

Por  
Carlos Cantillo  
Valentina Quiceno

Fecha  
23 de enero de 2026

Proyecto de grado

# HABITAR LA MEMORIA

## ARQUITECTURA RURAL CAMPEESINA COMO REFUGIO FRENTE AL CLIMA

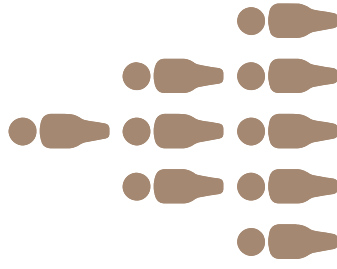
# Contenido

- 01** Introducción
- 02** Planteamiento del problema
- 03** Pregunta problema.
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
- 04** Marco teórico.
- 05** Marco referencial
- 06** Diagnostico bioclimático Riosucio Caldas
- 07** Estado del arte.
- 08** Metodología y herramientas
  - 1. Fase I. Observación etnoarquitectónica y levantamiento arquitectónico
  - 2. Fase II. Medición in situ de variables microclimáticas
  - 3. Fase III. Simulación y análisis
  - 4. Fase IV: Modelado geométrico y definición del entorno climático.
    - Configuración de materiales y sistemas constructivos
    - Configuración de la actividad interna y cargas internas
    - Estrategias de ventilación natural y parámetros de simulación.
- 09** Resultados de las simulaciones en Desingbuilder.
- 10** Propuesta de diseño.
- 11** Discusiones
- 12** Conclusiones.
- 13** Bibliografía

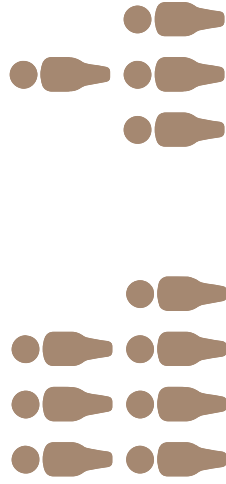
# ¿Cuál es la proporción actual de población que habita en las zonas rurales de Colombia?

Los censos históricos evidencian que la proporción de población rural pasó de:

**85,6 % en 1918**



**68,1 % en 1938**



**60,7 % en 1951**



**17,6 % en 2025**

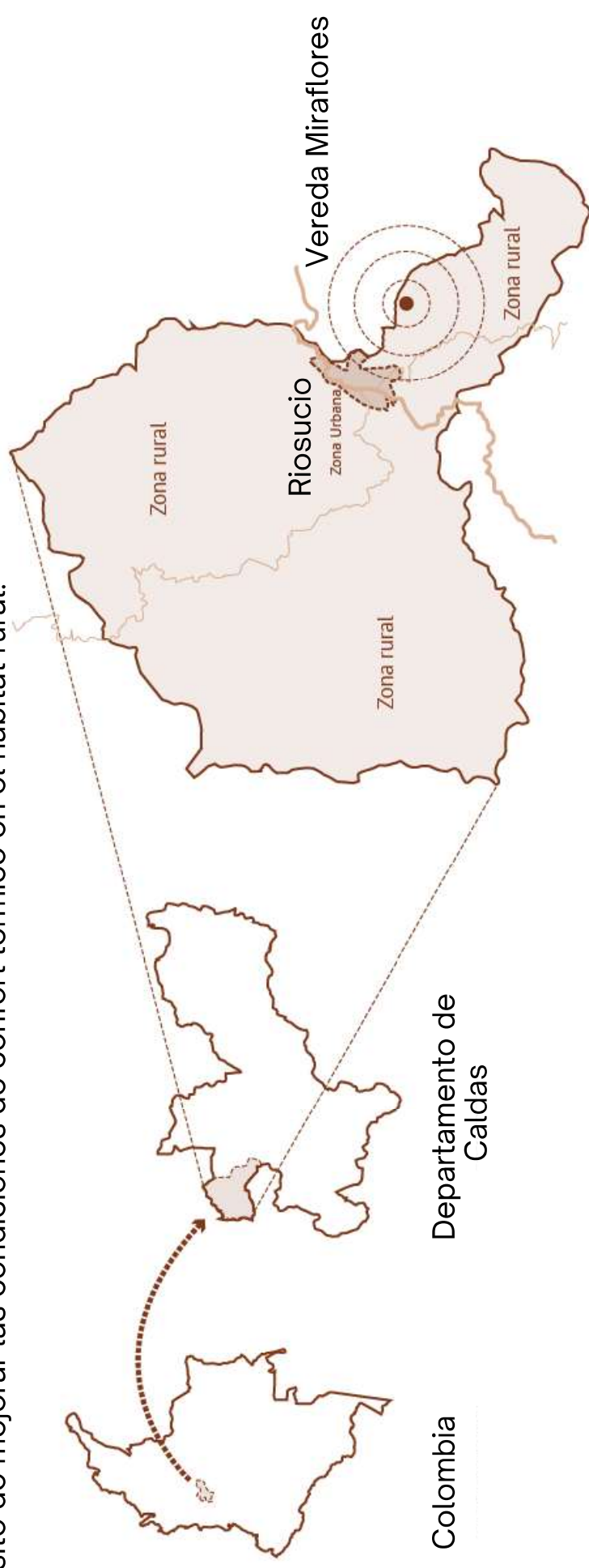


Esta tendencia descendente se ha mantenido de manera consistente hasta la actualidad, de tal forma que para 2025 las estimaciones oficiales de Naciones Unidas sitúan la población rural en torno al 17,6 %.

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). World Urbanization Prospects 2022 (Online Edition). <https://population.un.org/wup/>
- World Bank. (n. d.). Rural population (% of total) – Colombia (SP.RUR.TOTL.ZS).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s. f.). Censos históricos de población (1918, 1938, 1951): Cabecera y resto.

## Introducción

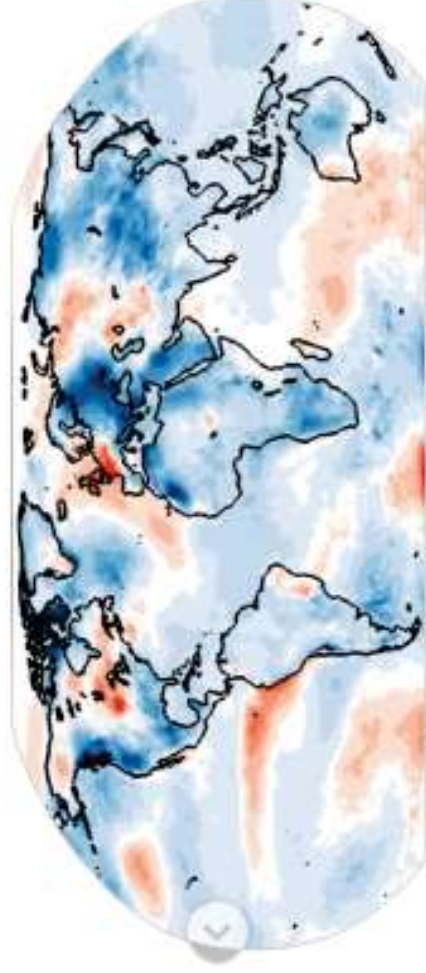
El presente proyecto de investigación aborda la integración de las características arquitectónicas de la vivienda rural campesina en la vereda Miraflores, municipio de Riosucio (Caldas, Colombia), en el diseño bioclimático contemporáneo. Este proyecto se centra en el análisis de los elementos tectónicos tradicionales con el propósito de mejorar las condiciones de confort térmico en el hábitat rural.



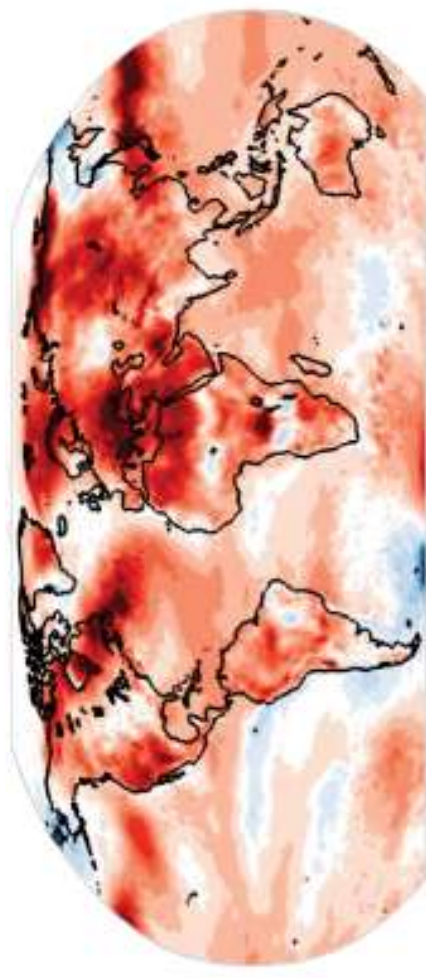
## Planteamiento del problema

El cambio climático está transformando profundamente las condiciones de confort y habitabilidad en el mundo. El incremento de las temperaturas, la alteración de los regímenes de humedad y la variabilidad térmica diaria plantean nuevos retos para la arquitectura, particularmente para aquella que depende de estrategias pasivas de climatización

Verano 1976



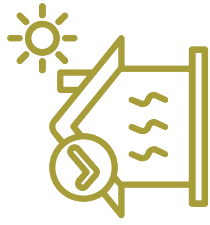
Verano 2024



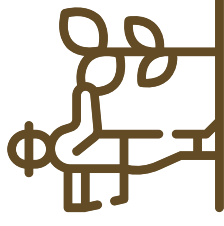
• Fuente: Hawkins (2018), Climate Lab Book.

• Hawkins, E. (2018). Global temperature variations over the last 2025 years [Gráfico]. Climate Lab Book. University of Reading. <https://www.climate-lab-book.ac.uk>

## Planteamiento del problema



Estándares internacionales  
de confort térmico



Disminución de la población  
que habita en las zonas rurales

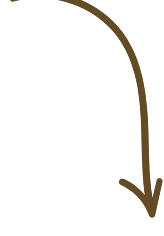


Confort adaptativo  
Contexto tropical



Elementos tectónicos tradicionales  
de la vivienda rural campesina

Elementos tectónicos tradicionales  
en el diseño espacial y bioclimático  
de la vivienda rural campesina



## Pregunta problema

***¿Cómo integrar los elementos tectónicos tradicionales en el diseño espacial y bioclimático para mejorar el confort térmico de los habitantes en los espacios de la vivienda rural campesina en Miraflores (Riosucio, Caldas)?***

## Objetivo general

1. Diseñar un modelo de vivienda rural campesina a partir del análisis del desempeño térmico de los elementos tectónicos tradicionales para mejorar el confort térmico de sus habitantes.

## Objetivos específicos

1. Caracterizar la función, uso y símbolo que integran la vivienda rural campesina para diseñar un modelo de vivienda rural coherente con el contexto cultural.
2. Analizar el desempeño térmico de los elementos tectónicos y espaciales tradicionales que componen la vivienda rural campesina para mejorar el confort térmico de sus habitantes.
3. Examinar las condiciones que inciden en el confort térmico de los habitantes de la vivienda rural para determinar estrategias arquitectónicas bioclimáticas en el modelo de vivienda rural.

## Marco teórico

El confort térmico se entiende como un estado de equilibrio entre las personas y su entorno, resultado simultáneo de procesos físicos (intercambio de calor), perceptuales (sensación térmica) y culturales (hábitos, simbolismos y usos del espacio). En la vivienda rural campesina, donde clima, tectónica y vida cotidiana se entrelazan de forma inseparable, este enfoque posibilita articular estrategias bioclimáticas contemporáneas con soluciones vernáculas sin sacrificar identidad cultural.

### Hitos teóricos

**1963**  
Victor Olgay



El edificio como organismo termodinámico - Diseñar con el clima

**1969**  
Baruch Givoni



Carta psicrométrica - Estrategias pasivas para el confort

**1998**  
Humphreys y Nicol



Confort adaptativo - El confort cambia según el usuario

**1970**  
Poul O. Fanger



Índices PMV/PPD - Base científica de ASHRAE 55 e ISO 7730

**2005**  
ISO 7730



Referencia de análisis normativo del confort - estandariza PMV/PPD

**2004 - 2021**  
ASHRAE 55



Incorpora el modelo adaptativo para edificios naturalmente ventilados



Banda Adaptativa de Confort (ASHRAE 55)

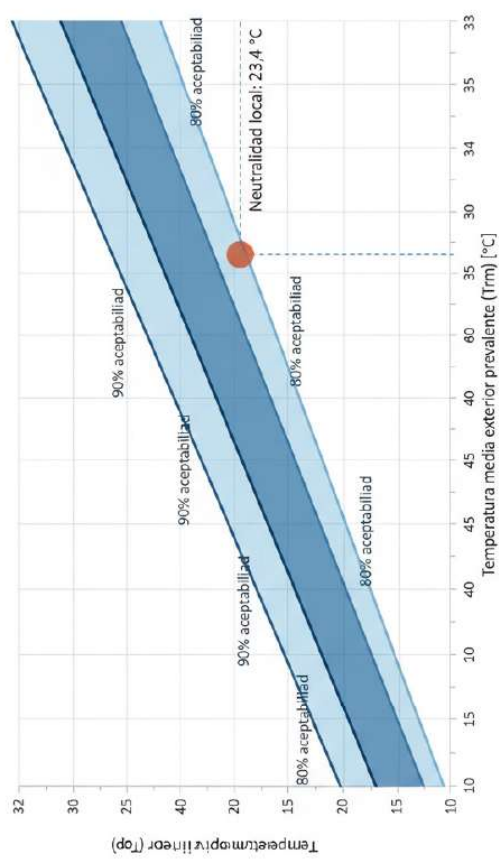


Gráfico confort adaptativo con temperatura de neutralidad 23,4 °C y el rango de confort del 80% de aceptabilidad es 19,9–26,9 °C. (De Dear & Brager, 1998).

## Marco teórico

El PBOT rural de Riosucio regula parámetros generales de ocupación, pero carece de lineamientos bioclimáticos y no promueve técnicamente materiales locales (guadua, tierra, madera) ni su desempeño térmico. A nivel nacional, persiste la aplicación de modelos urbanos al campo (Mandrini et al., 2018; El Colombiano, 2024), con desajustes climáticos y culturales. De ahí la necesidad de revalorizar la tectónica tradicional e integrarla al diseño contemporáneo para garantizar confort adaptativo y sostenibilidad cultural.

### Tectónica Vernácula

**Muros:** Bahareque, Adobe

**Envolvente:** Madera, Guadua, Teja de barro

**Elementos:** Corredores, Aleros, Patios, Celosías, Calados

**Implantación:** Orientación E-O, Compasidad

### Estrategias Pasivas

**Masa térmica:** Amortiguación y desfase, Muros pesados

**Control solar:** Aleros y envolventes ecuentridas, Colores y texturas

**Ventilación natural:** Cruzada con aperturas opuestas, Efecto chimenea, Renovación nocturna

**Innovación:** Invernadero solar para secado del café en segundo nivel, drenaje de aguas lluvias

### Acciones adaptativas

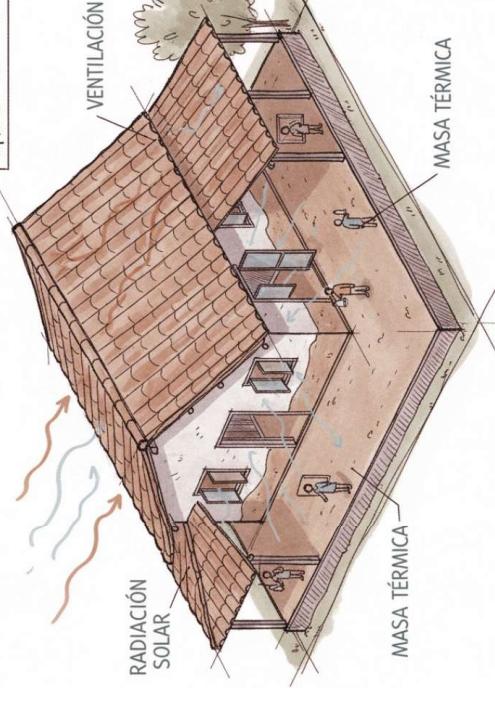
**Control operativo:** Ventanas y lonas

**Comportamiento:** Actividades relacionadas, Ropa

**Gestión productiva:** Secado del café

**Mantenimiento:** Sellado de lonas, Reparaciones localitas

CONFORT ADAPTATIVO  
 19,9 – 26,9 °C  
 Neutral: 23,4 °C  
 Top, conf = 0.31 - T<sub>int</sub> + 17.8



La casa en el carrizal (Daniel Moreno + Sebastián Calero) - ArchDaily

De la tectónica vernácula al confort adaptativo

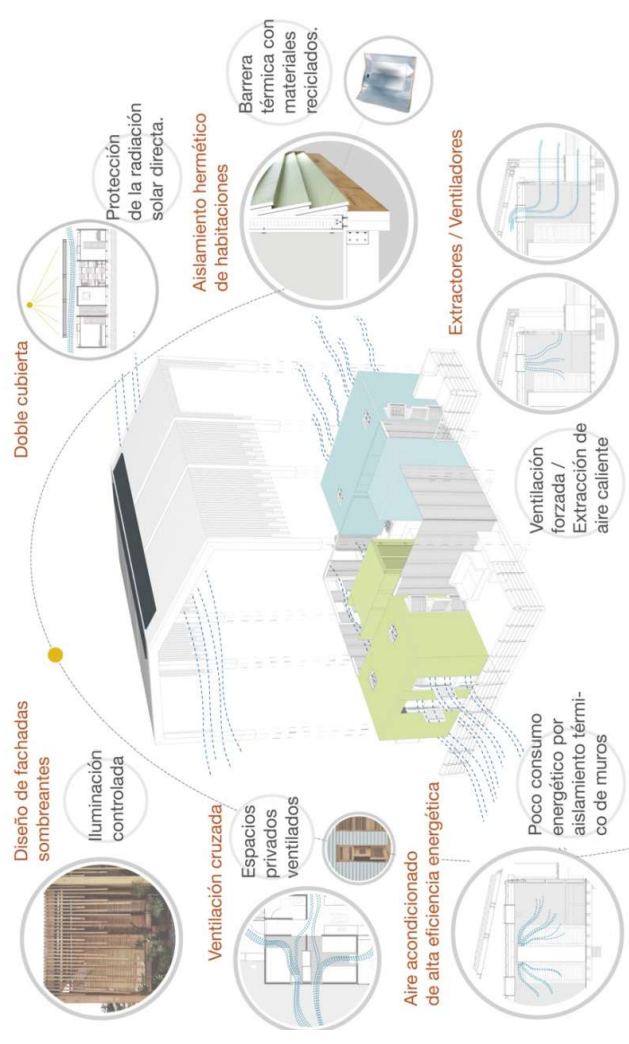
Síntesis marco teórico, vivienda como organismo termodinámico.

## Marco referencial

La Casa Minga (Solar Decathlon LAC 2019) se evita la dicotomía “pasivo vs activo” y se adopta un enfoque híbrido: orientación de volúmenes para protección solar, ventilación cruzada (control del usuario), y una estructura-envolvente que actúa como gran cubierta sombreante. La materialidad prioriza baja energía incorporada y muros compuestos en madera con cámara de aire y barrera radiante (aluminio de Tetra Brik®) para reducir ganancia por radiación y mejorar el desempeño en recintos interiores.



Imagen 01 Casa minga - Página web pontificia universidad javeriana Cali



## Marco referencial

La Casa en el Carrizal (Daniel Moreno + Sebastián Calero) reinterpreta saberes tradicionales mediante una estructura que integra piso-muro-cubierta con tierra en altura, logrando aislamiento térmico natural y continuidad constructiva. Reutiliza materiales (eucalipto, duelas de chanul, cajas recuperadas) y activa procesos comunitarios (mingas). La estrategia bioclimática se apoya en masa térmica, control solar y ventilación calibrable.

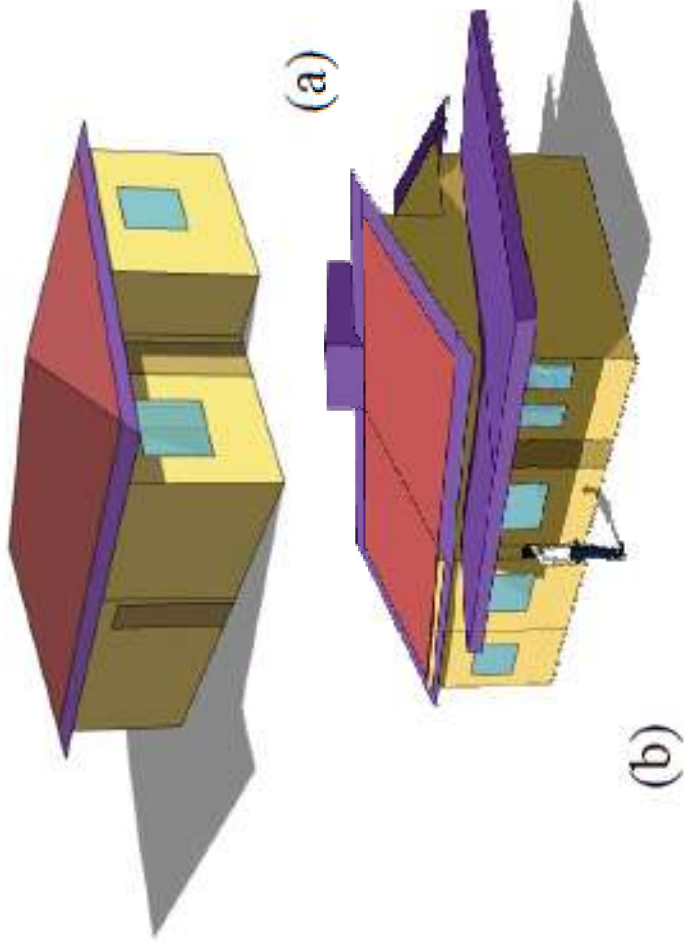


La casa en el carrizal (Daniel Moreno + Sebastián Calero) - ArchDaily



## Marco referencial

El proyecto CRESOL CENTRAL en Frei Rogério (Brasil), verifica el desempeño con EnergyPlus (8.760 h), comparando escenarios de cubierta (fibrocemento vs teja de barro), con/sin aislamiento, distintos grados de apertura de ventanas y uso del fogón. Evalúa el confort por temperatura operativa (ISO 7730) y grados-hora fuera de confort, y prevé ampliaciones progresivas con bioconstrucción.



Modelo geométrico de caso base (a) y proyecto propuesto (b)



Modelo de proyecto propuesto

## Diagnostico bioclimático Riosucio Caldas

El diagnóstico se realizó con Bioclimarq (Gómez-Azpetia, 2023), herramienta que integra variables climáticas (temperatura, humedad, radiación) y criterios de confort adaptativo (ASHRAE 55) para traducirlas en tácticas pasivas de diseño. Dado que no existe archivo EPW específico de Riosucio, se empleó el EPW de Manizales (proximidad geográfica y climática; 2.150 m s. n. m. vs. 1.800 m s. n. m. en Riosucio) como proxy climático.



Localización	
Nombre del lugar	Manizales Caldas
Latitud	5 ° 3 ' " 5,1 °
Longitud	75 ° 29 ' " 75,5 °
Zona horaria (UTC)	Huso horario 0,0
Altitud	2160 msnm
Población de la ciudad	454 habitantes

Ubicación del lote en la ciudad

En el centro de la ciudad  
 Entre el centro y la periferia  
 En la periferia o localidad ruralbana

Uso de horario de verano

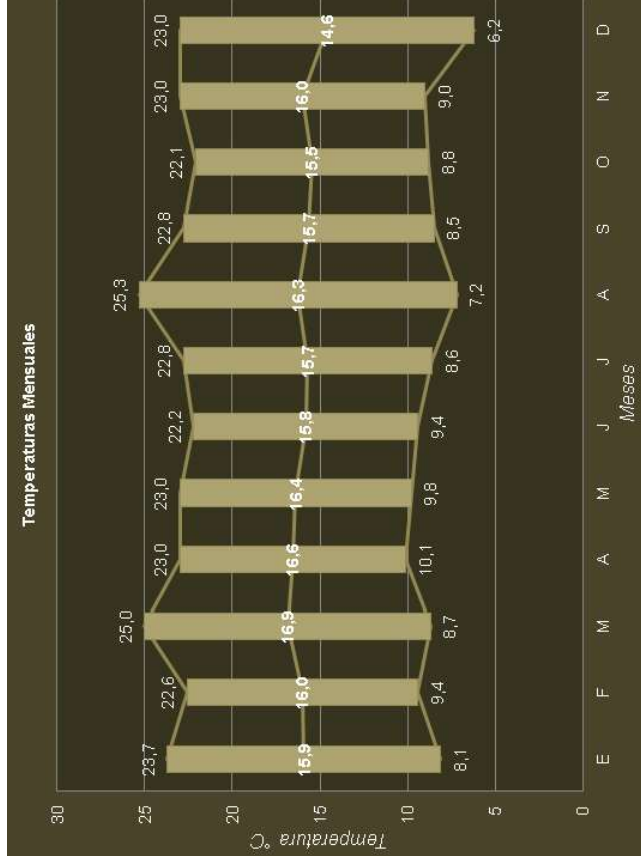
Meses con horario de verano  
 Ene  Feb  Mar  Abr  May  Jun  Jul  Ago  Sep  Oct  Nov  Dic

Normales Climatológicas	Meses												Annual	Unidad	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Temperatura máxima promedio	23,7	22,6	25,0	23,0	22,2	22,8	22,8	25,3	22,8	22,1	23,0	23,0	23,0	23,2	°C
Temperatura mínima promedio	8,1	9,4	8,7	10,1	9,8	9,4	8,6	7,2	8,5	8,8	9,0	6,2	8,7	°C	
Humedad relativa máxima promedio*	99	100	100	100	100	100	99	99	100	100	98	100	99,6	%	
Humedad relativa mínima promedio*	49	51	47	53	53	50	60	44	49	52	51	50	50,8	%	
Humedad relativa media*	83,5	85,2	82,3	84,8	87,5	88,8	86,4	80,7	84,6	87,5	86,1	84,2	85,1	%	
Precipitación pluvial total	128,0	142,1	162,8	232,2	234,6	191,4	161,6	172,4	209,4	247,8	238,1	172,1	229,3	mm	
Radiación media s/p. horizontal*														whm <sup>2</sup> día	
Brillo solar efectivo*														horas-mes	
Velocidad media de viento	1,5	1,1	2,2	1,5	1,2	1,1	1,1	1,6	1,2	1,0	1,0	1,6	1,3	m/s	

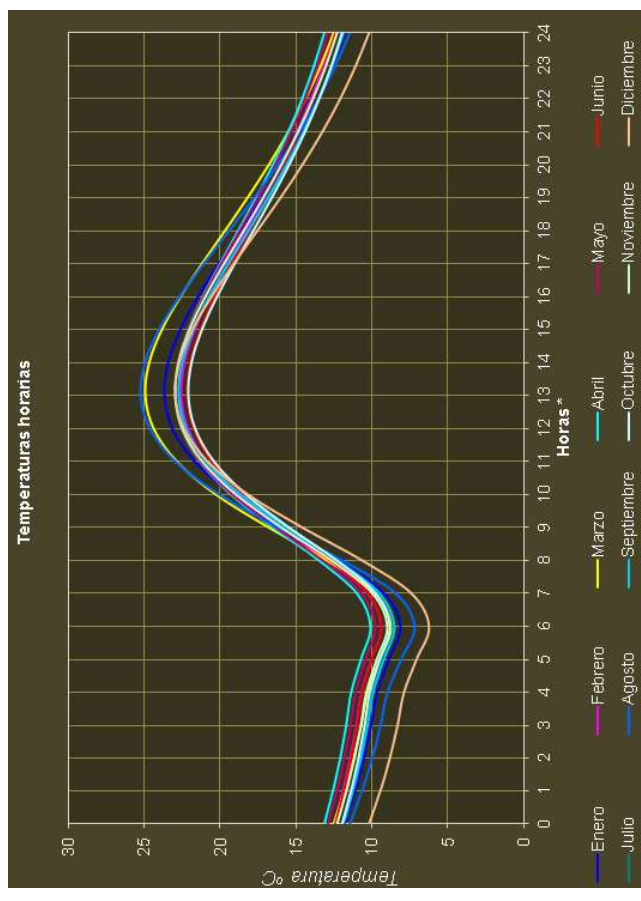
## Temperatura mensual y horaria

Los picos máximos promedio se registran en agosto (25,3 °C) y marzo (25,0 °C), con meses cercanos a 23,0–23,7 °C (enero, abril, mayo, noviembre, diciembre), lo que sugiere estabilidad anual.

Horariamente, las mínimas se concentran entre 0:00–7:00 h (con episodios <10°C, especialmente junio–agosto), y las máximas entre 11:00–16:00h (20–25 °C, con puntas próximas a 25–30 °C en marzo y agosto).



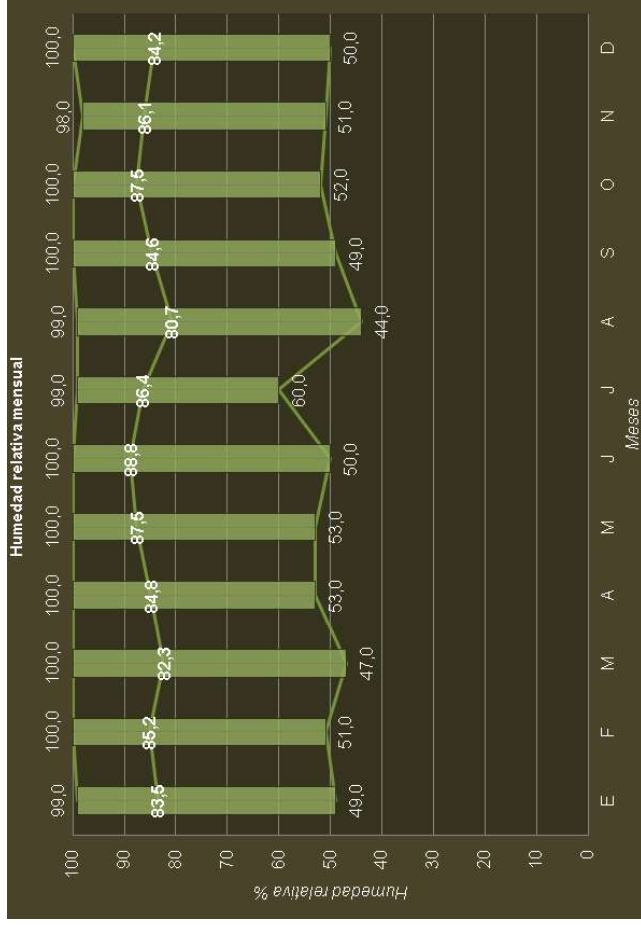
Tablas oscilación de temperatura mensuales- Bioclimarq



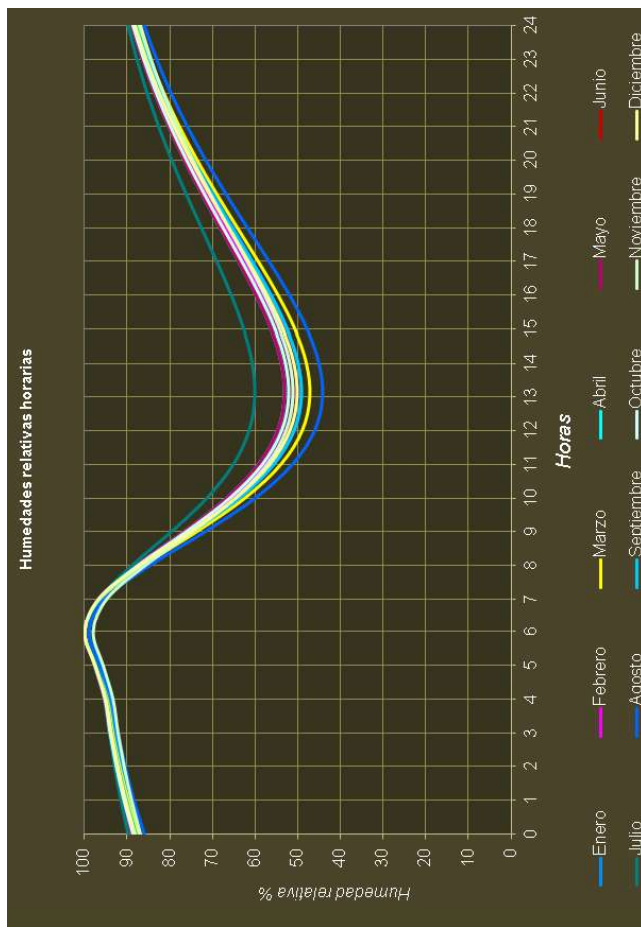
Tablas oscilación de temperaturas horarias - Bioclimarq

## Humedad mensual y horaria

La humedad relativa es persistentemente alta, con valores nocturnos y de madrugada cercanos a 80–100% y mínimos diurnos de 50–60% en los meses más cálidos. La razón de mezcla promedio 11,1 g/kg (abril, mayo, julio) y desciende a 9,6 g/kg en diciembre. Este patrón higrométrico condiciona el confort (evaporación limitada), por lo que la ventilación natural y la selección de materiales higroscópicos resultan decisivas.



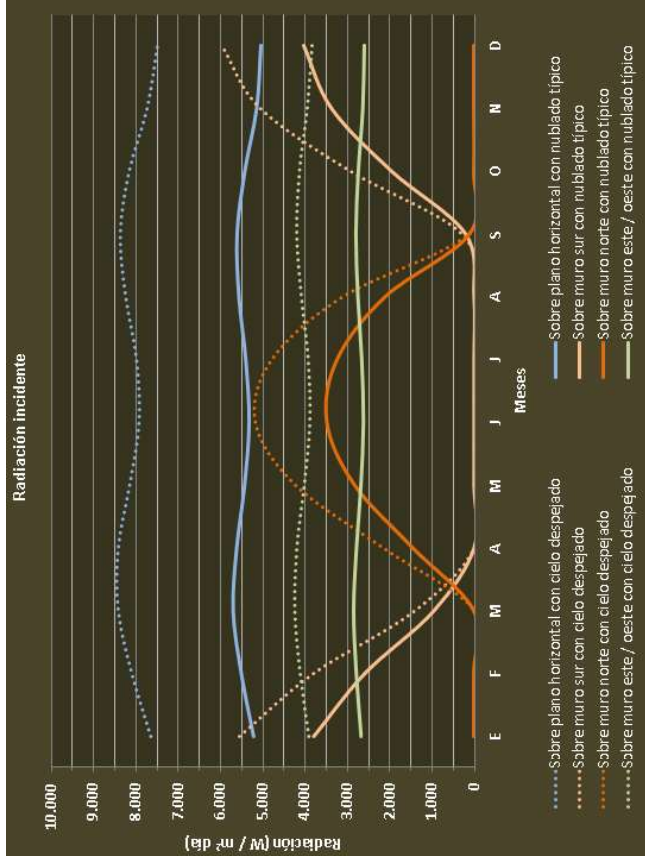
Tablas oscilación de humedad mensuales- Bioclimarq



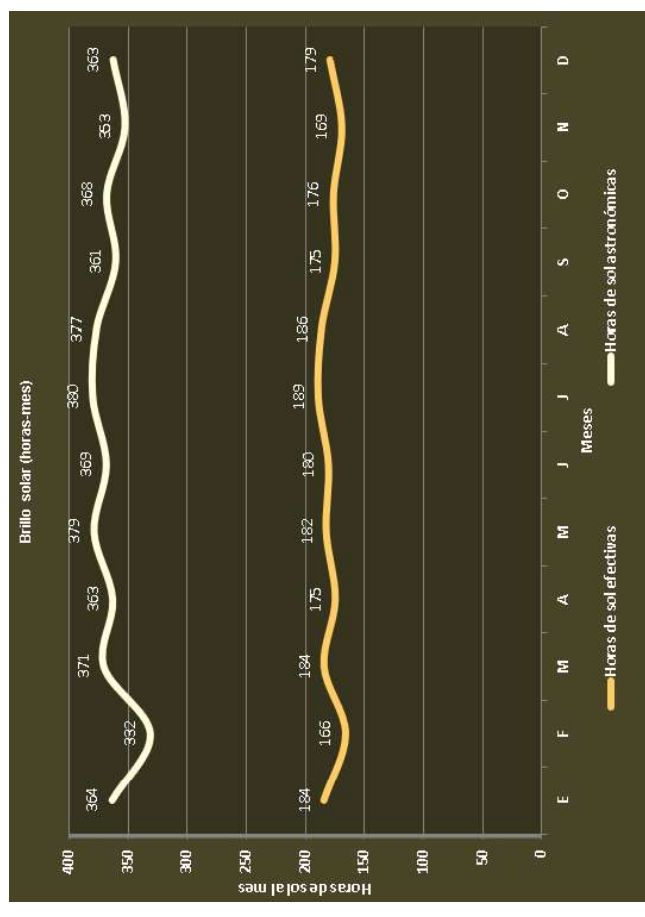
Tablas humedad de temperaturas horarias - Bioclimarq

## Radiación incidente

En radiación, el plano horizontal a cielo despejado alcanza valores mensuales integrados más altos en febrero-abril y agosto-octubre (~8.500 W/m<sup>2</sup>) y más bajos en enero, mayo-julio y noviembre-diciembre (~7.800 W/m<sup>2</sup>). Bajo cielo nublado típico, la radiación se reduce (~5.000-5.600 W/m<sup>2</sup>). El brillo solar efectivo es menor en febrero y mayor entre mayo-agosto.



Radiación incidente- Bioclimarq

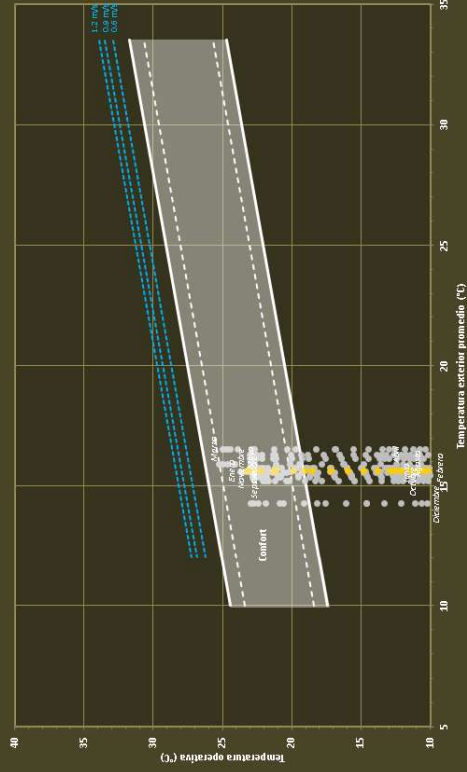


Brillo solar por horas - Bioclimarq

## Cartas de confort

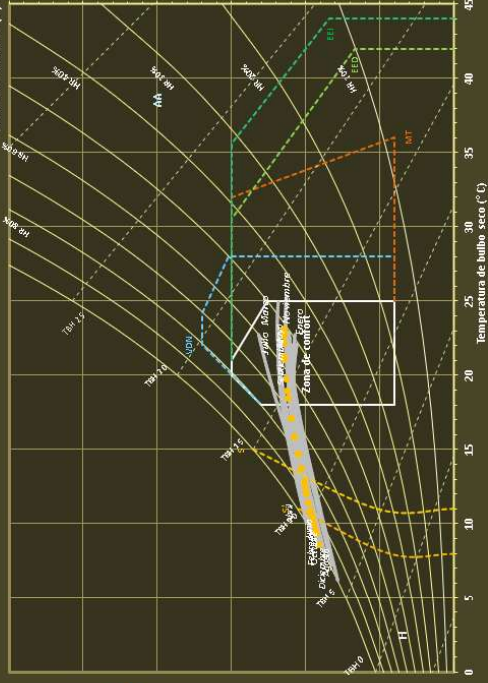
Las cartas de confort confirman un contexto mayormente neutro a ligeramente cálido, con eventos fríos puntuales. La carta ASHRAE 55 (modo adaptativo) muestra temperaturas operativas interiores entre 18–25 °C frente a exteriores de 14–17 °C, con ligeras incursiones por debajo del límite inferior (sensación de frío) y sin evidencia de sobrecalentamiento. Las cartas de Olgay y Givoni ubican gran parte de los puntos hacia zonas húmedas, subrayando la necesidad de ventilación natural, control solar y, en determinados periodos, masa/inercia térmica para estabilizar la temperatura operativa.

Carta de confort ASHRAE 55:2020 modelo adaptativo

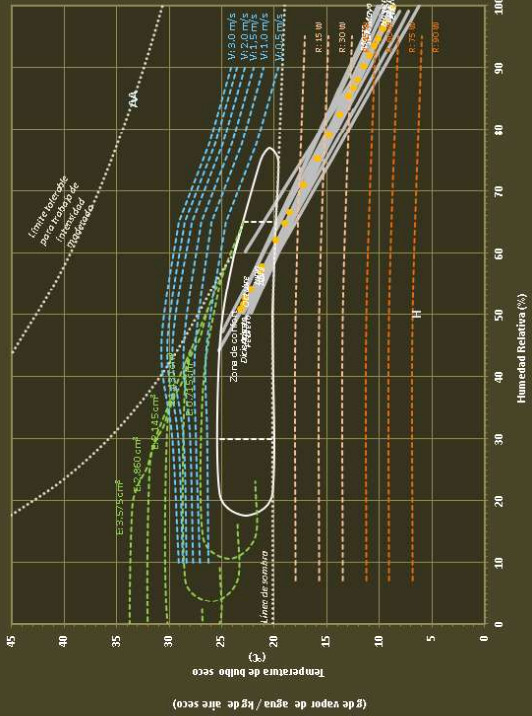


Gráfica carta de confort ASHRAE modo adaptativo - Bioclimarq

Psicrometría basada en: Tejeda, A. (2021). Tejeda, A., et al. (2018).



Carta de Givoni - Bioclimarq



Carta de Olgay- Bioclimarq

## Definición de confort

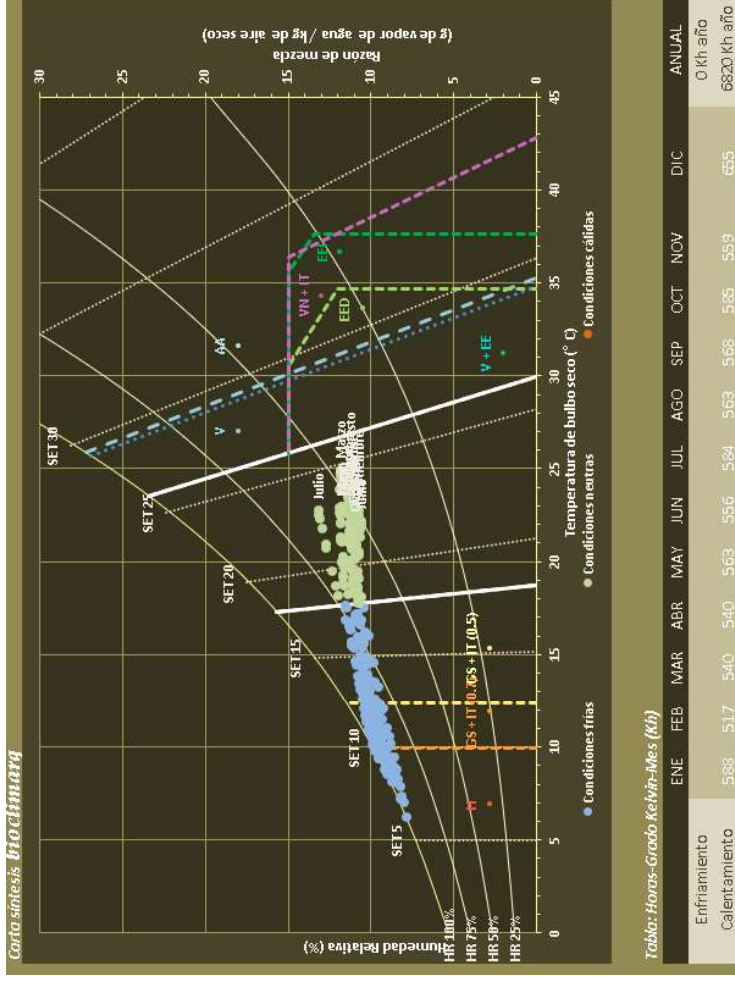
ASHRAE 55 (modo adaptativo, naturalmente ventiladas): neutralidad local 23,4 °C; rango 80% 19,9–26,9 °C (De Dear & Brager, 1998).

Bioclimarq (síntesis anual): neutral 23 °C; confort 18–26 °C. Nota editorial: Ambos marcos se utilizaron como referencias convergentes para lectura y simulación.

Cobertura de confort y requerimientos: las condiciones dentro de confort representan ~37% del año. Para el resto, Bioclimarq recomienda:

- Ganancia solar + inercia térmica 0.5: 45%
- Ganancia solar + inercia térmica 0.7: 35%
- Calefacción (H): 19%

Aunque la temperatura media anual ( $\approx 16$  °C) y la oscilación diaria ( $\sim 15$  K) permiten que cerramientos ligeros funcionen, se recomienda proteger el acristalamiento del sol el 63% del periodo diurno y calibrar la inercia según uso y orientación.



## Estrategias de climatización

A lo largo del año, las condiciones de temperatura y humedad que se ubican dentro de la zona de confort representan aproximadamente el 37% del tiempo. Para el resto, las estrategias básicas de climatización que mejor aplican a los requerimientos identificados son:

1. Ganancia solar + inercia térmica (0.5)  
(GS+IT 0.5) =45%

2. Ganancia solar + inercia térmica (0.7)  
(GS+IT 0.7) =35%

3. Calefacción (H) =19%

Caracterización climática		El clima de Manizales Cálidas se caracteriza por: Temperatura entre los 15 °C y 20 °C y humedad relativa entre el 50% y el 70%, en promedio anual. Condiciones principalmente frías (62% del año), y en segundo término neutras (38%)													
Según Mahoney		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Claves	
Según sensación higró-térmica		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	Ambiente frío
Diagnóstico bioclimático														C	Ambiente cálido
Diurno															
Nocturno															
Estrategias recomendadas		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Temporalidad	
Ventilación esencial															
Ventilación deseable															
Protección contra la lluvia		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10 meses	
Inercia Térmica		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Todo el año	
Espacio exterior como dormitorio															
Protección contra el frío		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Todo el año	
Temas		Tácticas de bioclimatización recomendadas													
Configuración en planta		Orientación Norte-Sur, con eje largo Este-Oeste													
Configuración espacial		Configuración compacta; habitaciones adyacentes entre sí													
Distribución espacial para efectos de ventilación		Habitaciones agrupadas, sin necesidad de ventilación para enfriamiento													
Tamaño de los vanos		Medianos: 25 - 30 % de la superficie de fachada													
Posición de los vanos		Sin indicación especial													
Aberturas en cerramientos interiores		No es necesaria su consideración													
Protección de Vanos		Protejidos contra la lluvia.													
Muros y Pisos		Masivos, arriba de 8 hr de retraso térmico													
Cubiertas Exteriores		Masivas, arriba de 8 hr de retraso térmico Considerar drenes suficientes ante lluvias intensas													

Tabla de Mahoney- Bioclimarq

## Estrategias de climatización

- Implantación y forma: orientación N-S con eje largo E-O; planta compacta; habitaciones agrupadas/adyacentes; alta compacidad y adosamiento; asentamiento con máximo contacto con subsuelo cuando sea viable.
- Envoltente y vanos: cerramientos masivos con retraso térmico  $\geq 8$  h; perforación baja (10-20%) o media (25-40% según Mahoney), con sombreados que bloqueen radiación directa durante el 63% de las horas de sol; control de infiltraciones y protección a lluvia; alta transparencia efectiva en el vano (cuando exista) con buen control solar.
- Fachadas: superficies lisas (baja convección), colores de alta absortividad ( $\geq 0,7$ ) y textura baja para favorecer ganancias solares controladas.



## Estado del arte

Dos referencias recientes orientan el horizonte metodológico aplicable a Miraflores (Riosucio,Caldas): Rojas & Altamirano (2023) en su investigación: **Confort térmico en dos tipologías de vivienda en la región andina del Ecuador: provincia de Cotopaxi.** y Soto-Chahua et al. (2025) en su investigación: **Evaluación de materiales de construcción y propuesta para mejorar el confort térmico en la vivienda rural.** Ambos vinculan confort térmico, materialidad y estrategias pasivas en ámbitos rurales latinoamericanos, y validan hipótesis con mediciones y simulaciones, construyendo un puente entre saberes empíricos y conocimiento técnico.

Un primer eje es la revalorización de sistemas constructivos tradicionales de tierra, madera y piedra, con alta inercia térmica y baja huella ambiental, capaces de estabilizar microclimas interiores. En Cotopaxi (Ecuador), Rojas & Altamirano muestran que la disposición espacial, el espesor de muros y el uso de adobe/piedra elevan la temperatura operativa interior entre 14% y 23% respecto de edificaciones sin aislamiento. Sin embargo, advierten que la mera materialidad no garantiza confort: la envolvente debe gestionarse con orientación adecuada, control solar y ventilación natural.

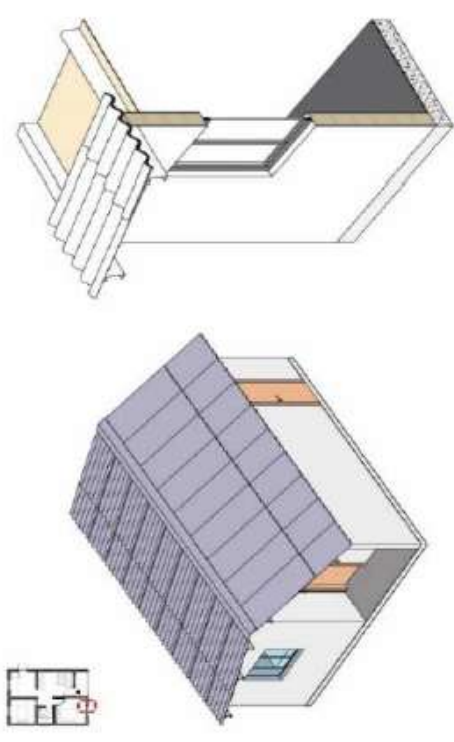


Fig. 1 Isometry and construction model housing T1 (current status)

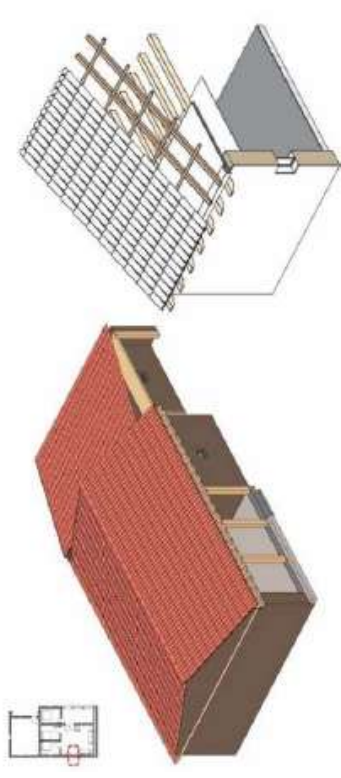


Fig. 2 Isometry and construction model housing T2 (current status)

Tipologías de viviendas evaluadas

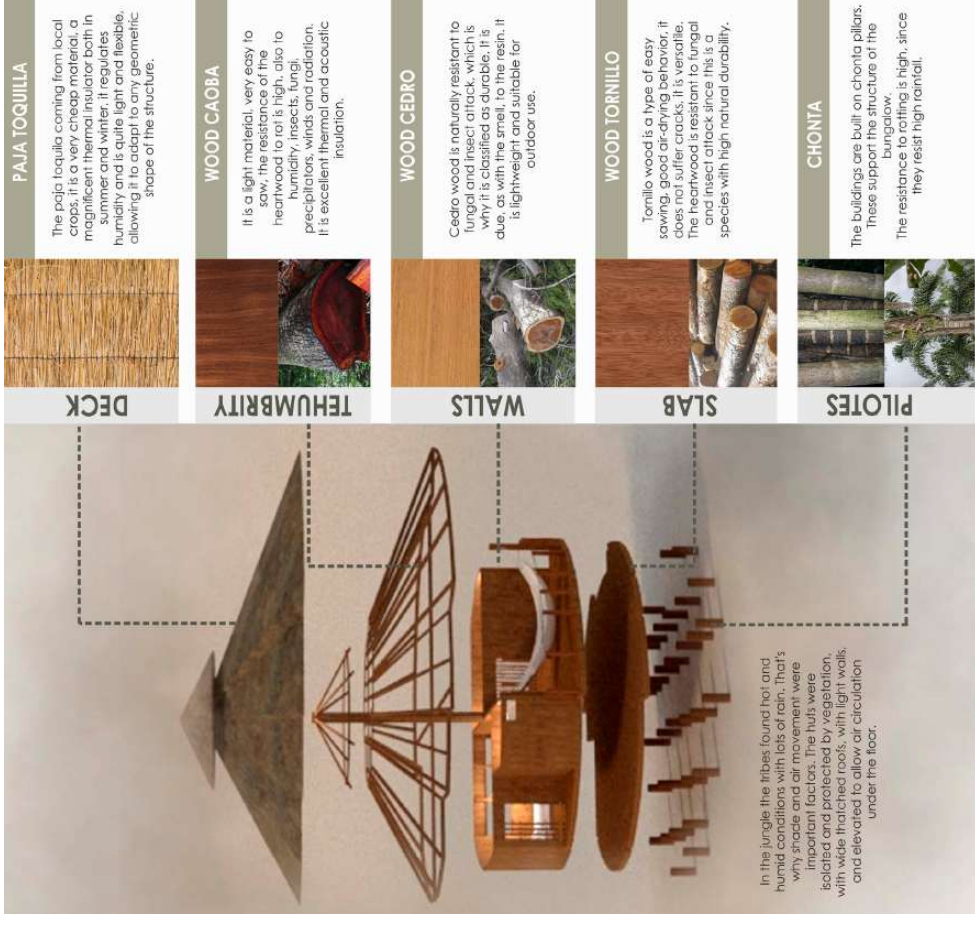
Rojas, M. A., & Altamirano, R. (2023). Thermal comfort in two housing typologies in the Andean Region of Ecuador: Cotopaxi Province. IJASEIT, 13(5).

## Estado del arte

Soto-Chahua et al. (Perú) evidencian que combinar masa térmica con ventilación cruzada reduce significativamente horas de discomfort; integran techos ventilados, patios y cerramientos mixtos (tierra, madera y fibras), equilibrando aislamiento y transpirabilidad. Una constante metodológica es la validación cruzada entre tradición y tecnología: uso de DesignBuilder/Ecotect y cartas de Givoni para contrastar desempeño y decisiones.

Ambos estudios se alinean con ASHRAE 55 e ISO 7730 al entender el confort como respuesta adaptativa: en el ámbito rural, prácticas como el uso del fogón, los ritmos de ocupación y las tareas agrícolas modulan la percepción térmica. La arquitectura se interpreta como sistema abierto donde la tectónica no solo estructura y representa, sino que regula el microclima interior.

Soto-Chahua, J., Acuña-Portocarrero, G., & Otárola-Santiviáñez, J. E. (2025). Evaluation of building materials and proposal to improve thermal comfort in rural housing. *Civil Engineering and Architecture*, 13(1), 118–143.



Materialidad propuesta de la vivienda

## Metodología y herramientas

Se utiliza un enfoque mixto, descriptivo-cuasiexperimental, para comparar el desempeño térmico de viviendas tradicionales y convencionales y derivar estrategias pasivas y decisiones tectónicas pertinentes. Se seleccionaron 12 viviendas por muestreo intencional: 6 tradicionales (bahareque, guadua, madera) y 6 convencionales (bloque de concreto/ladrillo y cubierta de fibrocemento), todas vinculadas a la práctica del café, con criterios de accesibilidad y conservación.

### Trabajo de campo Fase 1.

Clasificación de viviendas estudiadas  
Registro climático in situ

Viviendas tradicionales



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 01 - Fuente propia



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 02 - Fuente propia



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 03 - Fuente propia



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 04 - Fuente propia



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 05 - Fuente propia



**Casa de estudio en bahareque**  
Casa 06 - Fuente propia

## Trabajo de campo Fase 1

Se utiliza un enfoque mixto, descriptivo-cuasiexperimental, para comparar el desempeño térmico de viviendas tradicionales y convencionales y derivar estrategias pasivas y decisiones tectónicas pertinentes. Se seleccionaron 12 viviendas por muestreo intencional: 6 tradicionales (bahareque, guadua, madera) y 6 convencionales (bloque de concreto/ladrillo y cubierta de fibrocemento), todas vinculadas a la práctica del café, con criterios de accesibilidad y conservación.

### Trabajo de campo Fase 1.

Clasificación de viviendas estudiadas  
Registro climático in situ

Viviendas convencionales



**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 01 - Fuente propia



**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 02 - Fuente propia



**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 03 - Fuente propia



**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 04 - Fuente propia



**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 05 - Fuente propia

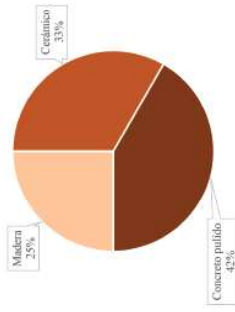


**Casa de estudio en mampostería**  
Casa 06 - Fuente propia

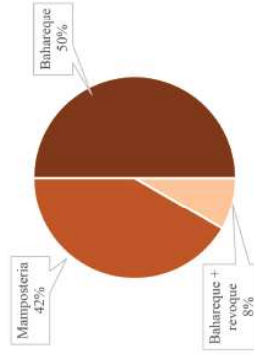
## Trabajo de campo Fase 2

Se realizaron levantamientos planimétricos, fotográficos y descriptivos; entrevistas semiestructuradas sobre percepción de confort, hábitos de uso y simbolismo; y registro de vestimenta (CLO) según ASHRAE 55:2017. Se aplicó una ficha de observación integral para: información general (antigüedad, habitantes, ocupación), emplazamiento (orientación, topografía, patio, vegetación), elementos tectónicos (cimentación, estructura, envolvente, cubierta, pisos, aberturas), y evaluación del confort (T° y HR medidas + percepción).

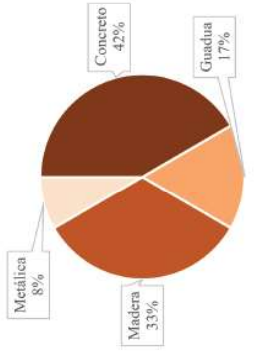
Materialidad de pisos



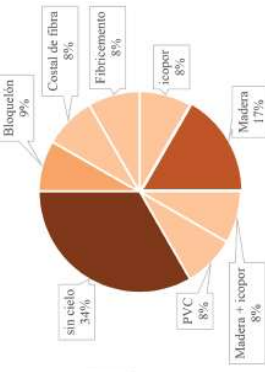
Materialidad de muros



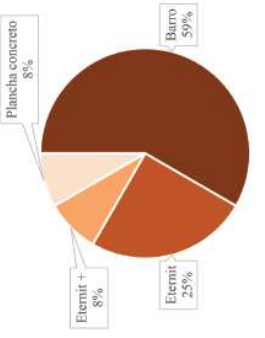
Materialidad estructura



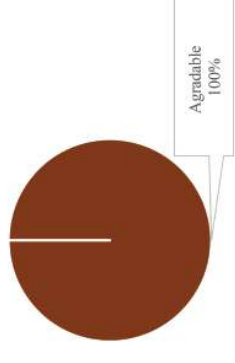
Materialidad cielos rizados



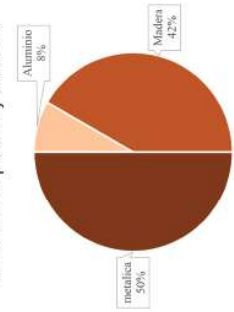
Materialidad cubierta



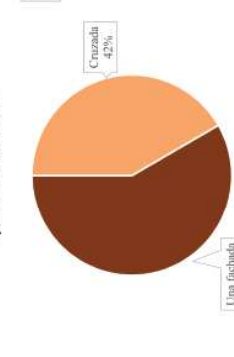
Percepción térmica tarde



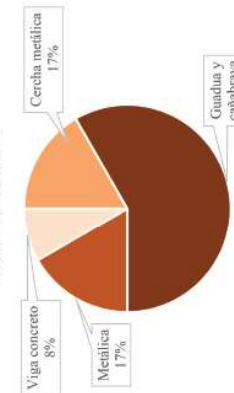
Materialidad puertas y ventanas



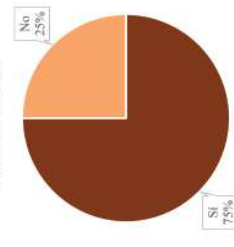
Tipo de ventilación



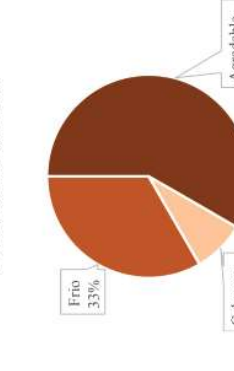
Estructura cubierta



Protección solar



Percepción térmica AM

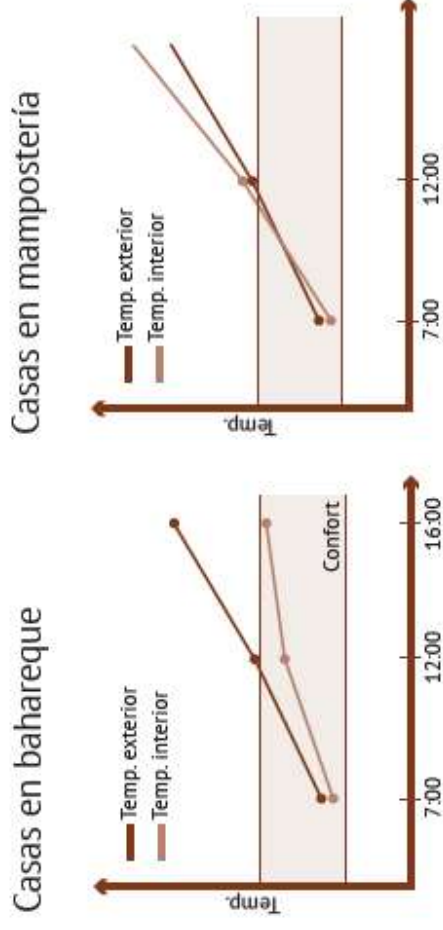


## Trabajo de campo Fase 2

Las viviendas construidas en bahareque presentan una menor amplitud térmica entre la mañana, el mediodía y la tarde, lo que evidencia una mayor estabilidad interior frente a las fluctuaciones externas. Por el contrario, las viviendas edificadas con materiales convencionales registran incrementos más pronunciados de temperatura al mediodía y en la tarde, junto con variaciones más amplias en la humedad relativa, reflejando una mayor susceptibilidad a los cambios atmosféricos.

Materialidad	7:00 am			12:00 pm			4:00 pm		
	Temp interior	Temp exterior	HR	Temp interior	Temp exterior	HR	Temp interior	Temp exterior	HR
Casos de estudio #Casa									
Casa 1	21,8°	21,9°	75%	24,7°	28°	70%	25,2°	28,6°	54%
Casa 2	21,6°	21,7°	75%	25°	27°	70%	26,1°	28,8°	58%
Casa 3	21,3°	21,9°	67%	24,5°	25,7°	67%	28°	27,6°	65%
Casa 4	21,7°	21,9°	75%	24,8°	25,9	70%	25,5°	28,4°	54%
Casa 5	21,5°	21,7°	75%	25°	27,1°	70%	26,1°	28,2°	58%
Casa 6	21,6°	21,8°	70%	24,7°	28°	65%	25,5°	28,7°	59%
Casa 7	22,3°	22°	68%	26,3°	27,3°	65%	26,8°	27,9°	63%
Casa 8	21,4°	22,2°	69%	25°	26,7°	63%	29,3°	26,6°	59%
Casa 9	21,5°	20,5°	69%	28°	30°	60%	23,7°	26,8°	56%
Casa 10	22°	22,8°	65%	26,5°	27°	65%	26,2°	27,5°	64%
Casa 11	21,9°	21,7°	69%	26,3°	28,5°	6°	29,7°	26,4°	59%
Casa 12	21°	20,6°	68%	26,5°	29,9°	60%	28,1°	27,1°	57%

Tabla de resultados 01 mediciones microclimáticas - Elaboración propia



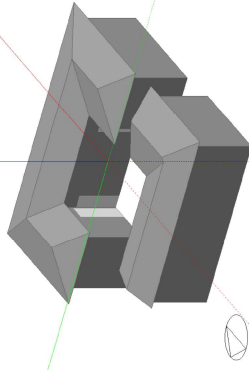
Materialidad	7:00 am			12:00 pm			4:00 pm		
	Temp interior	Temp exterior	HR	Temp interior	Temp exterior	HR	Temp interior	Temp exterior	HR
Casos de estudio #Casa									
Casa 1	21,2°	22°	68%	23,1°	25,9°	67%	23,8°	28,5°	65%
Casa 2	21°	21,9°	67%	23,4°	26,9°	65%	24,5°	29,7°	64%
Casa 3	20,7°	21°	70%	22,9°	26,6°	67%	24,4°	27,5°	64%
Casa 4	21,1°	22,2°	65%	23,2°	25,4°	55%	26,8°	25,4°	55%
Casa 5	20,9°	21,9°	75%	23,4°	27°	65%	24,5°	28,1°	63%
Casa 6	21°	21,9°	75%	23,1°	25,9°	62%	23,9°	28,6°	66%
Casa 7	21,7°	22°	68%	25,6°	27,5°	59%	26,3°	27,5°	61%
Casa 8	20,7°	21,9°	70%	25,8°	27,1°	59%	24°	33,3°	57%
Casa 9	21,8°	22°	69%	26,4°	28,7°	64%	25,4°	27,2°	69%
Casa 10	21,3°	21,7°	75%	23,3°	26,8°	6,4%	26°	27°	60%
Casa 11	21,2°	22,5°	69%	26°	27,5°	60%	24,5°	29°	59%
Casa 12	20,3°	21,1°	65%	25,1°	27,8°	67%	25,8°	27°	60%

Tabla de resultados 02 mediciones microclimáticas - Elaboración propia

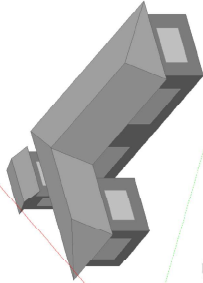
## Trabajo de campo Fase 3

Se evaluó el desempeño térmico y energético con DesignBuilder v7 (motor EnergyPlus), integrando propiedades termo-físicas, clima local y patrones de ocupación. Se priorizó ventilación natural (sin sistemas mecánicos), activando el Natural Ventilation Model con 6 cálculos por hora (transitorio). Aberturas se configuraron según WWR observado y rosa de vientos; escenarios: (1) ventanas cerradas, (2) 100% abiertas, (3) ventilación cruzada completa. Se modelaron protecciones solares reales (aleros, voladizos, cortasoles) y vegetación inmediata. Sugerencia visual: capturas del modelo con zonas térmicas y panel de opciones de ventilación natural (pasos/hora y reglas de apertura).

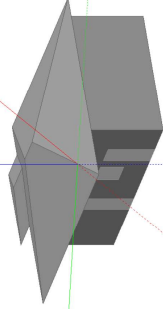
Casa 1



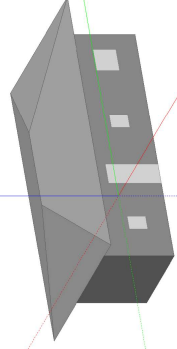
Casa 2



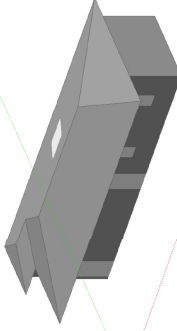
Casa 3



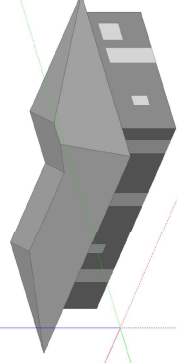
Casa 4



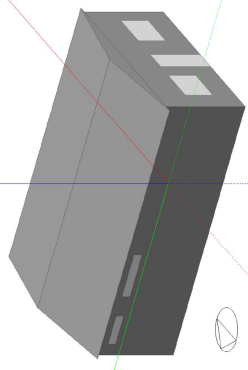
Casa 5



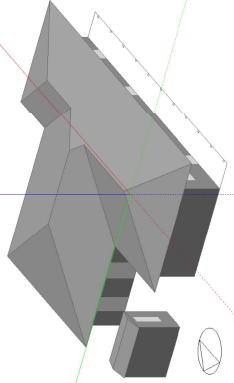
Casa 6



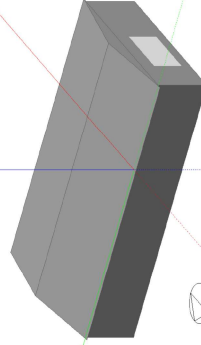
Casa 1



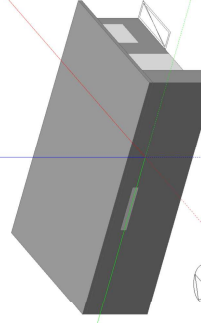
Casa 2



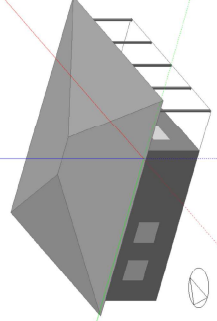
Casa 3



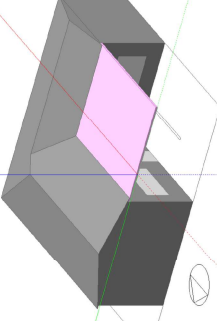
Casa 4



Casa 5



Casa 6



## Trabajo de campo Fase 4

Las 12 viviendas se modelaron a partir de levantamientos in situ, reproduciendo geometrías, orientación, vanos y dispositivos de sombreado (aleros/persianas), así como arborización próxima. El clima se definió con EPW de la estación más cercana (Manizales) por similitud orográfica, integrando radiación, T°, HR, viento (IDEAM; ASHRAE Fundamentals, 2017).

Configuración de materiales y sistemas constructivos (U-values) Se calculó la transmitancia térmica según ISO 6946 ( $U = 1/R_{total}$ ), definiendo capas con espesor, conductividad, densidad y calor específico (Cp), para una simulación dinámica:

SISTEMA CONSTRUCTIVO EN BAHAREQUE				
Capa Nº	Material	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m·K)	R ( $m^2K/W$ )
1	Pintura + estuco	0,005	0,87	0,006
2	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
3	Barro + cañabrava	0,025	0,35	0,071
4	Cámara de aire (no ventilada, vertical)	0,10-0,12	—	<b>0,18</b>
5	Barro + cañabrava	0,025	0,35	0,071
6	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
7	Pintura + estuco	0,005	0,87	0,006

SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE DE ARCILLA				
Nº	Material	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m·K)	R ( $m^2K/W$ )
1	Pintura + estuco	0,005	0,87	0,006
2	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
3	Bloque arcilla macizo	0,1	0,72	0,139
4	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
5	Pintura + estuco	0,005	0,87	0,006

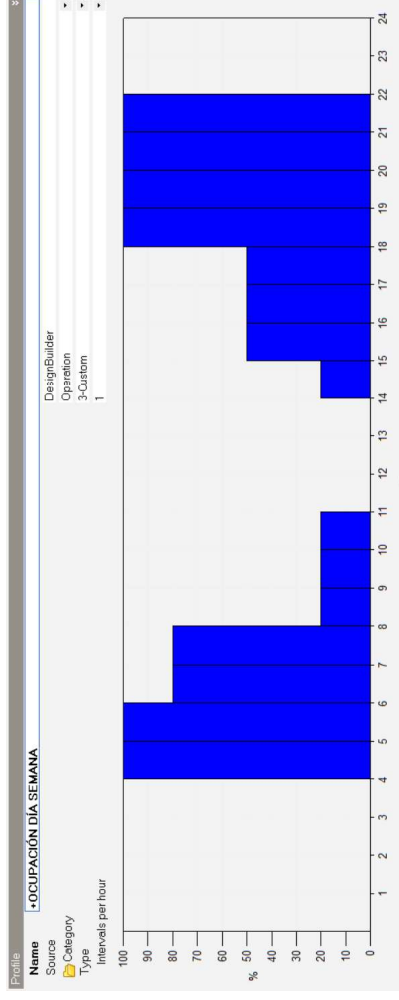
Sistema	R total ( $m^2K/W$ )	U = K ( $W/m^2K$ )
Bahareque	0,52	1,92
Bloque arcilla	0,34	2,94

Tablas de conductividad térmica y comparación de sistemas constructivos evaluados

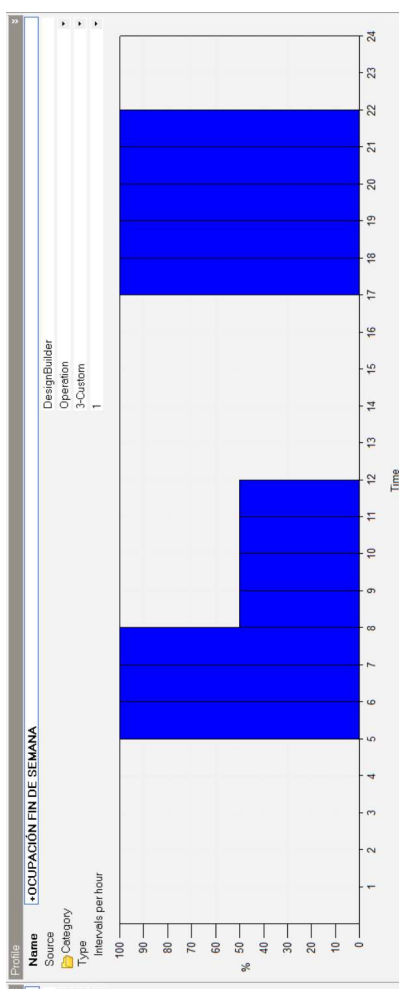
## Trabajo de campo Fase 4

### Actividad interna y cargas internas.

Se estimó densidad de potencia ( $W/m^2$ ) como sumatoria de equipos/área construida; para viviendas  $\sim 70 m^2$ , valor representativo  $3.5-4.0 W/m^2$  (Lechner, 2015). Rutinas de ocupación según etnografía: días laborales con desocupación diurna parcial y retorno vespertino; fines de semana con mayor ocupación (adultos mayores permanentes y presencia intermitente del resto de la familia). Esta configuración permite modelar interacción entre metabolismo humano (ganancias sensible/latente), ventilación natural y respuesta material. Sugerencia visual: diagrama de horarios (weekday/weekend) y tabla de cargas internas por zona.



Ocupación casa días semana



Ocupación casa fin de semana

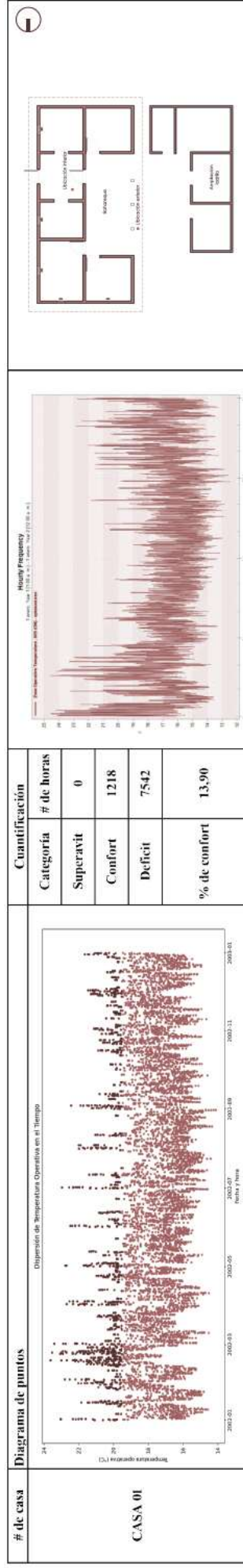
# Resultados simulaciones

## Indicador y criterio de confort

Se trabajó con temperatura operativa (TO) por hora del año y se clasificaron las 8.760 horas respecto al rango adaptativo ASHRAE 55 (edificios naturalmente ventilados): 80% aceptabilidad entre 19,9–26,9 °C; neutralidad local 23,4 °C (De Dear & Brager, 1998). Cada hora se codificó como:

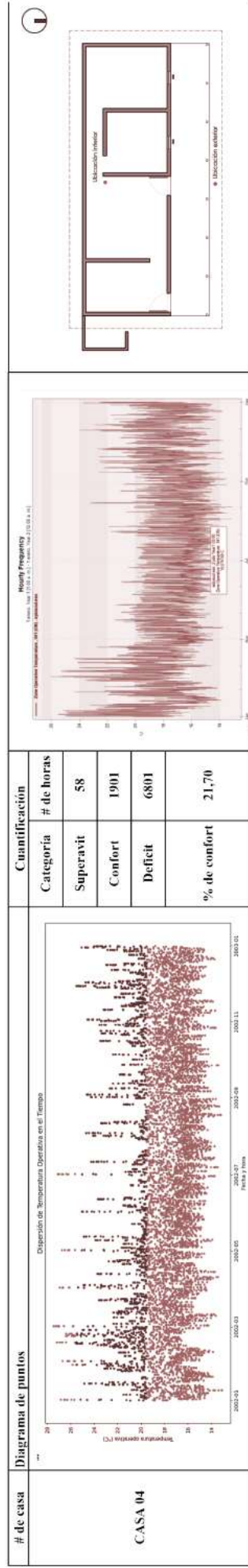
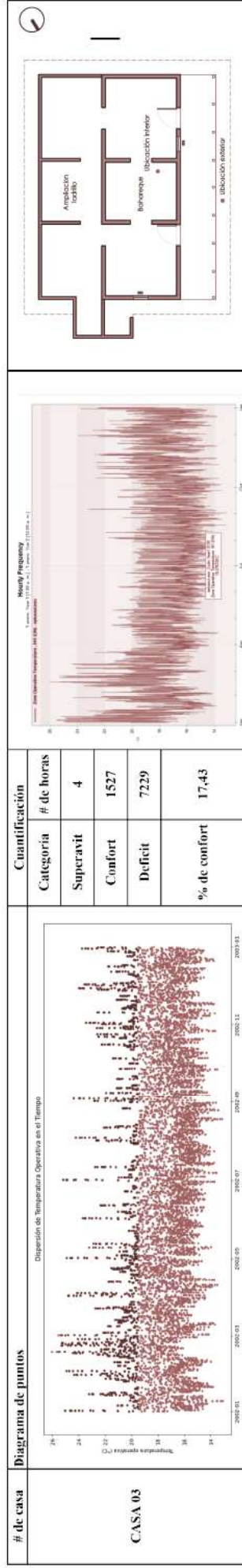
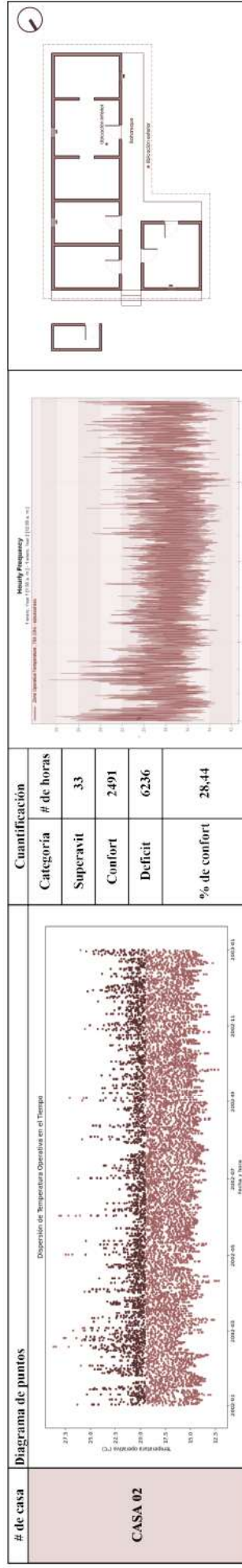
- Déficit (Rosa oscuro): por debajo de 19,9 °C**
- Confort (Rojo): dentro de 19,9–26,9 °C**
- Superávit (Rosa claro): por encima de 26,9 °C**

Los datos se exportaron a Excel para graficar la nube de puntos (TO vs. hora anual) y contabilizar horas en cada categoría.



# HABITAR LA MEMORIA - Maestría de hábitat sustentable

# 09- Resultados simulaciones



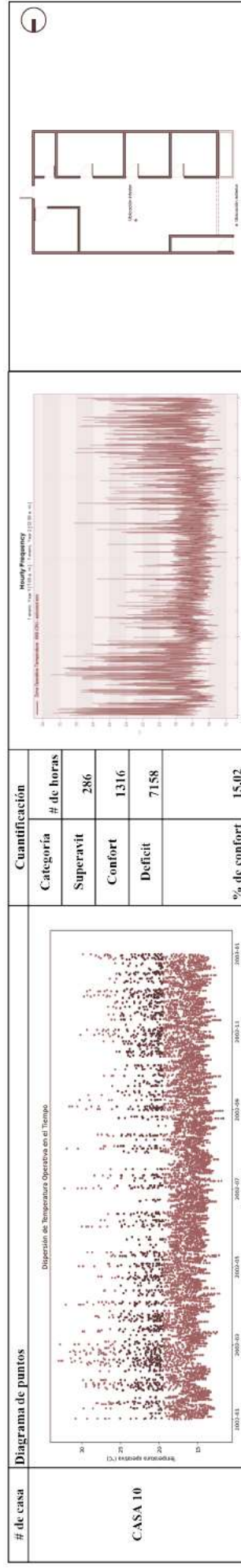
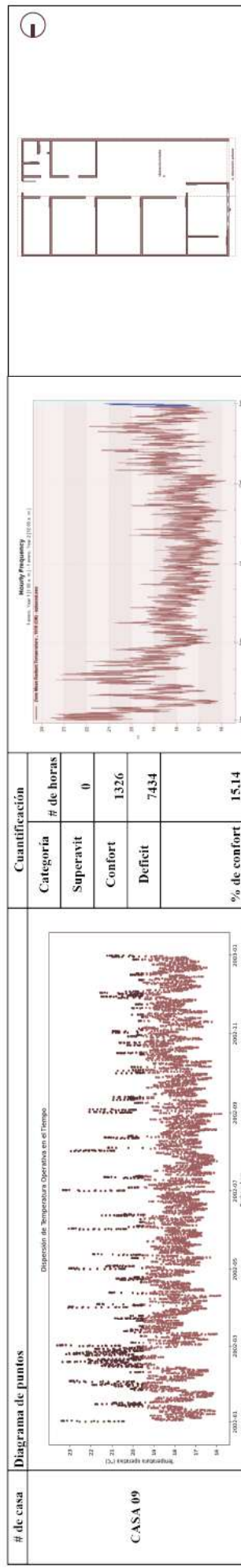
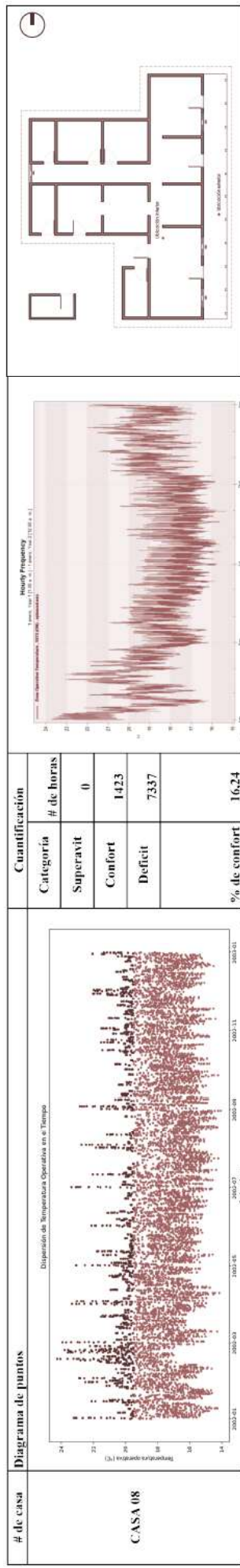
# HABITAR LA MEMORIA - Maestría de hábitat sustentable

# 09- Resultados simulaciones

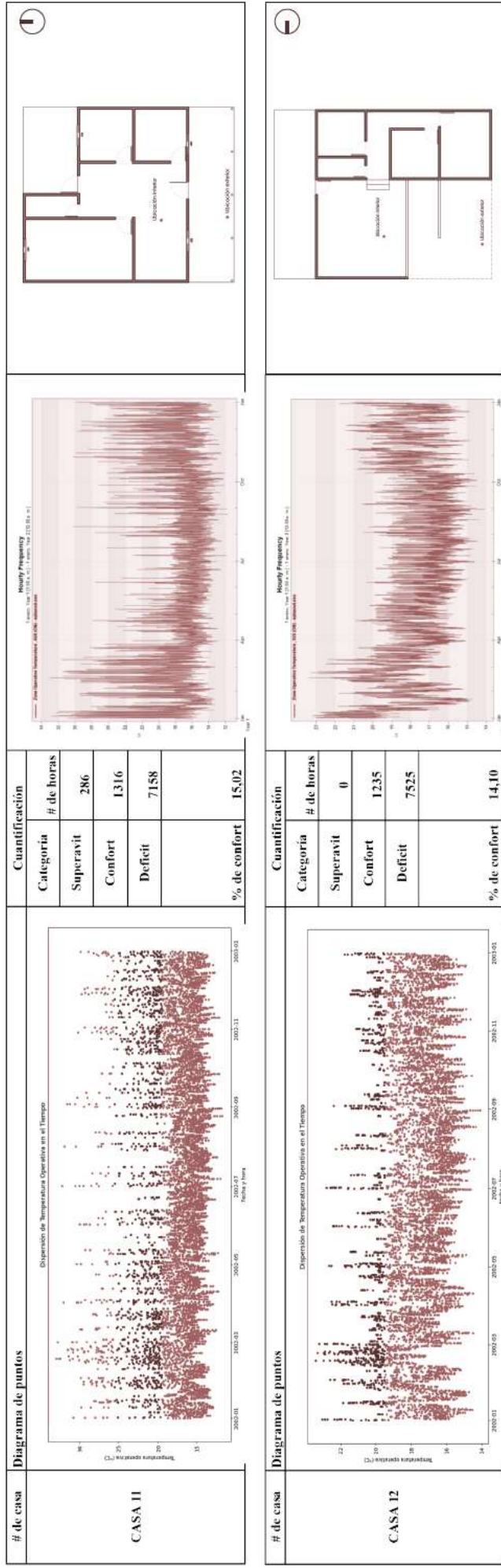
<p># de casa</p> <p>CASA 05</p>	<p>Diagrama de puntos</p> <p>Dispersión de Temperatura Operativa en el Tiempo</p>	<p>Cuantificación</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th># de horas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Superavit</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Confort</td> <td>1465</td> </tr> <tr> <td>Deficit</td> <td>7291</td> </tr> <tr> <td colspan="2">% de confort</td> </tr> <tr> <td></td> <td>16.72</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	# de horas	Superavit	4	Confort	1465	Deficit	7291	% de confort			16.72	<p>Hourly Frequency</p>	
Categoría	# de horas															
Superavit	4															
Confort	1465															
Deficit	7291															
% de confort																
	16.72															
<p># de casa</p> <p>CASA 06</p>	<p>Diagrama de puntos</p> <p>Dispersión de Temperatura Operativa en el Tiempo</p>	<p>Cuantificación</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th># de horas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Superavit</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Confort</td> <td>1770</td> </tr> <tr> <td>Deficit</td> <td>6981</td> </tr> <tr> <td colspan="2">% de confort</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20.21</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	# de horas	Superavit	9	Confort	1770	Deficit	6981	% de confort			20.21	<p>Hourly Frequency</p>	
Categoría	# de horas															
Superavit	9															
Confort	1770															
Deficit	6981															
% de confort																
	20.21															
<p># de casa</p> <p>CASA 07</p>	<p>Diagrama de puntos</p> <p>Dispersión de Temperatura Operativa en el Tiempo</p>	<p>Cuantificación</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th># de horas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Superavit</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Confort</td> <td>1966</td> </tr> <tr> <td>Deficit</td> <td>6794</td> </tr> <tr> <td colspan="2">% de confort</td> </tr> <tr> <td></td> <td>22.44</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	# de horas	Superavit	0	Confort	1966	Deficit	6794	% de confort			22.44	<p>Hourly Frequency</p>	
Categoría	# de horas															
Superavit	0															
Confort	1966															
Deficit	6794															
% de confort																
	22.44															

# HABITAR LA MEMORIA - Maestría de hábitat sustentable

# 09- Resultados simulaciones



## Fase 5: Resultados



# Caso de alto desempeño: CASA 02

Horas en confort: 2.491 h/año (28,44% del total).

Rasgos morfológicos y pasivos asociados al buen resultado:

Planta longitudinal con organización lineal y pasillo interior que favorece recorridos de aire y control del asoleamiento. Orientación longitudinal oriente-occidente (eje principal), con el volumen dispuesto aproximadamente a 45° respecto al Norte, lo que reduce exposición crítica en fachadas extensas y facilita el control de ganancias solares en mañana/tarde. Relación superficie envolvente/ volumen interior contenida (menores pérdidas por conducción) y dispositivos de sombreado efectivos (aleros/voladizos).



### MAYOR RANGO DE CONFORT - CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE

1. Radiación solar parcial sobre todas sus fachadas a lo largo del año.
2. Implantación favorable para controlar la circulación de viento frío al interior de la vivienda.
3. Zonas privadas con mayor captación de radiación
4. Construcción en bahareque, menor fluctuación de la temperatura al interior de los espacios actúa como aislante para evitar el superhabit y el déficit.

### DESVENTAJAS

1. Poca iluminación natural
2. Poca flexibilidad de los espacios
3. Poca relación con el contexto

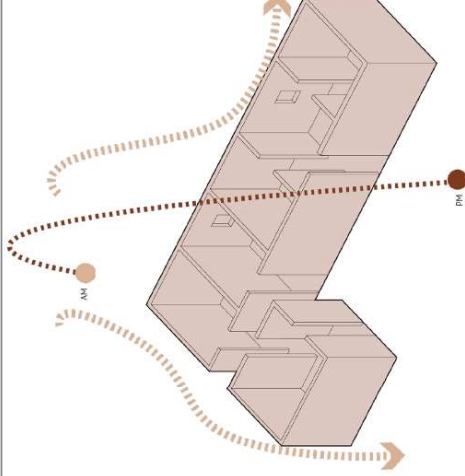
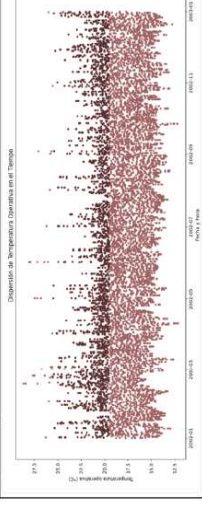
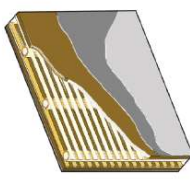


Diagrama de puntos



Capa Nº	Material	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m·K)	R (m <sup>2</sup> /W)
1	pintura + estuco	0,005	0,87	0,006
2	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
3	Barro + cañabrava	0,025	0,35	0,071
4	Cámara de aire (no ventilada, vertical)	0,10-0,12	—	0,18
5	Barro + cañabrava	0,025	0,35	0,071
6	Repello cemento	0,01	1,4	0,007
7	pintura + estuco	0,005	0,87	0,006

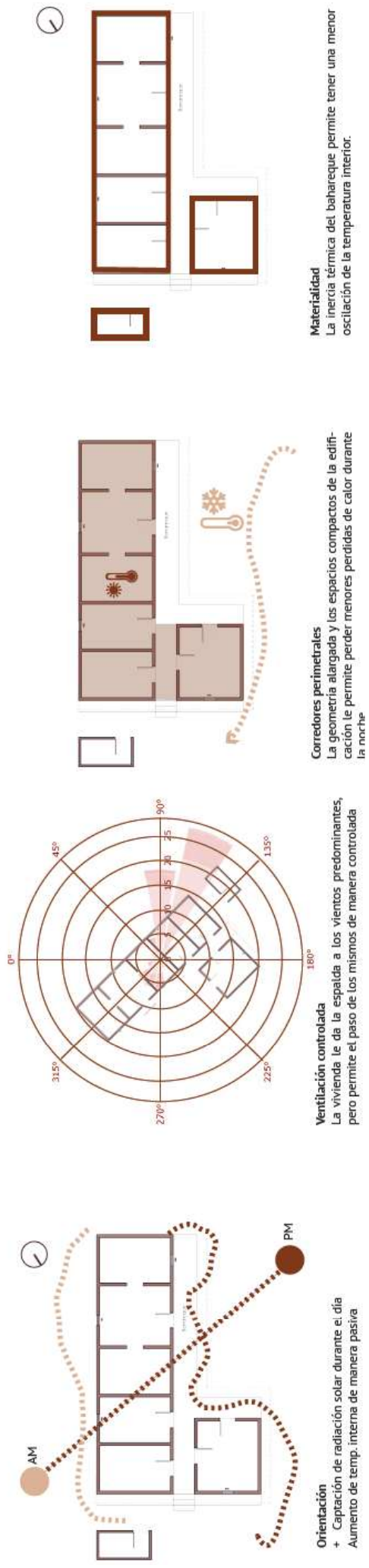


Cuantificación	
Categoría	# de horas
Superavit	33
Confort	2.491
Deficit	6236
% de confort 28,44	

## Caso de alto desempeño: CASA 02

La vivienda tradicional en bahareque, cuando mantiene organización longitudinal, sombreados adecuados y ventilación cruzada, muestra mejor amortiguación térmica diaria (mayor número relativo de horas en confort) frente a convencionales con envolventes de mayor U y menor control solar. No obstante, los resultados también evidencian que la tipología por sí sola no garantiza confort: la orientación, compactidad, jerarquía de vanos y dispositivos de sombreado determinan gran parte del desempeño.

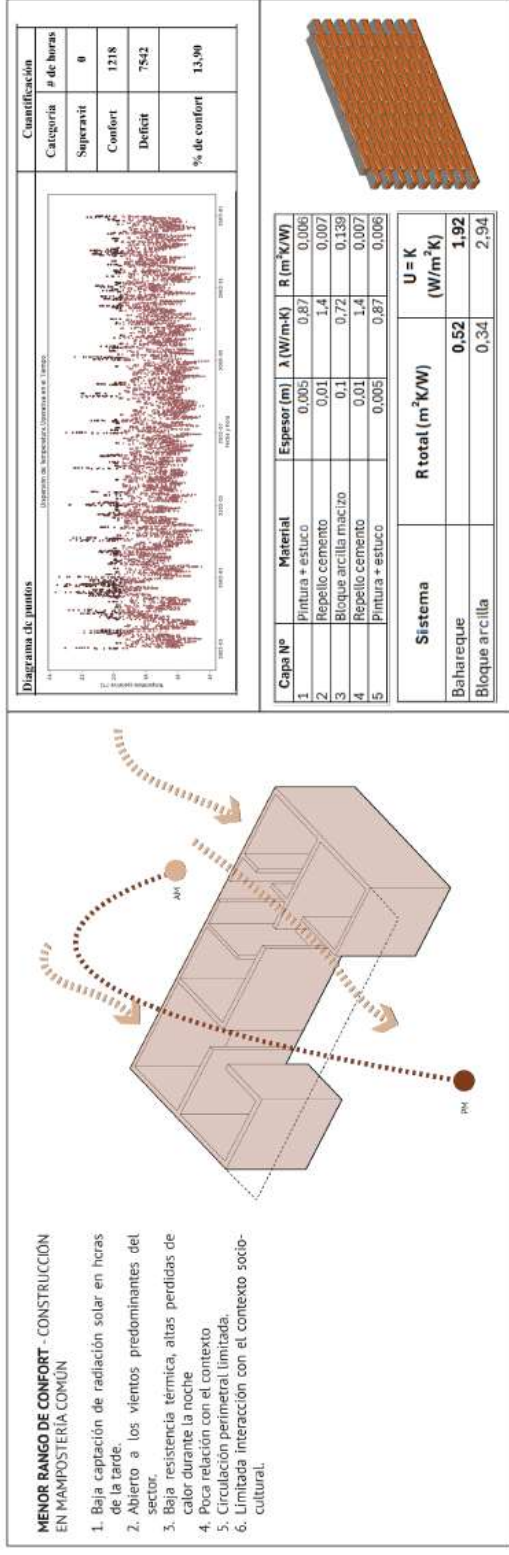
La nube de puntos (TO anual) se consolidó como métrica central para decidir orientación, control de vanos/sombreado y nivel de inercia térmica requerido por recinto, preparando la transición hacia la Propuesta (sección 12) y la verificación de su mejora en horas de confort.



## Caso de peor desempeño: CASA 01

### Hallazgos

- Las casas tradicionales amortiguan mejor la oscilación térmica diaria; las convencionales exhiben picos térmicos y mayor HR variable.
- La orientación longitudinal E-O, la compacidad y los sombreados calibrados son decisivos para aumentar horas en confort.
- La ventilación cruzada efectiva (con reglas de apertura) reduce el tiempo en superávit y mejora el secado higrotérmico.
- La evaluación con banda adaptativa (19,9–26,9 °C; neutral 23,4 °C) permite una lectura consistente del desempeño y sus márgenes de mejora.



## Propuesta de diseño

La propuesta surge de integrar tres insumos:

1. Las mediciones y observaciones etnoarquitectónicas en Miraflores
2. El diagnóstico y las cartas bioclimáticas (ASHRAE 55 adaptativo; Olgyay; Givoni).
3. Simulaciones con DesignBuilder/EnergyPlus. La vivienda se concibe como un sistema climático pasivo que articula orientación, morfología y materialidad vernácula con el proceso productivo del café, para maximizar horas en confort bajo el modelo adaptativo.

El proceso del café como rector del diseño. La cadena postcosecha, en particular el secado, exige disminuir la humedad del grano de ~50-55% a 10-12% en condiciones térmicas controladas (~40-45 °C) y ventilación moderada. Por ello, la vivienda integra explícitamente el secado del café en su segundo nivel, que opera como invernadero solar. Así, el “hacer productivo” y el “habitar” se entrelazan térmica y espacialmente: el nivel superior capta y eleva la temperatura ( $\approx 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mientras transfiere calor gradualmente al nivel habitable inferior.



1. Cosechar



2. Selección del grano



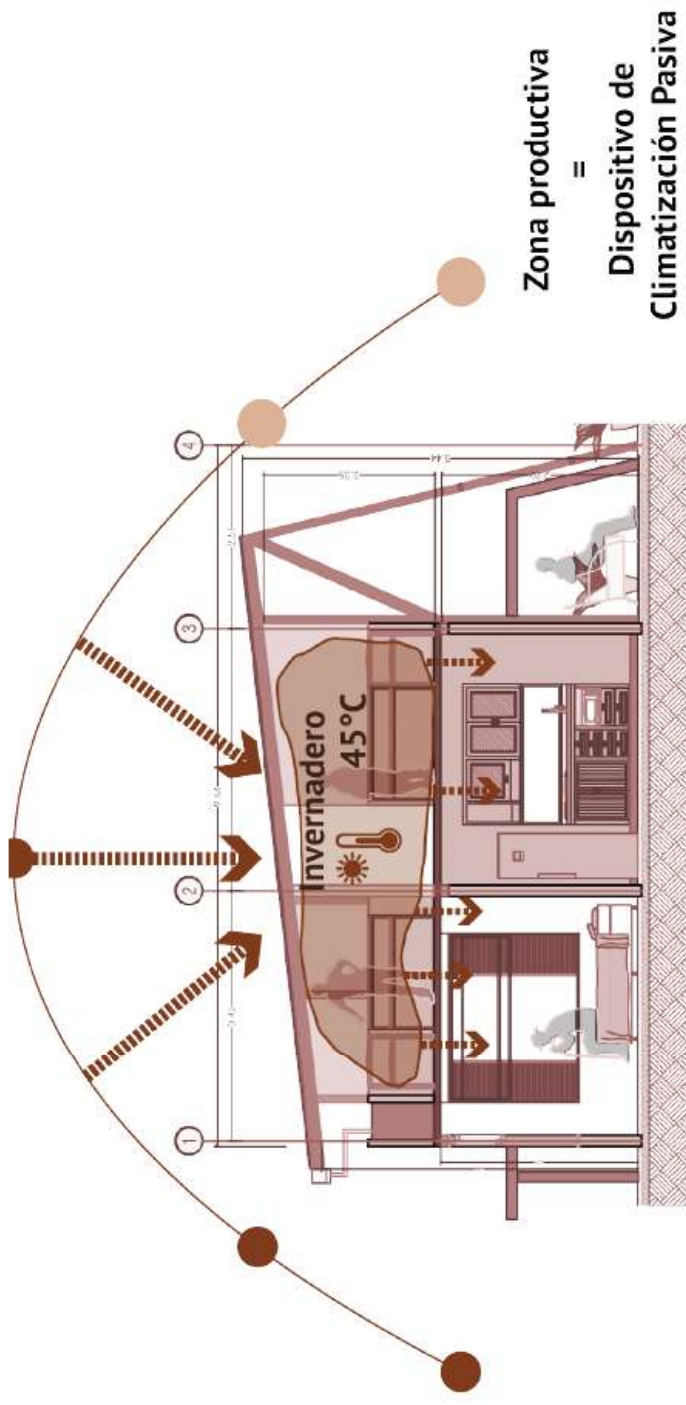
3. Despulpas el grano



4. Secado del grano

## Propuesta de diseño

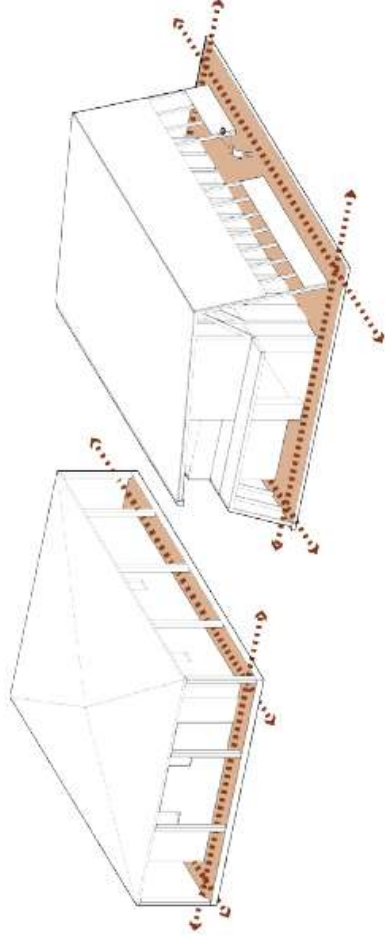
Ciclo de producción y secado del café  
Incorporación del proceso productivo del café como dispositivo de climatización pasiva



**Masa Térmica** - Calentar los espacios interiores durante la noche

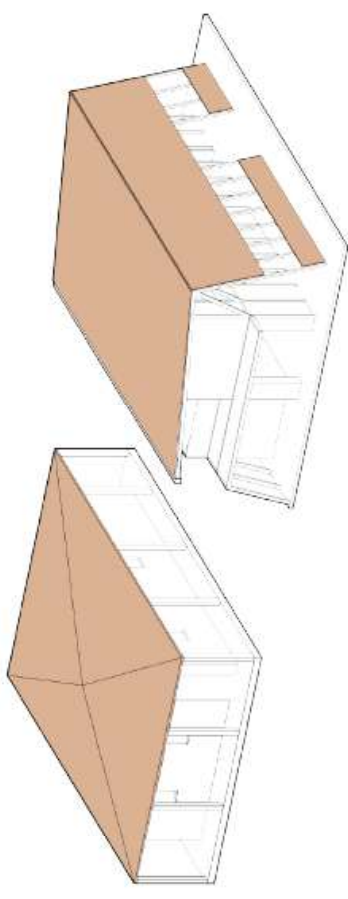
## Propuesta de diseño

**Criterio de confort adaptativo** (marco de evaluación) Bajo ASHRAE 55 (modo adaptativo para edificios naturalmente ventilados), se asume una neutralidad local de 23,4 °C y un rango de aceptabilidad del 80% entre 19,9–26,9 °C (De Dear & Brager, 1998). Estos valores se usan como referencia flexible para el diseño y para validar la propuesta en simulación. Fórmula en arte:  $Tem.conf = 0.31 \cdot Trm + 17.8$ .



### Pasillos perimetrales - Zaguán

Pasillos perimetrales como elemento estructurador del proyecto, del recorrido a la permanencia y la producción.



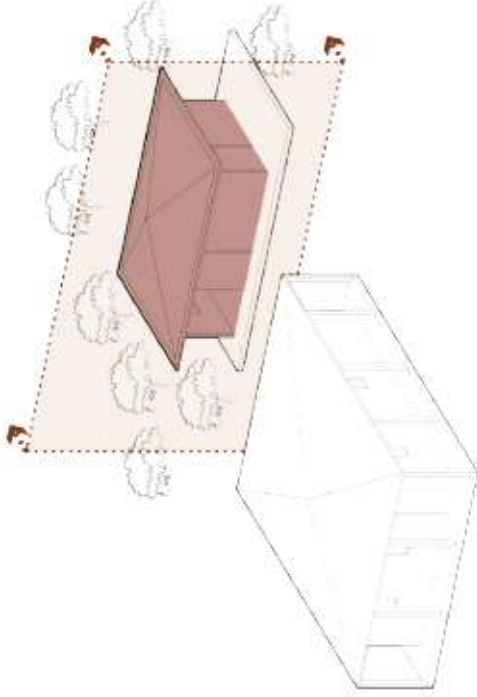
### Cubierta

La cubierta como envolvente de la fachada, se integra para reforzar los espacios de transición entre la vivienda y el exterior.

## Propuesta de diseño

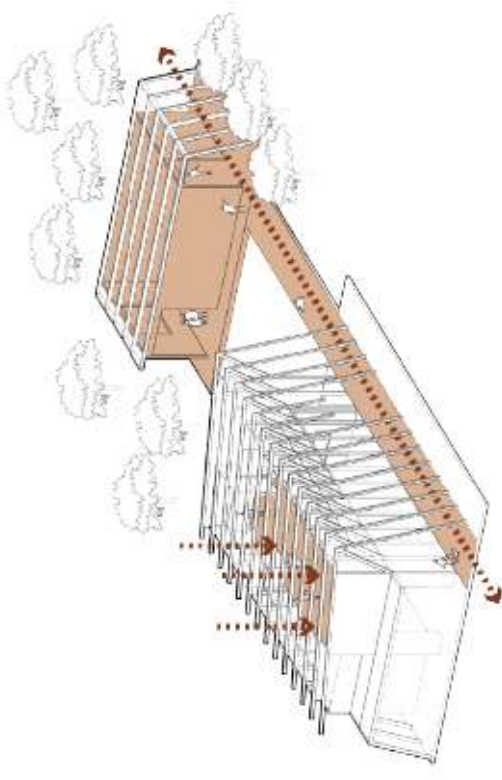
### Implantación y orientación:

Se modelaron orientaciones comparadas tomando como guía la Casa 02 (mejor desempeño del muestreo). La orientación longitudinal oriente-occidente, con eje principal E-O y fachadas largas hacia N-S, minimiza la exposición crítica a radiación de baja altura en mañana/tarde, facilita el control solar con aleros y reduce pérdidas por conducción al jerarquizar superficies.



### Producción agrícola (Actual)

Espacios de producción agrícola separada de espacios habitables, menor capacidad de almacenamiento.

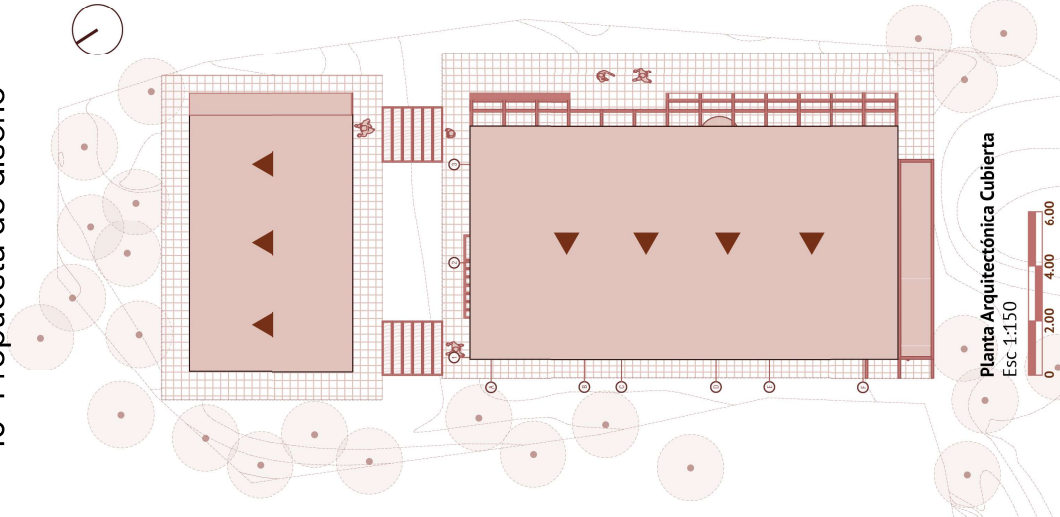
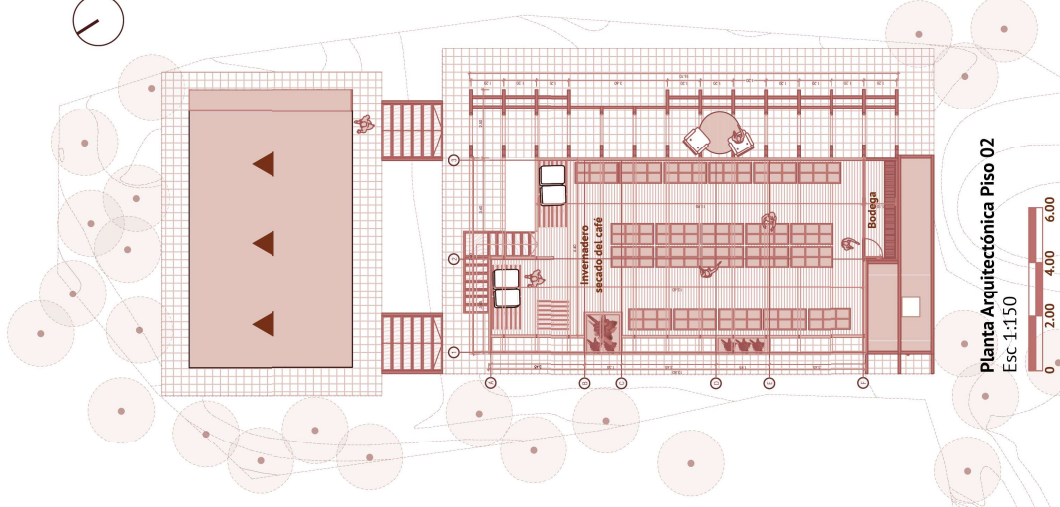
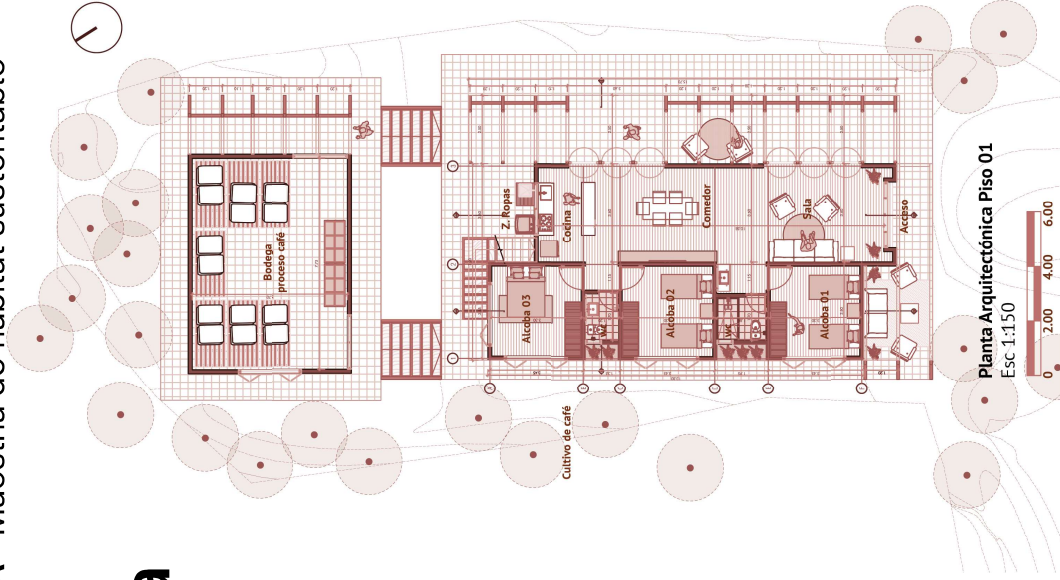


### Producción agrícola (propuesta)

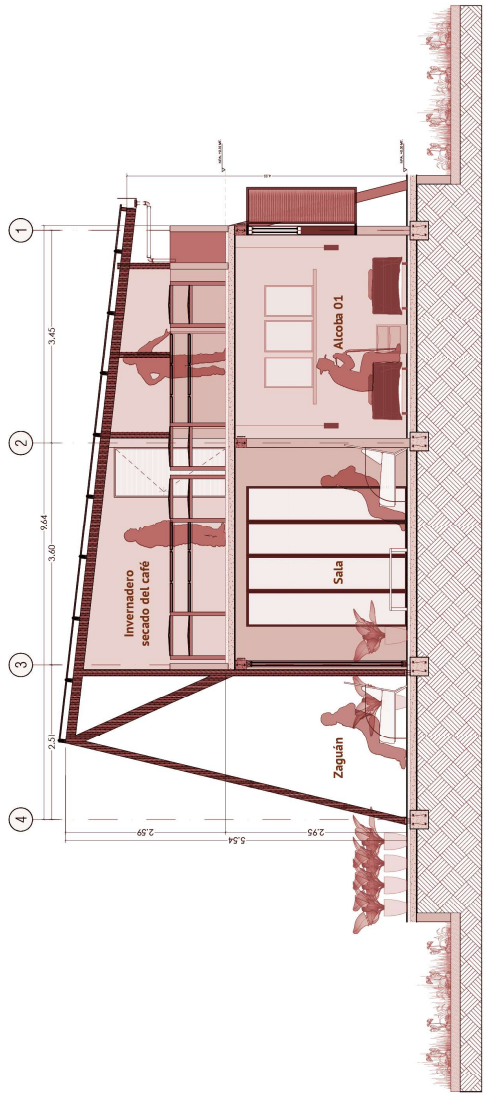
Integrar el proceso agrícola a la vivienda - aprovechamiento de 2do piso para secado de café y acumulación de calor para la noche.

# Planimetría

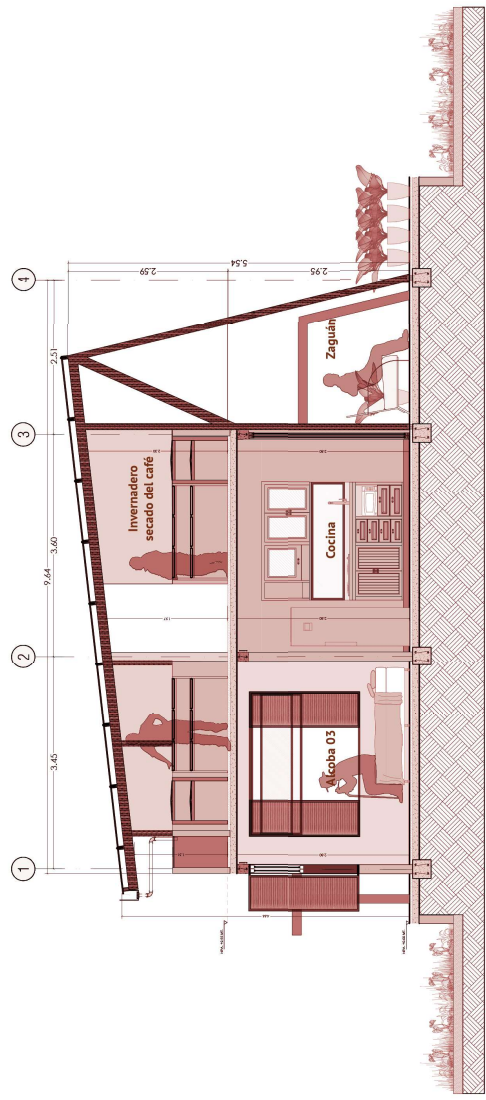
## 10- Propuesta de diseño



# Planimetría

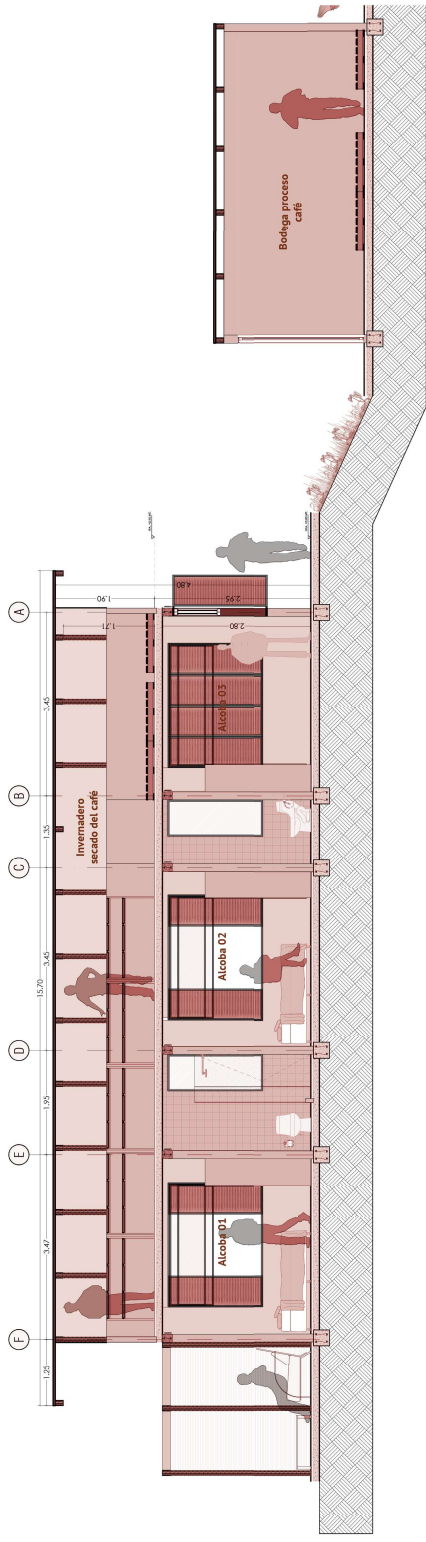


Sección Transversal 01  
Esc. 1:75



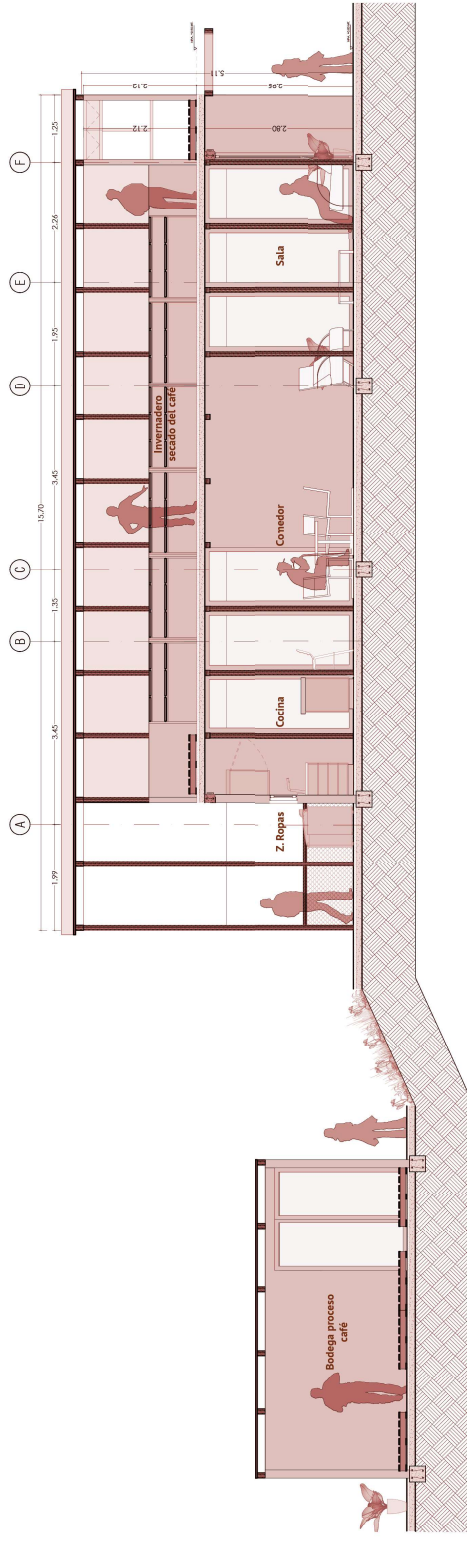
Sección Transversal 02  
Esc. 1:75

# Planimetría



Sección Longitudinal 01

Esc. 1:75



Sección Longitudinal 02

Esc. 1:75



# Planimetría



Fachada Suroeste  
Esc 1:75

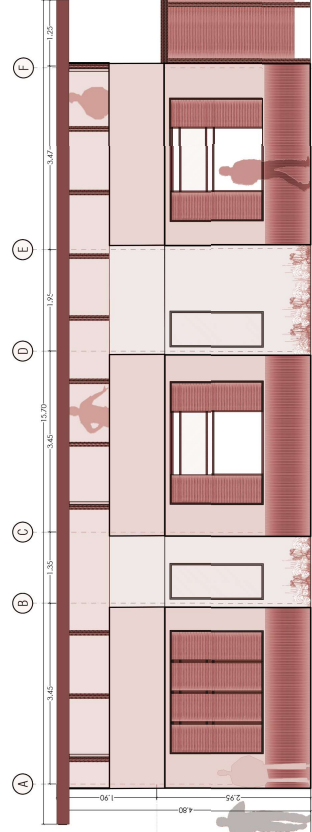


Fachada Noreste  
Esc 1:75

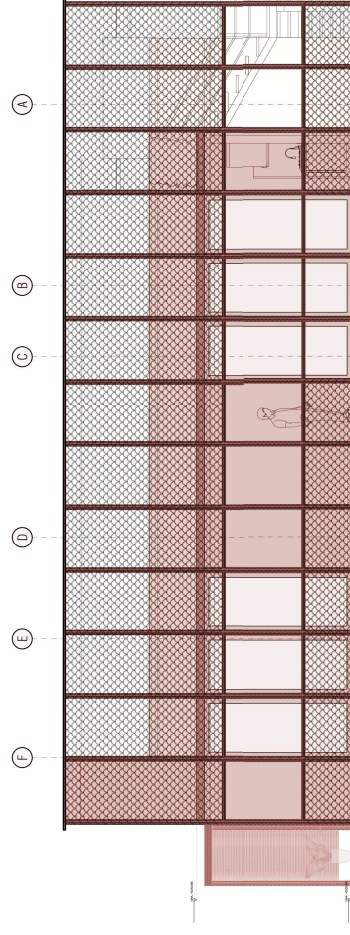
# Planimetría



# Planimetría



Fachada Noroeste  
Esc 1:75



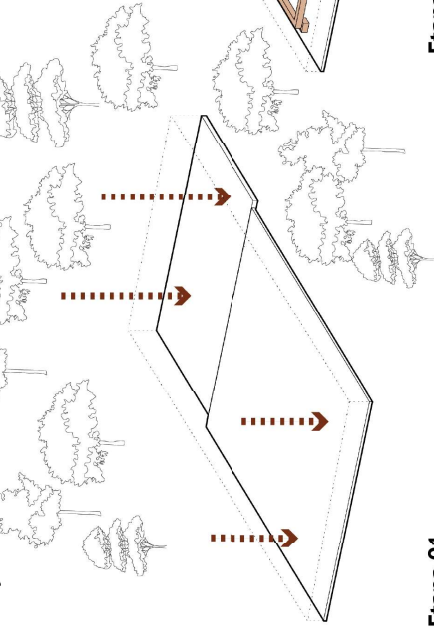
Fachada Sureste  
Esc 1:75



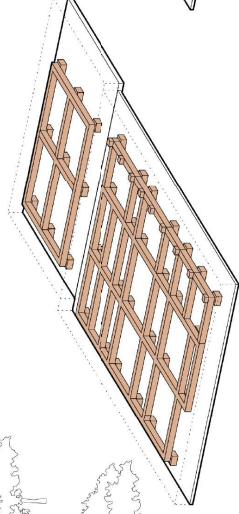
## Sistema constructivo

### Proceso constructivo

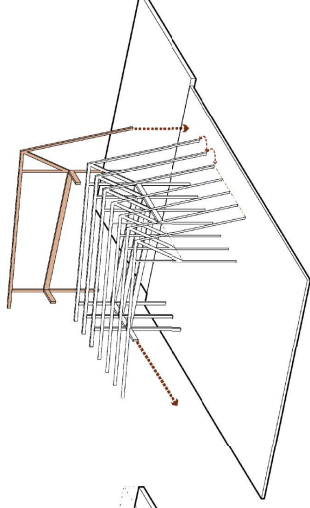
Sistema constructivo de muros portantes en bloque de adobe, repellado, estucado y pintado, sistema porticado de madera y concreto, incorporación de elementos representativos de la región en el diseño de fachadas y envolvente con el fin de mejorar las condiciones climáticas al interior de la vivienda.



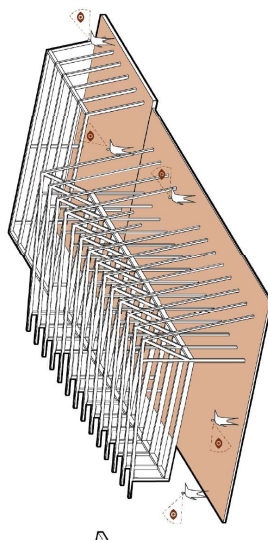
**Etapa 01**  
Localización y replanteo /  
excavación



**Etapa 02**  
Fundición de zapatas y  
vigas de cimentación

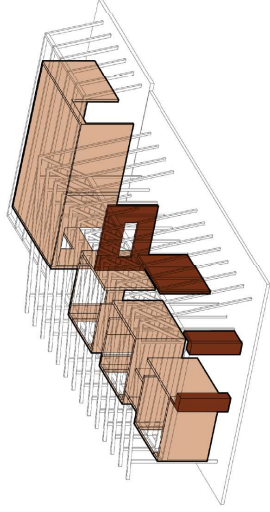


**Etapa 03**  
Instalación estructura de  
madera prefabricada



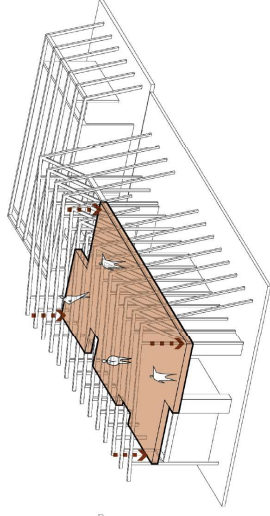
**Etapa 04**  
Estructura aporticada genera  
la espacialidad del proyecto  
en relación al exterior

## Sistema constructivo

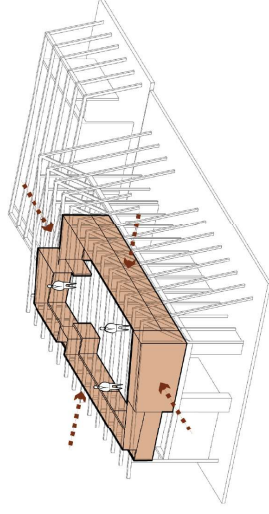


**Etapa 05**  
Instalación de muros divisorios y portantes

- Muros en bahareque
- Muros en bloque adobe



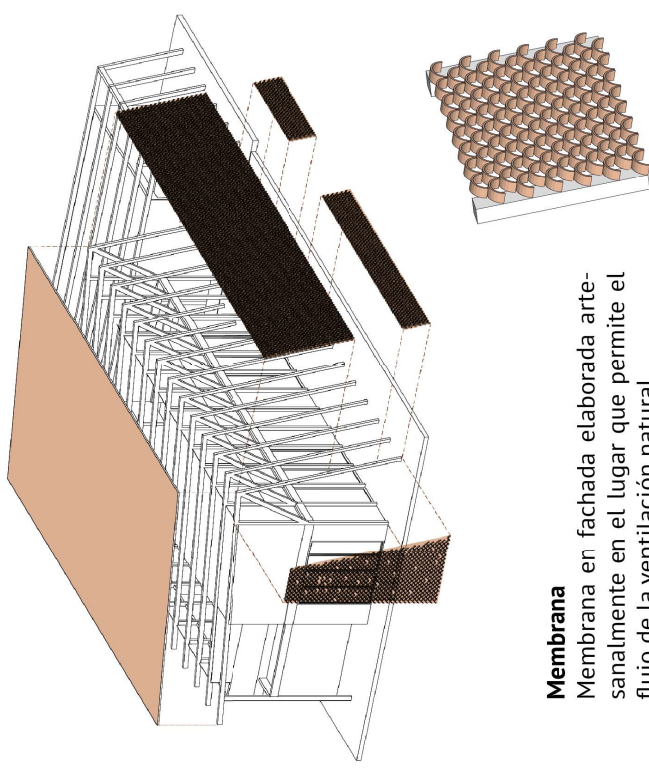
**Etapa 06**  
Fundición de losa maciza en concreto - Masa térmica



**Etapa 07**  
Cerramiento 2do nivel en lona plástica (invernadero)

**Etapa 08**

Instalación de cubierta y membrana en fachada (elementos culturales de la zona)



### Membrana

Membrana en fachada elaborada artesanalmente en el lugar que permite el flujo de la ventilación natural



**HABITAR LA MEMORIA - Maestría de hábitat sustentable**

**10-Propuesta de diseño**





## Estrategias pasivas implementadas

### Estrategias de climatización pasiva

Cerramientos con baja U en adobe y bahareque con cámara de aire para reducir pérdidas nocturnas de temperatura y aumentar la ganancia térmica durante el día.

### Ventilación natural regulada

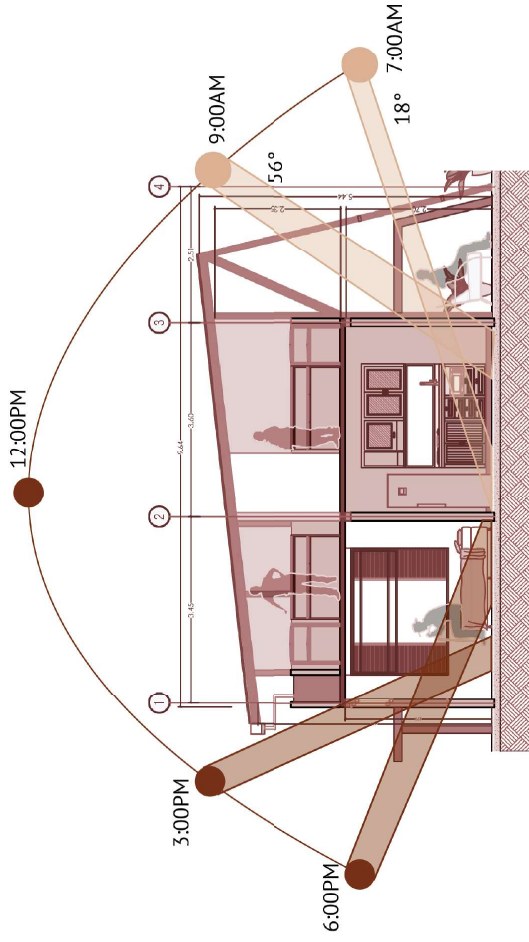
Ventilación cruzada en todas las escalas del proyecto, permitiendo al usuario regular la temperatura interna de acuerdo a la percepción de confort. Permite o restringe la circulación de vientos predominantes en el sector.



## Estrategias pasivas implementadas

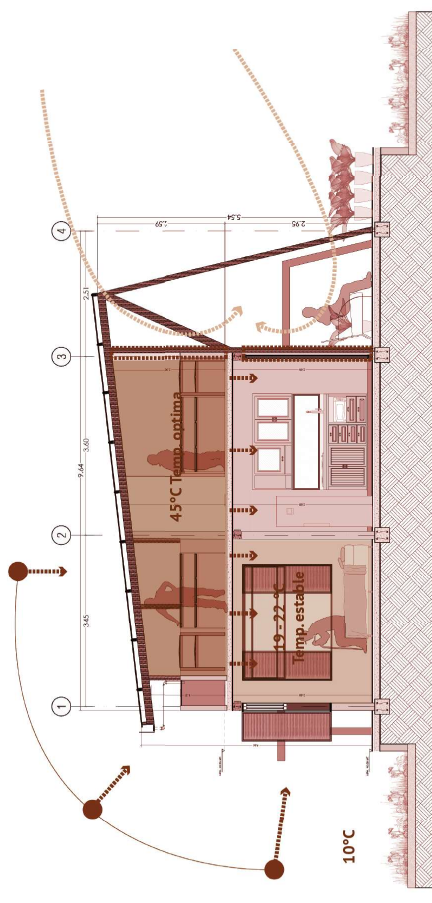
### Masa térmica

Al cerrar las ventanas aumenta la ganancia térmica interna, la losa del segundo nivel funciona como una masa térmica que transfiere calor al interior durante la noche.



### Control solar

Aleros y pieles en guadaña/esterilla que permiten mantener un control óptimo de las ganancias internas por radiación.

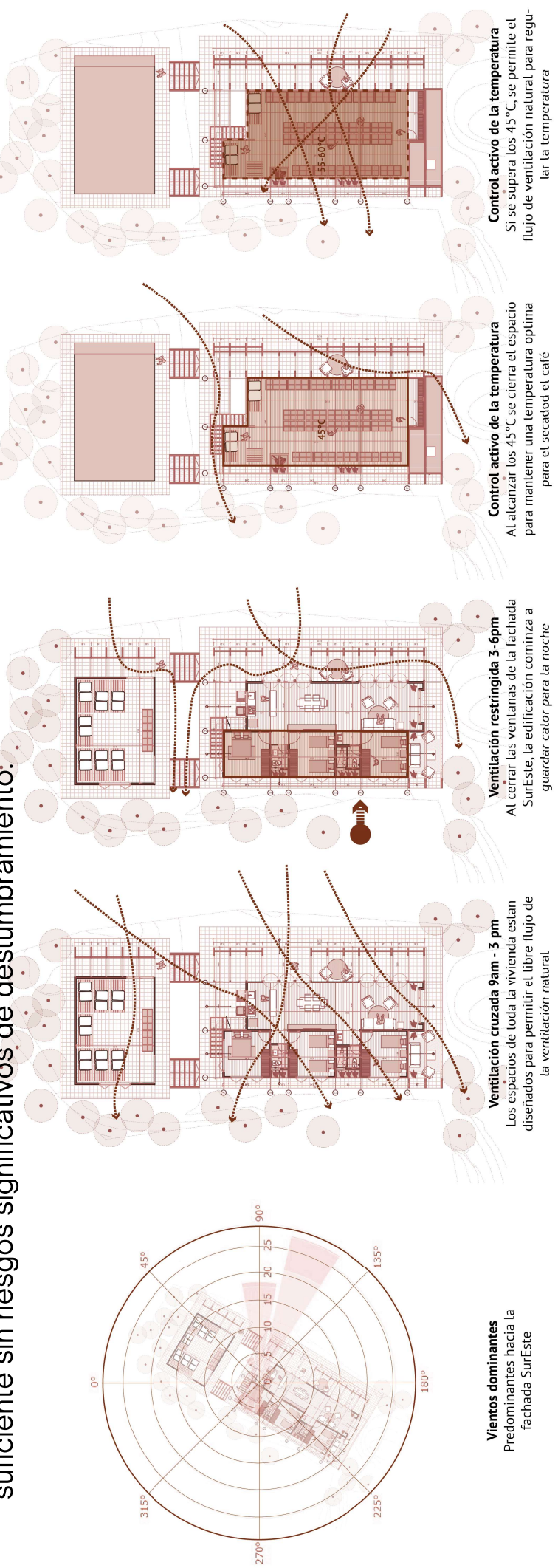


### Nota

Se evaluó térmicamente la lona plástica perimetral frente al vidrio. Los resultados indicaron desempeños comparables en el régimen objetivo de secado; la decisión final privilegia la lona plástica por criterios económicos y de viabilidad local, manteniendo aperturas para ventilación de alivio térmico y control de humedad

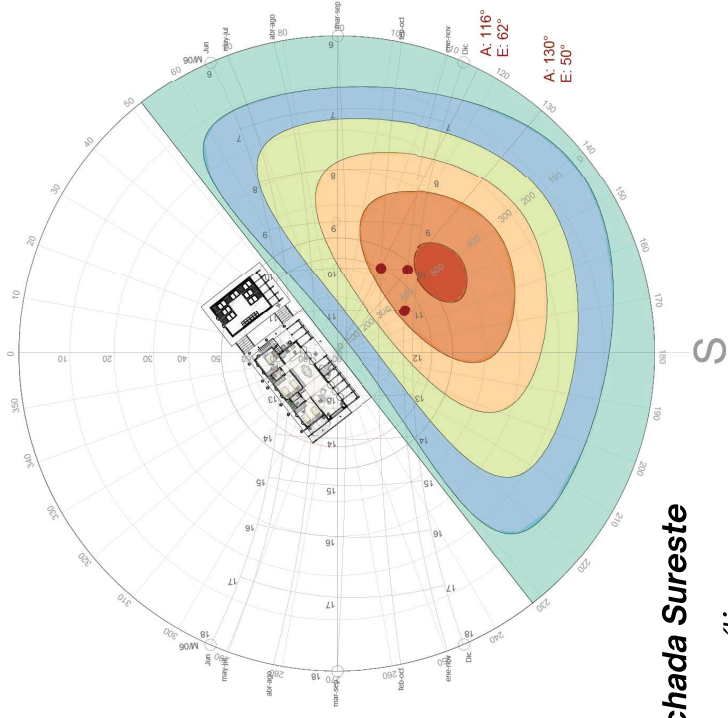
## Ventilación natural

La vivienda de mejor comportamiento térmico presenta un desempeño lumínico adecuado, con valores de DF superiores al 2 %, una Autonomía de Luz Diurna (DA) cercana o superior al 50 %, UDI mayoritariamente dentro del rango de confort (100–2.000 lux) y un ASE controlado por debajo del 10 %, lo que garantiza iluminación natural suficiente sin riesgos significativos de deslumbramiento:



# Incidencia solar

Asoleamiento



Fachada Sureste



Horas críticas:

Octubre 10:00 am y 11:00 am, E: 62° A: 116°

Noviembre 9:00 am y 10:00 am E:50° A: 130°

Rango: Oct, nov y dic - entre 9 am y 11 am (3 meses)

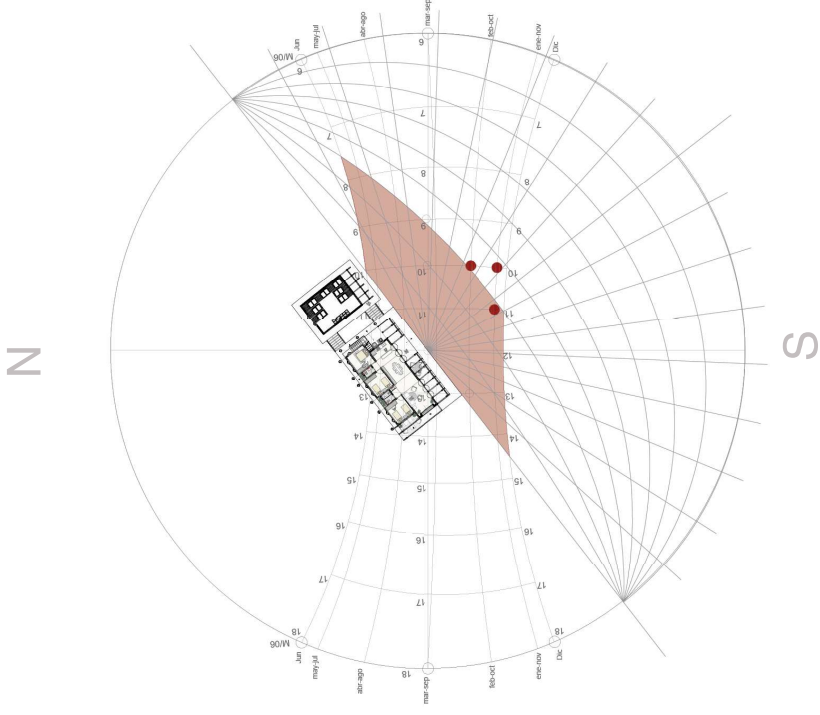
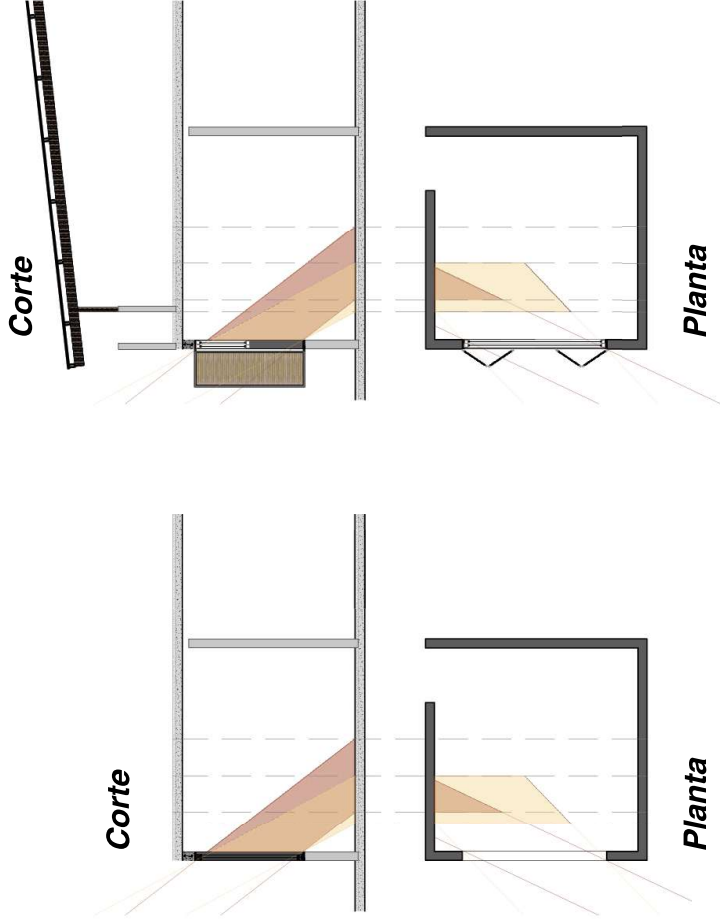


Diagrama de sombras  
Angulo azimutal: 30°

# Incidencia solar

Asoleamiento



## Fachada Sureste

Horas críticas:

Octubre 10:00 AM E: 62° A: 116°

Noviembre 10:00 AM E:50° A: 130°

Rango: Octubre, noviembre y dic - entre 9 pm y 11 pm (3 meses)



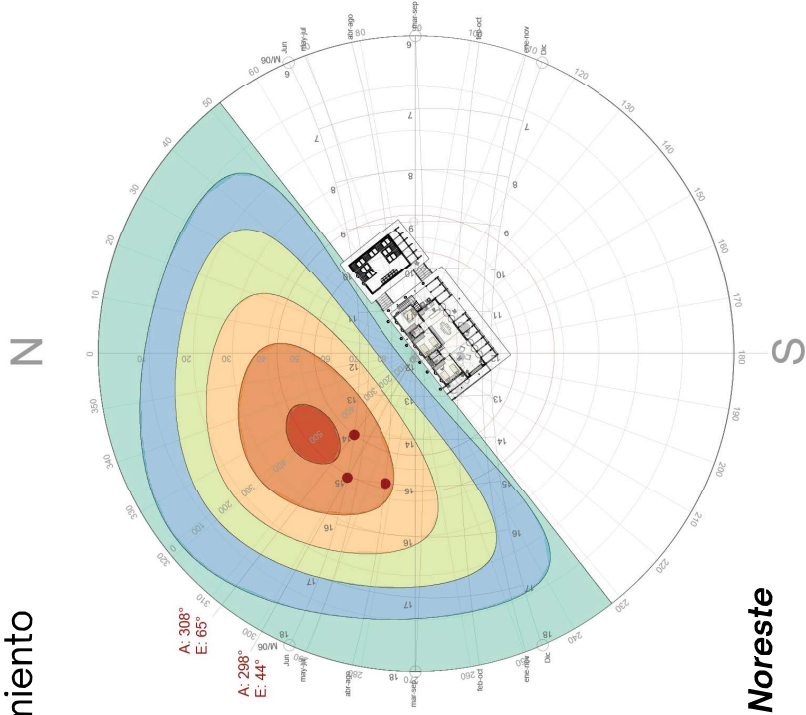
Rayo solar Octubre 10:00 AM E: 62° A: 116°

Rayo solar Noviembre 10:00 AM E:50° A: 130°

Ángulo máscara de sombras

# Incidencia solar

Asoleamiento



Fachada Noreste



Horas críticas:

Mayo 2:00 PM E: 65° A: 308°

Junio 3:00 PM E: 44° A: 298°

Rango: Abril, mayo y junio - entre 1 pm y 3 pm (3 meses)

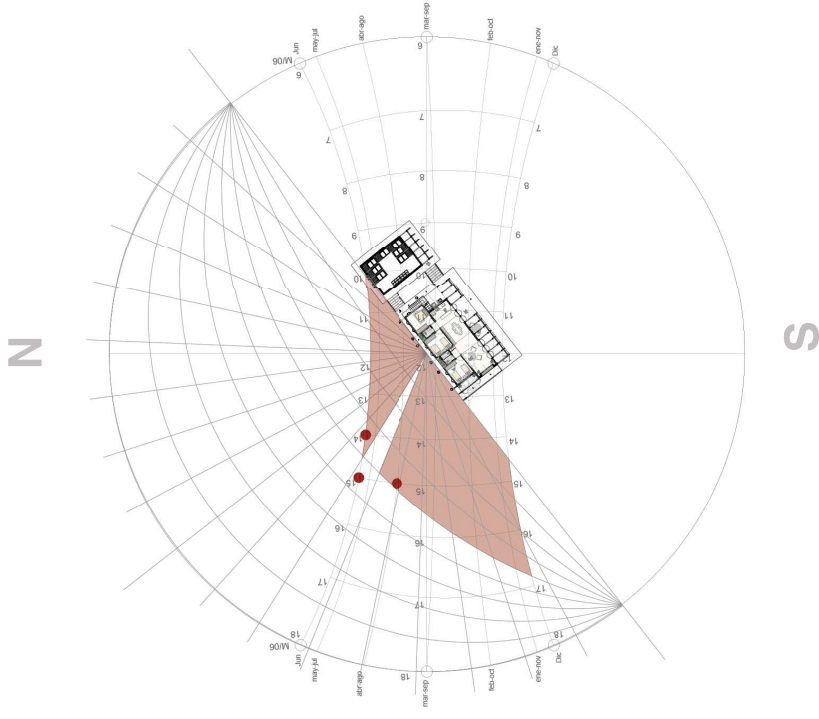


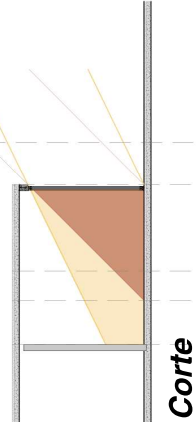
Diagrama de sombras

Ángulo azimutal: 40°

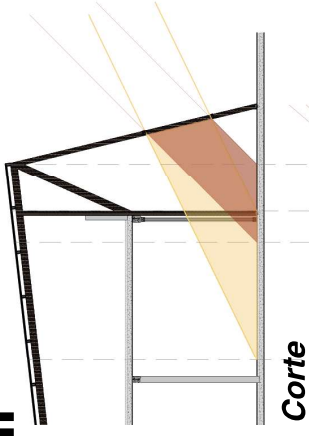
Ángulo de altura: 10°

# Incidencia solar

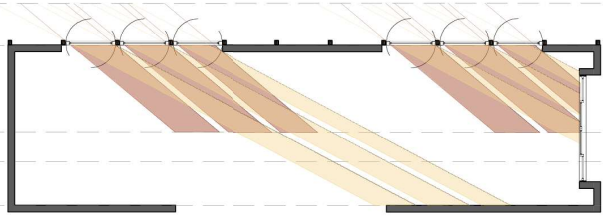
Asoleamiento



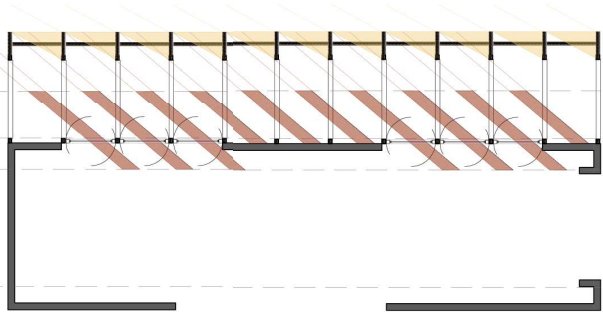
Corte



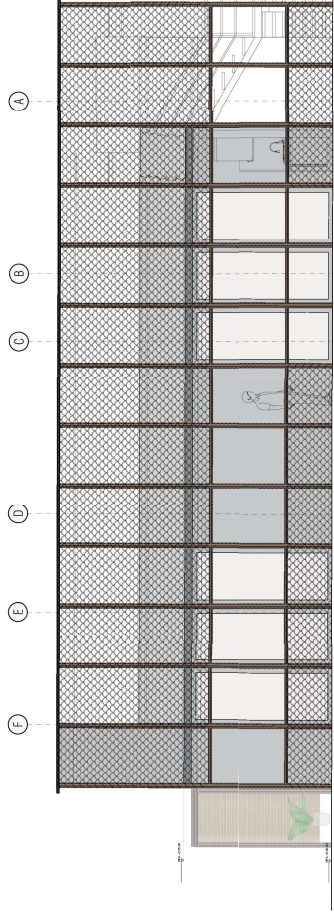
Corte



Planta



Planta



## Fachada noroeste

Horas críticas:

Mayo 2:00 PM E: 65° A: 308°

Junio 3:00 PM E: 44° A: 298°

Rango: Abril, mayo y junio - entre 1 pm y 3 pm (3 meses)



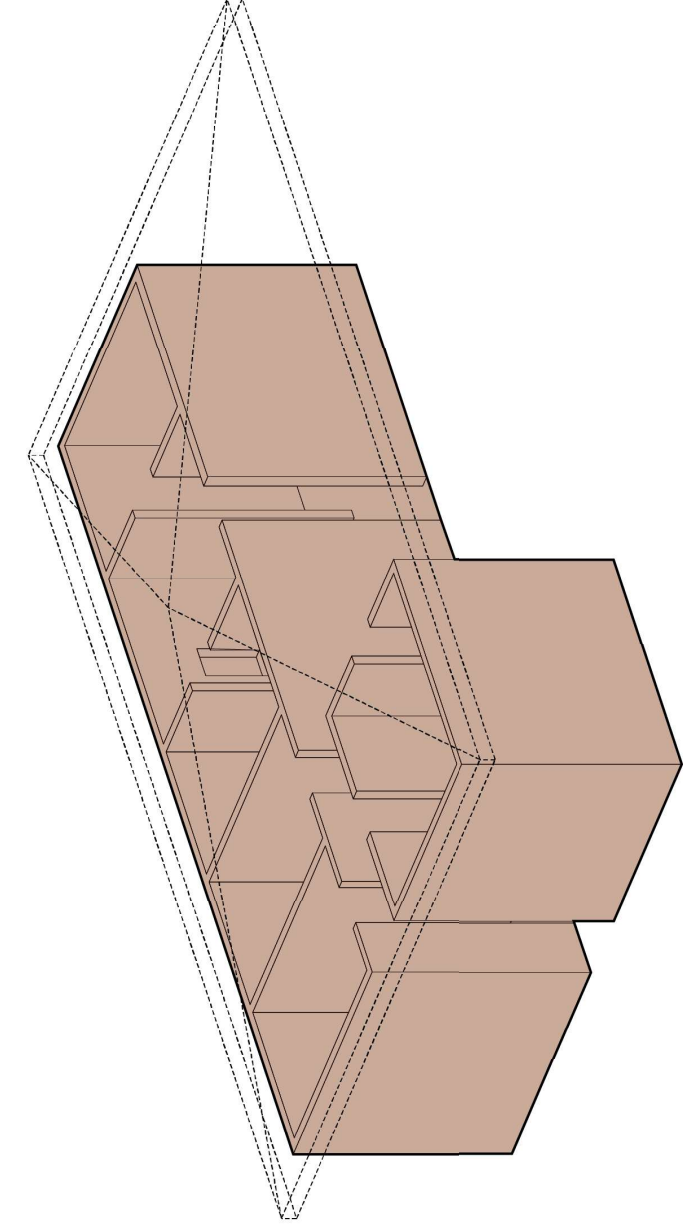
Rayo solar Mayo 2:00 PM E: 65° A: 308°

Rayo solar Junio 3:00 PM E: 44° A: 298°

Ángulo máscara de sombras

## Iluminación natural Casa 02

La vivienda de mejor comportamiento térmico presenta un desempeño lumínico adecuado, con valores de DF superiores al 2 %, una Autonomía de Luz Diurna (DA) cercana o superior al 50 %, UDI mayoritariamente dentro del rango de confort (100–2.000 lux) y un ASE controlado por debajo del 10 %, lo que garantiza iluminación natural suficiente sin riesgos significativos de deslumbramiento.



### Iluminación vivienda mejor comportamiento térmico

**DF:** Min 0.53% / Max 4.65%  
promedio 1.19% El espacio depende permanentemente de iluminación artificial para ser utilizado.

**ASE:** 8.2% del año hay deslumbramiento a travez de las pocas ventanas que posee la edificación.

**UDI:** 0% en ningún momento hay uniformidad en la iluminación de los espacios (oscuros permanentemente)

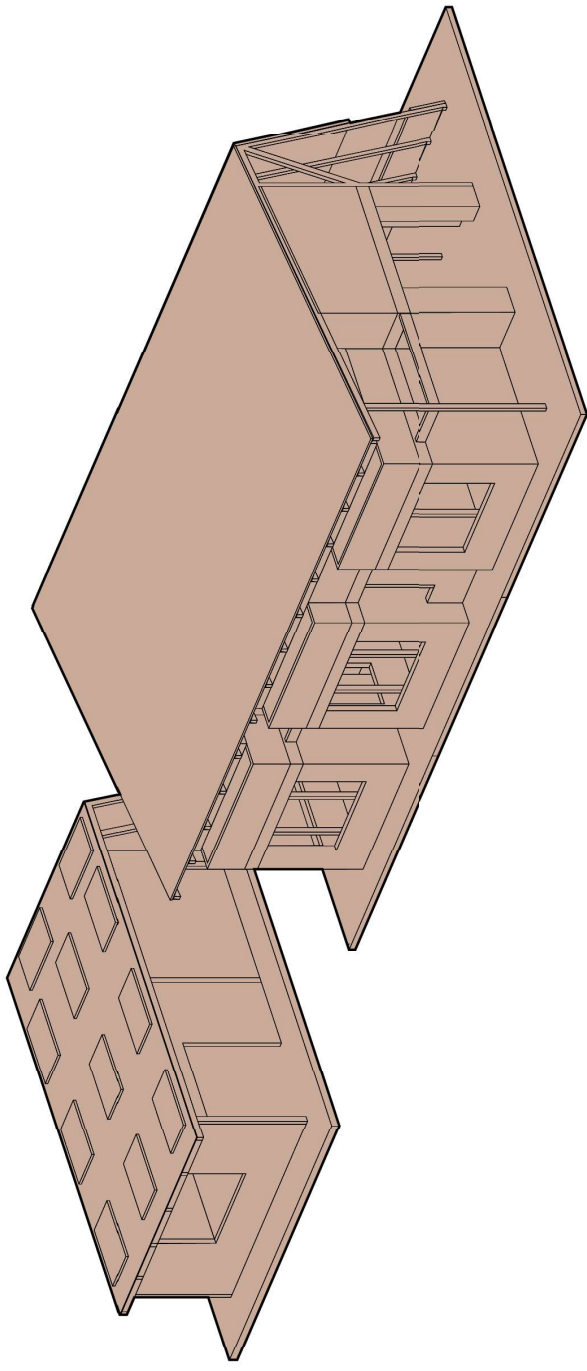
**DA:** 0% en ningún momento alcanzamos los valores mínimos para suplir las necesidades de iluminación de los espacios internos

## Iluminación natural vivienda propuesta

La vivienda propuesta optimiza estos indicadores, incrementando la DA hasta rangos del 60–70 % y mejorando la distribución de la luz natural, manteniendo valores de DF adecuados, UDI en rangos óptimos y un ASE igualmente controlado.

### Iluminación vivienda propuesta

- DF:** Min 4.63% / Max 5.18%  
promedio 4.73% condición lumínica óptima, no requiere de iluminación artificial para su uso.
- ASE:** 0% en ningún momento del año los espacios están expuestos a más de 1000 Lux, por lo que no presenta problemas de deslumbramiento.
- UDI:** 80% del año los espacios se encuentran iluminados uniformemente de manera natural.
- DA:** 82% del tiempo logramos mantener niveles de iluminación óptimos por encima de los 300lux.



## Energía solar sostenible

El sistema fotovoltaico se dimensiona a partir de un consumo promedio diario de 15 kWh para una vivienda de cuatro personas; considerando una producción unitaria estimada de 1,5 kWh/día por panel de 300 Wp asumiendo un promedio de 5 horas sol pico, se requiere un arreglo aproximado de 10 paneles para cubrir la demanda energética básica.

### Especificaciones Generales

**Modelo:** Trina Solar TSM-300DD14A(II)

**Tipo de panel:** Monocristalino

**Potencia nominal:** 300 W

**Tensión de circuito abierto (Voc):** 45.5 V

**Corriente de cortocircuito (Isc):** 9.05 A

**Tensión máxima del sistema:** 1000 V DC

**Eficiencia del panel:** 18.5%

### Dimensiones

Dimensiones del panel: 1650 mm x 992 mm x 35 mm

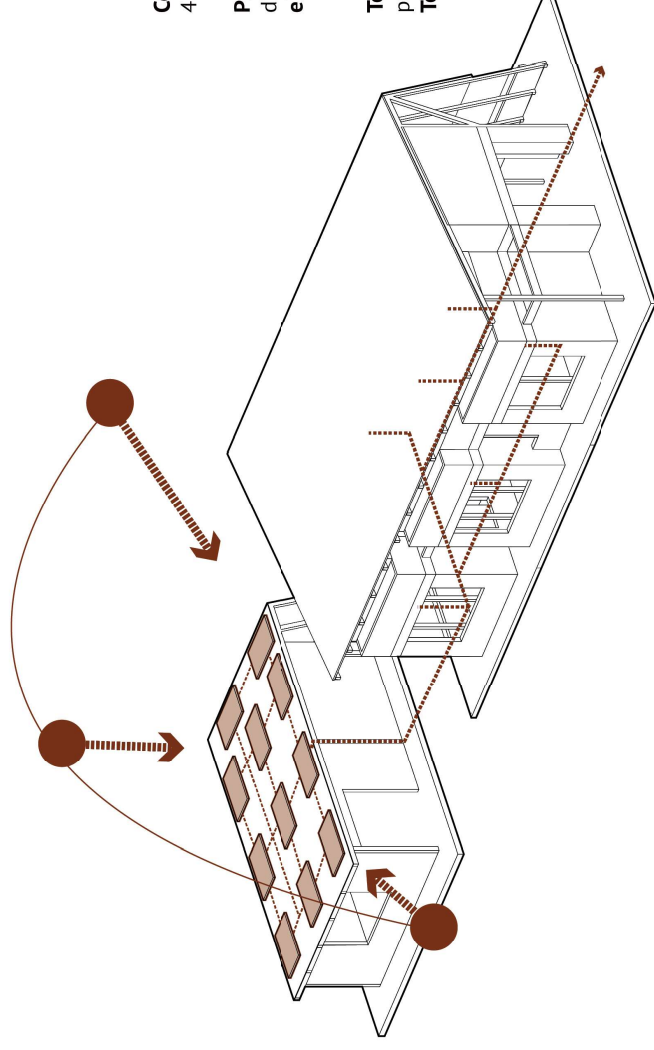
Peso: 19.5 kg

### Rendimiento

Coefficiente de temperatura (Pmax): -0.39 %/°C

Coefficiente de temperatura (Voc): -0.31 %/°C

Coefficiente de temperatura (Isc): 0.05 %/°C



**Consumo promedio:** de 15 kWh/día para una vivienda de 4 personas.

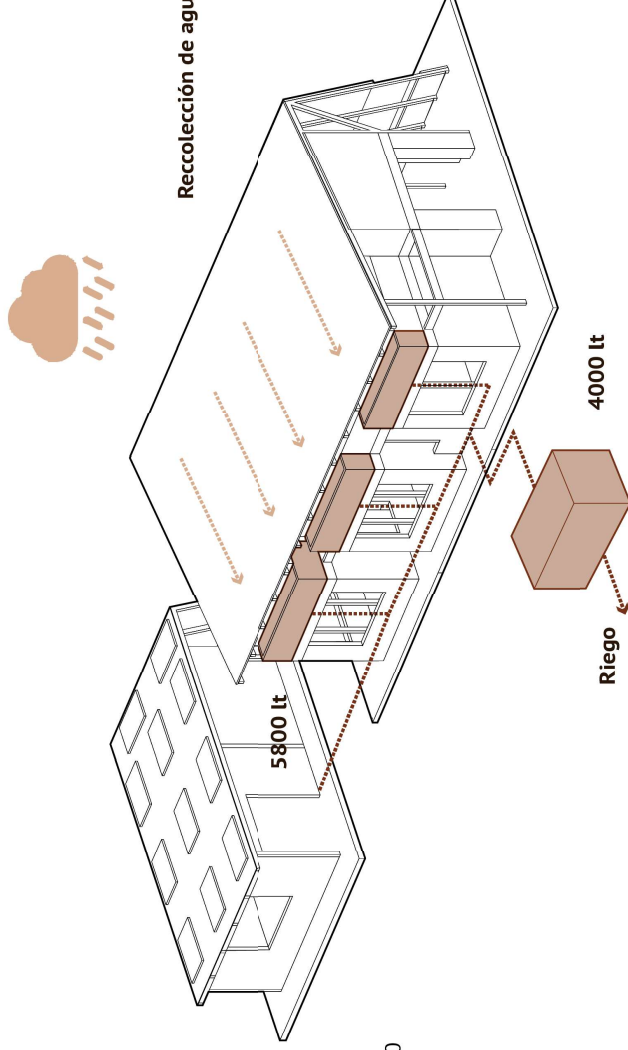
**Producción diaria de un panel:** Panel de 300W y un promedio de 5 horas de sol al día =  $300W * 5h = 1.5 kWh/panel/día$ .

**Total de paneles = Consumo diario / Producción diaria por panel**

**Total de paneles = 15 kWh / 1.5 kWh/panel = 10 paneles.**

## Recolección de aguas lluvias

El esquema incorpora un sistema de recolección de aguas lluvias que capta y conduce el recurso hacia tanques de almacenamiento con una capacidad total cercana a 5.800 litros, destinados principalmente al riego y a usos no potables, con un volumen operativo aproximado de 4.000 litros.



### Especificaciones Generales

#### Tanque de almacenamiento 01:

3 tanques de 1933 litros - 5800 litros

Tanque 02: subterráneo

1 tanque de 4000 litros

capacidad de almacenamiento máxima: 9800 litros

Consumo promedio/día= 800 litros/día

Autonomía: 9800 litros / 800 litros/día

12 días de autonomía en verano

Precipitación anual: 3000mm  
Área de cubierta: 137 m<sup>2</sup>  
Coeficiente de escorrentía: 0.8

V= 137 m<sup>2</sup> x 3m  
V= 411 m<sup>3</sup> x 0.8  
V= **328.8m<sup>3</sup>**

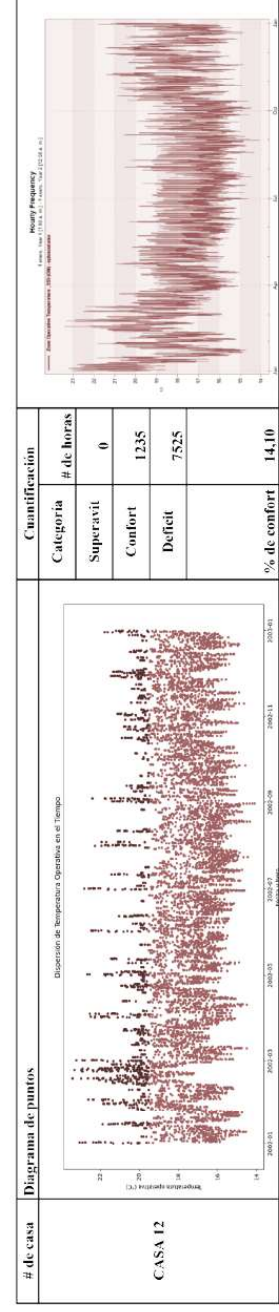
Recolección anual proyectada: **328.800 litros**  
Consumo de 800lt/día

**Autonomía= 328.800 lt / 800lt/día = 410 días**

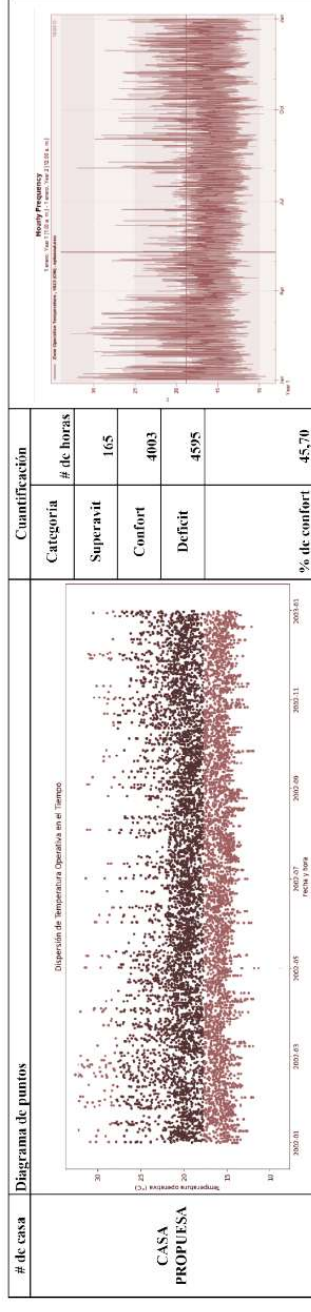
# Resultados simulación de la propuesta arquitectónica

## Verificación por simulación (DesignBuilder/EnergyPlus)

La propuesta se modeló con el perfil climático de referencia y las reglas de ventilación natural descritas. Métrica principal: temperatura operativa (TO) por hora del año, clasificada contra el rango adaptativo 80% (19,9–26,9 °C) y neutral de 23,4 °C.



Vivienda de estudio 12: 1.235 h/año en confort (14,10%); 7.525 h en disconfort.



Vivienda propuesta: 4.003 h/año en confort (45,70% del total anual); 4.595 h en disconfort.

Resultado propuesta vs vivienda de estudio:

**+2.768 h en confort**  
**-2.930 h de disconfort**

Mejora +31,6 puntos porcentuales.

**Vivienda propuesta es ≈ +224%**

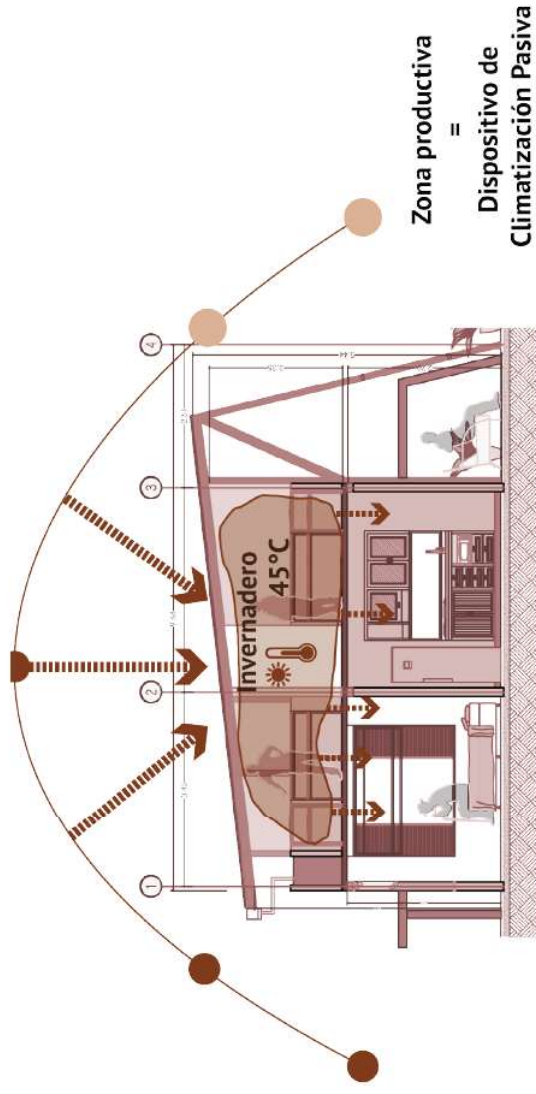
Es más eficiente y confortable que las viviendas estudiadas, todo esto por medio de estrategias pasivas.

Vivienda	Comparación del desempeño térmico anual		
	Horas anuales en confort	Horas anuales en disconfort	Porcentaje anual de confort
CASA 12	1.235 h	7.525 h	14,10%
Casa propuesta	4.003 h	4.595 h	45,70%
Variación	+2.768 h	-2.930 h	+31,6 p.p.

## Resultados simulación de la propuesta arquitectónica

### Mecanismo térmico sinérgico (efecto y resultado)

El invernadero solar (captación  $\approx 45^\circ\text{C}$ ) y la masa térmica (adobe/bahareque) actúan de forma complementaria: se concentra energía térmica durante el día y se libera de modo retardado hacia el nivel habitable en la noche/madrugada, reduciendo la amplitud térmica diaria interior y el déficit nocturno. En coherencia con Olgyay y Givoni (captación, masa, control) y con ASHRAE 55 adaptativo (ajuste usuario-ambiente), el conjunto reduce la dependencia de sistemas activos de calefacción y aumenta sustancialmente las horas en confort.



**Masa Térmica** - Calentar los espacios interiores durante la noche

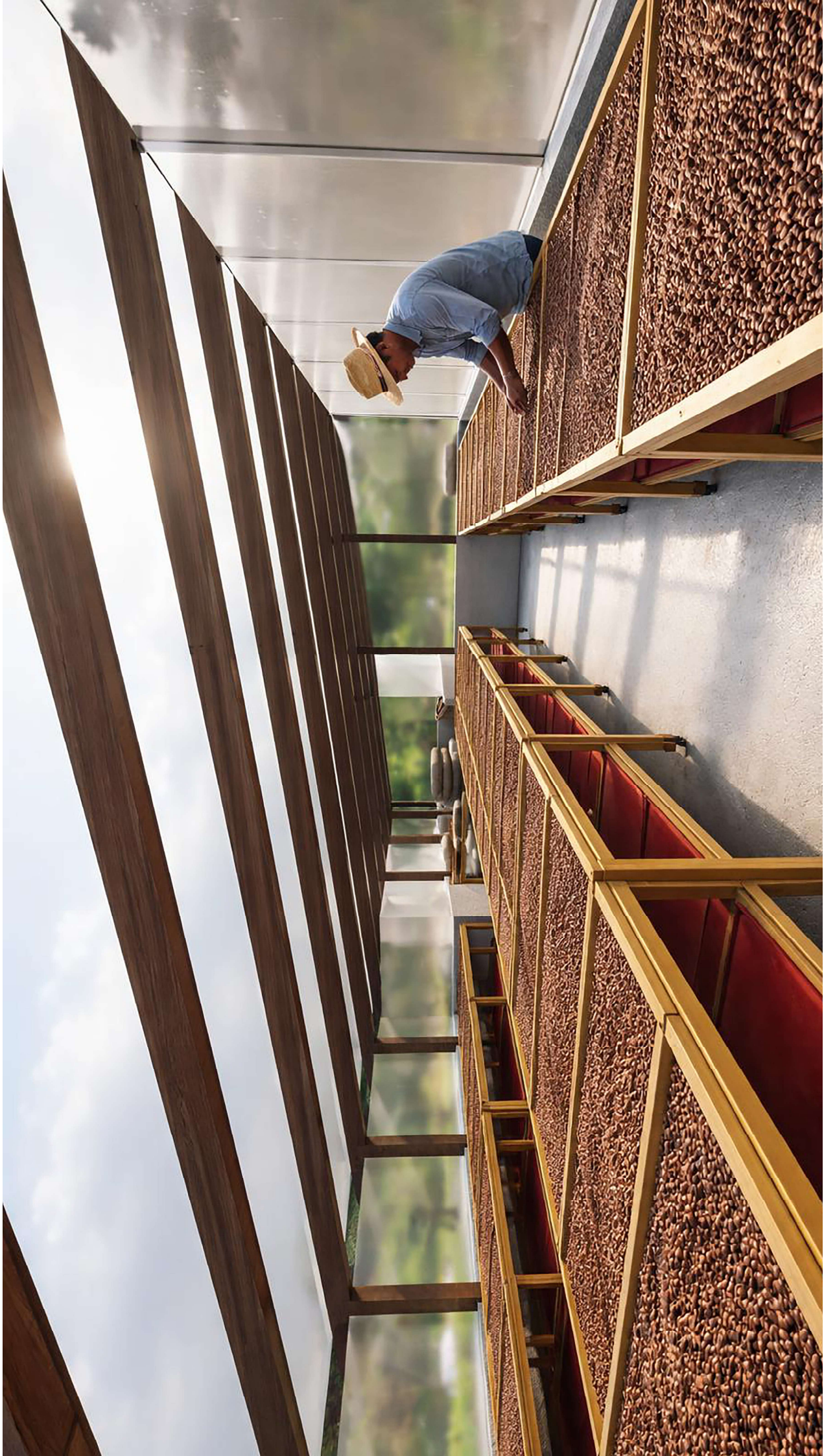
## Resultados simulación de la propuesta arquitectónica

### Conclusión operativa de la propuesta

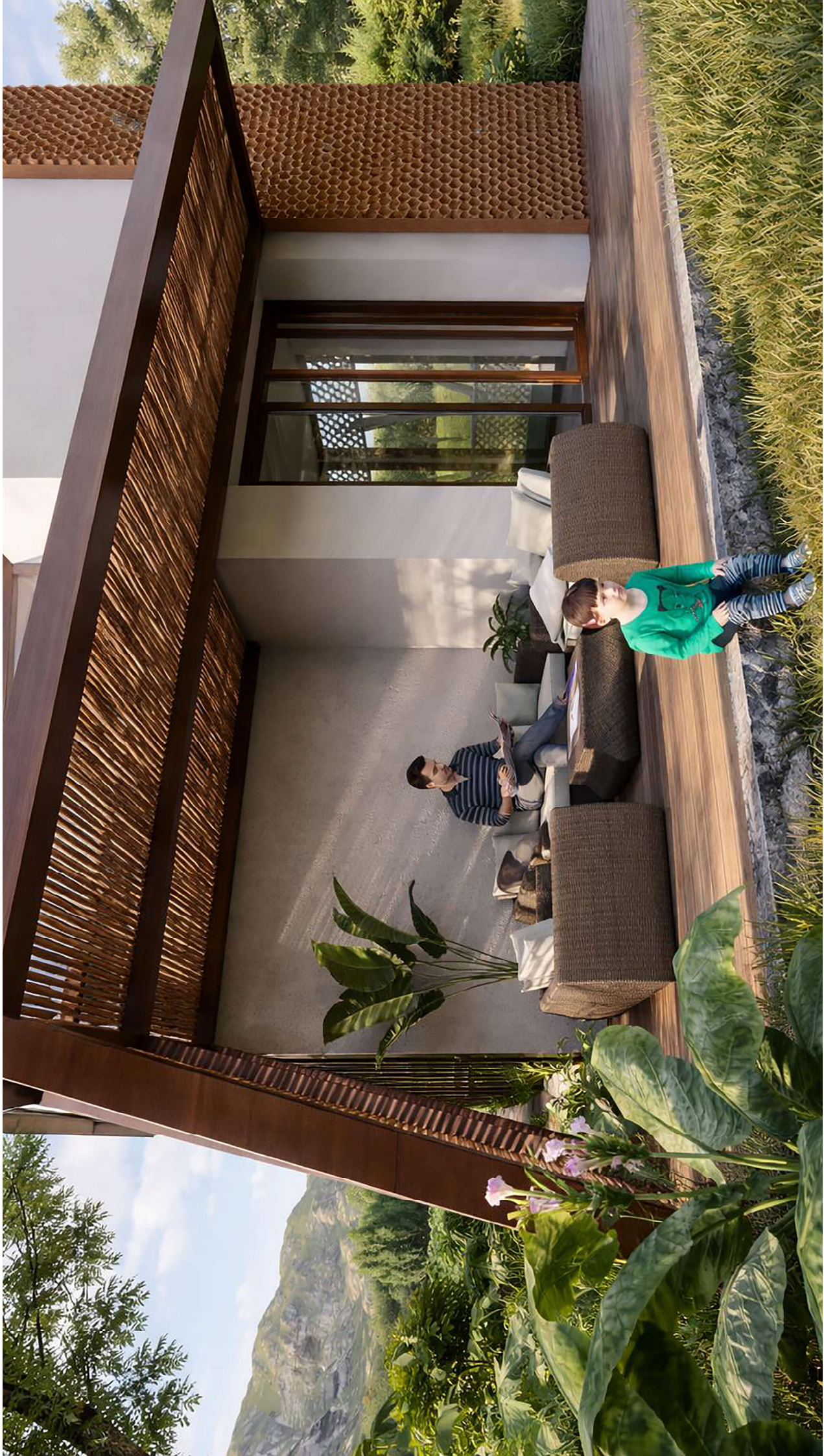
La vivienda propuesta, al integrar la unidad productiva del café como invernadero solar, una envolvente de baja transmitancia con alta inercia, estrategias de ventilación y sombreado calibradas, y espacios de transición, aumenta de manera sustancial las horas anuales dentro del rango de confort adaptativo (45,70%), ofrece estabilidad térmica nocturna, reduce la demanda potencial de calefacción y articula coherencia cultural y climática. El diseño valida que “tradicción + bioclimática contemporánea + habitante” pueden sostener confort medible en vivienda rural naturalmente ventilada.

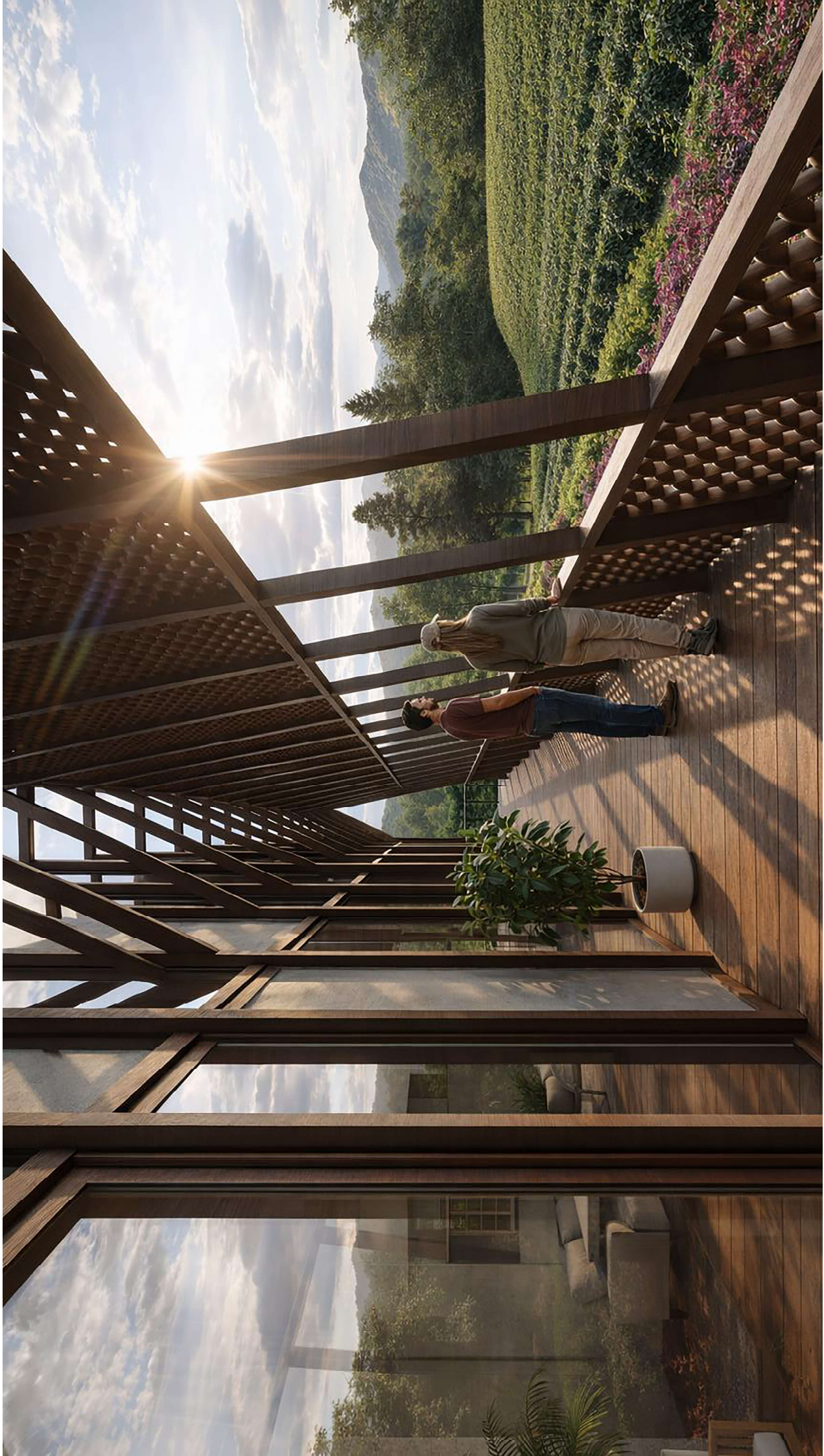
Vivienda	Comparación del desempeño térmico anual		
	Horas anuales en confort	Horas anuales en discomfort	Porcentaje anual de confort
CASA 12	1.235 h	7.525 h	14,10%
Casa propuesta	4.003 h	4.595 h	45,70%
Variación	+2.768 h	-2.930 h	+31,6 p.p.











**HABITAR LA MEMORIA - Maestría de hábitat sustentable**

**10-Propuesta de diseño**



## Discusiones

En términos metodológicos, Rojas y Altamirano emplean un enfoque mixto que integra mediciones in situ, simulación y encuestas, incorporando explícitamente la dimensión perceptual del confort. Esta investigación, aunque se apoya principalmente en simulaciones (DesignBuilder/EnergyPlus) y en indicadores adaptativos (ASHRAE 55), converge con el enfoque de Humphreys y Nicol y de De Dear y Brager al reconocer el papel del usuario en el ajuste operativo del ambiente, apertura de vanos, uso de espacios intermedios, variación de vestimenta y actividad.

En consecuencia, el confort se entiende aquí como un proceso dinámico co-producido por clima, edificio y habitante, y no como un estado fijo determinado únicamente por la física de la envolvente. El aporte específico de este trabajo radica en integrar la unidad productiva del café como dispositivo bioclimático. El invernadero solar del segundo nivel, diseñado para el secado a aproximadamente 45 °C, capta, concentra y transfiere calor hacia el nivel habitable, incrementando significativamente las horas anuales dentro del rango de confort adaptativo. Con ello, la vivienda deja de ser solo un refugio térmico para convertirse en una infraestructura climática y productiva coherente con el habitar campesino, articulando función agrícola, estabilidad térmica nocturna y reducción de la dependencia de sistemas activos.

Existen, no obstante, limitaciones que matizan el alcance de los resultados. La ausencia de un archivo climático EPW específico para Riosucio obligó a utilizar el de Manizales por proximidad geográfica y altitud, lo cual puede introducir desviaciones en variables como radiación, viento, temperatura y humedad. Metodológicamente, esta aproximación es válida como proxy regional y permite establecer tendencias comparativas robustas, pero los valores deben interpretarse con cautela y no como absolutos. Una futura calibración con un EPW local mejoraría la precisión respecto a los umbrales de ASHRAE 55.

# Conclusiones

## Objetivo general

1. Diseñar un modelo de vivienda rural campesina a partir del análisis del desempeño térmico de los elementos tectónicos tradicionales para mejorar el confort térmico de sus habitantes.

## Objetivos específicos

1. Caracterizar la función, uso y símbolo que integran la vivienda rural campesina para diseñar un modelo de vivienda rural coherente con el contexto cultural.
2. Analizar el desempeño térmico de los elementos tectónicos y espaciales tradicionales que componen la vivienda rural campesina para mejorar el confort térmico de sus habitantes.
3. Examinar las condiciones que inciden en el confort térmico de los habitantes de la vivienda rural para determinar estrategias arquitectónicas bioclimáticas en el modelo de vivienda rural.

La investigación cumplió el objetivo general al diseñar un modelo de vivienda rural campesina fundamentado en el análisis del desempeño térmico de elementos tectónicos tradicionales, demostrando que la arquitectura vernácula, reinterpretada desde criterios bioclimáticos y de confort adaptativo (ASHRAE 55), posee un alto potencial para mejorar la habitabilidad sin recurrir a sistemas activos. La propuesta integra estratégicamente adobe, bahareque y madera con un invernadero solar en el segundo nivel para el secado del café. Este dispositivo capta y acumula calor durante el día y lo libera de forma gradual hacia el nivel habitable en la noche/madrugada, incrementando de manera significativa las horas anuales dentro del rango de confort y reduciendo la demanda de calefacción.

## Bibliografía

- ASHRAE. (2021). Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Brager, G. S., & De Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: A literature review. *Energy and Buildings*, 27(1), 83–96. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4)
- Casas Rodríguez, D., & Matiz Vega, L. L. (2018). Prototipo de vivienda social bioclimática y sostenible en el municipio de Quibdó [Trabajo de grado]. Universidad La Gran Colombia.
- De Dear, R. J., & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*, 104(1), 145–167.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s. f.). Censos históricos de población (1918, 1938, 1951): Cabecera y resto.
- Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering. Danish Technical Press.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Frampton, K. (1995). Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture. MIT Press.
- Givoni, B. (1969). Man, climate, and architecture. Elsevier.
- Gómez-Azpetia, G. (DR). (2023). Bioclimarq. [Archivo de Excel]
- Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (1998). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, 104(1), 991–1004.
- ISO (2005). 7730: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD. International Organization for Standardization.
- Mandrini, M. R., Cejas, N., & Bazán, A. (2018). Erradicación de ranchos ¿Erradicación de saberes? Reflexiones sobre políticas habitacionales para sectores subalternos en Argentina. *Estudios del Hábitat*, 16(2), 45–62.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). Política de vivienda rural.
- Municipio de Riosucio. (2009). Documento técnico de soporte del Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT – Municipio de Riosucio, Caldas. Alcaldía de Riosucio.
- Oliver, P. (2006). Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture. Architectural Press.
- Olgay, V. (1963). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press.
- Rojas, M. A., & Altamirano, R. (2023). Thermal comfort in two housing typologies in the Andean Region of Ecuador: Cotopaxi Province. *IJASEIT*, 13(5).
- Rudofsky, B. (1964). Architecture without architects: A short introduction to non-pedigreed architecture. Museum of Modern Art.
- Ruiz Torres, R. P., & Castañeda Nolasco, G. (2013). Comportamiento y confort térmico de vivienda en la ciudad rural sustentable Nuevo Juan del Grijalva, Chiapas, México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.31644/IMASD.2.2013.a07>
- Sánchez Amaya, C. A., & García Cardona, A. A. (2021). Diseño de vivienda rural bioclimática para clima frío-húmedo andino: Caso de estudio Facatativá-Colombia. *Arquitek*, 18, 81–103. <https://doi.org/10.47796/ra.2020i18.440>
- Semper, G. (2004). *Style in the technical and tectonic arts, or, Practical aesthetics*. Getty Research Institute. (Obra original publicada en 1851)
- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Edicions UPC.
- Soto-Chahua, J., Acuña-Portocarrero, G., & Otárola-Santiviáñez, J. E. (2025). Evaluation of building materials and proposal to improve thermal comfort in rural housing. *Civil Engineering and Architecture*, 13(1), 118–143.
- Szokolay, S. V. (2004). Introduction to architectural science: The basis of sustainable design. Architectural Press.
- Triana, M. A., De Vecchi, R., & Lamberts, R. (2020). Building design for hot and humid climate in a changing world. En N. Enteria, H. Awbi & M. Santamouris (Eds.), *Building in hot and humid regions*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-7519-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7519-4_3)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World Urbanization Prospects 2022* (Online Edition). <https://population.un.org/wup/>
- World Bank. (n. d.). Rural population (% of total) – Colombia (SP.RUR.TOTL.ZS).

Por  
Carlos Cantillo  
Valentina Quiceno

Fecha  
23 de enero de 2026

# Muchas gracias

