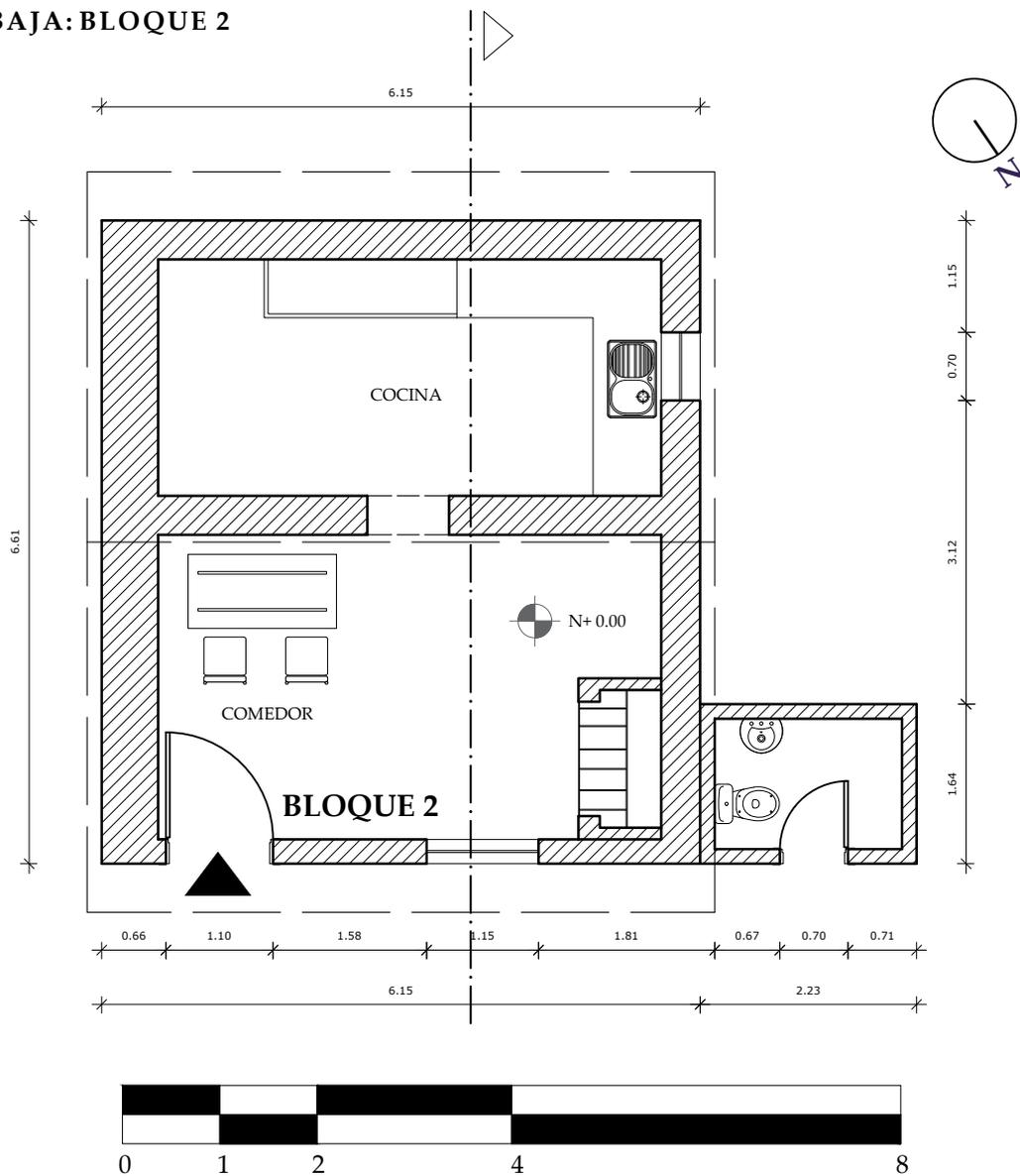
PLANTA BAJA GENERAL



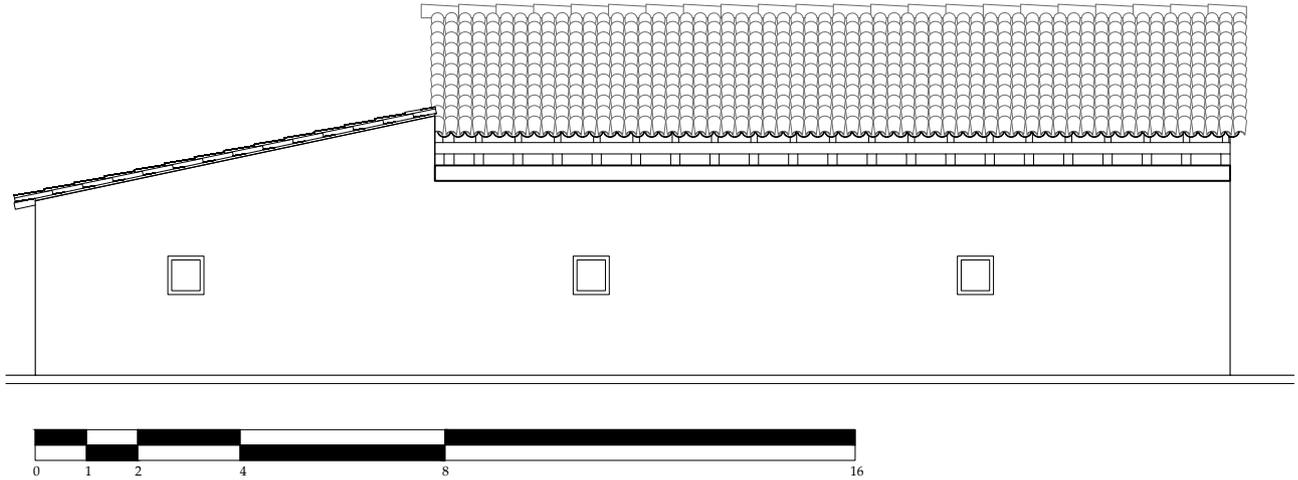
PLANTA BAJA: BLOQUE 1



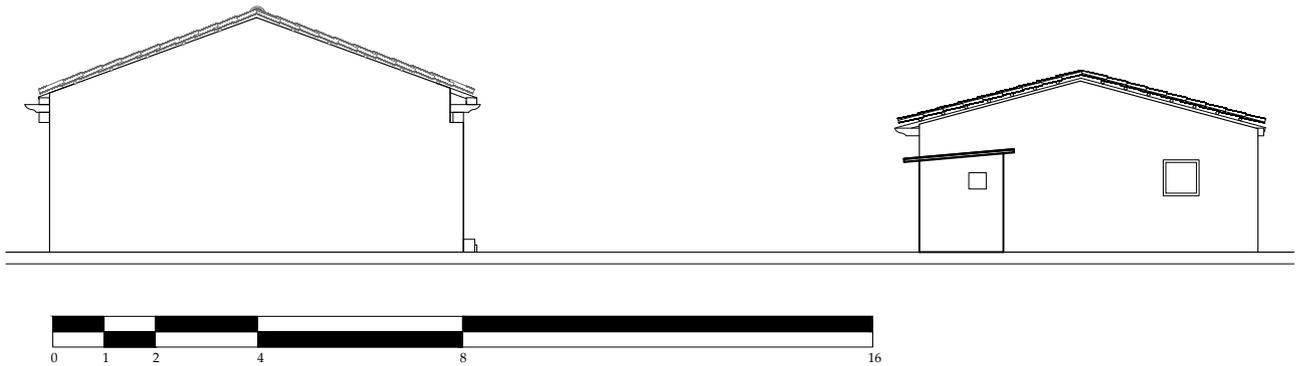
PLANTA BAJA: BLOQUE 2



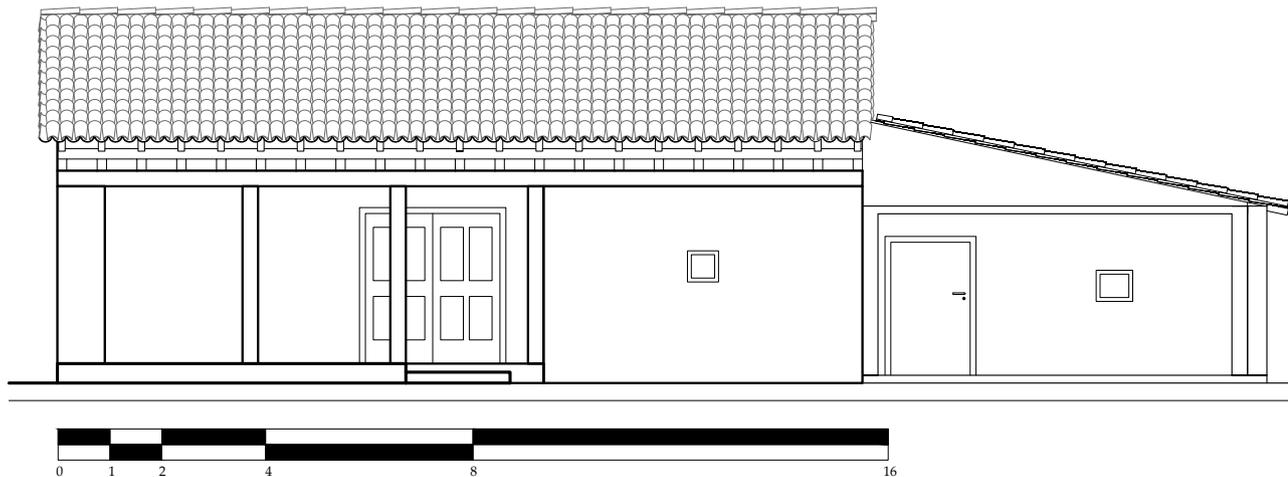
ELEVACIÓN SUR: BLOQUE 2



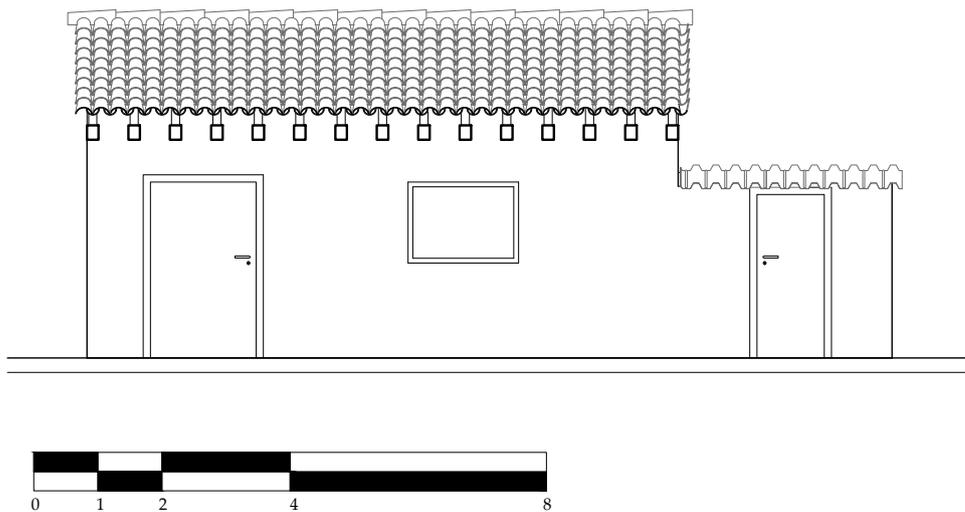
ELEVACIÓN OESTE



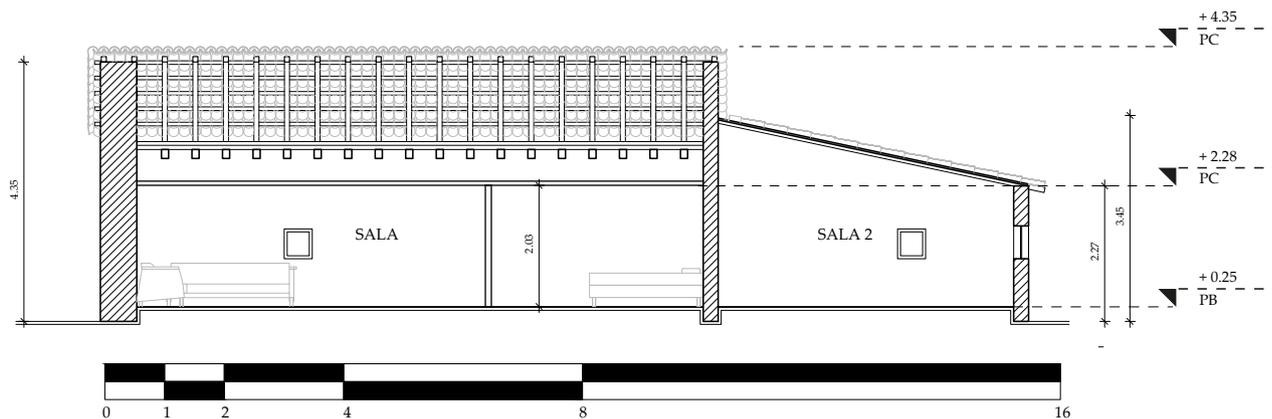
ELEVACIÓN NORTE: BLOQUE 1



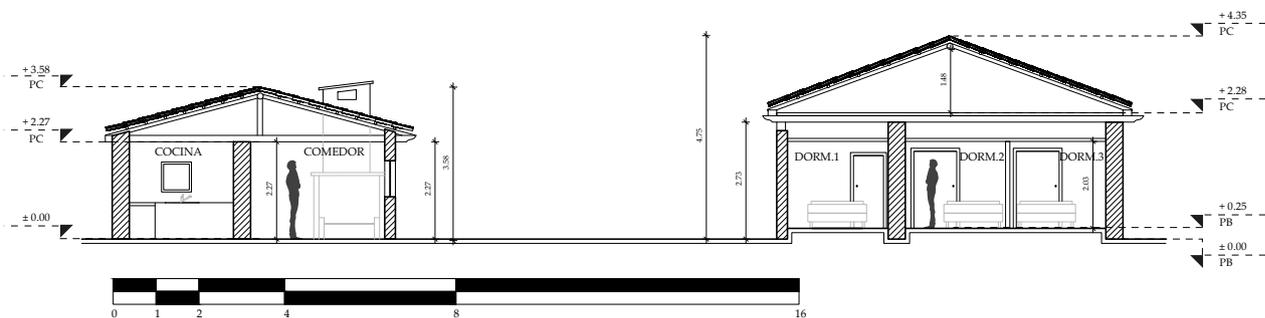
ELEVACIÓN SUR: BLOQUE 2



CORTE A-A'



CORTE B-B'

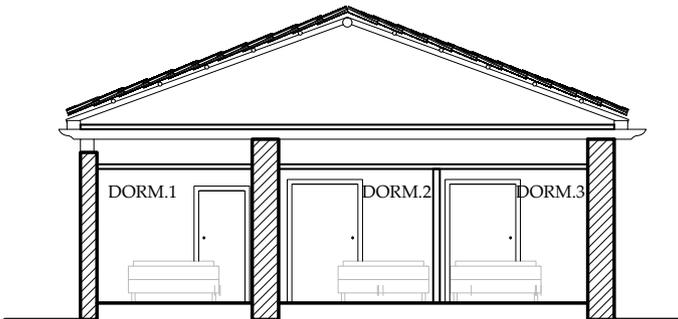


ANEXO 3

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
CÓDIGO	VIV-01	FECHA	8/1/2022	PROPIETARIO	Sra. Inés Rodríguez
TOTAL DE m²	Paredes	60.47	TIPO DE ENVOLVENTE	Paredes	Bloques de hormigón
	Ventanas	8.73		Ventanas	Hierro
	Cubierta	42.35		Cubierta	Planchas de fibrocemento
	Solado	51.75		Solado	Hormigón
ESPESOR DE ELEMENTOS m	Paredes	0.17 -0.16	ESTADO DE LA EDIFICACIÓN	Bueno	
	Ventanas	0.012		Regular	X
	Cubierta	0.006		Malo	
	Solado	0.15		Deficiente	
Bueno: La vivienda presenta un buen mantenimiento en sus elementos arquitectónicos					
Malo: La vivienda presenta elementos deteriorados en abundancia					
TEMPERATURA EN EL EXTERIOR E INTERIORES					
HORA	Temperatura exterior	COCINA		SALA	
		Humedad relativa%	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C
7:00 a. m.	16.8 °C	65	15.9	63	16.3
9:00 a. m.	19.8 °C	73	16.3	70	16.3
12:00 p. m.	23.8 °C	82	20.5	81	21.6
5:00 p. m.	21.5 °C	42	23.3	41	23.7
8:00 p. m.	15.9 °C	56	19.3	55	20.4
10:00 p. m.	11.3 °C	87	18.2	83	19.2
12:00 a. m.	10.6 °C	84	17.5	83	16.5
Equipo usado para la medición de temperatura y humedad relativa:					
CORTE PARA IDENTIFICAR TEMPERATURA DE SUPERFICIES					

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				FICHA N°	1
N° OCUPANTES		3	OCUPACIÓN	Quehacer doméstico	
TIEMPO (día)	Soleado	X	TIEMPO (noche)	Despejado	
	Nublado			Nublado	X
	Lluvioso			Lluvioso	
ESCALA DE CONFORT	Mucho calor	Algo frío	ALTURA DE ENTREPISO	Mayor al requerido	X
	Calor	Frío		Menor al requerido	
	Algo de calor	Mucho frío		Óptimo	
	Neutro				
Regular: La vivienda presenta pocos elementos deteriorados Deficiente: La vivienda se encuentra en total deterioro					
TEMPERATURA EN EL EXTERIOR E INTERIORES					
COMEDOR		DORMITORIO 1		DORMITORIO 2	
Humedad relativa	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C
60	18.5	61	17.9	61	18.2
70	16.3	74	16.2	74	16.2
80	22.8	79	22.4	79	22.4
41	23.7	47	22.9	47	22.9
54	18.6	53	18.5	53	18.5
82	19.6	81	20.3	79	18.6
81	16.8	81	17.3	81	17.6
Termigrómetro HTC-2					
FOTOGRAFÍA DE REFERENCIA					
					

ANEXO 4

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
CÓDIGO DE VIVIENDA	VIV-02	FECHA	8/1/2022	PROPIETARIO	Sr. Segundo Calvopiña y esposa
TOTAL DE m²	Paredes	187.9	TIPO DE ENVOLVENTE	Paredes	Bloques de adobe
	Ventanas	10.97		Ventanas	Hierro
	Cubierta	123.62		Cubierta	Tejas
	Solado	175.23		Solado	Hormigón / madera
ESPEJOR DE ELEMENTOS m	Paredes	0.25 - 0.4	ESTADO DE LA EDIFICACIÓN	Bueno	
	Ventanas	0.012		Regular	X
	Cubierta	0.006		Malo	
	Solado	0.15		Deficiente	
Bueno: La vivienda presenta un buen mantenimiento en sus elementos arquitectónicos					
Malo: La vivienda presenta elementos deteriorados en abundancia					
TEMPERATURA EN EL EXTERIOR E INTERIORES					
HORA	Temperatura exterior	COCINA		SALA	
		Humedad realtiva%	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C
7:00 a. m.	16.8 °C	87	18.9	86	20.6
9:00 a. m.	19.8 °C	76	19.3	76	19.8
12:00 p. m.	23.8 °C	45	23.6	46	22.7
5:00 p. m.	21.5 °C	34	24.3	39	21.7
8:00 p. m.	15.9 °C	32	22.4	33	22.3
10:00 p. m.	11.3 °C	86	18.6	73	19.5
12:00 a. m.	10.6 °C	78	18.3	67	19.2
					

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			FICHA N°	1	
	N° OCUPANTES	4	OCUPACIÓN	Agricultura	
TIEMPO (día)	Soleado	X	TIEMPO (noche)	Despejado	
	Nublado			Nublado	X
	Lluvioso			Lluvioso	

ESCALA DE CONFORT	Mucho calor	Algo frío	ALTURA DE ENTREPISO	Mayor al requerido	
	Calor	Frío		Menor al requerido	X
	Algo de calor	Mucho frío		Óptimo	
	Neutro				

Regular: La vivienda presenta pocos elementos deteriorados

Deficiente: La vivienda se encuentra en total deterioro

TEMPERATURA EN EL EXTERIOR E INTERIORES

COMEDOR		DORMITORIO 1		DORMITORIO 2	
Humedad relativa	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C	Humedad relativa	Temperatura °C
85	20.7	86	21.4	86	21.4
77	25.3	75	24.3	75	24.2
43	25.3	44	23.3	44	23.4
39	25.3	39	21.3	39	21.3
35	23.8	34	22.5	34	22.7
75	19.3	76	19.6	74	19.4
67	19.1	68	20.3	68	20.3

FOTOGRAFÍA DE REFERENCIA





Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño



Avenida Manuela Sáenz y Agramonte



+593 2-382-6970

2022