

Escuela de Arquitectura

Proyecto Final de Carrera previo a la obtención del título
de Arquitecto

Vivienda mínima de carácter sostenible

Prototipo para las zonas climáticas Continental Templada y Continental
Lluviosa del Ecuador

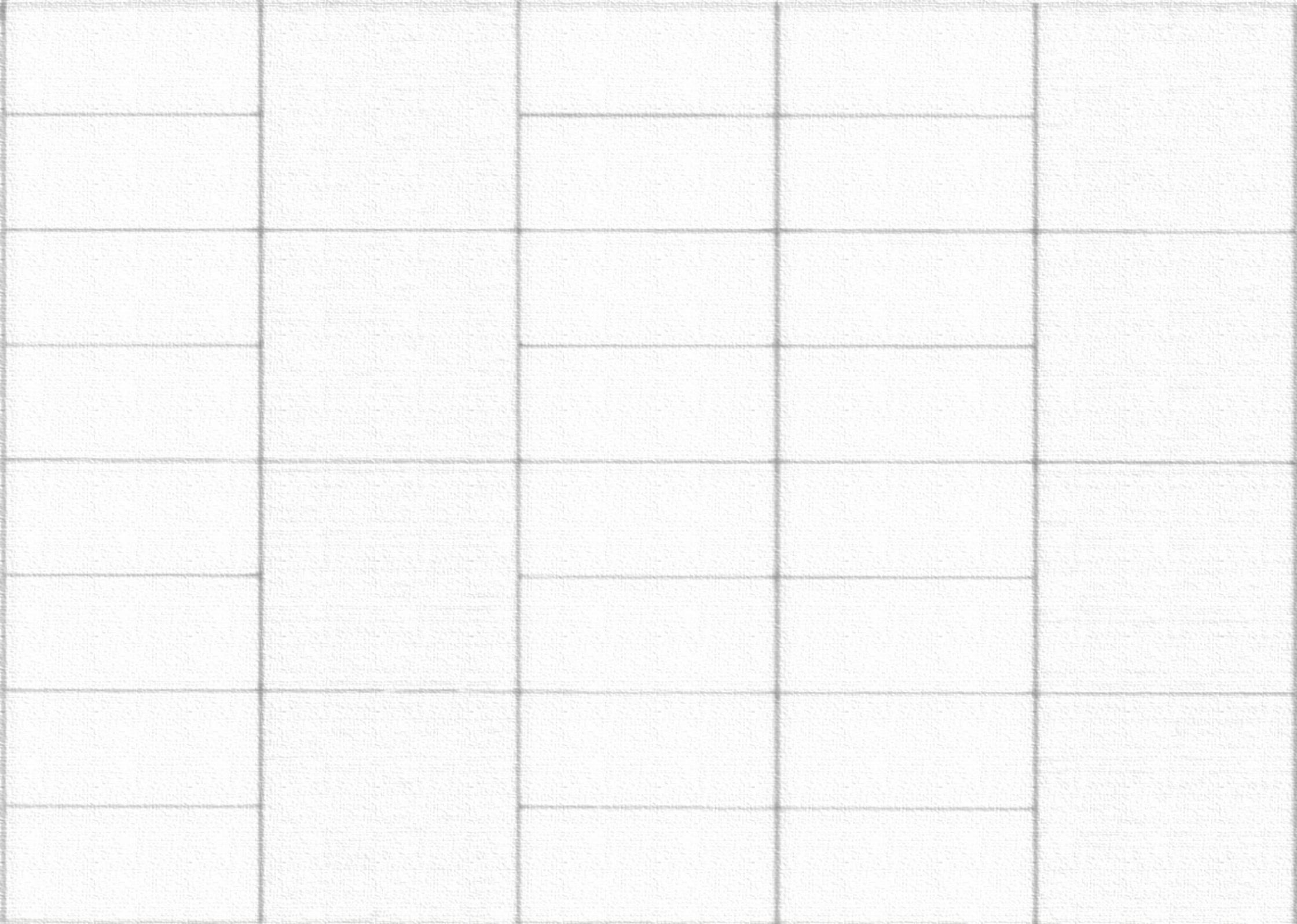
Autor:

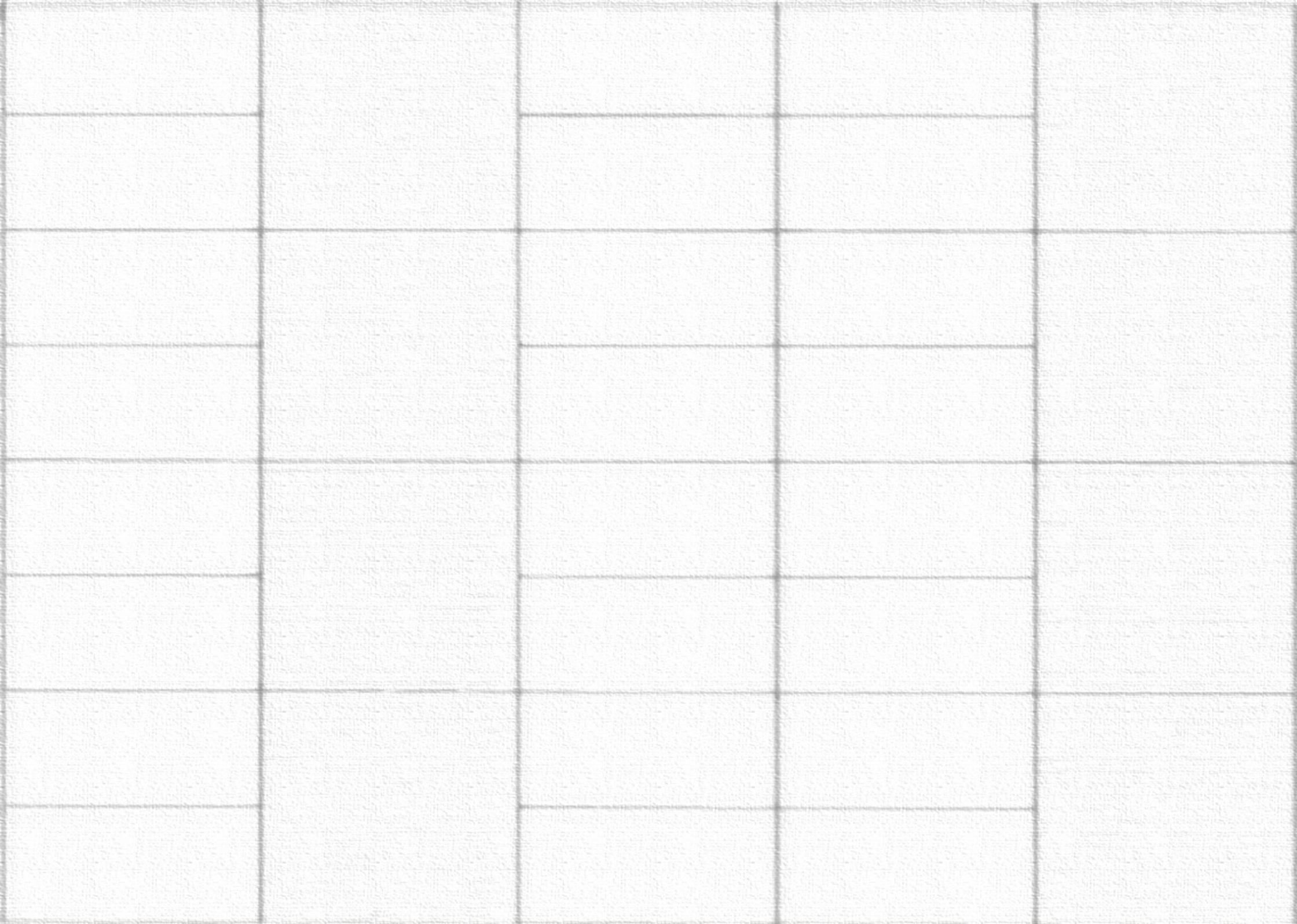
Enrique Agustin Alvarez Sánchez

Director:

Arq. Pablo Ochoa

Cuenca - Ecuador
2021





Dedicatoria

Esta tesis se la dedico principalmente a mi familia, a mis padres que han sido mi mayor apoyo durante toda mi etapa académica. A mi hermana, que a pesar de la distancia, siempre estuvo pendiente de todo mi proceso académico. También hago una dedicatoria hasta el cielo, para mi abuelo Jorge y mi abuelita Alba, que siempre fueron mi mayor motivación y me enseñaron los valores mas importantes para ser un buen ser humano.

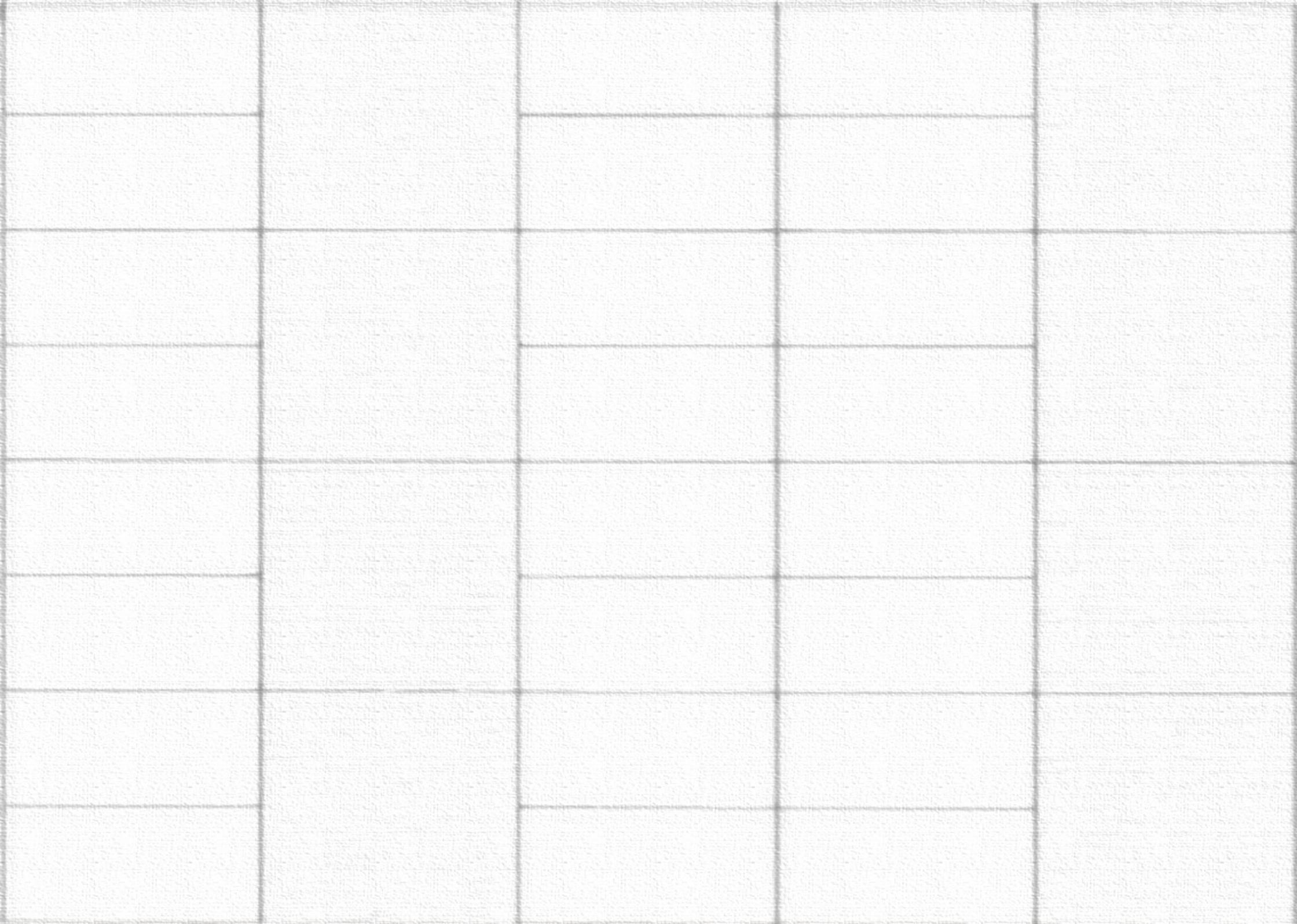
Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, de igual manera agradecer a la Universidad del Azuay, por abrirme las puertas y dejarme formar parte de esta gran comunidad; a mi director Arq. Pablo Ochoa, por su constante guía a lo largo de todo el proceso de esta tesis, así también por todas sus enseñanzas a lo largo de la carrera.

A mis padres por darme todo su apoyo durante toda la carrera, a mi hermana y mis primos que siempre estuvieron siguiendo de cerca mi crecimiento como estudiante; además, agradecer a mis amigos Pedro José, Pedro Gabriel, Juan Pablo, Josselyn, Franklin, Joaquin, Adriano y Paula; que son como familia para mí, y que siempre me brindaron su apoyo y permitieron que esta etapa sea de las mejores. Por último, agradecer a mi novia Erika Alejandra por todo el apoyo brindado a lo largo de este proyecto de fin de carrera, que siempre estuvo cuando la necesitaba.

Índice

Resumen	8	Humedad relativa.....	28	Sistemas solares pasivos.....	48
Abstract	9	Precipitación.....	29	Diseño de la vivienda	49
Objetivos	10	Heliofanía (horas de sol).....	30	Ubicación.....	49
Objetivo general	10	Nubosidad.....	31	Emplazamiento.....	49
Objetivos específicos	11	Rango de temperatura de		Tipología de la vivienda	51
Introducción	12	confort adaptativo.....	32	Aplicación de estrategias bioclimáticas	56
Problemática.....	12	Proceso de diseño	33	Aislamiento térmico.....	56
Marco teórico	14	Programa de la vivienda.....	33	Ganancia de calor interna.....	57
Desarrollo sostenible.....	14	Modulación.....	34	Acumulación y distribución de calor.....	58
Arquitectura sostenible.....	15	Modulación funcional.....	35	Invernadero adosado y muro trombre.....	59
Arquitectura bioclimática.....	17	Sistema constructivo	37	Diseño del envolvente	60
Métodos de valoración sostenible		Estructura.....	37	Fachada con base en la modulación.....	60
de vivienda.....	19	Paneles de muro.....	38	Concepción de la cubierta.....	65
Confort.....	21	Paneles de losa y cubierta.....	40	Sistemas de recolección de agua	
Normativa: NEC Eficiencia		Reutilización de materiales.....	42	lluvia y eficiencia energética	67
Energética.....	22	Coeficiente de transmitancia		Recolección de agua lluvia.....	67
Referentes y estado del arte	24	térmica (Factor U).....	43	Sistema de eficiencia energética.....	68
NET ZERO Energy Building.....	24	Estrategias bioclimáticas	45	Validación del prototipo	69
Passive house.....	25	Definición de estrategias		Conclusiones y recomendaciones	91
Metodología	26	bioclimáticas.....	45	Bibliografía	92
Análisis del clima	27	Temperatura en el diagrama		Anexos	94
Temperatura.....	27	de Givoni.....	46		



Resumen

El impacto que tiene la arquitectura en la contaminación ambiental, es cada vez más grande, debido a que no se toma en cuenta las condiciones climáticas propias del sitio, en el que se implanta el proyecto; lo que provoca un mayor uso de recursos para obtener un confort térmico al interior. Este proyecto de fin de carrera propone un prototipo de vivienda sostenible, que sea aplicable en las zonas climáticas Continental Templada y Continental Lluviosa del Ecuador, por medio de estrategias de eficiencia energética y estrategias bioclimáticas, garantizando el confort térmico al interior del prototipo de vivienda.

Abstract

The impact that architecture has on environmental pollution is increasingly bigger, because it does not take into account the climatic conditions of the site where the project is implemented, which causes a bigger use of resources to obtain thermal comfort inside. This final project proposes a sustainable housing prototype, which is applicable in the Temperate Continental and Rainy Continental climate zones of Ecuador through energy efficiency strategies and bioclimatic strategies. This ensures the thermal comfort inside the housing prototype.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de vivienda sostenible, aplicable en zonas climáticas Continental Templada y Continental Lluviosa del Ecuador.

Objetivos específicos

1. Analizar las condiciones climáticas y ambientales existentes en las zonas climáticas Continental Templada y Continental Lluviosa de Ecuador, determinando el rango de confort necesario.
2. Definir estrategias bioclimáticas aplicables al diseño.
3. Identificar sistemas constructivos enfocados en la eficiencia energética, que sean aplicables en el medio.
4. Diseñar un prototipo de vivienda sostenible basándose en la bioclimática y eficiencia energética.
5. Validar el prototipo desarrollado por medio de simulaciones.

Introducción

Problemática

La contaminación ambiental y el consumo de energía son temas que han tenido una gran importancia en los últimos años, debido a que los recursos naturales han sido utilizados de una manera ineficiente, ocasionando problemas a nivel mundial ya que en los últimos 50 años el consumo energético se duplicó (Gráfico 1) (Baquero y Quesada, 2016); si seguimos dependiendo de las energías no renovables, un 80% en la actualidad, en los próximos años la demanda de energía se incrementará en un 50%, llegando a ser un gasto incompatible con la cantidad de recursos disponibles (Guillén; Quesada; López; Orellana; Serrano, 2015). El sector de la construcción es uno de los mayores consumidores de energía en el mundo, usando un 40% de la energía primaria, un 16% del agua dulce y un 25% de la madera de los bosques, de igual manera es el causante de un 40% de las emisiones de CO2 (Gráfico 2); por lo cual, el sector residencial consume el 25% de la energía total al nivel mundial (Guillén; Quesada; López; Orellana; Serrano, 2015).

El Ecuador no es ajeno a este problema, ya que de los 221 municipios que se tiene en el país, solamente 61 tienen un control sobre los desechos, y con planes para el cuidado ambiental, lo que provoca contaminación en el suelo y en el agua, generando una afección en la salud de las personas; el consumo de energía en el país también se ha visto en aumento en los últimos años, ya que desde el año 2000 hasta el 2014 ha aumentado en un 154%; sin embargo, así como ha aumentado la demanda, también ha incrementado la producción de energía, teniendo un 49,5% de la generación de energía eléctrica en hidroeléctricas, mientras que un 46,5% proviene de fuentes fósiles (Baquero; Quesada, 2016), dejando a un lado las fuentes renovables no convencionales como son la captación solar, eólica y

geotérmica. El Ecuador tiene un déficit de vivienda de 1,4 millones, lo que amerita que se construyan 50.000 viviendas por año para cubrir con la demanda según el crecimiento de la población (Barragán; Ochoa, 2014); en cuanto al sector residencial, consume un 36,19% de la energía total (Quesada; Calle; Guillen; Ortiz; Lema, 2018), un agravante de este dato son los subsidios de gas y electricidad en el país, si se eliminaran, el consumo energético tuviera un impacto mucho menor, por otra parte afectaría de manera directa a la economía de la población; además, existe un alto grado de construcción informal, tal que, 2 de 3 viviendas en el Ecuador son construidas de manera informal (Gráfico 3); por tal razón, el 50% de las familias en el país no tienen un lugar donde vivir, o por otra parte habitan en viviendas con un nivel muy bajo de lo necesario para tener confort, lo que provoca que los usuarios de este tipo de viviendas, sean propensos a sufrir enfermedades, debido a las malas condiciones de las viviendas.

En el país se han realizado un sinnúmero de proyectos de vivienda, gran parte de ellos se han enfocado en el beneficio económico, dejando a un lado la calidad de vida que van a tener las personas que habitan las viviendas; uno de los principales problemas es que no se toma en cuenta el clima del lugar, sino se prefiere optar por la parte formal de la arquitectura, en muchas veces generando prototipos que se repiten de manera indefinida y llenando así el sitio a emplazar; sin embargo, no se considera la región en la que se encuentra, y a su vez las condiciones climáticas de la misma; por otro lado, no se toma en cuenta el confort interior, ocasionando que los habitantes de estas edificaciones no se sientan cómodos en el interior de sus viviendas, teniendo que recurrir a sistemas de climatización artificial, generando más consumo energético, volviendo

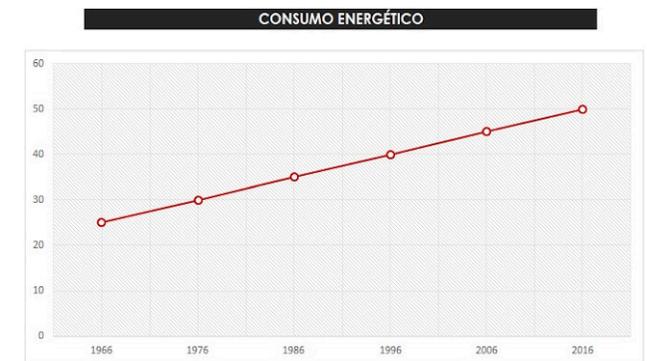


Gráfico 1: Consumo energético en los últimos 50 años.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 2: Consumo energético en el sector de la construcción.
Fuente: Elaboración propia.

a estos proyectos totalmente ineficientes en temas de sostenibilidad.

Es necesario producir vivienda de calidad, que brinde las condiciones básicas de habitabilidad, y que a su vez el confort en el interior sea el más óptimo posible, así también se deben buscar estrategias de diseño que busquen reducir el consumo energético en las viviendas, a la vez que se puedan ahorrar recursos construyendo viviendas sostenibles, que generen la misma cantidad de energía que consumen, mediante la utilización de sistemas de generación de energía no tradicionales como captación solar, energía eólica y geotérmica. Para esto se debe acudir a criterios de arquitectura bioclimática y arquitectura sostenible, para llegar a tener una vivienda de calidad, sin necesidad de invertir una gran cantidad de dinero, lo que aporta también a la sostenibilidad económica de las personas.

Este proyecto de fin de carrera se enfoca en un diseño de prototipo de vivienda que sea aplicable en las zonas Continental Lluviosa y Continental Templada del Ecuador, que tenga las condiciones de confort necesarias y se reduzca el consumo energético al mínimo, para esto se analizará el clima de la región y se generarán diferentes estrategias de diseño que sean aplicables en el medio, así también como una adecuada selección de materiales para la misma, finalizando con simulaciones en software de cómo el diseño del prototipo estará justificado.

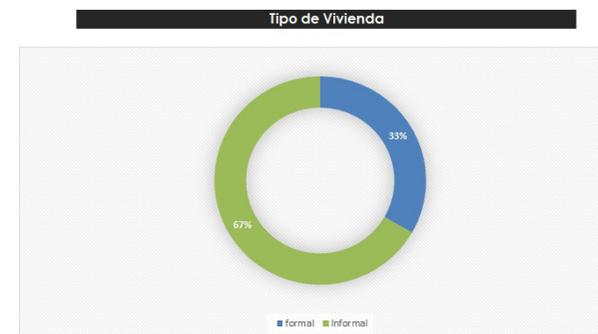


Gráfico 3: Relación entre vivienda formal e informal en el Ecuador.
Fuente: Elaboración propia.

Marco teórico

Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible se comprende como aquel desarrollo que satisface las necesidades de las personas, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones, es decir que se debe utilizar los recursos disponibles de manera responsable para que en un futuro, las personas se puedan seguir valiendo de los mismos; es la base de la sostenibilidad, ya que comprende los conceptos básicos de los cuales se puede empezar a desarrollar diferentes disciplinas basadas en la sustentabilidad.

Existen 3 aspectos básicos de sostenibilidad (Gráfico 4) que son:

Sostenibilidad ambiental: Consiste en mantener un equilibrio entre los recursos que se extraen del medio ambiente, con los recursos que se devuelven al mismo.

Sostenibilidad social: Se basa en brindar las mismas oportunidades a toda la población, garantizando condiciones básicas de educación, salud y trabajo.

Sostenibilidad económica: Trata de que un desarrollo es sustentable cuando se crea riquezas para inversionistas y oportunidades de trabajo para la población en general, sin afectar el sustento de energía y agua, mediante políticas establecidas.

En los últimos años se ha estado tratando de incorporar un nuevo aspecto dentro de la sostenibilidad; sin embargo, aún no se lo considera como uno de los pilares del desarrollo sostenible. Se trata de la sostenibilidad política, la cual busca generar responsabilidad en las entidades gubernamentales, logrando que las mismas implementen políticas que aporten y beneficien a los tres aspectos antes

mencionados.

El desarrollo sostenible tiene como objetivo generar una armonía a nivel global, una meta que se basa en la razón y la ética de los seres humanos, obteniendo un beneficio integral en las personas.



Gráfico 4: Aspectos básicos de sostenibilidad.
Fuente: <http://sermassostenible.org/el-proyecto/las-empresas/sostenibilidad-3-pilares/>

Arquitectura sostenible

La construcción es uno de los campos que más recursos consume, ya sean recursos renovables o no renovables, lo que se ha transformado en un problema a nivel mundial; es por eso que la arquitectura debe aportar en el ahorro de estos recursos, así como también buscar estrategias que aporten con la sostenibilidad. De esta manera, aparece la "arquitectura sostenible", la cual tiene como objetivo reducir el impacto ambiental de las construcciones mediante diferentes estrategias:

Reducción del consumo de recursos: Se debe dar prioridad al uso de materiales renovables y disminuir notablemente la utilización de materiales no renovables; de esta manera se fomenta un mejor uso de los recursos disponibles. De igual manera, se debe tener en cuenta que las edificaciones deben tener un carácter reciclable para lograr un cierre en el ciclo de vida de los materiales, y no convertir las construcciones en algo efímero, sino darles más tiempo de vida a las mismas. Otro factor que se debe tener en cuenta es el tema urbano, ya que el uso de la tierra es un tema que también provoca un consumo excesivo de recursos; mediante la creación de estrategias urbanas que generen una utilización uniforme del terreno de las ciudades. También se tiene que dar importancia al "reciclaje urbano", mediante la reutilización de espacios, evitando la construcción de nuevas ciudades o asentamientos en las periferias.

Eficiencia Energética: Por medio del ahorro de energía se puede mejorar la seguridad del suministro energético, y reducir la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes (Espinoza; Quesada; Calle; Ortiz, 2019). Las construcciones deben producir más energía de la que consumen, esto tomando en cuenta todo el proceso de los materiales, desde la extracción de la materia prima, la

energía incorporada, la construcción, el mantenimiento de las edificaciones, y por último una posible demolición. Se debe dar mayor atención al envoltorio exterior de las edificaciones, así también como en los cerramientos y ventanas, elementos de protección solar; además, se debe tener una buena adaptación de la cubierta, tomando en cuenta el ambiente exterior. De esta manera, por medio de un buen diseño y uso de materiales se puede ahorrar el consumo desmedido de energía, ya sea por medio de aparatos de calefacción o aire acondicionado, logrando una mayor eficiencia energética en las edificaciones.

Reducir la contaminación y la toxicidad: Se debe reducir la cantidad de desechos que una edificación producirá, tanto como en la etapa de construcción, como luego de la misma; para esto se debe identificar y cuantificar todo tipo de posibles residuos, determinando estrategias para reducir estos desperdicios a lo largo de todo el ciclo de vida del material, proceso o la edificación como tal. Del mismo modo, se debe evitar el uso de materiales de riesgo para la salud de las personas como el plomo, asbesto, PVC, etc.

Construir bien desde el inicio: Mediante el diseño y la construcción se tiene que lograr una larga vida útil para las edificaciones, realizando construcciones de calidad a menor precio, evitando las "construcciones desechables", que es algo que ocurre muy a menudo en el ámbito de vivienda. Se debe diseñar pensando en el mantenimiento, en la flexibilidad de los espacios, logrando que las viviendas tengan un desarrollo progresivo



Gráfico 5: Características de la Arquitectura Sostenible..
Fuente: Elaboración propia.

por medio de la capacidad de transformarse y adaptarse a las necesidades de los ocupantes; así mismo, se deben desarrollar las técnicas de construcción tradicionales y populares, esto ayuda a generar más fuentes de empleos. En cuanto al desarrollo progresivo, hay que generar espacios que se puedan modificar y adaptar a las diferentes necesidades que las personas necesitarán en un futuro, aportando con la ayuda técnica necesaria para realizar dichas modificaciones y ampliaciones; esto también hace que la construcción sea de una mejor calidad, ya que brinda oportunidades a futuro para los usuarios.

Construir pensando en el “cero desperdicio”: Tiene su principio en la innovación del arquitecto, por medio del diseño, evitando que la edificación arroje desperdicios a lo largo de su ciclo de vida. Por esta razón, se debe buscar el diseño de construcciones en seco, evitando morteros, adhesivos y pegas; todo esto para que las edificaciones faciliten la deconstrucción de los elementos, fomentando la reutilización y reciclaje de los materiales. Para que esto funcione de manera óptima, el diseño debe tener principios claros de modulación y dimensiones de los materiales de obra, mejorando la revitalización, por medio de la reutilización y reciclaje, que son los principios básicos del “cero desperdicio”.

Producción flexible de pequeña escala: Dar prioridad a las empresas locales para la construcción, genera ventajas en cuanto al empleo local, la eficiencia energética y la preservación del medio ambiente; esta estrategia busca la innovación de la pequeña y mediana empresa, aprovechando los recursos locales disponibles, reduciendo gastos de transporte y consumo energético; así también, como sus efectos al ambiente.

Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática está definida como la combinación de elementos arquitectónicos, constructivos, y pasivos, que sean capaces de modificar las condiciones de un microclima, para llegar a temperaturas que se aproximen a las condiciones del bienestar térmico, buscando reducir el consumo de energía y los impactos negativos al medio ambiente (Conforme y Castro, 2020).

La misma consiste en el diseño de edificaciones, que sean acorde a las condiciones climáticas del sitio, de igual manera aprovecha los recursos naturales disponibles, tales como: el sol, vegetación, lluvias y vientos. Está altamente relacionada con la construcción ecológica, que refiere a que los procesos de construcción y estructura sean responsables con el medio ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida de los materiales utilizados; de la misma manera, tiene alta influencia en la salubridad de las edificaciones, a través de un mejor confort térmico, controlando los niveles de CO₂ en el interior, la iluminación y ventilación, utilizando materiales no tóxicos.

Busca tener un excelente confort térmico, teniendo en cuenta las características del clima y las condiciones del entorno para conseguir un confort térmico óptimo al interior por medio del diseño, geometría, orientación y que el edificio sea construido adaptándose a su entorno. Estas construcciones trabajan con las condicionantes locales del lugar (relieve, clima, vegetación, vientos, insolación, etc); de igual manera, apoyada en el diseño y uso de elementos arquitectónicos, dejando a un lado la utilización de sistemas mecánicos, que son requeridos solamente como sistemas de apoyo. En definitiva, la Arquitectura Bioclimática es una arquitectura que se adapta al medio ambiente, es consciente del impacto que provoca en la naturaleza, bus-

cando una alta reducción en el consumo de energía y los impactos ambientales.

La Arquitectura Bioclimática, para ser aplicada, necesita de un alto grado de conocimiento de los factores físico-geográficos del sitio donde se implantará el proyecto, así como factores del clima, como la temperatura, humedad, precipitaciones, radiación solar, vientos, nubosidad. De igual manera, se debe tener presente las condiciones de la vegetación endémica de la zona y de los materiales disponibles en el lugar, ya que de una adecuada selección de los mismos, dependerá el buen funcionamiento y del proceso de construcción. El entorno también debe ser tomado en cuenta ya que se busca que la arquitectura genere una relación armónica entre el entorno y el usuario, respetando el entorno, se mantienen las condiciones existentes, evitando que la construcción sea perjudicial para el medio.

Los principales objetivos de la Arquitectura bioclimática (Gráfico 6) son los siguientes:

Lograr condiciones de temperatura y calidad del aire adecuados al interior de las edificaciones.
Controlar los impactos negativos de las edificaciones sobre la naturaleza.
Aportar con la disminución del uso de combustibles (del 70% al 50%).
Reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera (del 70% al 50%)
Reducir el gasto de agua potable en un 30% y de iluminación artificial en un 20%.

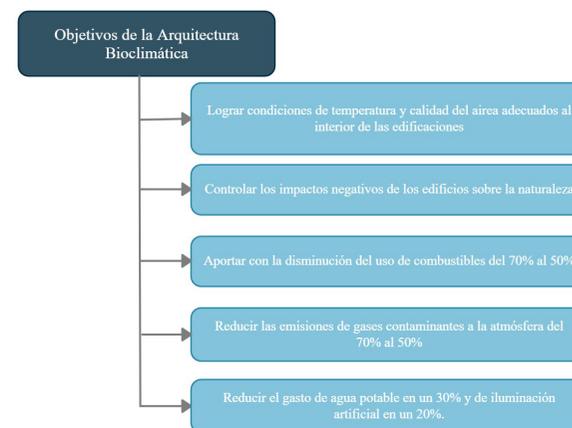


Gráfico 6: Objetivos de la Arquitectura Bioclimática..
Fuente: Elaboración propia.

Entre las características fundamentales de la Arquitectura Bioclimática (Gráfico 7) tenemos:

Comodidad térmica: Se tiene un confort térmico al interior de las viviendas, sin importar el clima del exterior, todo esto sin la utilización de sistemas de calefacción o refrigeración artificiales.

Materiales con múltiples ventajas: Por medio de una correcta elección de materiales se puede tener una alta durabilidad de la edificación; del mismo modo, los materiales sirven como aislantes termoacústicos, controlando la temperatura interior.

Diseño a gusto del usuario: Se deben seguir ciertos criterios básicos para la construcción de una vivienda bioclimática, por medio de utilización de sistemas de captación solar pasiva, uso de energías renovables, masa térmica, sistemas de aislamiento y ventilación, aprovechamiento climático del suelo, espacios tapón, determinación de la ubicación adecuada, importancia del tratamiento exterior de la edificación, diseñar cuidadosamente la forma y orientación de la edificación, uso de sistemas para el ahorro de energía, sistemas evaporativos de refrigeración, sistemas de precalentamiento de agua por medio de paneles solares, ahorro de agua potable y aprovechamiento de agua lluvia, ventilación controlada, sistemas vegetales hídricos reguladores de temperatura y humedad.

El medio natural: Se debe tomar en cuenta las condiciones naturales existentes en la zona en la que se emplazará el proyecto. Para esto se realiza análisis de geometría solar para obtener los datos solares vinculados al clima; así mismo, se deben realizar análisis ecológicos y obtener un diagnóstico ecológico y ambiental del sector; también se debe tener en cuenta las características geomorfológicas, geológicas, hidrológicas, de fauna y vegetación del sitio;

algo muy importante son los factores del clima regional, local y del sitio, que deberán ser analizados detenidamente.

El medio artificial: Se debe tomar en cuenta la tecnología local y aplicada mediante el conocimiento de los materiales utilizados en la zona, también se deben evaluar las condiciones, políticas, económicas y sociológicas de la zona. Por medio del análisis de los antecedentes arquitectónicos, se procede a analizar la arquitectura local para retomar tendencias y valores propios del lugar; en cuanto a la infraestructura, se debe conocer lo que hay en el sector, o por el contrario, lo que hace falta.

Análisis del usuario: Las personas son los beneficiados de la arquitectura, por lo cual, se deben tomar en cuenta su relación con el lugar, con el medio percibido mediante los sentidos, y con la sociedad.

Necesidades y requerimientos: Se debe analizar los espacios a proyectar y cumplir con las normativas.



Gráfico 7: Características de la Arquitectura Bioclimática..
Fuente: Elaboración propia.

Métodos de valoración sostenible de vivienda.

Desde el siglo XX se ha venido estudiando los problemas ambientales causados por los procesos de industrialización y urbanización de las ciudades, buscando reducir los impactos negativos (Quesada, 2014); teniendo en cuenta que los métodos de evaluación ambiental han incrementado su nivel de importancia. Recién en el año 1997, mediante la firma del tratado de Kyoto, en el cual los países se unifican en una idea de evaluar el desempeño ambiental, como respuesta a las necesidades de los diseñadores y ocupantes de las edificaciones.

Por medio de estos métodos se pretende evaluar lo bien o mal que los edificios se desempeñan, teniendo en cuenta criterios establecidos, así también sirven como instrumentos cuantitativos de desempeño para determinar el rendimiento de una edificación.

Los métodos de evaluación han ido proporcionando los principios, al igual que un mejor camino hacia la sostenibilidad de las edificaciones, teniendo algunas similitudes, y de igual manera, grandes diferencias entre ellos, principalmente atribuidas a las regiones y condiciones climáticas en las que se encuentran. En cuanto a la vivienda se han tomado en cuenta aspectos como la salud, el habitar, privacidad, entre otros; por lo cual, se han diseñado métodos de valoración propios para la vivienda, entre los principales están:

LEED-Home: Lanzado por la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), es un método solo disponible en EEUU que consta de una metodología basada en una lista de verificación de requisitos. De esta manera, el rendimiento general de la vivienda es medido a través de 8 categorías, y los resultados son mostrados en 4 niveles, según la puntuación obtenida. Se garantizan niveles mínimos de desempeño por medio del cumplimiento

de 18 prerequisites, en 6 categorías, y como medidas opcionales, 67 créditos, obteniendo un total de 136 puntos; en 4 categorías se exige el cumplimiento de una puntuación mínima (Tabla 1).

BREEAM Multi-residencial: El método BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) es un sistema inglés que evalúa el desempeño ambiental de las edificaciones, a través de un número de impactos englobados en 10 categorías; cada categoría es evaluada de acuerdo a su importancia relativa, traducida en una escala de cinco rangos de cumplimiento. Posee 37 criterios de evaluación, algunas categorías requieren desempeños mínimos. (Tabla 2)

VERDE NE Residencial y oficinas: Es un método español que tiene como objetivo evaluar la reducción de impactos ambientales que las edificaciones y su emplazamiento generan, comparando la edificación con otra de referencia. Posee 12 categorías con diferentes niveles de importancia, y analiza 36 criterios evaluándolos por medio de calificaciones del 0 al 5. (Tabla 5)

CASBEE New construction: CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) es un sistema japonés que evalúa y relaciona la Calidad Ambiental de la Edificación (Q) y la Carga Ambiental del Edificio (L), basándose en esos resultados se obtiene la Evaluación de la Eficiencia Ambiental de la Edificación, que muestra el nivel de sostenibilidad del edificio a través de 5 niveles, calificados por estrellas. Ambas categorías se dividen en 6

	ÁREAS AMBIENTALES	PONDERACIÓN
1	Gestión	12%
2	Salud y bienestar	15%
3	Energía	19%
4	Transporte	8%
5	Agua	6%
6	Materiales	12.5%
7	Residuos	7.5%
8	Uso de suelo y ecología	10%
9	Contaminación	10%
	Total	100%
10	Innovación (adicional)	10%

Tabla 1: Criterios de valoración LEED-Homes
Fuente: Quesada, 2014

	ÁREAS AMBIENTALES	PONDERACIÓN
1	Gestión	12%
2	Salud y bienestar	15%
3	Energía	19%
4	Transporte	8%
5	Agua	6%
6	Materiales	12.5%
7	Residuos	7.5%
8	Uso de suelo y ecología	10%
9	Contaminación	10%
	Total	100%
10	Innovación (adicional)	10%

Tabla 2: Criterios de valoración BREEAM Multi-residencial
Fuente: Quesada, 2014

subcategorías con diferentes niveles de ponderación. Tiene 42 criterios de valoración calificados con notas del 1 al 5. (Tabla 3)

Qualitel y Habitat & Environnement: Método desarrollado en Francia que tiene 7 categorías de evaluación, y una octava opcional. No posee sistemas de ponderación, ya que tiene 14 requerimientos compuestos cuya calificación está basada en una nota del 1 al 5. (Tabla 4)

CÓD.	CATEGORÍA DE EVALUACIÓN	COEFICIENTE PONDERACIÓN	%
Q1	Ambiente interior	0,40	40%
Q2	Calidad de servicios	0,30	30%
Q3	Ambiente exterior en el sitio	0,30	30%
LR1	Energía	0,40	40%
LR2	Recursos y materiales	0,30	30%
LR3	Ambiente fuera del sitio	0,30	30%

Tabla 3: Criterios de valoración CASBEE New construction
Fuente: Quesada, 2014

SECCIONES	TEMAS DE LA CERTIFICACIÓN	H&M PERFIL A	H&M PERFIL B	QUALITEL
Organización	1. Gestión ambiental del proyecto	•	•	-
	2. Obra limpia	•	-	•
Técnico	3. Energía – Reducción del efecto invernadero	•	•	^
	4. Área constructiva – Elección de materiales	•	•	^
	5. Agua	•	•	•
	6. Confort y salud	•	•	^
Información	7. Acciones Verdes	•	•	•
Opcional	Temas Opcionales	°	°	°

• Obligatorio | - No obligatorio | ° Opcional | ^ Algunos son obligatorios

Tabla 4: Criterios de valoración Qualitel y Habitat & Environnement
Fuente: Quesada, 2014

	CATEGORÍA DE IMPACTO	INDICADOR	PESO
1	Cambio climático	Kg de CO ₂ eq	27%
2	Aumento de las radiaciones UV	Kg de CFC11 eq	0%
3	Pérdida de fertilidad	Kg de SO ₂ eq	5%
4	Pérdida de vida acuática	Kg de PO ₄ eq	6%
5	Producción de cáncer y otros problemas de salud	Kg de C ₂ H ₄ eq	8%
6	Cambios en la biodiversidad	%	4%
7	Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MJ	8%
8	Agotamiento de recursos no renovable diferente a la energía primaria	Kg de Sb eq	9%
9	Agotamiento de agua potable	m ³	10%
11	Generación de residuos no peligrosos	m ³	6%
16	Salud, bienestar y productividad para los usuarios	%	12%
19	Riesgo financiero o beneficios para los inversores	€/m ²	5%
TOTAL			100%

Tabla 5: Criterios de valoración VERDE NE Residencial y oficinas
Fuente: Quesada, 2014

Confort

El confort de los usuarios y la calidad del ambiente interior de los edificios están fuertemente ligados. Para evaluar un ambiente interior se debe tomar en cuenta cuatro aspectos (Gráfico 8): el confort higrotérmico (CT), calidad del aire interior (CAI), el confort visual (CV) y el confort auditivo (CA) (Bustillos, 2017), siendo CT el más importante y el que se debe estudiar a mayor profundidad.

Confort higrotérmico (CT): Se lo define como la percepción de la satisfacción que experimenta un sujeto en un determinado ambiente térmico (ASHRAE, 2004). Esta satisfacción térmica ambiental se alcanza cuando se tiene un balance térmico en todo el cuerpo; en otras palabras, cuando una persona realiza alguna actividad, no debe experimentar estrés térmico y corregir la energía producida al interior del cuerpo por medio de escalofríos o transpiración excesiva. La humedad, también es un elemento que condiciona la temperatura y la calidad del aire interior.

Calidad del aire interior (CAI): La cantidad de la concentración de dióxido de carbono en interiores (CO_2) es un factor que sirve para analizar la calidad del aire interior y de la eficacia de la ventilación. El nivel de CO_2 debe estar por debajo de 1000 ppm o 650 ppm sobre el nivel del ambiente exterior para evitar la concentración de olores relacionados con el cuerpo humano. Para que los usuarios sientan satisfacción, en el ambiente no se debe tener contaminantes.

Confort visual (CV): El confort visual en el interior de una vivienda tiene relación con los niveles de iluminación, distribución espacial, la limitación del deslumbramiento, la disponibilidad de luz solar directa es esencial.

Confort auditivo (CA): Todos los sonidos de una u otra manera interrumpen las actividades diarias tales como trabajo, descanso, estudio y entretenimiento son considerados

como ruidos (Bustillos, 2007). El aislamiento acústico de las viviendas es esencial para reducir el ingreso de ruidos del exterior.

Para determinar los valores óptimos de confort, Bustillos definió los estándares de confort para las viviendas de la ciudad de Cuenca (Tabla 6).

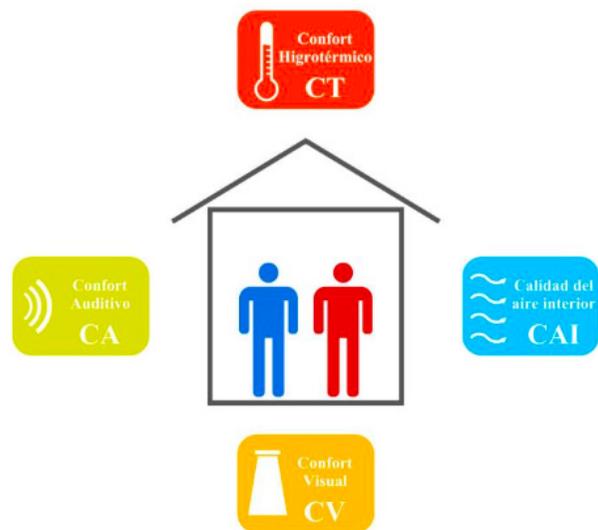


Gráfico 8: Factores que intervienen en la calidad del ambiente interior
Fuente: Bustillos, 2017

Aspecto	Unidad	Valor
Temperatura de confort (T_n)	$^{\circ}C$	20.12
Rango de confort 20% PPD	$^{\circ}C$	16.62 – 23.62
Rango de confort 10% PPD	$^{\circ}C$	17.62 – 22.62
Humedad Relativa (HR)	%	40 - 65
Concentración de CO_2	ppm	614.25
Factor Luz Día - área social	%	≥ 5
Factor Luz Día - dormitorio	%	≥ 4
Nivel de Iluminación	lux	≥ 300
Índice de reducción acústica	dB (A)	mín. 45
Nivel de presión acústica de impacto normalizado	dB	máx. 65

Tabla 6: Estándares de confort establecidos para las viviendas
Fuente: Bustillos, 2017

Normativa: NEC Eficiencia Energética

Se analiza la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) en el capítulo de Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE) (NEC - HS - EE, 2018), debido a que es la norma que se rige en el Ecuador en cuanto a temas de sostenibilidad y eficiencia energética, de esta manera se garantiza que el diseño tenga viabilidad y las estrategias de diseño estén justificadas. La NEC de Eficiencia Energética también es de gran aporte para diseñar espacios que cumplan con el confort al interior de las edificaciones. Esta normativa tiene varios capítulos entre los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Requisitos para las envolventes de las edificaciones: Se tomarán en cuenta solamente los datos de las zonas climáticas 3 y 4 (Tabla 7 y 8).

Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/cubiertas (Tabla 9).

Área de elementos translúcidos (Tabla 10).

Control de infiltración de aire (Tabla 11).

Requerimientos de aire fresco para la vivienda (Tabla 12).

$$Q_{tot} = 0.15A_{piso} + 3.5(N_{dorm} + 1)$$

Donde:

Q_{tot} = requerimiento de aire fresco (l/s)

A_{piso} = área de la vivienda (m²)

N_{dorm} = Número de dormitorios (No menos de 1)

Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda (Tabla 13).

Aprovechamiento de luz natural (Tabla 14).

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel del terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translúcida vertical >45°	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal <45°	U-8.64	SHGC-0.36	U-6.84	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Tabla 7: Requisitos de envolvente para la zona climática 3. Fuente: NEC-HS-EE 2018

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.513	R-2.0	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel del terreno	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.420	R-1.8	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translúcida vertical >45°	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal <45°	U-5.66	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Tabla 8: Requisitos de envolvente para la zona climática 4. Fuente: NEC-HS-EE 2018

	Pendiente	Reflectancia solar inicial	Reflectancia solar envejecida (tres años después de la instalación)
Techo/cubierta de baja pendiente	≤ 2:12	Igual o mayor a 0.65	Igual o mayor a 0.50
Techo/cubierta inclinada	> 2:12	Igual o mayor a 0.25	Igual o mayor a 0.15

Tabla 9: Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/cubiertas Fuente: NEC-HS-EE 2018

Área de elementos translúcidos	
Área de elementos translúcidos VERTICALES	Área de elementos translúcidos HORIZONTALES
Área total de los ETV < 40% del Área neta del muro	Área total de los ETH < 5% del Área neta del techo

Tabla 10: Área de elementos translúcidos. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Límite de infiltración de aire
Ventanas con marco de aluminio y puertas deslizantes	25 m ³ /h m
Ventanas con marco de PVC y puertas deslizantes	25 m ³ /h m
Ventanas con marco de madera y puertas deslizantes	23 m ³ /h m
Puertas de madera	23 m ³ /h m
Ventanas fijas	6.22 m ³ /h m ² (área de ventana)
Puertas giratorias	9.2 m ³ /h m ² (área de la puerta)

Tabla 11: Control de infiltración del aire. Fuente: NEC-HS-EE 2018.

Modo de operación	Bajo demanda	Continuo
Aplicación	Flujo volumétrico	Flujo volumétrico
Baño	25 l/s	10 l/s
Cocina	50 l/s	5 ACH

Tabla 12: Tasa de renovación de aire fresco para baño y cocina. Fuente: NEC-HS-EE 2018.

Áreas	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

Tabla 13: Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda. Fuente: NEC-HS-EE 2018.

Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) (Tabla 15).

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S_i \times E_m}$$

Donde:

P = Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W].

S_i = Superficie iluminada [m^2].

E_m = Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux].

Viviendas/Ambiente	Porcentaje del factor de luz natural
Salas	0,625
Cocinas	2,5
Dormitorios	0,313
Estudios	1,9
Circulaciones	0,313

Tabla 14: Aprovechamiento de luz natural.
Fuente: NEC-HS-EE 2018.

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m^2)
Dormitorios	12,0
Salas	7,5
Cocina/comedor	10
Cuarto de estudio	10
Baños	12,0
Bodega	6,0

Tabla 15: Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
Fuente: NEC-HS-EE 2018.

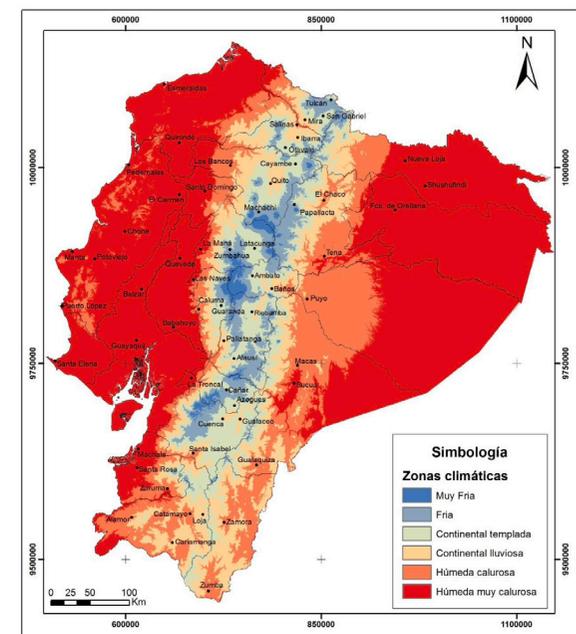


Gráfico 9: Mapa de zonas climáticas del Ecuador.
Fuente: NEC-HS-EE 2018.

Referentes y estado del arte

NET ZERO Energy Building

Los Net Zero Energy Buildings (NZEB), son edificaciones que buscan reducir al máximo el consumo de energía, con el objetivo de que los mismos generen más energía de la que consumen, o como mínimo, la misma; teniendo como resultado que el consumo de energía sea nulo.

Estos edificios tienen ciertas características:

- **Diseño bioclimático:** Mediante la arquitectura bioclimática se puede resolver el diseño de estos edificios, aportando estrategias de soleamiento, ventilación, confort térmico al interior, entre otras; teniendo en cuenta el clima como un factor fundamental para el diseño.
- **Uso de tecnología eficiente:** Se debe buscar que los aparatos eléctricos necesarios en la vivienda consuman la menor cantidad de energía, siendo eficientes; para esto se debe tomar en cuenta los electrodomésticos y los elementos que aportan con la iluminación artificial.
- **Energía generada por medio de fuentes renovables:** Implementar sistemas de generación de energía renovable tales como la solar, eólica, además de sistemas pasivos de generación de energía, reduciendo el consumo energético.



Gráfico 10: Logo Net Zero Energy Building (NZEB)
Fuente: <https://blog.structuralia.com/edificios-de-consumo-de-energia-casi-cero-edificios-nzeb>

Passive house

Se entiende como Passive House a la vivienda que utiliza mayormente sistemas pasivos para la ganancia de calor y energía al interior de la vivienda, reduciendo de esta manera los impactos ambientales y el consumo energético de las edificaciones. Entre las principales características están:

- Excelente calidad térmica de los cerramientos (Factor U): Los cerramientos y envolventes de las viviendas deben tener características termoacústicas de alto nivel que permita que se mantenga una temperatura constante al interior de la vivienda sin importar el clima al exterior, de esta manera también se mejora la calidad de vida de los usuarios.
- No necesita de mecanismos de calefacción ni refrigeración: Estas edificaciones deben ser lo suficientemente confortables al interior, que el requerimiento de climatización artificial sea nulo, o en climas extremos llega a ser el mínimo posible.
- Elementos pasivos para lograr un confort térmico al interior de las viviendas: Por medio de elementos pasivos se debe tener una temperatura constante y confortable en el interior de las viviendas.
- Uso de arquitectura bioclimática, aplicada al lugar: Se debe implementar la arquitectura bioclimática, y así mediante el diseño aportar estrategias que permitan que la edificación sea lo más eficiente posible, por medio de un buen uso de soleamiento, ventilación e iluminación natural.

Una Passive House debe cumplir con ciertos requisitos para lograr una certificación, tales como:

- El consumo de energía para calefacción y refrigeración debe ser igual a menor a 15 kWh/m²a en climas cálidos, 20 kWh/m²a en climas fríos.
- Las temperaturas interiores deben ser superiores a 17 grados centígrados,
- La demanda de energía primaria renovable debe ser menor de 60,45 kWh/m²a.



Gráfico 11: Logo certificación Passive House
<https://www.logolynx.com/topic/passive+house>

Metodología

La metodología esta basada en el diseño, sin embargo esta dividida en 3 partes principales:

- **Análisis de climas:** Se analizan las condiciones climáticas considerando la ciudad de Cuenca como la ciudad base para realizar el estudio del clima, para de esta manera obtener el rango de temperatura adaptativa de la zona.
- **Proceso de diseño:** Diseñar la vivienda basándose en sistemas de modulaciones, identificando sistemas constructivos, materiales, estrategias bioclimáticas y la concepción final del prototipo. Esto quiere decir que se irá diseñando a la par de la investigación de sistemas constructivos, materiales y demás factores que sean parte del diseño del prototipo.
- **Validación y conclusiones:** Se evaluará el prototipo por medio de simulaciones en softwares para garantizar el cumplimiento de las normas establecidas anteriormente.

Se tendrá un énfasis específico en ciertos temas puntuales, de los cuales se investigará más a profundidad para lograr un diseño óptimo que cumpla con todo lo antes mencionado.

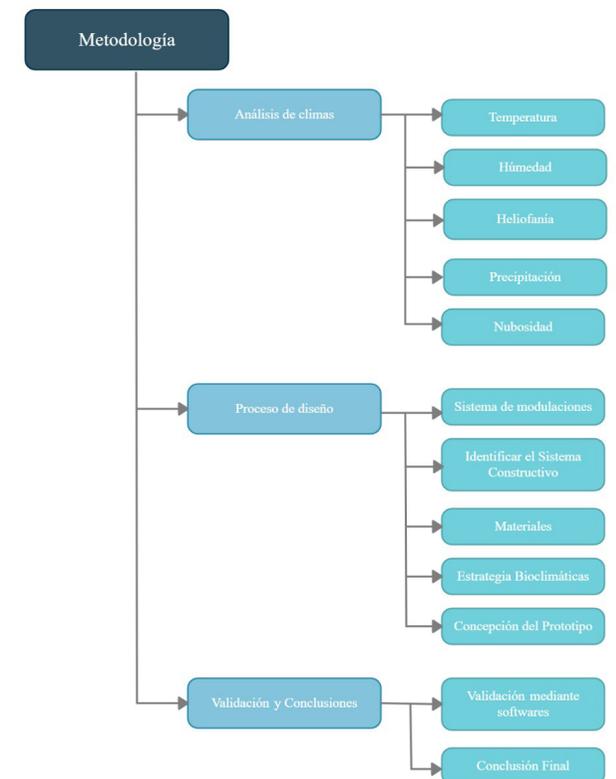


Gráfico 12: Esquema de metodología.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis del clima

Temperatura

Se obtuvieron los datos del clima de la ciudad de Cuenca de los últimos 3 años, determinando un promedio de temperatura máxima anual de 20,20 °C, un promedio de temperatura mínima anual de 10,50 °C, lo que lleva a tener una temperatura media anual de 15,35 °C con un amplitud de 9,68 °C. La temperatura máxima absoluta esta registrada en el mes de noviembre con 22,6 °C, y la mínima absoluta en agosto con 8,2 °C .

Estos datos serán utilizados posteriormente para el cálculo del rango de la temperatura de confort adaptativo.

TEMPERATURA °C													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	21.6	21	20.4	21.1	18.8	19.3	17.9	18.6	18.8	20.9	22.6	21.6	20.20
MEDIA	16.6	16.05	15.95	16.15	14.8	14.95	13.8	13.4	13.95	15.95	17	15.9	15.35
MINIMA	11.6	11.1	11.5	11.2	10.8	10.6	9.7	8.2	9.1	11	11.4	10.2	10.50
AMPLITUD	10	9.9	8.9	9.9	8	8.7	8.2	10.4	9.7	9.9	11.2	11.4	9.68

Tabla 16: Resumen de la temperatura de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

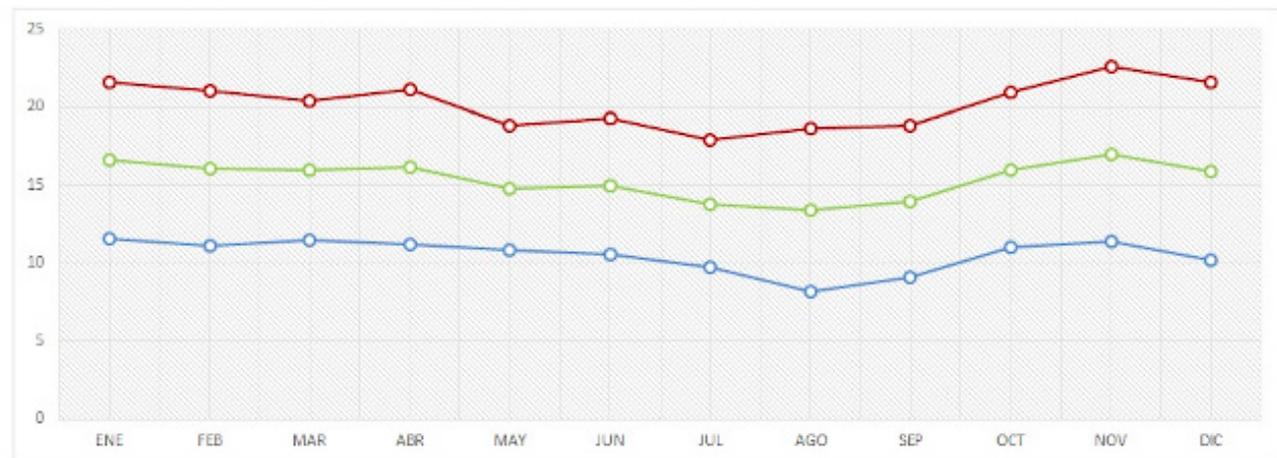


Gráfico 13: Resumen de la temperatura de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Humedad relativa

En cuanto a la humedad relativa, se obtuvo un promedio de humedad relativa máxima anual del 91,75%, un promedio de humedad relativa mínima anual de 58,92%, con una media anual de 75,33%, y un amplitud de 32,83%. humedad máxima absoluta esta registrada en el mes de abril con 96%, y la mínima absoluta en agosto con 52%.

HUMEDAD RELATIVA %													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	91	94	95	96	94	94	88	89	88	90	90	92	91.75
MEDIA	73.5	77	79.5	80.5	79	78	72	70.5	71.5	72.5	74	76	75.33
MINIMA	56	60	64	65	64	62	56	52	55	55	58	60	58.92
AMPLITUD	35	34	31	31	30	32	32	37	33	35	32	32	32.83

Tabla 17: Resumen de la humedad relativa de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

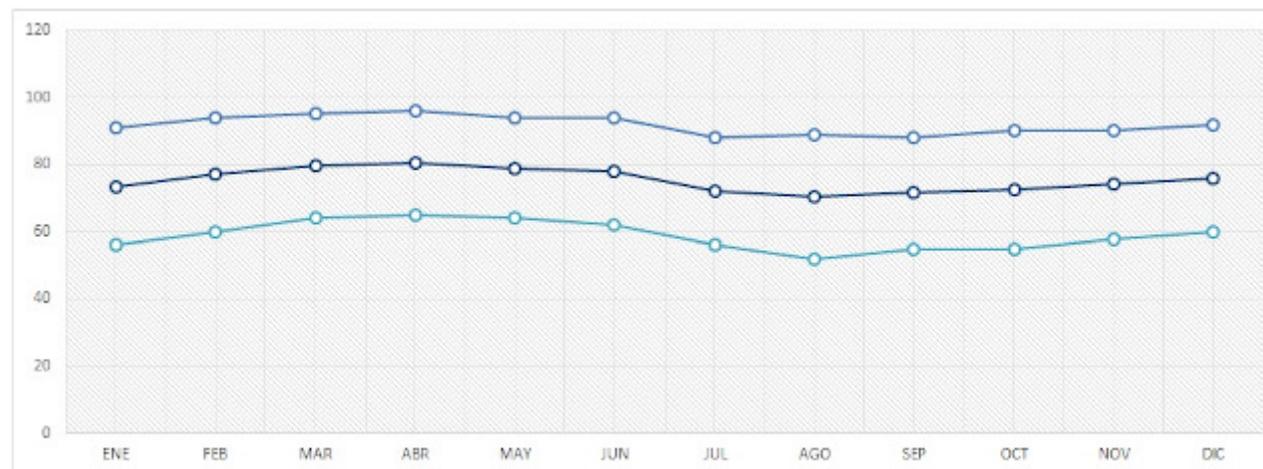


Gráfico 14: Resumen de la humedad relativa de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Precipitación

La precipitación de la ciudad de Cuenca tiene un promedio anual de 114,93 mm, donde el mes con más lluvia es agosto con 193,1 mm, mientras que el de menos lluvia es septiembre con tan solo 51,2 mm. En el año se tiene un acumulado de 1379,2 mm de lluvia.

PRECIPITACIÓN mm													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
mm H ₂ O/m ²	101.7	85.1	102.1	110.5	160.6	142.3	180.2	193.1	51.2	81.4	100.1	70.9	114.93
ACUMULADO	101.7	186.8	288.9	399.4	560	702.3	882.5	1075.6	1126.8	1208.2	1308.3	1379.2	

Tabla 18: Resumen de la precipitación de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

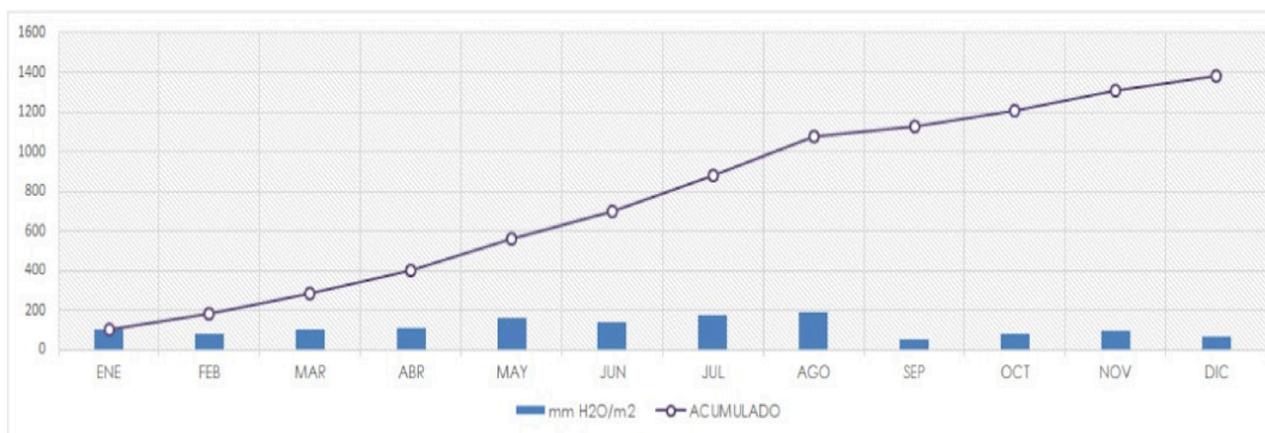


Gráfico 15: Resumen de la precipitación de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Heliofanía (horas de sol)

El mes con más horas de sol es agosto con un total de 144,6 horas (40%), mientras que el mes con menos horas de sol es noviembre con solo 29,6 (8%).

HORAS DE SOL													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
H. SOL	113.6	81.6	98	105.9	79	122.9	86.1	144.6	110.3	86.4	29.6	71.6	94.13
%	32%	23%	27%	29%	22%	34%	24%	40%	31%	24%	8%	20%	26%

Tabla 19: Resumen de la heliofanía de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

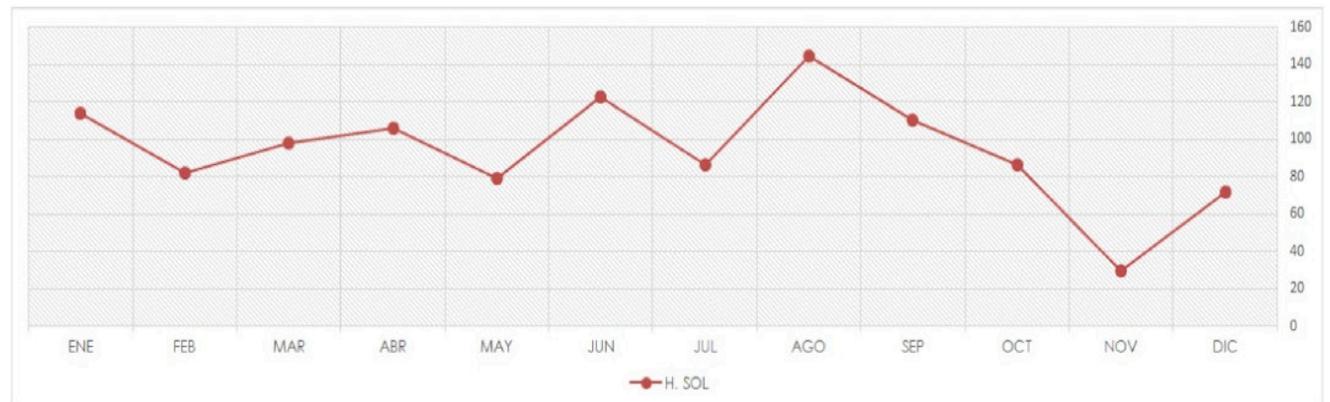


Gráfico 16: Resumen de la heliofanía de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Nubosidad

La nubosidad muestra datos muy semejantes a lo largo del año, con un promedio anual de 7 octas; siendo enero, febrero, marzo, mayo, junio, julio, septiembre, octubre y noviembre los meses con un promedio mensual de 7 octas; mientras que abril, agosto y diciembre muestran un promedio mensual de 6 octas.

NUBOSIDAD													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
OCTAS	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7	7	6	7.00

Tabla 20: Resumen de nubosidad de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 17: Resumen de nubosidad de la ciudad de Cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

Rango de temperatura de confort adaptativo

El confort adaptativo es la capacidad del hombre de adaptarse a su entorno (Humphreys y Nicol, 2000). En primer lugar se debe encontrar la temperatura de confort mensual (Tabla 21) mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = 13,5 + 0,54 T_{ma}, \text{ donde:}$$

T_c = Temperatura de confort
 T_{ma} = Temperatura promedio mensual

De igual manera, se determina el rango de temperatura de confort, obteniendo la temperatura mínima de confort y la temperatura máxima de confort, donde la amplitud de la zona de confort (ΔT_c) dependen de una amplitud promedio de la temperatura del aire (ΔT_a), según la Tabla 22.

$$T_{c \text{ Max}} = T_c + \Delta T_c / 2 \quad \text{y} \quad T_{c \text{ Min}} = T_c - \Delta T_c / 2, \text{ donde:}$$

$T_{c \text{ Max}}$ = Temperatura de confort máxima
 $T_{c \text{ Min}}$ = Temperatura de confort mínima
 ΔT_c = Amplitud de la zona de confort.

Del mismo modo, se procede a determinar el rango temperatura de confort adaptativo para cada mes (Tabla 21).

Se toma como rango de temperatura de confort adaptativo las temperaturas entre 19,2 °C y 24,4 °C, de acuerdo a la Tabla 23.

Mes	Temperatura promedio mensual (T_{ma})	Temperatura de confort mensual (T_c)
Enero	16,60	22,5
Febrero	16,05	22,2
Marzo	15,95	22,1
Abril	16,15	22,2
Mayo	14,80	21,5
Junio	14,95	21,6
Julio	13,80	21,0
Agosto	13,40	20,7
Septiembre	13,95	21,0
Octubre	15,95	22,1
Noviembre	17,00	22,7
Diciembre	15,90	22,1

Tabla 21: Cálculo de temperatura de confort mensual
 Fuente: Elaboración propia

Amplitud de la oscilación promedio de la temperatura del aire ΔT_a (°C)	Amplitud de la zona de confort ΔT_c (°C)
$\Delta T_a < 13$	2,5
$13 \leq \Delta T_a < 16$	3,0
$16 \leq \Delta T_a < 19$	3,5
$19 \leq \Delta T_a < 24$	4,0
$24 \leq \Delta T_a < 28$	4,5
$28 \leq \Delta T_a < 33$	5,0
$33 \leq \Delta T_a < 38$	5,5
$38 \leq \Delta T_a < 45$	6,0
$45 \leq \Delta T_a < 52$	6,5
$52 \leq \Delta T_a$	7,0

Tabla 22: Relación entre ΔT_a y ΔT_c
 Fuente: Barrios, Elías, Huelz y Rojas, 2017

Mes	Temperatura promedio mensual (T_{ma})	Temperatura de confort mensual (T_c)	Amplitud de la zona de confort (ΔT_c)	Temperatura de confort máxima	Temperatura de confort mínima
Enero	16,60	22,5	3,5	24,2	20,7
Febrero	16,05	22,2	3,5	23,9	20,4
Marzo	15,95	22,1	3	23,6	20,6
Abril	16,15	22,2	3,5	24,0	20,5
Mayo	14,80	21,5	3	23,0	20,0
Junio	14,95	21,6	3	23,1	20,1
Julio	13,80	21,0	3	22,5	19,5
Agosto	13,40	20,7	3	22,2	19,2
Septiembre	13,95	21,0	3	22,5	19,5
Octubre	15,95	22,1	3	23,6	20,6
Noviembre	17,00	22,7	3,5	24,4	20,9
Diciembre	15,90	22,1	3	23,6	20,6

Tabla 23: Cálculo de temperatura de confort máxima y mínima mensual
 Fuente: Elaboración propia

Proceso de diseño

Programa de la vivienda

El programa de la vivienda debe satisfacer todas las necesidades de sus ocupantes, mediante áreas sociales, descanso, espacios de trabajo y debe contar con patios para garantizar la iluminación hacia todos los espacios interiores, los mismos que deben ser de dimensiones cómodas para realizar las actividades de manera eficiente, respetando el espacio para las circulaciones y mobiliario.

Es así que se opta por diseñar una vivienda que cumpla las necesidades para una familia y que tenga la facilidad de generar espacios multiuso para satisfacer las necesidades a futuro de cada familia. De esta manera se tiene que los espacios mínimos que debe tener la vivienda son:

- Sala.
- Comedor.
- Cocina.
- Dormitorio.
- Baño.
- Estudio.
- Sala de estar.
- Lavandería.
- Escalera.

Al ser un prototipo, este debe ser de fácil construcción; para lo cual, las dimensiones de los espacios deben ser moduladas y normadas; de esta manera, agilizar el proceso de diseño, teniendo la capacidad de formar diferentes tipologías de vivienda. Razón por la cual, se ha optado por realizar módulos de diferentes dimensiones y así lograr diferentes opciones, que se pueden analizar para elegir las dimensiones que se adapten al programa y sistema constructivo.

Modulación

Para la modulación base de la vivienda se decidió por modulaciones con geometría cuadrada, debido a que estas brindan más facilidad al momento de unir los módulos, para generar las tipologías de vivienda, a diferencia de los módulos rectangulares que generan cierta dificultad, ya que se deben disponer de varias dimensiones para ajustarlos a las tipologías.

En cuanto a las dimensiones de los módulos se tienen 3 opciones:

- Módulos de 3m x 3m.
- Módulos de 3,6m x 3,6m.
- Módulos de 4m x 4m.

Módulo de 3m x 3m: Estas dimensiones son aptas para generar los espacios interiores mínimos, limitando a que cada módulo tenga solamente un uso (sala, comedor, cocina, dormitorio, circulación vertical, estudio); a diferencia de los baños que si pueden estar más de uno compartiendo un módulo. En cuanto al sistema constructivo, la estructura es de madera, teniendo longitudes de 3m, 6m, y hasta 9m, dependiendo el tipo de madera seleccionada; esto lleva a que en elevación se obtenga un módulo de 3m x 3m, para evitar un desperdicio de material; sin embargo, la dimensión de la altura no es ideal, debido a que es muy alta.

Módulo de 3,6m x 3,6m: Permite que se tenga doble función al interior de los módulos (comedor/cocina, circulación vertical/estudio, baños, dormitorio/baño, etc), lo cual permite tener una gran capacidad para adaptar los espacios a las necesidades futuras de los usuarios. Las dimensiones constructivas también son óptimas, debido a que se obtiene un módulo de 3,6m x 2,4m en elevación, lo cual

representa un cero desperdicio en la pieza de madera de 6m de longitud; así también, por medio a la utilización de piezas de longitud de 6m se puede tener las dimensiones de losa y cubierta, teniendo la capacidad de generar aleros y las respectivas pendientes de los módulos de cubierta.

Módulo de 4m x 4m: Al igual que el módulo de 3,6m x 3,6m, este permite una doble función al interior, con la diferencia de que serán espacios más grandes y algunos sobre dimensionados. Para la construcción se debe utilizar piezas de 9m de longitud y así obtener módulos, en elevación, de 4m x 2,5m, teniendo en cuenta que se desperdicia 1m de materia por cada dos módulos que se elaboren; en cuanto a los módulos de losa y cubierta; de igual manera, se tiene la facilidad de generar aleros y pendientes.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se opta por el módulo de 3,6m x 3,6m, ya que brinda las condiciones más favorables para el diseño, tanto como en el aspecto funcional del programa de la vivienda, como en el ámbito constructivo, teniendo el menor desperdicio de material, con respecto a las otras dos propuestas.

El material a utilizar para la estructura de los módulos es la madera, ya que tiene más beneficios en comparación al acero y el bambú (Tabla 24).

PROPIEDADES	MATERIAL								
	MADERA			ACERO			BAMBÚ		
	BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
Es proveniente del lugar de origen (Ecuador)			x	x					x
Nivel de compra y venta en Ecuador			x		x				x
Peso	x					x		x	
Posee una variedad de Dimensiones		x				x	x		
Posee variedad en Espesores		x				x	x		
Posibilidad de corte que permite el material			x	x				x	
Facilidad en la uniones			x		x			x	
Reciclaje-Reutilizable	x				x		x		
Rapidez en Construcción			x			x			x
Maquinaria empleada		x				x		x	
Durabilidad			x			x			x
Generación de residuos que etapa de construcción	x				x		x		
Mantenimiento		x		x					x
Material Local			x	x					x
Empleo Local			x	x					x
Demanda de transporte del material	x					x	x		
Confort térmico			x		x				x
Costo	x					x	x		
Fabricación en obra	x				x		x		
Necesita control de calidad		x				x			x
Desempeño antisísmico		x				x			x
Resistencia al fuego	x					x			x
Aislación térmica			x		x				x
desempeño en construcción en altura	x					x	x		
Aislación acústica		x		x				x	
calidad y bienestar			x			x		x	
rapidez de ejecución	x					x		x	
Posibilidad de ser un sistema estructural			x			x			x

Tabla 24: Comparación de propiedades entre madera, acero y bambú. Fuente: Elaboración propia.

Modulación funcional

Dentro de los módulos de 3,60m x 3,60m se diseñan los espacios interiores, verificando que se cumplan las medidas mínimas correspondientes a los mobiliarios y espacios para circulación; de igual manera, se tienen módulos de 1,80m x 3,60m, que corresponde a la mitad de un módulo completo, en estos semimódulos se ubican diferentes espacios, que pueden modificarse entre si, para generar una mayor adaptabilidad a las necesidades de los ocupantes.

Los módulos definidos son los siguientes:

- Módulo 1: Sala (3,60m x 3,60m) (Gráfico 18).
- Módulo 2: Comedor (3,60m x 3,60m) (Gráfico 19).
- Módulo 3: Cocina + lavandería (3,60m x 3,60m) (Gráfico 20).
- Módulo 4: Dormitorio (3,60m x 3,60m) (Gráfico 21).
- Módulo 5: Baño (1,80m x 3,60m) (Gráfico 22).
- Módulo 6: Escaleras (1,80m x 3,60m) (Gráfico 23).
- Módulo 7: Estudio (1,80m x 3,60m) (Gráfico 24).
- Módulo 8: Sala de estar (1,80m x 3,60m) (Gráfico 25).
- Módulo 9: Invernadero / portal (1,80m x 3,60m) (Gráfico 26).

Con estos módulos se procede a diseñar las tipologías de vivienda, teniendo en cuenta que el frente mínimo debe ser de 6m y el tamaño de lote mínimo deberá ser de 72m², según la ordenanza municipal.

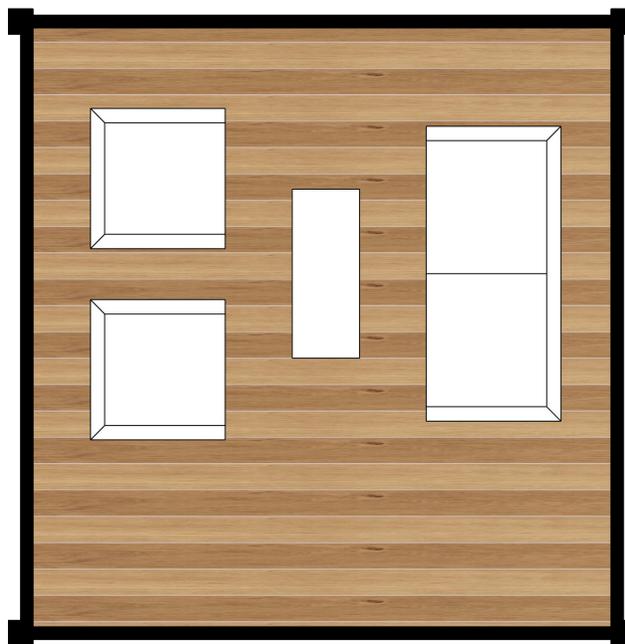


Gráfico 18: Módulo de sala.
Fuente: Elaboración propia.

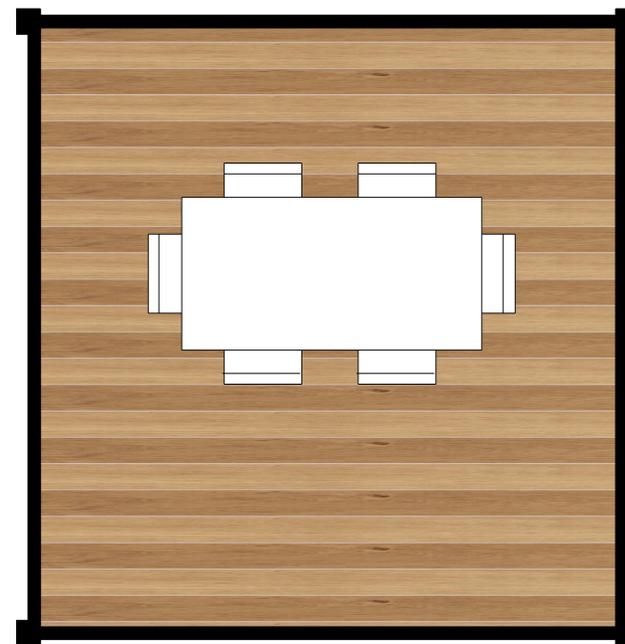


Gráfico 19: Módulo de comedor.
Fuente: Elaboración propia.

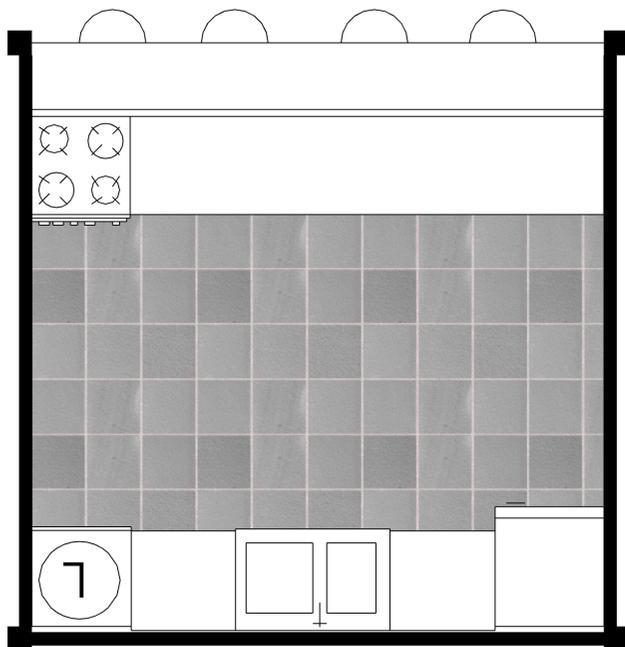


Gráfico 20: Módulo de cocina + lavandería.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 21: Módulo de dormitorio.
Fuente: Elaboración propia.

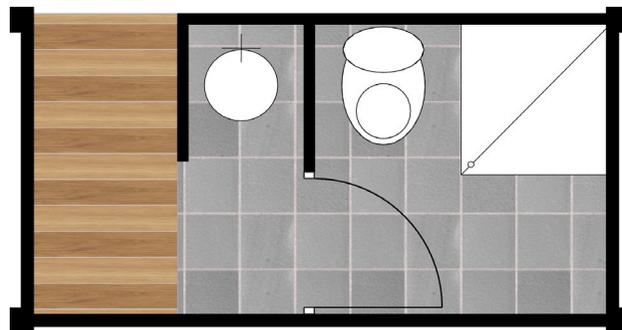


Gráfico 22: Módulo de baño.
Fuente: Elaboración propia.

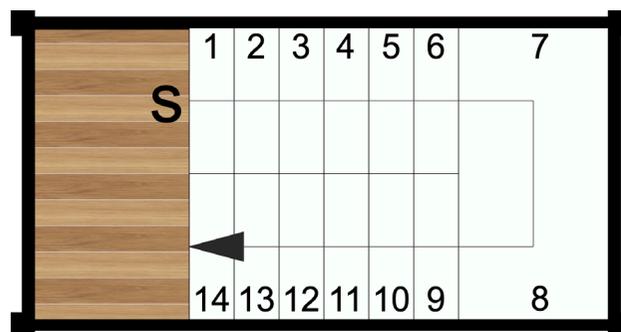


Gráfico 23: Módulo de escaleras.
Fuente: Elaboración propia.

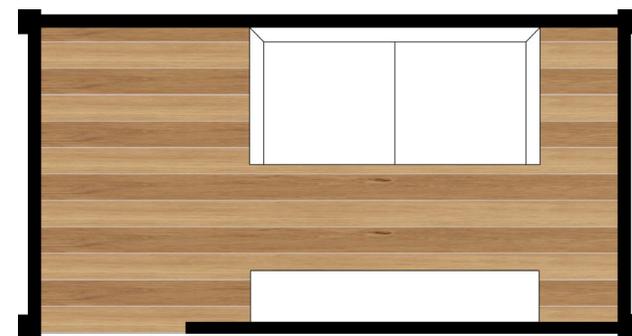


Gráfico 25: Módulo de sala de estar.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 24: Módulo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 26: Módulo de invernadero/portal.
Fuente: Elaboración propia.

Sistema constructivo

Estructura

La estructura de la vivienda esta diseñada en madera, con columnas y vigas de 15cm x 15cm, lo cual permite que se pueda llegar hasta dos pisos sin ningún problema. Esta estructura de pórticos corresponde a la modulación inicial de 3,60m x 3,60m, ya que en cada pórtico puede entrar uno o dos módulos de vivienda, dependiendo del diseño. Posterior a las vigas y columnas se colocan viguetas de 7,5cm x 15cm unidireccionales, ubicadas cada 60cm, logrando así un entramado que permite la colocación de los cielos rasos y los acabados de pisos. Por último, se coloca sobre el entramado la estructura para la cubierta, que de igual manera, esta realizada de madera, generando aleros hacia ambos lados de la vivienda, que aportan con la proteccion solar y de la lluvia.

Para la cimentación se utiliza zapatas de hormigón armado, a las cuales se ancla la estructura de madera por medio de placas metálicas, teniendo asi una estructura mixta entre hormigón armado y madera.

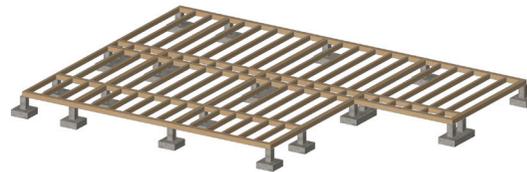


Gráfico 27: Cimentación y contra-piso.



Gráfico 28: Estructura planta baja y entrepiso.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 29: Estructura planta alta.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 30: Estructura de cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

Paneles de muro

Se tienen paneles como muros no portantes y ligeros con estructura de madera. Cada panel tiene 57,5cm de ancho y 2,40m de alto, para facilitar la modulación de la fachada. Se tienen cinco diferentes módulos:

1. Paneles sólidos: Paneles con acabado de madera hacia el exterior, aislante térmico y acústico que impiden el paso de la luz al interior, y retienen el calor para almacenarlo y distribuirlo al interior de la vivienda (Gráfico 31 y 32).
2. Muro interior: Paneles con yeso al interior y exterior, aislante acústico para mantener la privacidad en los espacios interiores. (Gráfico 33 y 34).
3. Panel de puerta: Se tendrá un panel que contenga la puerta de acceso, la misma que será una puerta corrediza que se incrustará al interior del panel, este panel tiene una dimensión de 1,15m de ancho y 2,40m de alto (Gráfico 39 y 40).
4. Protección solar: Se tiene un módulo de fachada que contiene lamas de madera, que sirven para controlar la radiación y luz que ingresan al interior de las viviendas (Gráfico 37 y 38).
5. Paneles de ventana: Paneles de vidrio con estructura de madera, poseen dos aberturas que permiten el paso del viento al interior. Tienen una variación ya que en los paneles de ventana que están en los baños, se colocará vidrio deslustrado, y el resto de paneles será con vidrio claro, permitiendo el paso de luz y radiación solar (Gráfico 35 y 36).

Todos los paneles están modulados entre sí, permitiendo que se puedan colocar adaptándose al lugar y a las condiciones climáticas, controlando cuánta luz y radiación ingresan al interior.



Gráfico 31: Axonometría panel sólido.
Fuente: Elaboración propia.

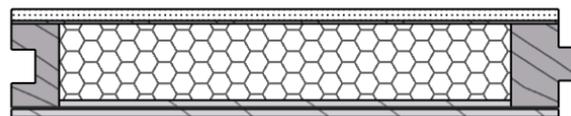


Gráfico 32: Vista en planta de panel sólido.
Fuente: Elaboración propia.

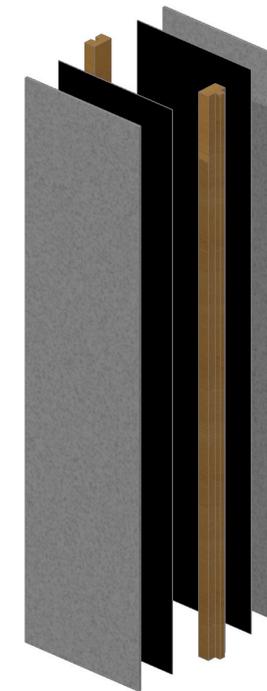


Gráfico 33: Axonometría interior.
Fuente: Elaboración propia.

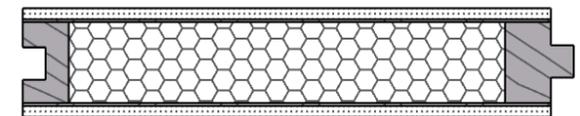


Gráfico 34: Vista en planta de panel interior.
Fuente: Elaboración propia.

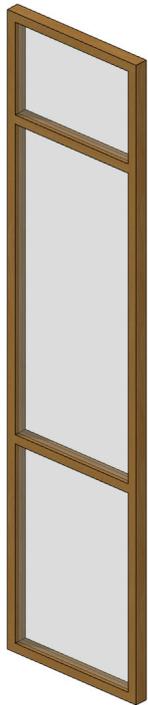


Gráfico 35: Axonometría panel de ventana.
Fuente: Elaboración propia.

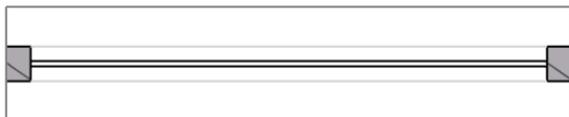


Gráfico 36: Vista en planta de panel de ventana.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 37: Axonometría proyección solar.
Fuente: Elaboración propia.

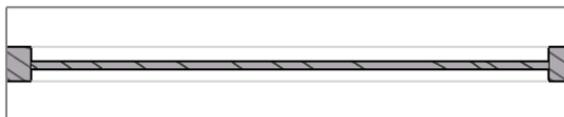


Gráfico 38: Vista en planta de protección solar.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 39: Axonometría panel de puerta.
Fuente: Elaboración propia.

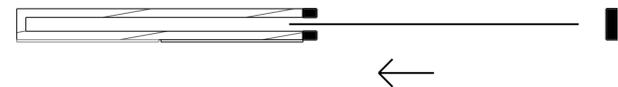


Gráfico 40: Vista en planta de panel de puerta.
Fuente: Elaboración propia.

Paneles de losa y cubierta

De igual manera, las losas y la cubierta se resuelven por medio de paneles que son acentados en la estructura principal de la vivienda. Se tendrán tres diferentes tipos de paneles, uno de contrapiso, otro de entrepiso, y por último un panel de cubierta.

1. Panel de contrapiso: Se tiene una cámara de aire que separa el terreno de la estructura de la vivienda; aislante térmico, acústico e hidrófugo, y madera como piso al interior de la vivienda (Gráfico 41 y 42).

2. Panel de entrepiso: Esta sujeto a las vigas secundarias de la estructura, para cielo raso se coloca yeso, mientras que para el piso se tiene madera; así también, se coloca un aislante acústico para controlar la privacidad (Gráfico 43 y 44).

3. Panel de cubierta: Se coloca teja de cuacho al exterior; aislantes térmicos, acústicos e hidrófugos, y a su vez, esta sujetado a la estructura de la vivienda (Gráfico 45 y 46).



Gráfico 41: Axonometría panel de contrapiso.
Fuente: Elaboración propia.

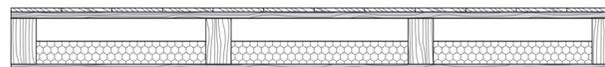


Gráfico 42: Vista en corte de panel de contrapiso.
Fuente: Elaboración propia.

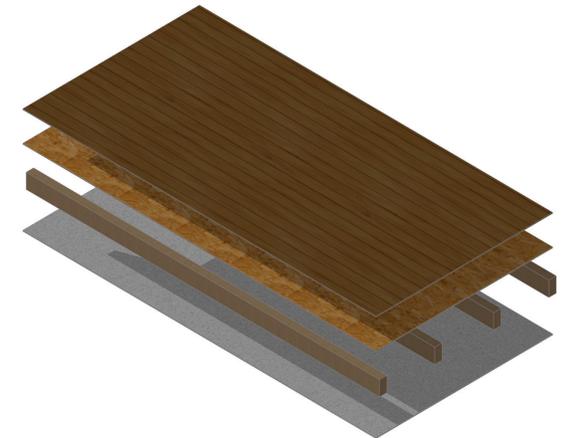


Gráfico 43: Axonometría panel de entrepiso.
Fuente: Elaboración propia.

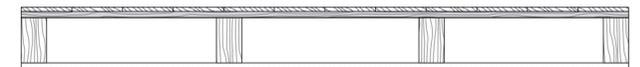


Gráfico 44: Vista en corte de panel de entrepiso.
Fuente: Elaboración propia.

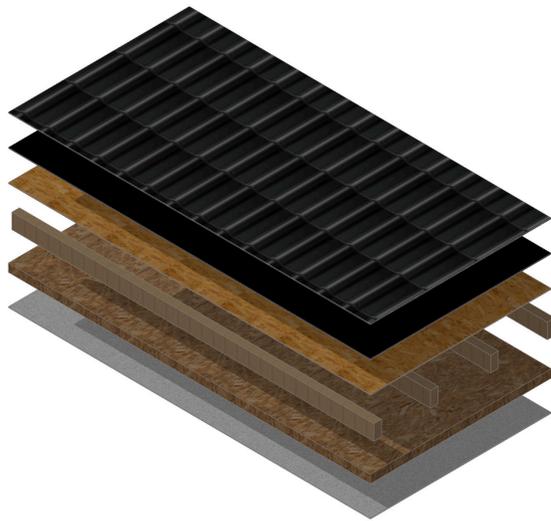


Gráfico 45: Axonometría panel de cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

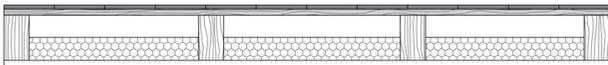


Gráfico 46: Vista en corte de panel de cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

Reutilización de materiales

Para aumentar el factor de sostenibilidad, se realizaron investigaciones sobre algún material que pueda ser reciclado, y sea accesible en la zona. El material con mayor oportunidad fue el caucho, principalmente el de los neumáticos desechados, ya que son fáciles de conseguir y son económicos. De esta manera, se analizaron diferentes estudios a partir de este material, obteniendo como resultado un estudio sobre la reutilización del caucho para realizar un textil que sirve como aislante acústico, y otro estudio que plantea la elaboración de tejas a partir del caucho extraído de los neumáticos, brindando un mejor resultado que las tejas convencionales. De manera similar, se puede extraer una lámina de caucho sobrante de los neumáticos, la cual, es totalmente impermeable y sirve como aislante hidrófugo; reutilizando el material, dándole una segunda vida al mismo, aportando con la sostenibilidad del proyecto.



Gráfico 47: Aislante acústico a partir del caucho obtenido de los neumáticos reciclados.
Fuente: Morillo, 2020.



Gráfico 48: Teja desarrollada a partir del caucho reciclado.
Fuente: Sanchez, Gaggino y Positieri , 2018.



Gráfico 49: Cumbretero desarrollado a partir del caucho reciclado.
Fuente: Sanchez, Gaggino y Positieri , 2018



Gráfico 50: Puesta en obra de tejas de caucho reciclado.
Fuente: Sanchez, Gaggino y Positieri , 2018

Coefficiente de transmitancia térmica (Factor U)

Todos los envolventes de la vivienda deben cumplir con un valor máximo del coeficiente de transmitancia térmica, o también llamado Factor U, según la NEC de Eficiencia Energética. Razón por la cual, se obtuvieron valores para los paneles de muro exteriores, contrapiso y cubierta, determinando que todos cumplen con este valor mínimo, obteniendo valores mucho más óptimos, garantizando el confort al interior de la viviendas.

Para obtener el factor U, se debe colocar en una tabla los materiales utilizados en cada panel, desde el exterior al interior; se coloca el espesor (m) de cada material a utilizar, posteriormente se debe investigar el valor de la conductividad de cada material (W/mk); de esta manera, se divide el espesor para la conductividad, obteniendo la resistividad (W/m²k) de cada material; una vez obtenidos los valores de resistividad de cada material, se suma todos entre sí. Finalmente, se divide 1 sobre el valor total de la resistividad del panel; con este procedimiento se obtienen los factores U de todos los paneles envolventes, determinando los siguientes valores:

1. Panel de muro exterior: Factor U de 0,64, cumpliendo con el valor máximo de la NEC de 2.35 (Tabla 25).
2. Panel de contrapiso: Factor U de 0.22, cumpliendo con el valor máximo de la NEC de 3.2 (Tabla 26).
3. Panel de cubierta: Factor U de 0.22, cumpliendo con el valor máximo de la NEC de 2.9 (Tabla 27).

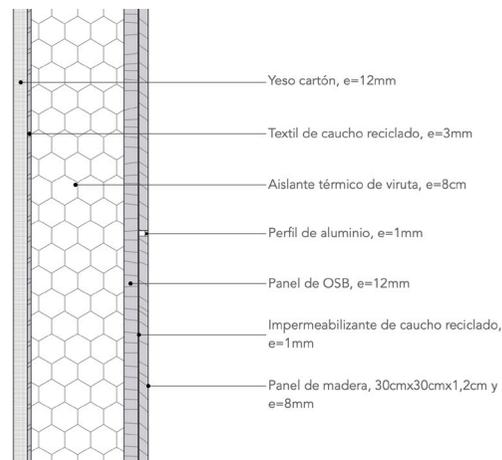


Gráfico 51: Sección panel de muro exterior.
Fuente: Elaboración propia.

Panel			
Elemento	Espesor (m)	λ (W/mk)	R (W/m ² k)
Yeso cartón	0,012	0,25	0,0480
Téxtil de caucho reciclado	0,003	0,15	0,0200
Viruta de madera	0,080	0,06	1,3333
OSB	0,012	0,15	0,0800
Caucho	0,001	0,15	0,0067
Madera	0,012	0,14	0,0857
R total=			1,5737
FACTOR U (1/Rt)			0,64

Tabla 25: Cálculo de Factor U del panel de muro exterior.
Fuente: Elaboración propia.

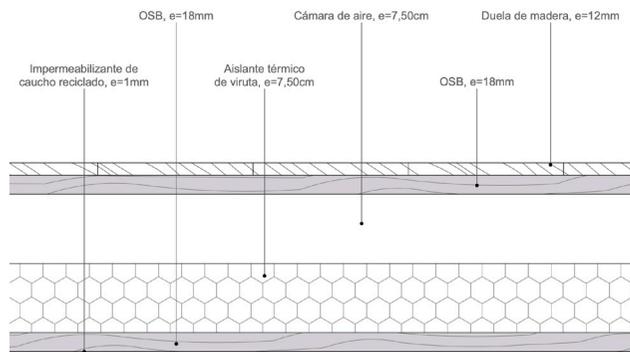


Gráfico 52: Sección panel de contrapiso.
Fuente: Elaboración propia.

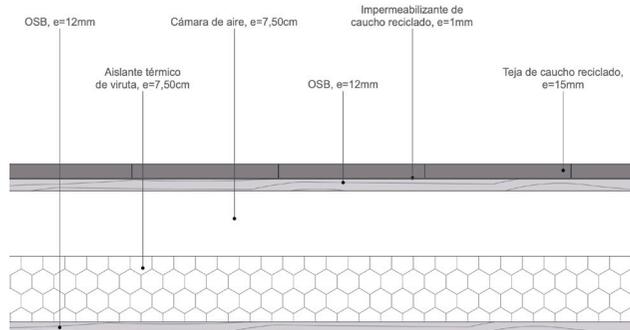


Gráfico 53: Sección panel de cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

Contrapiso			
Elemento	Espesor (m)	λ (W/mk)	R (W/m ² k)
Duela de madera	0,012	0,15	0,0800
OSB	0,018	0,15	0,1200
Viruta	0,075	0,06	1,2500
Caucho	0,001	0,15	0,0067
OSB	0,018	0,15	0,1200
Cámara de aire	0,075	0,025	3,0000
R total=			4,5767
FACTOR U (1/Rt)			0,22

Tabla 26: Cálculo de Factor U del panel de contrapiso.
Fuente: Elaboración propia.

Cubierta			
Elemento	Espesor (m)	λ (W/mk)	R (W/m ² k)
Yeso cartón	0,012	0,25	0,0480
Téxtil de caucho reciclado	0,003	0,15	0,0200
Viruta	0,075	0,06	1,2500
Cámara de aire	0,075	0,025	3,0000
OSB	0,012	0,15	0,0800
Caucho	0,001	0,15	0,0067
Teja de caucho reciclado	0,015	0,33	0,0455
R total=			4,4501
FACTOR U (1/Rt)			0,22

Tabla 27: Cálculo de Factor U del panel de cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

Estrategias bioclimáticas

Definición de estrategias bioclimáticas

En cuanto a las estrategias bioclimáticas que se aplicarán al diseño, se toma en consideración que estas son una respuesta a las condiciones climáticas del lugar, datos obtenidos y analizados previamente. Para determinar que estrategias aplicar, se optó por la utilización del diagrama psicrométrico de Givoni, el cual nos sirve para identificar las estrategias bioclimáticas que se deben utilizar en el diseño para llegar a una temperatura de confort al interior de la vivienda. En la parte inferior del diagrama se tienen los valores de humedad, de esta manera se identifican 6 zonas dentro del diagrama:

1. Zona de confort: Esta zona es la óptima, ya que se encuentra entre valores de 19,2 y 24,4 grados centígrados, basándose en el rango de confort adaptativo, descrito anteriormente.
2. Ventilación cruzada: Se deben utilizar estrategias para ventilar los espacios de manera continua, se utiliza en temperaturas por encima de la temperatura de confort.
3. Inercia térmica y ventilación selectiva: Se deben tener envolventes con una alta masa térmica para proteger del calor extremo que este al exterior, apoyándose en una ventilación continua de los espacios.
4. Enfriamiento evaporativo: Consiste en agregar agua al aire, por medio de la evaporación o por medio de la colisión de partículas de agua que se desprenden y se quedan en el aire, refrescando el ambiente y agregando humedad al ambiente, es recomendable para climas secos y calurosos.
5. Humidificación: Es agregar humedad al ambiente, por medio de la implementación de fuentes de agua.
6. Sistemas solares pasivos: Esta estrategia busca ganar calor y temperatura al interior de la vivienda, aprovechando la radiación solar y mediante aislantes térmicos.

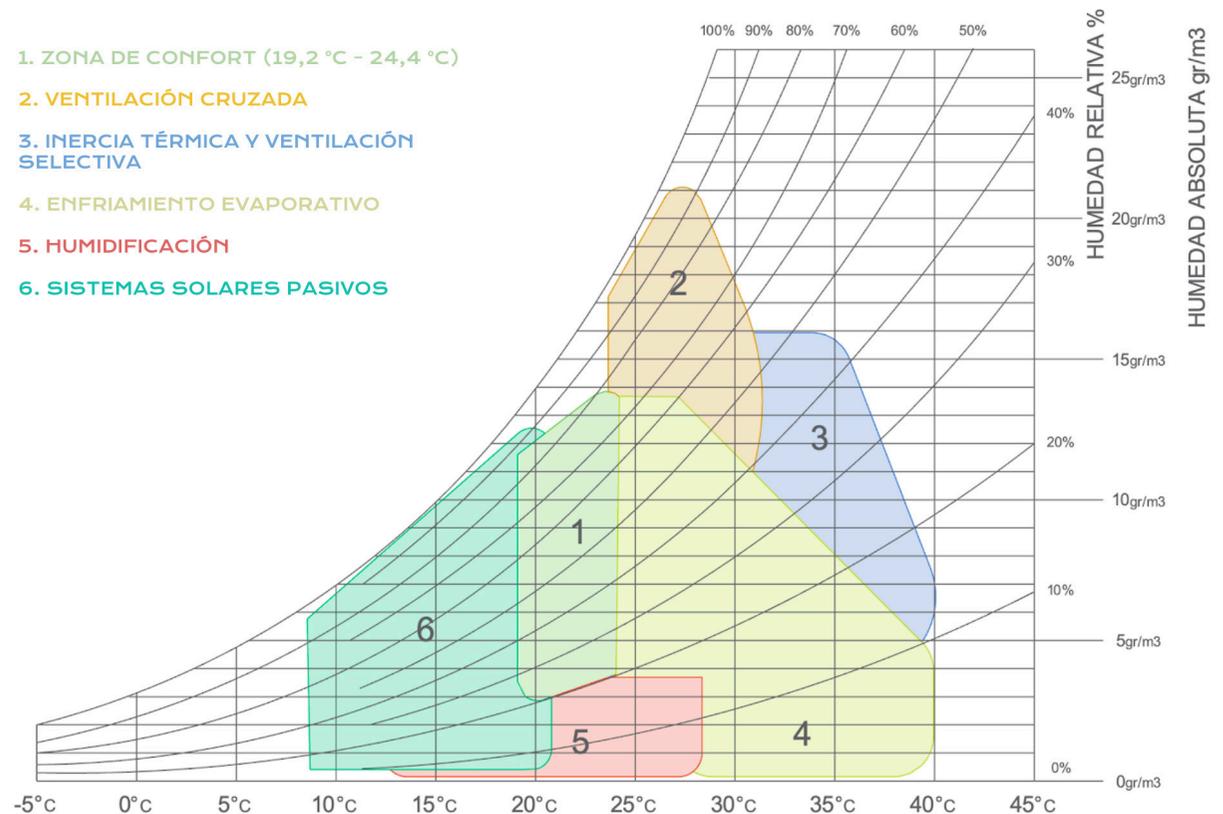


Gráfico 54: Diagrama psicrométrico de Givoni.
Fuente: Elaboración propia.

Temperatura en el diagrama de Givoni

Se procede a ubicar dentro del diagrama las temperaturas y las humedades de cada mes del año, trazando líneas que relacionen la temperatura máxima con la humedad relativa mínima, y de igual manera con la temperatura mínima con la humedad relativa máxima. Y así podemos identificar que en la mayor parte del año, las temperaturas están por debajo de la zona de confort, ubicándose en la zona 6, lo que nos indica que se deben utilizar estrategias de sistemas solares pasivos, para lograr tener una temperatura óptima al interior de la vivienda.

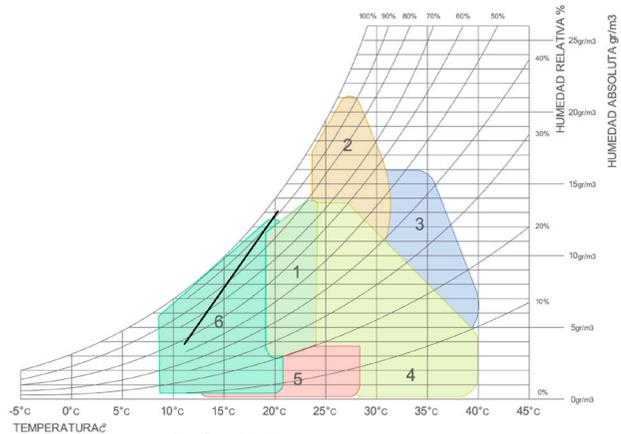


Gráfico 55: Temperatura y humedad del mes de enero.
Fuente: Elaboración propia

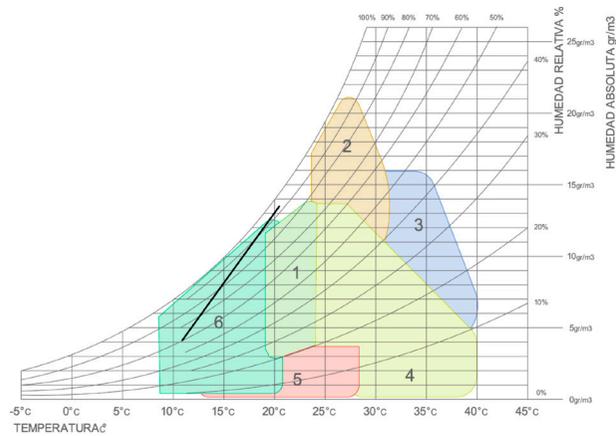


Gráfico 56: Temperatura y humedad del mes de febrero.
Fuente: Elaboración propia

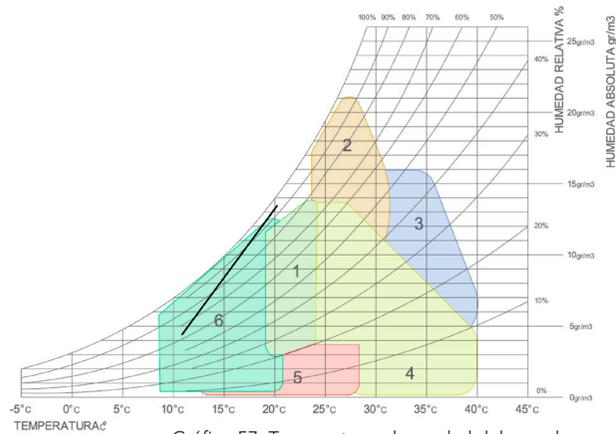


Gráfico 57: Temperatura y humedad del mes de marzo.
Fuente: Elaboración propia

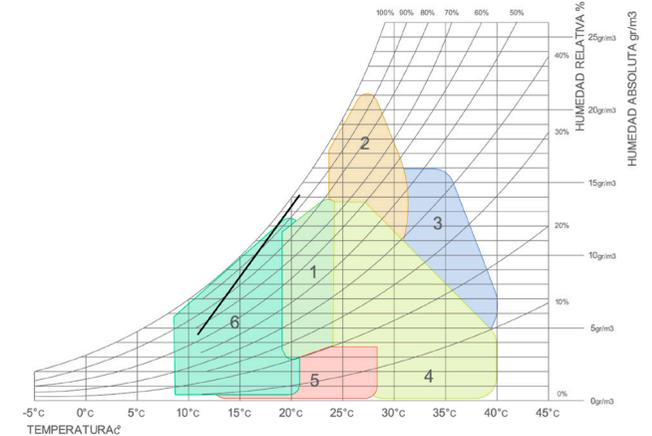


Gráfico 58: Temperatura y humedad del mes de abril.
Fuente: Elaboración propia

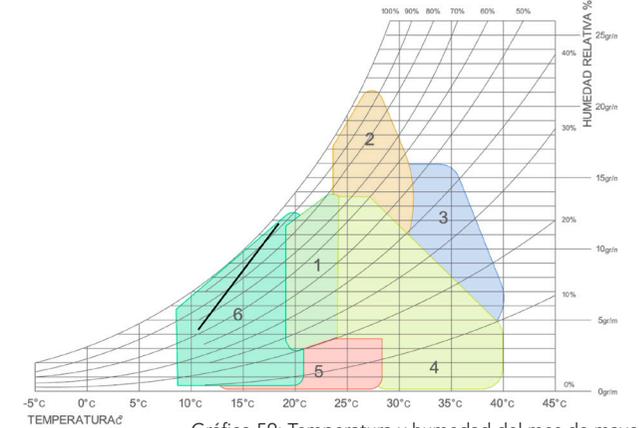


Gráfico 59: Temperatura y humedad del mes de mayo.
Fuente: Elaboración propia

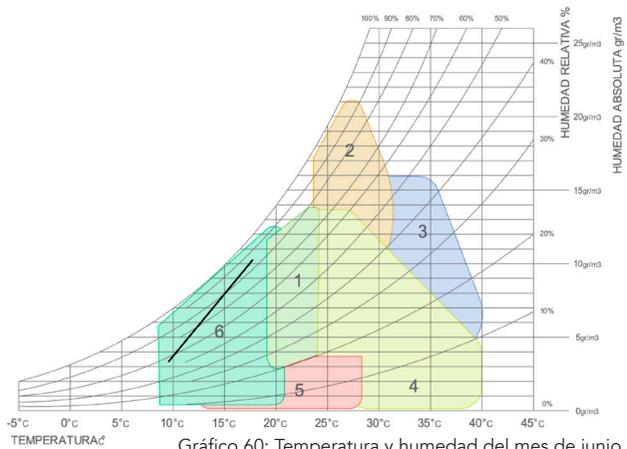


Gráfico 60: Temperatura y humedad del mes de junio.
Fuente: Elaboración propia

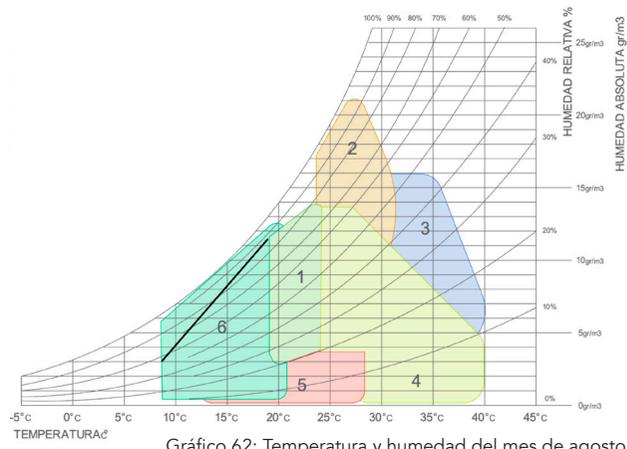


Gráfico 62: Temperatura y humedad del mes de agosto.
Fuente: Elaboración propia

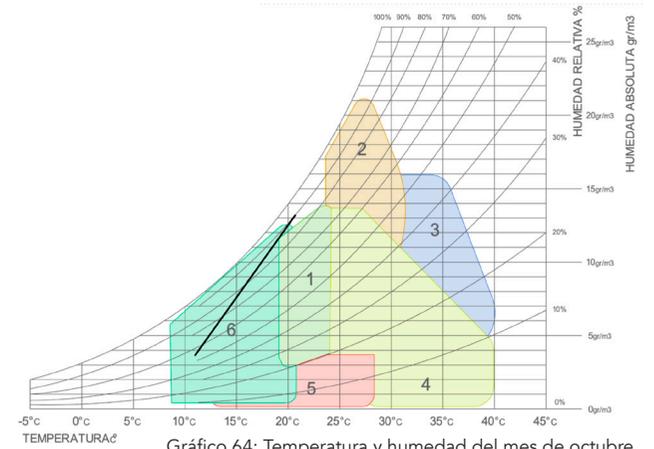


Gráfico 64: Temperatura y humedad del mes de octubre.
Fuente: Elaboración propia

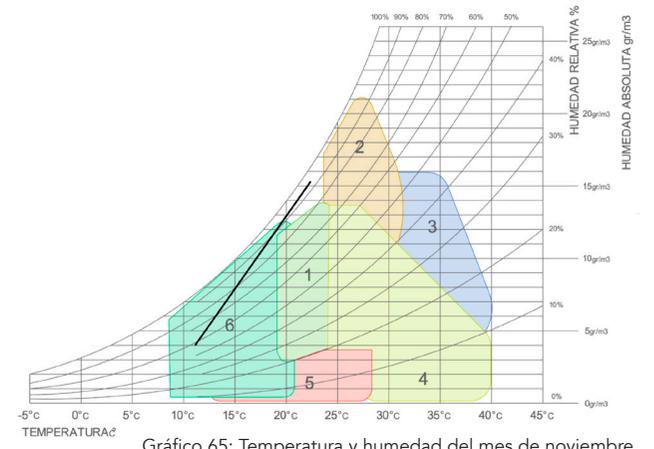


Gráfico 65: Temperatura y humedad del mes de noviembre.
Fuente: Elaboración propia

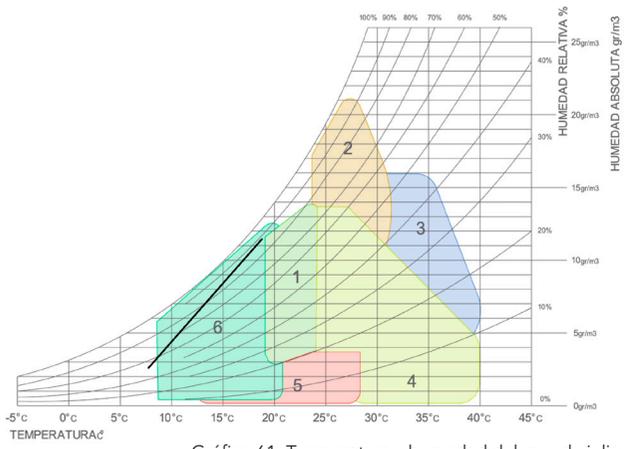


Gráfico 61: Temperatura y humedad del mes de julio.
Fuente: Elaboración propia

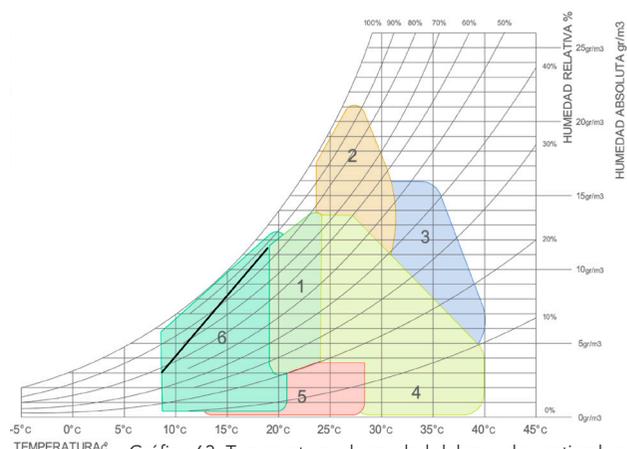


Gráfico 63: Temperatura y humedad del mes de septiembre.
Fuente: Elaboración propia

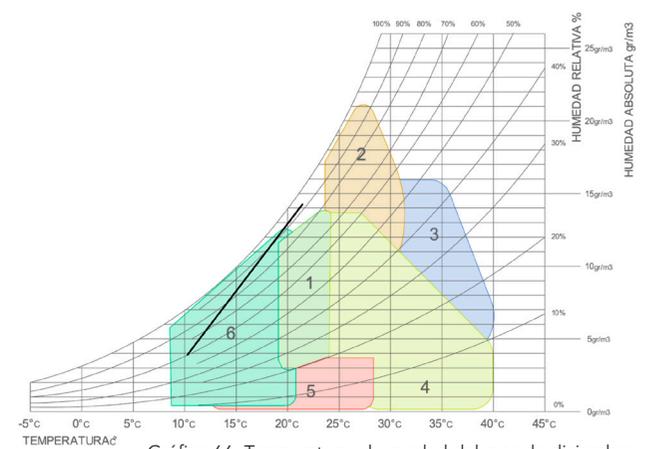


Gráfico 66: Temperatura y humedad del mes de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

Sistemas solares pasivos

Como se explicó en el diagrama de Givoni, se deben aplicar estrategias de sistemas solares pasivos para llegar a una temperatura de confort al interior de la vivienda; se identificaron 5 estrategias clave para ser aplicadas al diseño:

1. Ganancia de calor interna: Se debe aprovechar al máximo la radiación solar, logrando que el calor del sol ingrese al interior de la vivienda.
2. Acumulación y distribución de calor: El calor que ingresa hacia el interior de la vivienda, se almacena en los muros y losas, posteriormente este calor es distribuido hacia el interior de la vivienda.
3. Aislamiento térmico: Todos los envolventes de la vivienda deben estar protegidos con aislantes térmicos, impidiendo el paso del frío del exterior hacia el interior.
4. Invernadero adosado y muro trombe: El invernadero sirve para almacenar calor, mientras que el muro trombe permite ingresar este calor al interior, logrando que el aire frío sea expulsado hacia el invernadero.
5. Protección solar: Se recomienda colocar quebrasoles en las ventanas, para evitar un sobrecalentamiento de los espacios.

Diseño de la vivienda

Ubicación

La vivienda se emplazará en la ciudad de Cuenca, debido a que se realizó el análisis del clima de esta ciudad; para lo cual se identificó un lote en la zona del Ejido, dentro de una zona residencial de la ciudad. El terreno es un lote esquinero, con pendiente mínima, prácticamente nula; al oeste, el lote colinda con un lote vacío, mientras que al sur ese encuentra una vivienda adosada de dos pisos de altura, cercano al terreno se tiene un parque llamado Santa Anita (Gráfico 67).

Emplazamiento

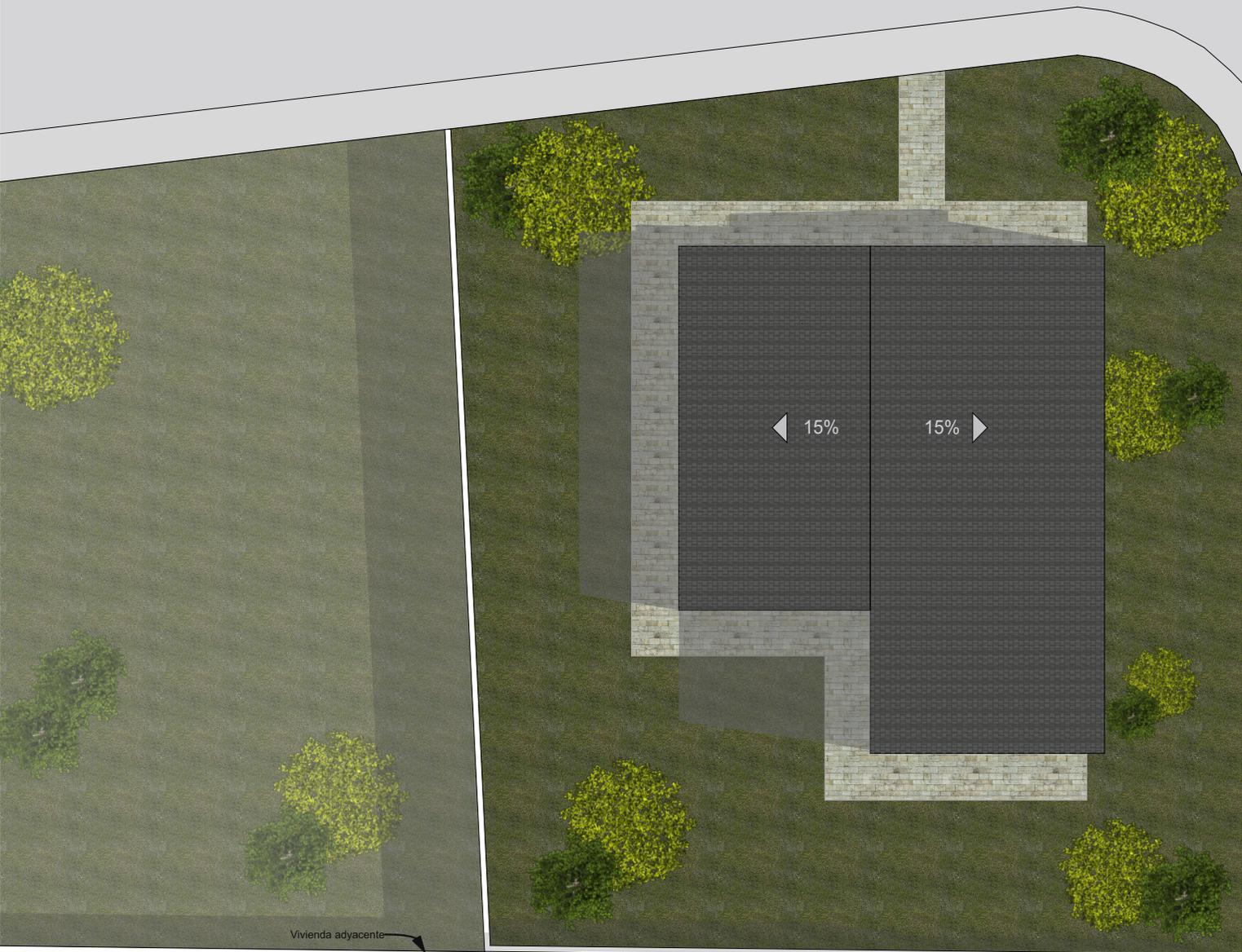
La vivienda esta emplazada en el centro del terreno, respetando los retiros impuestos en la normativa; de igual manera, la vivienda esta orientada de este a oeste, aprovechando al máximo la radiación solar; el invernadero esta ubicado hacia el oeste del lote. La cubierta es a dos aguas permitiendo que se realice la recolección de agua hacia el interior de la vivienda; así mismo, los aleros permiten el paso de la luz y la radiación solar al interior de la casa. Además, se puede evidenciar que la vivienda adyacente, no genera sombra hacia el interior del terreno, lo que permite que el proyecto se implante sin tener ningún inconveniente en cuanto a ser tapado por la misma (Gráfico 68).



Gráfico 67: Ubicación.
Fuente: Elaboración propia

Emplazamiento

RAFAEL TORRES BELTRÁN



JOSÉ M SÁNCHEZ

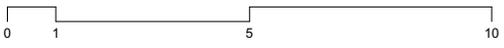


Gráfico 68: Emplazamiento.
Fuente: Elaboración propia.



Tipología de la vivienda

Se parte de una tipología de vivienda base de dos plantas, mediante la utilización de los módulos de vivienda descritos anteriormente. Esta tipología base cuenta en planta baja (Gráfico 69) con un módulo de sala, comedor, cocina, dormitorio, y dos módulos de invernadero; además, cuenta con un módulo de baño y otro de escaleras, que permiten la conexión con la planta alta. Se colocan las aberturas hacia el este y oeste, para así aprovechar la luz solar, y permitir el paso de calor hacia el interior de la vivienda durante todo el día.

En la planta alta (Gráfico 70, 71 y 72) se desarrollan dos módulos de dormitorios, y se añade un módulo adicional que puede funcionar tanto de estudio, sala de estar, o incluso otro baño más, dependiendo de las necesidades a futuro de la familia, de esta manera la vivienda puede llegar a servir hasta 4 o 5 personas, facilitando la autoconstrucción.

Planta baja

lote vacío

Vivienda adyacente

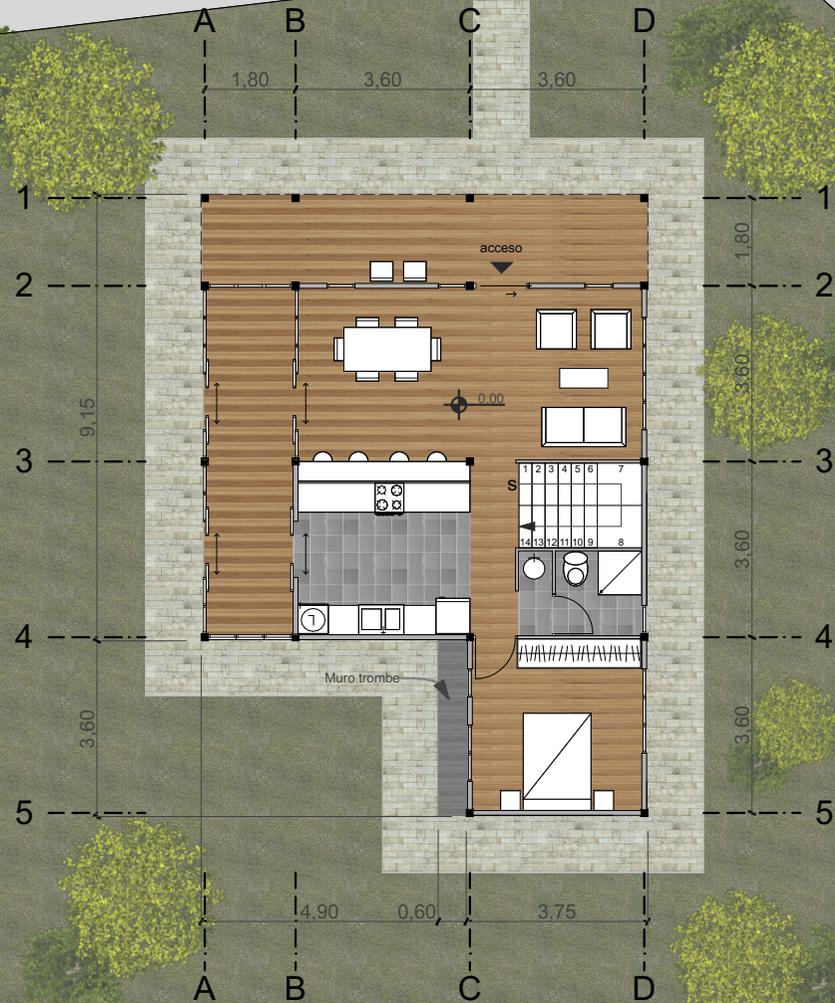


Gráfico 69: Planta baja.
Fuente: Elaboración propia.



Planta alta
opción 1, estudio

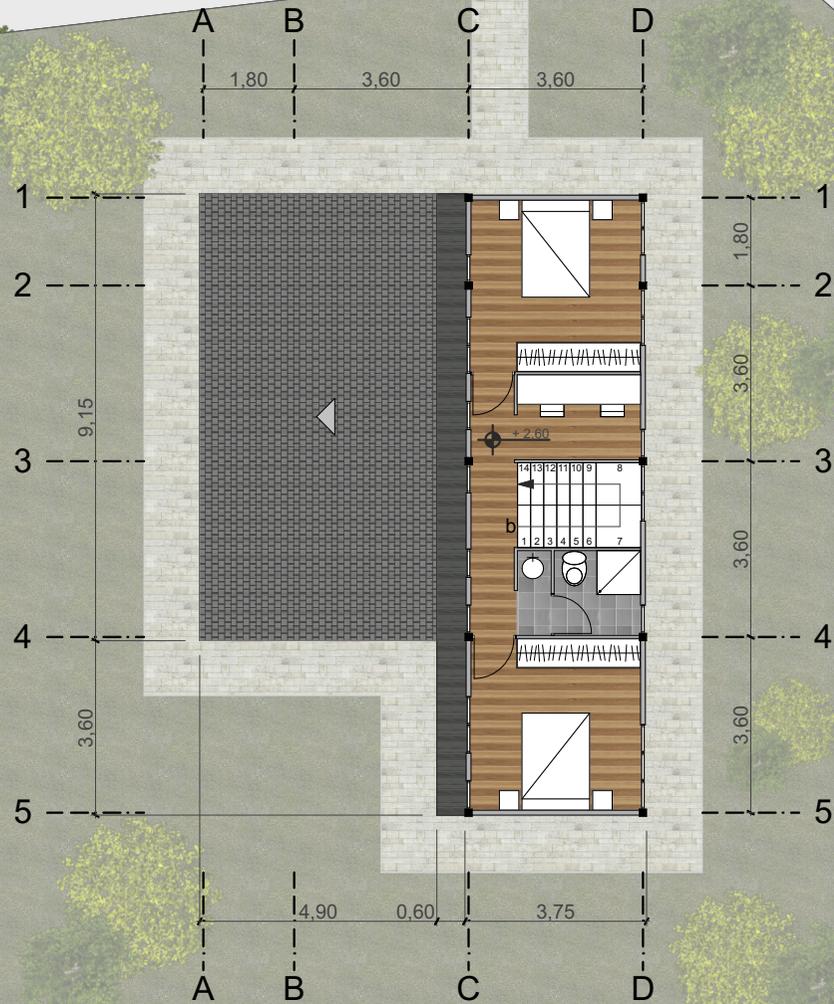


Gráfico 70: Planta alta (opción 1).
Fuente: Elaboración propia.



Planta alta

opción 2, sala de estar

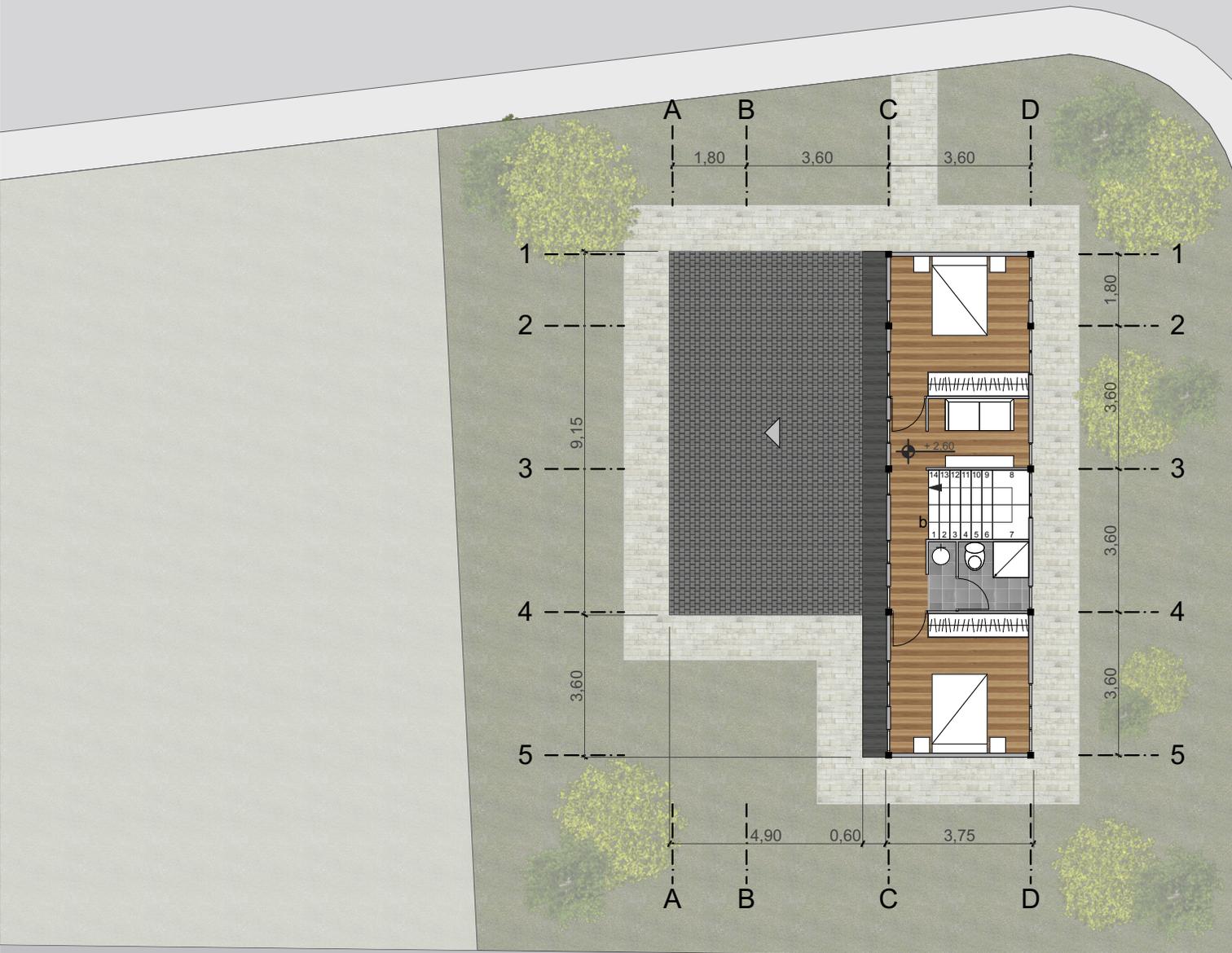


Gráfico 71: Planta alta (opción 2).
Fuente: Elaboración propia.



Planta alta

opción 3, baño adicional

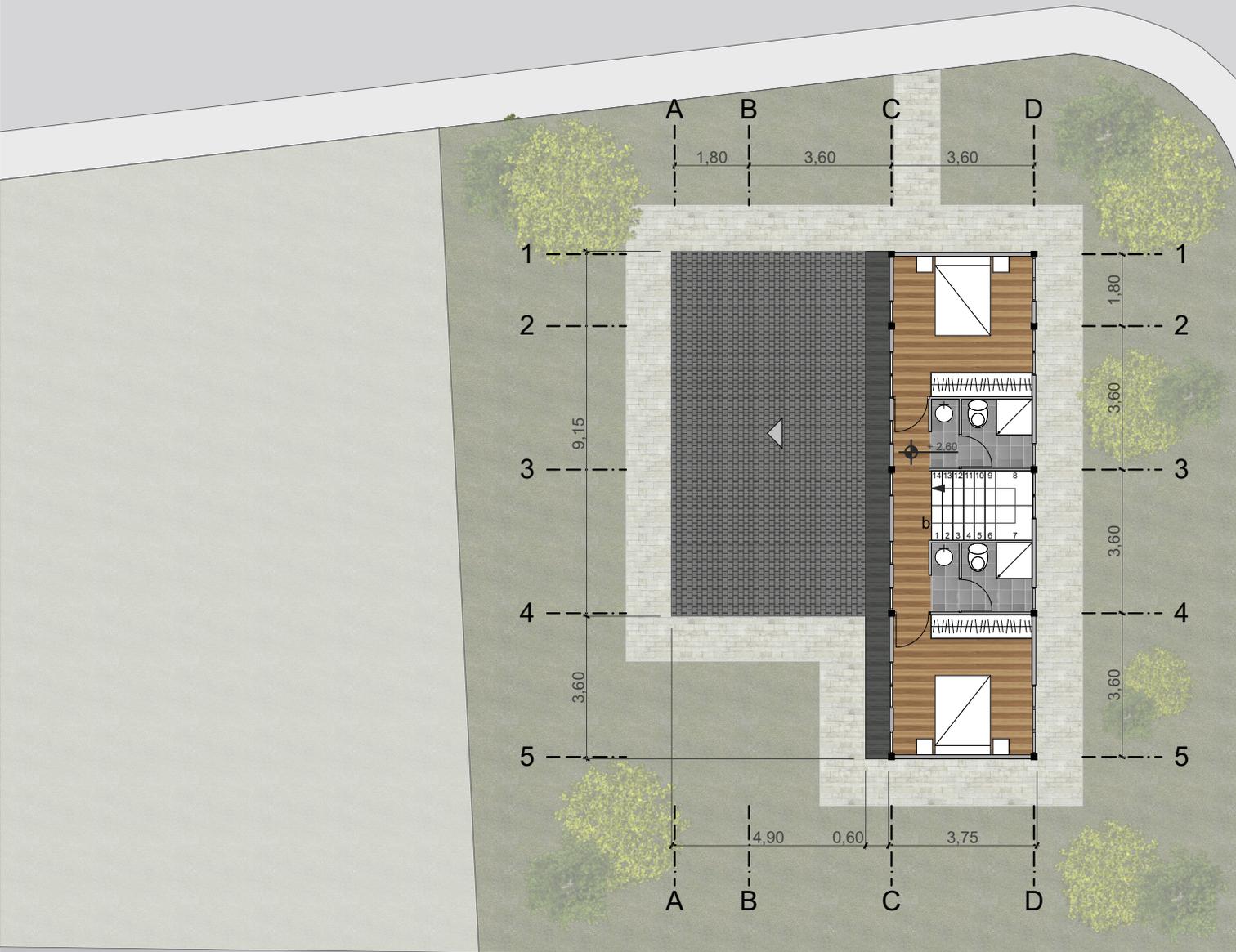


Gráfico 72: Planta alta (opción 3).
Fuente: Elaboración propia.



Aplicación de estrategias bioclimáticas

Aislamiento térmico

Todos los envolventes de la vivienda deben estar protegidos con aislantes térmicos, impidiendo el paso del frío del exterior hacia el interior; de esta manera, se tiene como aislante térmico principal a la viruta de madera; por otro lado, en el contrapiso y cubierta se añade una cámara de aire, logrando cumplir de manera eficiente con el Factor U tanto en los muros exteriores, contrapiso y cubierta. (Gráfico 73, 75 y 76)

Protección solar

Se colocaron quiebrasoles tanto en las fachadas este, como oeste; para impedir que se sobrecalienten los espacios, permitiendo un ingreso controlado de la luz y radiación solar. Estos quiebrasoles tienen la característica de que son móviles y se pueden ajustar para generar diferentes niveles de iluminación y calor al interior. (Gráfico 74)

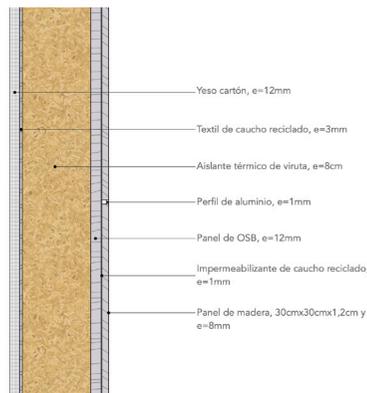


Gráfico 73: Aislante térmico de viruta de madera en el muro exterior. Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 74: Protección solar por medio de quiebrasoles. Fuente: Elaboración propia.

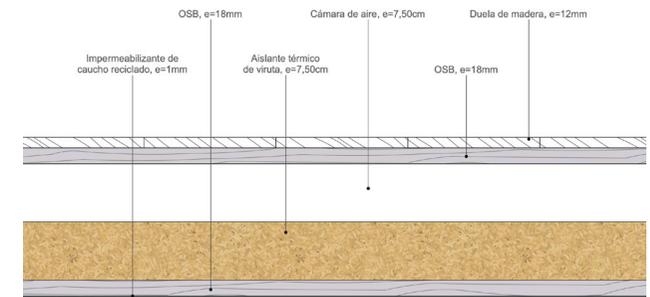


Gráfico 75: Aislante térmico de viruta de madera en el contrapiso. Fuente: Elaboración propia.

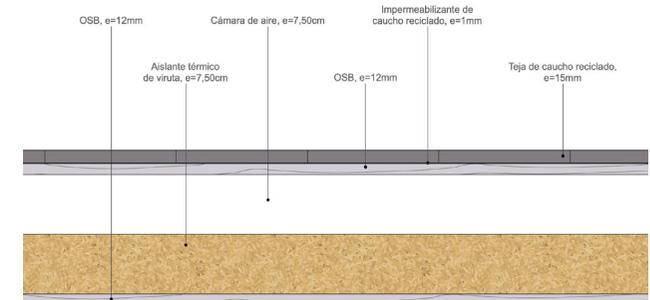


Gráfico 76: Aislante térmico de viruta de madera en la cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Ganancia de calor interna

Se orienta la vivienda de este a oeste para lograr obtener la mayor radiación solar posible, y así generar las aberturas de ventanas, permitiendo el paso del calor al interior de la vivienda. Las ventanas están colocadas de tal manera que se garantice que el calor ingrese a todos los espacios de la vivienda, recibiendo tanto el calor de la mañana como el de la tarde. De la misma manera, en el invernadero se ganará calor por medio de las ventanas que lo rodean, así como de las aberturas en el techo que permiten el paso de calor al mismo. (Gráfico 77)

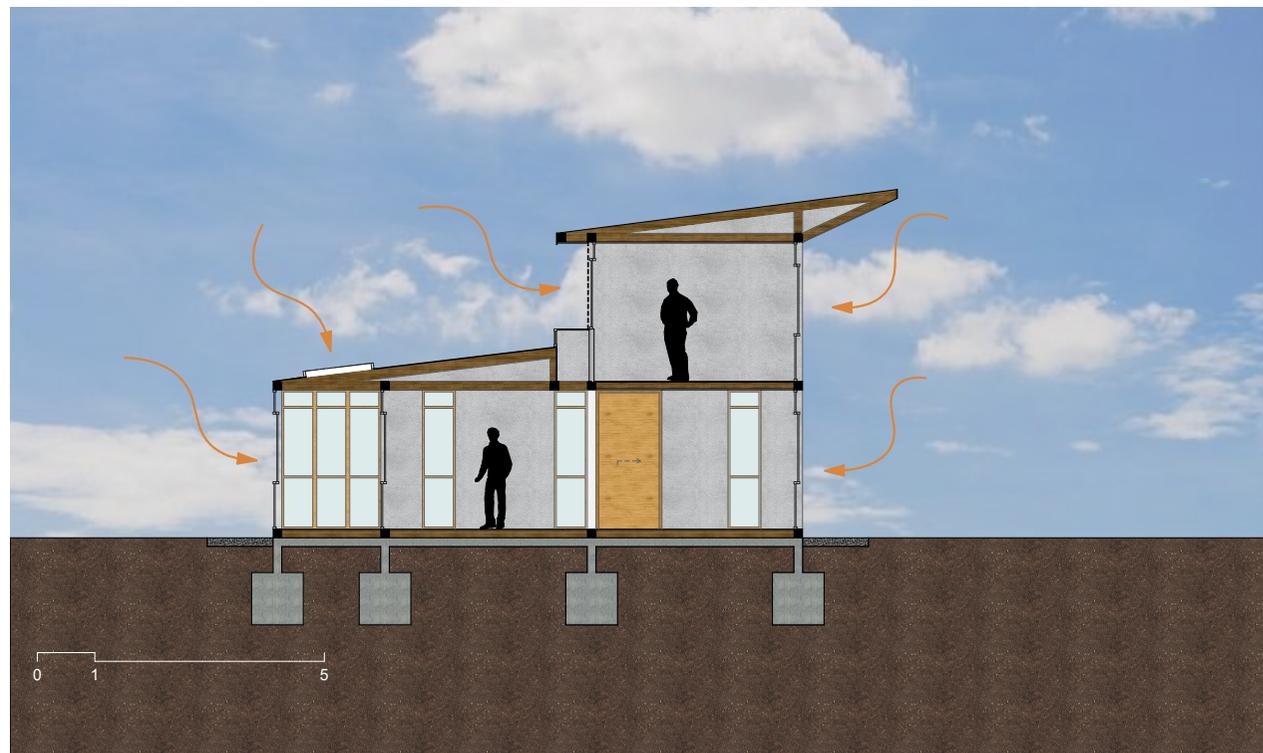


Gráfico 77: Ingreso de calor a la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Acumulación y distribución de calor

Los muros y las losas de la vivienda almacenan el calor recibido (Gráfico 78), ya que los materiales a utilizar tienen esta capacidad de mantener el calor, esto hace que tanto los muros exteriores como los interiores, obtengan calor y lo mantengan; posteriormente ese calor es llevado hacia el interior (Gráfico 79), obteniendo una temperatura de confort en los espacios interiores. Por esta razón, se colocaron muros en ambas direcciones que reciban el calor, los muros que dan hacia el norte y sur, son muros sin aberturas, los mismos que recibirán las mayores cantidades de radiación, en los solsticios de junio y diciembre, respectivamente; esto genera que estos muros también sean captadores y distribuidores de calor.

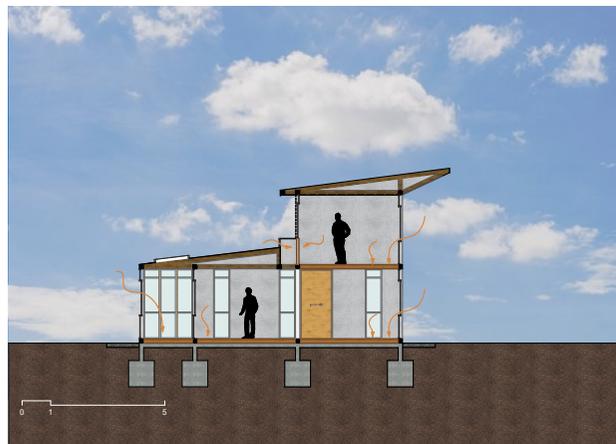


Gráfico 78: El calor se acumula en los muros y losas.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 79: El calor acumulado se distribuye al interior de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Invernadero adosado y muro trombe

Se diseña el invernadero al oeste de la vivienda para lograr tener una radiación solar de onda larga permitiendo que este se caliente y acumule el calor en su interior; más adelante, por medio del muro trombe, el aire caliente del invernadero ingresa a la vivienda por la abertura superior del mismo, mientras que el aire frío al interior de la casa es expulsado hacia el invernadero por la abertura inferior, logrando que se genere una termoventilación y circulación continua del aire, renovando el ambiente de la vivienda de manera constante, obteniendo una temperatura dentro del rango de confort. Para el diseño de este muro trombe se considero también la posibilidad de que en los meses mas cálidos se de un sobrecalentamiento, razón por la cual, se decidió realizar este muro trombe a la altura de los antepechos de las ventanas, ya que al sobrecalentarse los espacios, simplemente se abre la ventana y se puede ventilar la vivienda. (Gráfico 80 y 81)

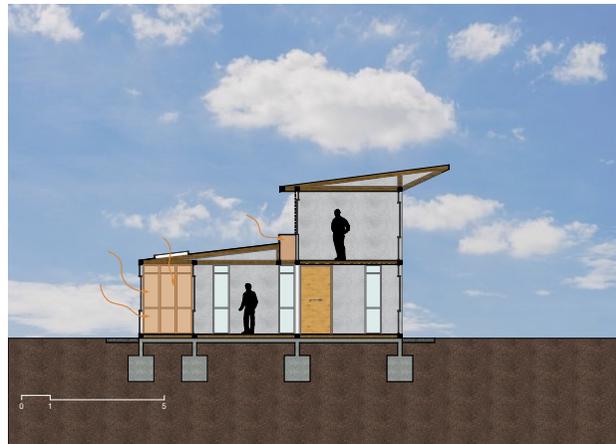


Gráfico 80: El calor ingresa al invernadero y muro trombe.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 81: El calor almacenado se distribuye al interior.
Fuente: Elaboración propia.

Diseño del envolvente

Fachada con base en la modulación

Para el diseño de los envolventes se parte de los diferentes tipos de paneles que se tienen al exterior: panel sólido, panel de ventana y panel de puerta. A partir de estos paneles de 57,5cm x 2,40m, se obtiene una retícula, la misma se va fragmentando debido a las diferentes medidas de los acabados de los paneles. Los paneles sólidos tienen piezas de 30cm, y el otro de 60cm, los módulos de ventanas tienen antepechos de 90cm y aberturas superiores de 30cm, y el módulo de puerta, tiene un panel que corresponde a la puerta y otros módulo que varía entre los tipos de paneles sólidos de 30cm o 60cm. Por otro lado, los quiebrasoles aportan a la modulación, ya que están separados cada 10cm, lo que permite que se adapten tanto a las divisiones de los paneles sólidos de 30cm y 60cm, así como de las carpinterías de las ventanas a 90cm; estos quiebrasoles al tener la capacidad de ser móviles, permiten que se puedan generar variaciones entre los llenos y vacíos de la fachada. Por otro lado para la fachada oeste, en la que se tiene el muro trombe, se colocan las ventanas con un antepecho de 90cm, que corresponde a la altura del muro trombe, y de igual manera, los quiebrasoles. Este cambio le da una variación lógica a la fachada, ya que no pueden ser las mismas, debido a que el sol de la tarde es diferente al de la mañana, tanto en radiación solar y temperatura.

Para la ubicación de los paneles, el diseño estuvo basado en la apofenia, es la capacidad de ver patrones dentro de cierto elemento; en este caso corresponde a ver el orden en medio de la fragmentación que presenta la fachada, ya que al tener diferentes paneles con distintas medidas, podría carecer de un orden; sin embargo, esto se resuelve por medio de la modulación que tienen los elementos, permitiendo que se pueda apreciar orden fijo dentro de la fachada.

Fachada este



Gráfico 82: Fachada oeste de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Fachada norte

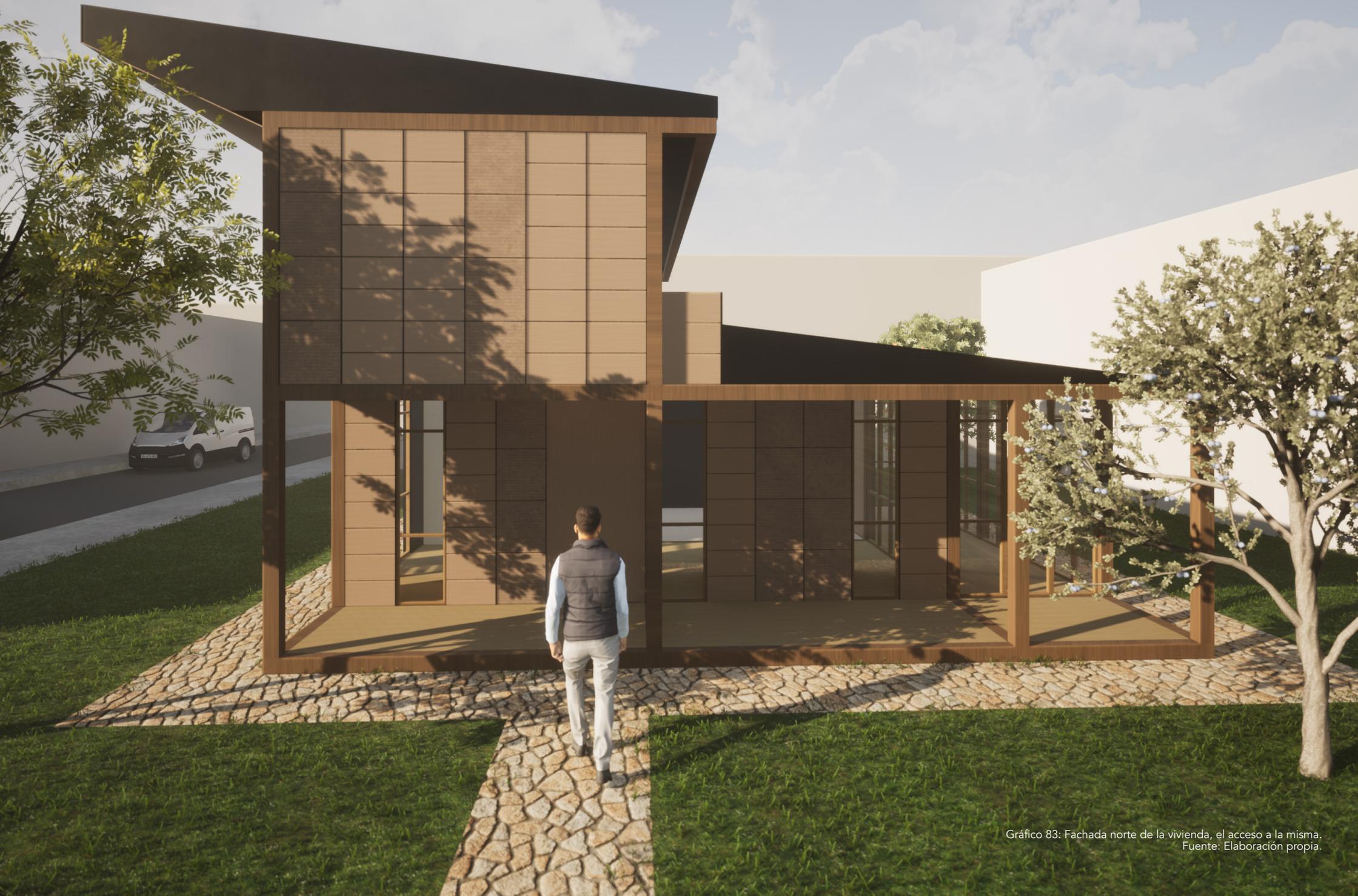


Gráfico 83: Fachada norte de la vivienda, el acceso a la misma.
Fuente: Elaboración propia.

Fachada oeste



Gráfico 84; Fachada oeste de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Fachada sur



Gráfico 85: Fachada sur de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Concepción de la cubierta

La cubierta de la vivienda está dividida en dos partes, la primera en la parte superior, es la más amplia y cubre la planta alta; mientras que, la parte inferior cubre el invernadero. En la parte alta se colocan dos calentadores solares; por otro lado, en la parte baja se colocan cuatro aberturas que dan iluminación y calor al invernadero.

Una de las principales virtudes que tiene la cubierta, son sus aleros en la parte alta, ya que por medio de los mismos se protege las fachadas del sol y de la lluvia, permitiendo así que los materiales tengan una vida útil más prolongada. La cubierta tiene una pendiente del 15% en ambas partes; en la parte alta la pendiente cae hacia el interior, por otro lado, en la parte baja cae hacia el exterior. (Gráfico 86)

Cubiertas



Gráfico 86: Imagen de las cubiertas.
Fuente: Elaboración propia.

Sistemas de recolección de agua lluvia y eficiencia energética

Recolección de agua lluvia

La recolección de agua lluvia se lleva a cabo por medio de la colocación de un tanque, con capacidad de 250 litros, teniendo en cuenta la precipitación que se tiene (Tabla 18), este tanque se ubica en la cubierta de planta baja de la vivienda, el tanque se encuentra por debajo del nivel de la primera cubierta, y por encima del nivel de entepiso, tapado por el muro trombe ubicado en planta alta, y está soportado por la estructura propia de la casa. Para la captación del agua se tiene una tapa que se abre y se cierra según el nivel del agua del tanque, es decir, cuando este lleno, se cierra y no permita más el ingreso del agua, de esta manera evita fugas; así mismo, se tiene un filtro que evita que pasen elementos como: tierra, polvo, basura, entre otros; logrando de esta manera que el agua se mantenga limpia. Tomando en cuenta los datos de precipitación, se tiene como promedio 114 litros de lluvia al mes por cada metro cuadrado de captación. Para llenar el tanque se toma en cuenta el área de captación de la cubierta, correspondiente a 65 metros cuadrados, lo que nos da un promedio de 7410 litros al mes, para lo cual con un día de lluvia equivale a 247 litros; es decir que el tanque se llena con tan solo un día de lluvia. Al tener estos valores se puede utilizar esta agua para los inodoros, riego, y para aseo de la vivienda; ahorrando agua potable.

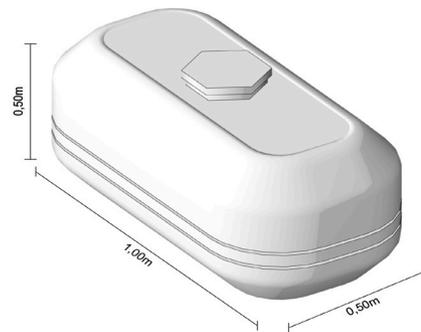


Gráfico 87: Dimensiones del tanque de agua lluvia.
Fuente: Elaboración propia.

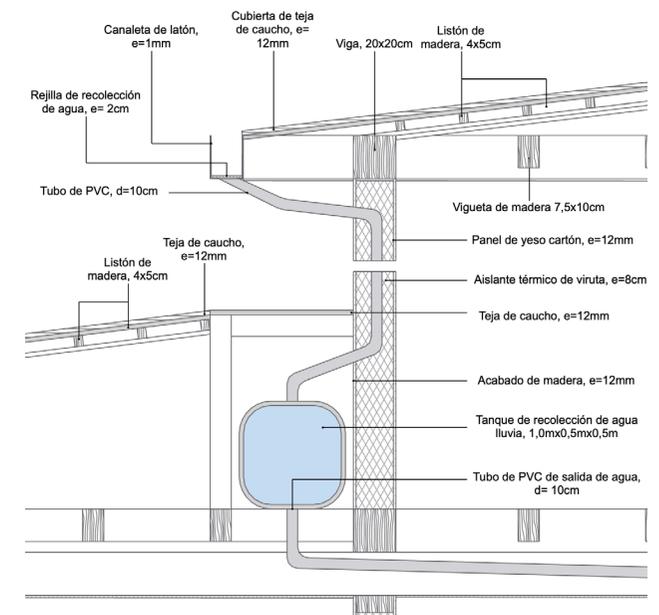


Gráfico 88: Detalle bajante agua lluvia y cubierta.
Fuente: Elaboración propia.

Sistema de eficiencia energética

La vivienda es eficientemente energética, por que permite un correcto ingreso de la luz al interior, lo que evita que se enciendan luces en el día; de la misma manera, al garantizar el confort al interior, se evita que se utilicen sistemas de calefacción o ventilación artificial, los mismos son sistemas de alto consumo energético. Sin embargo, se propone el uso de calentadores solares, que permitan calentar el agua sin necesidad de gas doméstico, el mismo es un derivado del petróleo y a su vez es un recurso finito; mientras que, por medio de la energía solar, totalmente renovable, se puede tener agua caliente en toda la vivienda.

Para esto se colocaron dos paneles fototérmicos, con capacidad para 300 litros de agua, en la cubierta de la vivienda, lo que facilita la captación de calor en los paneles. Este tipo de paneles funciona captando el calor del sol, calentando el agua que es almacenada al interior del mismo en un tanque térmico, el mismo que esta ubicado por debajo del nivel de la cubierta; manteniendo la temperatura incluso en la noche; para posteriormente por medio de tuberías se pueda distribuir a toda la vivienda, de esta manera se garantiza agua caliente durante todo el día. Esto le da a la vivienda un carácter más sostenible, que al fin de cuentas es el objetivo de este proyecto de titulación.



Gráfico 89: Panel fototérmico con capacidad para 200 litros de agua.
Fuente: AWAWTEC - Energía solar.

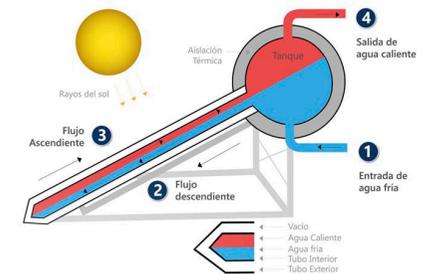


Gráfico 90: Esquema de funcionamiento del panel fototérmico.
Fuente: <https://globalsolare.com/blog/como-esta-compuesto-un-calentador-solar/>.

Validación del prototipo (Software Ecotect)

Validación de iluminación

Para la validación del prototipo de vivienda se utilizó el software Ecotect, el mismo nos permite obtener información certera sobre la cantidad de luz que está presente en todos los espacios. Primero se ingresa la información del clima de la ciudad de Cuenca, para posteriormente realizar una simulación de iluminación tanto en planta baja, como en planta alta; obteniendo los valores de factor de luz (Gráfico 87 y 88), y de niveles de iluminación en el interior de la vivienda (Gráfico 89 y 90).

Se realizan dos simulaciones diferentes:

-Factor de luz: Se realiza esta simulación tanto en planta baja (Gráfico 91), como en planta alta (Gráfico 92), así se puede evidenciar que se llega a valores de factor de luz que tienen como mínimo 6% y como máximo un 54%, al interior de la vivienda; siendo las zonas de baños, las más bajas; mientras que las zonas del invernadero son las más altas. En las zonas del baño se llega a valores entre 6% y 12%, en el área social se obtienen valores que van desde el 28% hasta el 54%, siendo las zonas del invernadero y portal de acceso, las más iluminadas; de igual manera en el dormitorio de planta baja se obtienen valores entre 12% y 48%. En planta alta los dormitorios, tienen valores entre el 8% y el 48%; los balcones mantienen los mismos valores que en planta baja.

Con estos resultados se puede evidenciar que el diseño supera los valores mínimos establecidos por Bustillos en el 2017, que deben ser mayores al 5% en áreas sociales, y superiores al 4% en dormitorios (Tabla 6). De igual manera se cumple que los valores de factor de luz, superan los establecidos en la NEC, los cuales son 0.625% en salas, 2.5% en cocinas, 0.313 en dormitorios y

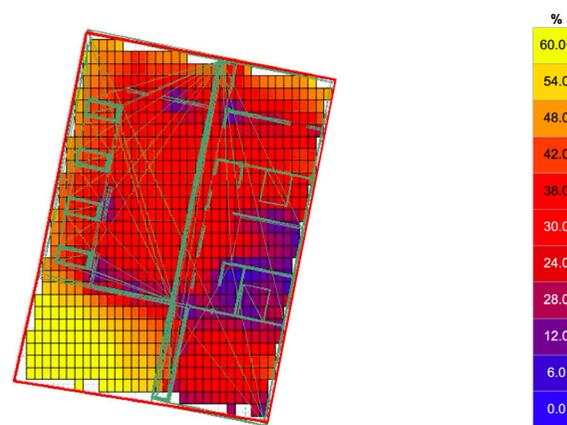


Gráfico 91: Resultados de la simulación del factor de luz en planta baja.
Fuente: Software Ecotect.

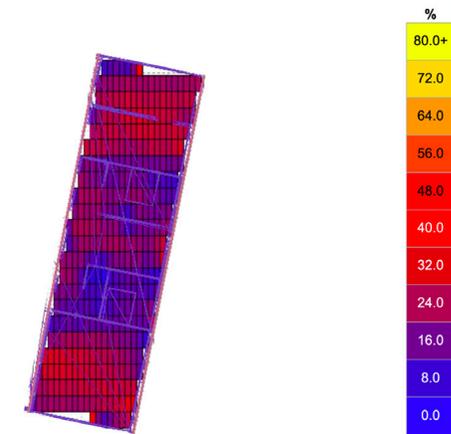


Gráfico 92: Resultados de la simulación del factor de luz en planta alta.
Fuente: Software Ecotect.

-Niveles de iluminación: Se realiza una simulación que determine los niveles de iluminación, obteniendo valores para planta baja y planta alta, que van desde los 1200, hasta los 10800 luxes al interior de la vivienda, siendo las zonas de los baños, las zonas con menor nivel de iluminación; mientras que el invernadero y el portal son las más iluminadas. En los baños se obtienen valores entre los 1200 a 3800 luxes, mientras que en el área social, se tienen valores mínimos de 2400 luxes, y máximos de 10800 luxes, siendo esta la zona más iluminada de la vivienda; de igual manera, los dormitorios tienen niveles de iluminación entre los 2400 y 8400 luxes.

De igual manera, se cumple de manera satisfactoria con los niveles de iluminación establecidos por Bustillos en el 2017, los cuales deben superar los 300 luxes (Tabla 6). Así también, se superan los valores mínimos descritos en la NEC, los cuales establece un valor mínimo de 100 luxes en dormitorios, baños y cocinas, y 200 luxes en áreas de estar (Tabla 14).

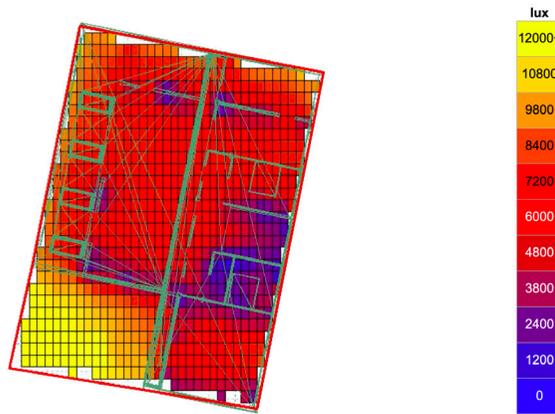


Gráfico 93: Resultados de la simulación de niveles de iluminación en planta baja.
Fuente: Software Ecotect.

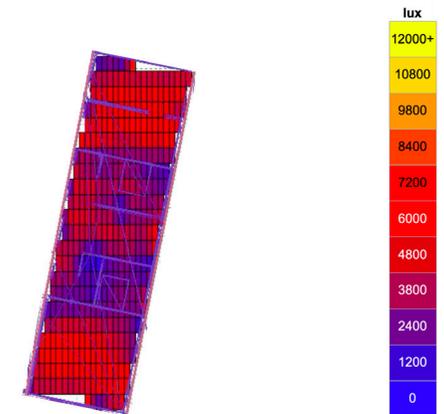


Gráfico 94: Resultados de la simulación de niveles de iluminación en planta alta.
Fuente: Software Ecotect.

Validación de temperatura

Es necesario comprobar que todos los espacios están en temperaturas de confort a lo largo de todo el año, para lo cual se realizan simulaciones en todos los meses del año, esto para los diferentes ambientes de la vivienda, con el fin de garantizar que la vivienda esté dentro del rango de confort. Para el rango de confort se aplican los valores de obtenidos por Bustillos en 2017, los cuales determinan que las temperaturas deben estar entre los 16.62 y 23.62 grados centígrados (Tabla 6). Para estas simulaciones, el software Ecotect realiza unos gráficos que contienen la temperatura exterior (línea azul entrecortada) y la temperatura del espacio a analizar (línea gruesa), determinando la temperatura que se gana al interior.

De esta manera, se obtienen los datos de los espacios más importantes de la vivienda que son:

- Área social: La simulación en el área social (Gráfico 95) demuestra que se llega a temperaturas de confort al interior de la vivienda, manteniendo la temperatura dentro del rango definido. Por otro lado, en los meses de marzo, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y noviembre, existen horas de la madrugada donde la temperatura interior está por debajo del rango de confort. Sin embargo, al ser horas de la madrugada, horas en las que no se utilizará este espacio; el diseño está validado, logrando que la vivienda esté en temperaturas de confort entre las 06H00 y las 00H00, durante todo el año. De igual manera, se obtienen las ganancias de calor, siendo la máxima de 5.2 grados centígrados en el mes de noviembre.



Gráfico 95: Zona en la que se realiza la simulación: área social. Fuente: Software Ecotect.

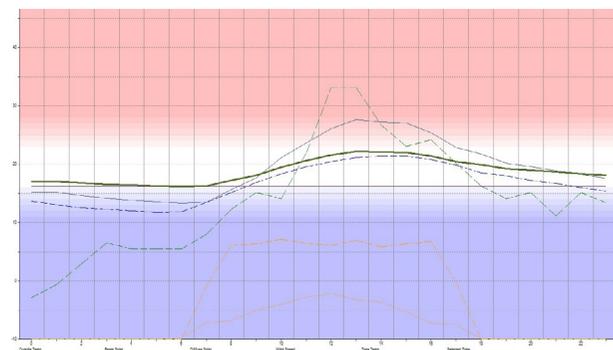


Gráfico 96: Simulación de temperatura del área social del mes de enero. Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Enero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.1	13.1	4.0	13	22.2	21.2	1.0
02	16.8	12.6	4.2	14	22.1	21.4	0.7
03	16.6	12.3	4.3	15	22.1	21.4	0.7
04	16.4	12.0	4.4	16	21.5	20.8	0.7
05	16.3	11.8	4.5	17	20.5	19.9	0.6
06	16.2	11.9	4.3	18	19.9	18.6	1.3
07	16.3	13.5	2.8	19	19.3	18.0	1.3
08	17.3	15.2	2.1	20	19.0	17.3	1.7
09	18.1	16.9	1.2	21	18.7	16.7	2.0
10	19.6	18.4	1.2	22	18.4	16.0	2.4
11	20.6	19.6	1.0	23	18.1	15.4	2.7
12	21.6	20.5	1.1	00	17.1	13.7	3.4

Tabla 28: Valores de temperatura interior y exterior del área social en enero. Fuente: Elaboración propia.

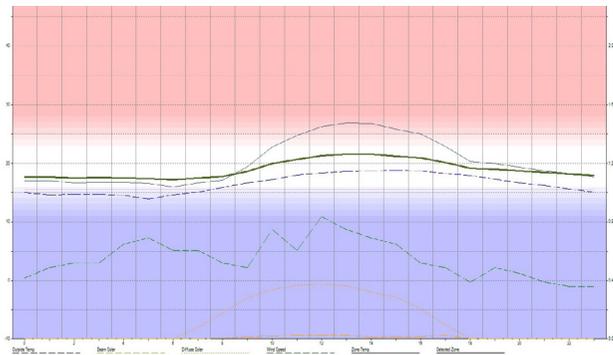


Gráfico 97: Simulación de temperatura del área social en febrero.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Febrero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.6	14.6	3.0	13	21.6	18.6	3.0
02	17.5	14.7	2.8	14	21.5	18.7	2.8
03	17.5	14.7	2.8	15	21.2	18.8	2.4
04	17.5	14.5	3.0	16	20.9	18.7	2.2
05	17.4	13.9	3.5	17	20.1	18.3	1.8
06	17.2	14.6	2.6	18	19.1	17.9	1.2
07	17.5	15.1	2.4	19	18.9	17.3	1.6
08	17.7	15.9	1.8	20	18.7	16.7	2.0
09	18.6	16.7	1.9	21	18.4	16.2	2.2
10	19.9	17.2	2.7	22	18.2	15.6	2.6
11	20.7	18.0	2.7	23	17.9	15.1	2.8
12	21.3	18.4	2.9	00	17.7	15.0	2.7

Tabla 29: Valores de temperatura interior y exterior del área social en febrero.
Fuente: Elaboración propia.

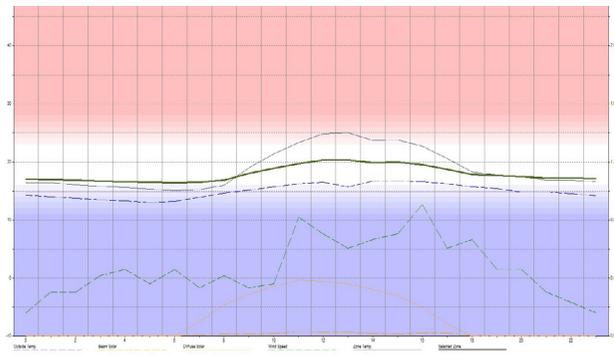


Gráfico 98: Simulación de temperatura del área social del mes de marzo.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Marzo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.4	11.7	3.7	13	20.1	15.6	4.5
02	15.3	11.5	3.8	14	18.7	16.6	2.1
03	15.3	11.4	3.9	15	19.9	16.7	3.2
04	15.2	11.3	3.9	16	19.5	16.3	3.2
05	15.2	11.2	4.0	17	17.7	16.2	1.5
06	15.1	11.3	3.8	18	17.8	15.5	2.3
07	15.2	11.7	3.5	19	17.1	15.2	1.9
08	15.4	13.3	2.1	20	16.9	14.8	2.1
09	17.0	14.3	2.7	21	16.8	14.5	2.3
10	18.5	14.9	3.6	22	16.6	14.1	2.5
11	19.1	15.1	4.0	23	16.4	13.7	2.7
12	19.0	15.2	3.8	00	15.4	11.9	3.5

Tabla 30: Valores de temperatura interior y exterior del área social en marzo.
Fuente: Elaboración propia.

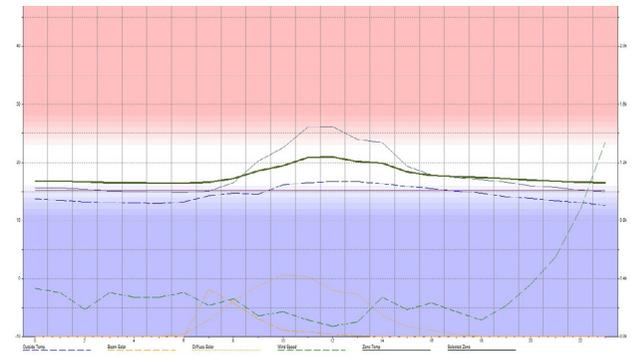


Gráfico 99: Simulación de temperatura del área social del mes de abril.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Abril							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.8	13.5	3.3	13	20.1	16.7	3.4
02	16.7	13.2	3.5	14	19.9	16.3	3.6
03	16.5	13.1	3.4	15	18.4	15.9	2.5
04	16.5	13.0	3.5	16	17.7	15.5	2.2
05	16.4	12.9	3.5	17	17.6	15.1	2.5
06	16.4	13.2	3.2	18	17.4	14.7	2.7
07	16.6	14.3	2.3	19	17.2	14.1	3.1
08	17.2	14.7	2.5	20	16.9	13.8	3.1
09	18.5	14.5	4.0	21	16.8	13.4	3.4
10	19.4	16.1	3.3	22	16.6	13.1	3.5
11	20.8	16.5	4.3	23	16.5	12.6	3.9
12	20.9	16.7	4.2	00	16.8	13.7	3.1

Tabla 31: Valores de temperatura interior y exterior del área social en abril.
Fuente: Elaboración propia.

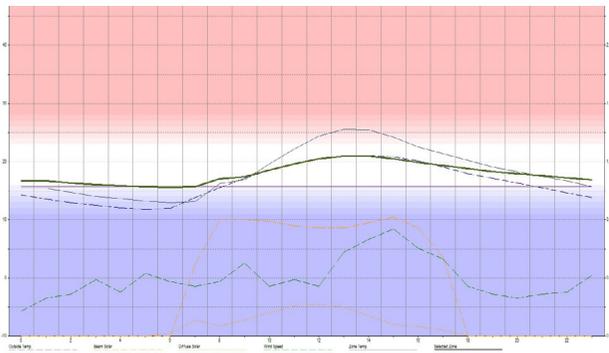


Gráfico 100: Simulación de temperatura del área social en mayo.
Fuente: Software Ecotect.

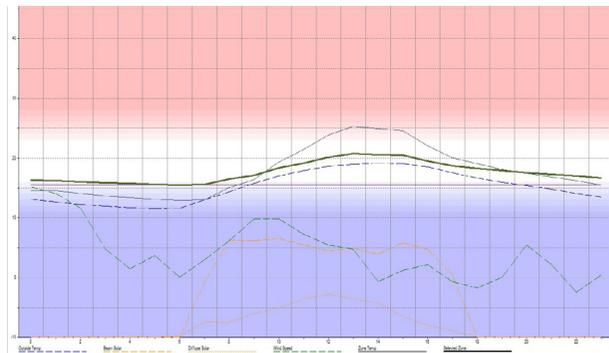


Gráfico 101: Simulación de temperatura del área social del mes de junio.
Fuente: Software Ecotect.

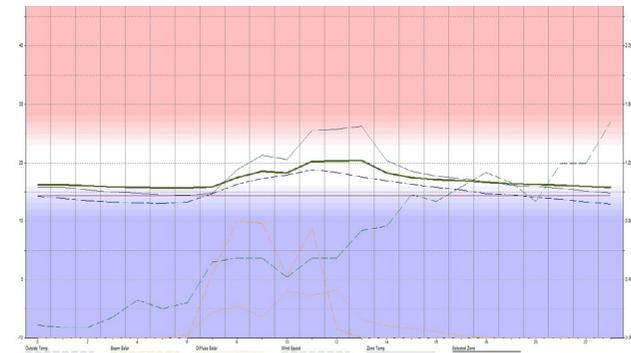


Gráfico 102: Simulación de temperatura del área social del mes de julio.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Mayo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.7	13.6	3.1	13	21.0	20.8	0.2
02	16.4	12.9	3.5	14	20.9	21.0	0.1
03	16.0	12.5	3.5	15	20.5	20.8	0.3
04	15.9	12.1	3.8	16	19.8	20.1	0.3
05	15.7	11.8	3.9	17	19.3	19.1	0.2
06	15.6	12.0	3.6	18	18.8	17.9	0.9
07	15.7	13.8	1.9	19	18.3	17.1	1.2
08	17.0	15.5	1.5	20	17.9	16.3	1.6
09	17.4	17.1	0.3	21	17.6	15.5	2.1
10	18.5	18.5	0.0	22	17.2	14.6	2.6
11	19.6	19.6	0.0	23	16.8	13.8	3.0
12	20.5	20.4	0.1	00	16.7	14.3	2.4

Tabla 32: Valores de temperatura interior y exterior del área social en mayo.
Fuente: Elaboración propia.

Área Social-Junio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	12.7	3.6	13	20.7	19.0	1.7
02	16.1	12.2	3.9	14	20.6	19.2	1.4
03	15.9	12.0	3.9	15	20.5	19.1	1.4
04	15.8	11.7	4.1	16	19.5	18.5	1.0
05	15.6	11.5	4.1	17	18.8	17.6	1.2
06	15.6	11.6	4.0	18	18.3	16.7	1.6
07	15.6	13.0	2.6	19	17.9	16.0	1.9
08	16.5	14.4	2.1	20	17.6	15.4	2.2
09	17.1	15.8	1.3	21	17.3	14.8	2.5
10	18.3	17.0	1.3	22	17.0	14.1	2.9
11	19.2	17.9	1.3	23	16.7	13.5	3.2
12	20.1	18.6	1.5	00	16.3	13.1	3.2

Tabla 33: Valores de temperatura interior y exterior del área social en junio.
Fuente: Elaboración propia.

Área Social-Julio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	13.9	2.4	13	20.4	17.6	2.8
02	16.1	13.5	2.6	14	18.2	16.9	1.3
03	15.9	13.3	2.6	15	17.5	16.3	1.2
04	15.8	13.1	2.7	16	17.2	15.8	1.4
05	15.7	13.0	2.7	17	16.9	15.3	1.6
06	15.7	13.3	2.4	18	16.7	14.7	2.0
07	15.9	14.7	1.2	19	16.4	14.5	1.9
08	17.5	16.3	1.2	20	16.3	14.1	2.2
09	18.5	17.3	1.2	21	16.2	13.7	2.5
10	18.3	17.9	0.4	22	16.0	13.3	2.7
11	20.2	18.8	1.4	23	15.8	12.9	2.9
12	20.3	18.4	1.9	00	16.3	14.3	2.0

Tabla 34: Valores de temperatura interior y exterior del área social en julio.
Fuente: Elaboración propia.

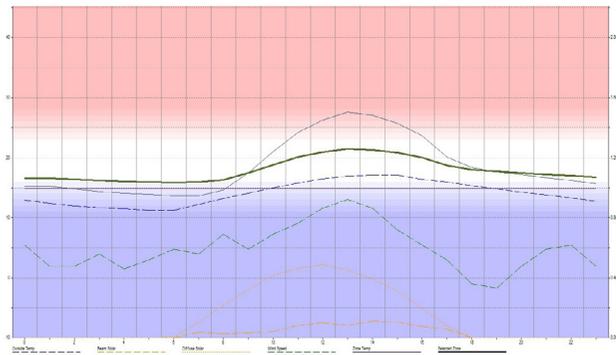


Gráfico 103: Simulación de temperatura del área social en agosto.
Fuente: Software Ecotect.

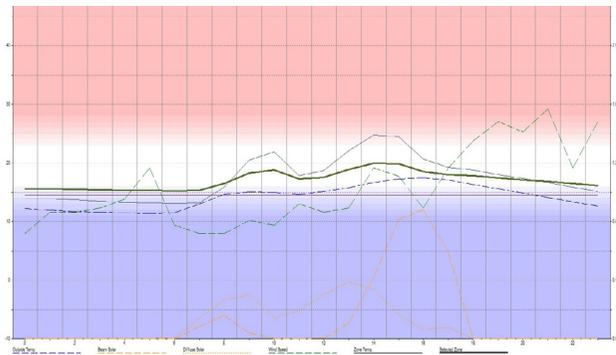


Gráfico 104: Simulación de temperatura del área social del mes de septiembre.
Fuente: Software Ecotect.

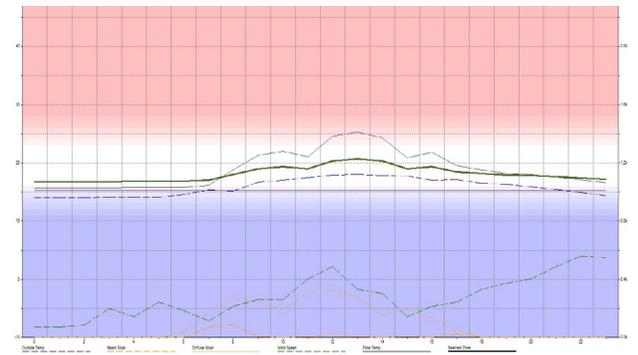


Gráfico 105: Simulación de temperatura del área social del mes de octubre.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Agosto							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.6	12.4	4.2	13	21.5	16.9	4.6
02	16.4	12.0	4.4	14	21.3	17.1	4.2
03	16.2	11.7	4.5	15	20.8	17.1	3.7
04	16.1	11.5	4.6	16	20.0	16.4	3.6
05	16.0	11.3	4.7	17	18.7	16.0	2.7
06	15.9	11.3	4.6	18	18.0	15.3	2.7
07	15.9	12.2	3.7	19	17.7	14.8	2.9
08	16.3	13.2	3.1	20	17.5	14.3	3.2
09	17.5	14.1	3.4	21	17.2	13.8	3.4
10	18.8	15.0	3.8	22	17.0	13.3	3.7
11	20.1	15.8	4.3	23	16.8	12.8	4.0
12	20.9	16.5	4.4	00	16.6	12.9	3.7

Tabla 35: Valores de temperatura interior y exterior del área social en agosto.
Fuente: Elaboración propia.

Área Social-Septiembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.6	12.0	3.6	13	18.9	15.8	3.1
02	15.5	11.7	3.8	14	19.9	16.7	3.2
03	15.4	11.6	3.8	15	19.9	17.3	2.6
04	15.3	11.5	3.8	16	18.5	17.5	1.0
05	15.3	11.4	3.9	17	18.0	17.1	0.9
06	15.3	11.5	3.8	18	17.8	16.3	1.5
07	15.4	13.0	2.4	19	17.5	15.6	1.9
08	16.5	14.6	1.9	20	17.1	14.9	2.2
09	18.2	15.1	3.1	21	16.8	14.1	2.7
10	18.8	15.0	3.8	22	16.5	13.4	3.1
11	17.3	14.6	2.7	23	16.1	12.7	3.4
12	17.6	15.2	2.4	00	15.6	12.2	3.4

Tabla 36: Valores de temperatura interior y exterior del área social en septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

Área Social-October							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.8	14.0	2.8	13	20.6	18.0	2.6
02	16.8	14.0	2.8	14	20.3	17.8	2.5
03	16.8	14.1	2.7	15	19.0	17.7	1.3
04	16.8	14.1	2.7	16	19.3	17.0	2.3
05	16.8	14.1	2.7	17	18.4	17.1	1.3
06	16.8	14.5	2.3	18	18.2	16.5	1.7
07	17.0	15.3	1.7	19	17.9	16.3	1.6
08	18.0	15.2	2.8	20	17.8	15.9	1.9
09	19.0	16.7	2.3	21	17.6	15.4	2.2
10	19.3	17.0	2.3	22	17.4	14.9	2.5
11	19.0	17.5	1.5	23	17.2	14.4	2.8
12	20.3	17.9	2.4	00	16.8	14.0	2.8

Tabla 37: Valores de temperatura interior y exterior del área social en octubre.
Fuente: Elaboración propia.

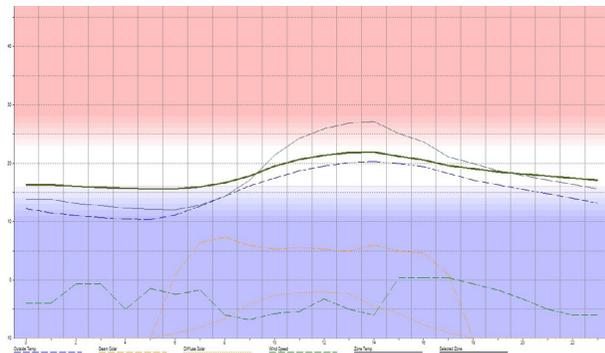


Gráfico 106: Simulación de temperatura del área social del mes de noviembre.
Fuente: Software Ecotect.

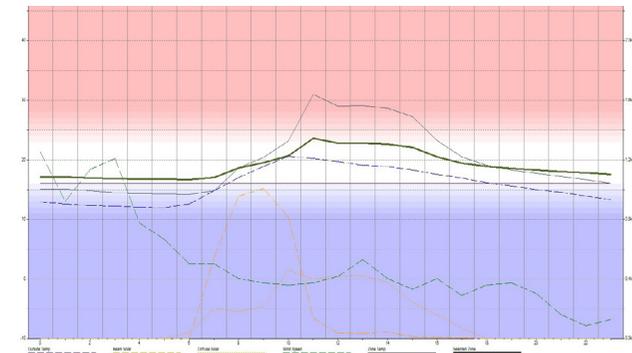


Gráfico 107: Simulación de temperatura del área social del mes de diciembre.
Fuente: Software Ecotect.

Área Social-Noviembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	11.5	4.8	13	21.8	20.1	1.7
02	16.0	11.1	4.9	14	21.9	20.3	1.6
03	15.8	10.7	5.1	15	21.2	20.0	1.2
04	15.7	10.5	5.2	16	20.6	19.4	1.2
05	15.6	10.4	5.2	17	19.6	18.3	1.3
06	15.6	11.2	4.4	18	19.1	17.1	2.0
07	16.0	12.7	3.3	19	18.6	16.3	2.3
08	16.6	14.4	2.2	20	18.2	15.5	2.7
09	17.8	16.1	1.7	21	17.8	14.8	3.0
10	19.5	17.5	2.0	22	17.5	14.0	3.5
11	20.7	18.7	2.0	23	17.1	13.2	3.9
12	21.4	19.5	1.9	00	16.4	12.2	4.2

Tabla 38: Valores de temperatura interior y exterior del área social en noviembre.
Fuente: Elaboración propia.

Área Social-Diciembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.1	12.6	4.5	13	22.8	19.1	3.7
02	16.9	12.3	4.6	14	22.6	18.9	3.7
03	16.8	12.2	4.6	15	22.0	18.3	3.7
04	16.8	12.1	4.7	16	20.5	17.6	2.9
05	16.7	12.0	4.7	17	19.4	16.9	2.5
06	16.7	12.6	4.1	18	18.9	16.1	2.8
07	17.0	14.8	2.2	19	18.5	15.6	2.9
08	18.6	17.0	1.6	20	18.3	15.0	3.3
09	19.5	18.9	0.6	21	18.0	14.5	3.5
10	20.6	20.6	0.0	22	17.8	13.9	3.9
11	23.6	20.2	3.4	23	17.5	13.3	4.2
12	22.8	19.7	3.1	00	17.1	12.9	4.2

Tabla 39: Valores de temperatura interior y exterior del área social en diciembre.
Fuente: Elaboración propia.

-Dormitorio 1: Se analizan los valores del dormitorio 1, ubicado en la planta baja de la vivienda (Gráfico 108); se puede evidenciar que las temperaturas dentro de este espacio están dentro del rango de confort establecido. Por lo cual, el diseño está validado en este espacio interior. De la misma manera, se observan las ganancias de calor al interior, teniendo como valor máximo 5.6 grados centígrados en el mes de marzo.



Gráfico 108: Zona en la que se realiza la simulación: dormitorio 1.
Fuente: Software Ecotect.

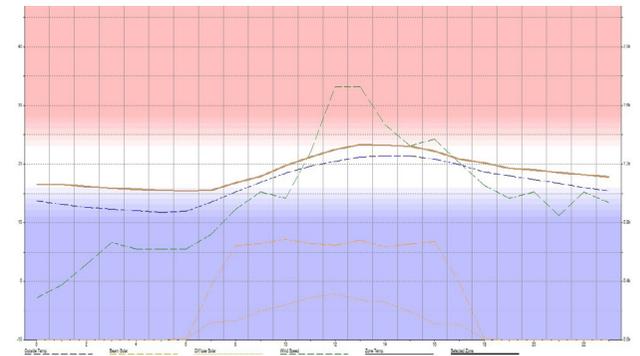


Gráfico 109: Simulación de temperatura del dormitorio 1 del mes de enero.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Enero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.5	13.1	3.4	13	23.3	21.2	2.1
02	16.1	12.6	3.5	14	23.2	21.4	1.8
03	15.9	12.3	3.6	15	23.1	21.4	1.7
04	15.7	12.0	3.7	16	22.2	20.8	1.4
05	15.5	11.8	3.7	17	20.8	19.9	0.9
06	15.4	11.9	3.5	18	20.2	18.6	1.6
07	15.5	13.5	2.0	19	19.3	18.0	1.3
08	16.7	15.2	1.5	20	19.0	17.3	1.7
09	17.9	16.9	1.0	21	18.6	16.7	1.9
10	19.8	18.4	1.4	22	18.2	16.0	2.2
11	21.2	19.6	1.6	23	17.8	15.4	2.4
12	22.5	20.5	2.0	00	16.5	13.7	2.8

Fuente: Elaboración propia.

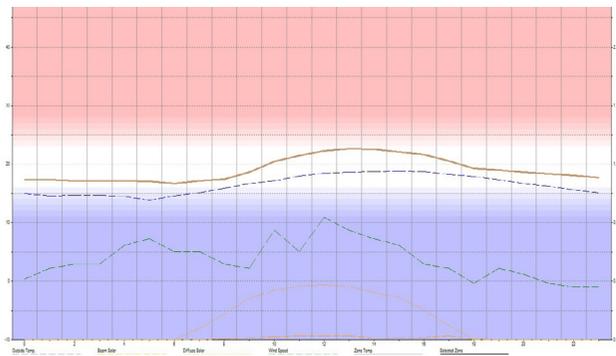


Gráfico 110: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en febrero.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Febrero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.3	14.6	2.7	13	22.6	18.6	4.0
02	17.1	14.7	2.4	14	22.6	18.7	3.9
03	17.2	14.7	2.5	15	22.1	18.8	3.3
04	17.2	14.5	2.7	16	21.7	18.7	3.0
05	17.1	13.9	3.2	17	20.6	18.3	2.3
06	16.7	14.6	2.1	18	19.3	17.9	1.4
07	17.1	15.1	2.0	19	19.0	17.3	1.7
08	17.4	15.9	1.5	20	18.7	16.7	2.0
09	18.6	16.7	1.9	21	18.3	16.2	2.1
10	20.5	17.2	3.3	22	18.0	15.6	2.4
11	21.5	18.0	3.5	23	17.7	15.1	2.6
12	22.3	18.4	3.9	00	17.4	15.0	2.4

Tabla 41: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en febrero.
Fuente: Elaboración propia.

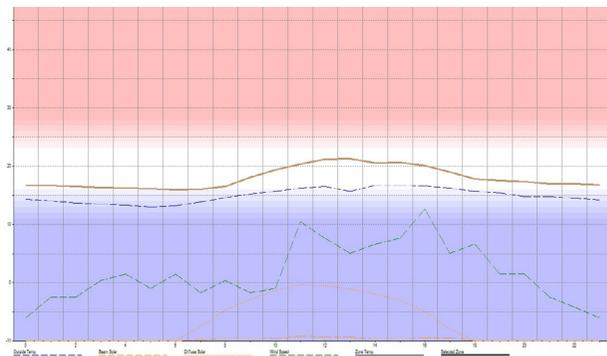


Gráfico 111: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en marzo.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Marzo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.7	14.0	2.7	13	21.3	15.7	5.6
02	16.5	13.7	2.8	14	20.6	16.7	3.9
03	16.3	13.5	2.8	15	20.7	16.7	4.0
04	16.2	13.3	2.9	16	20.1	16.6	3.5
05	16.1	13.0	3.1	17	19.0	16.2	2.8
06	15.9	13.2	2.7	18	17.8	15.7	2.1
07	16.1	13.9	2.2	19	17.5	15.4	2.1
08	16.5	14.6	1.9	20	17.3	14.8	2.5
09	18.1	15.2	2.9	21	17.0	14.8	2.2
10	19.4	15.7	3.7	22	17.0	14.5	2.5
11	20.4	16.2	4.2	23	16.8	14.2	2.6
12	21.2	16.5	4.7	00	16.7	14.3	2.4

Tabla 42: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en marzo.
Fuente: Elaboración propia.

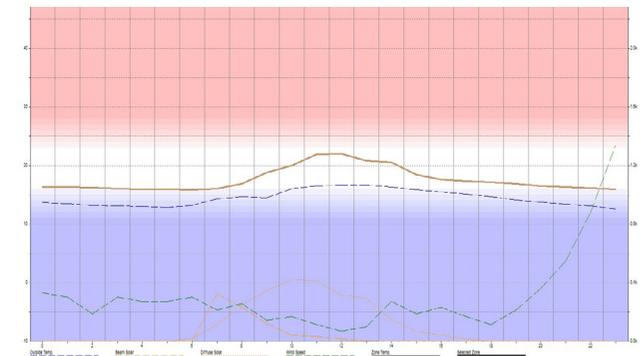


Gráfico 112: Gráfico 104: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en abril.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Abril							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	13.5	2.8	13	20.9	16.7	4.2
02	16.2	13.2	3.0	14	20.5	16.3	4.2
03	16.0	13.1	2.9	15	18.4	15.9	2.5
04	16.0	13.0	3.0	16	17.6	15.5	2.1
05	15.9	12.9	3.0	17	17.4	15.1	2.3
06	15.9	13.2	2.7	18	17.1	14.7	2.4
07	16.1	14.3	1.8	19	16.9	14.1	2.8
08	16.9	14.7	2.2	20	16.6	13.8	2.8
09	18.8	14.5	4.3	21	16.4	13.4	3.0
10	20.0	16.1	3.9	22	16.1	13.1	3.0
11	21.9	16.5	5.4	23	16.0	12.6	3.4
12	22.0	16.7	5.3	00	16.3	13.7	2.6

Tabla 43: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en abril.
Fuente: Elaboración propia.

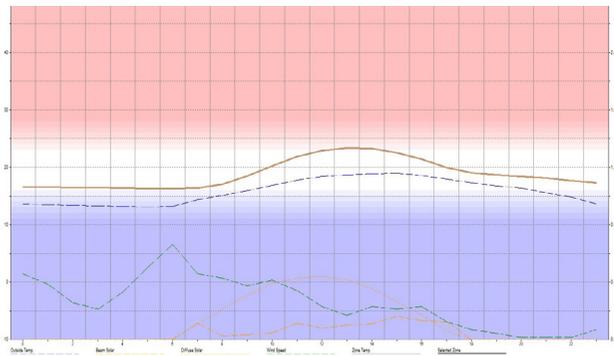


Gráfico 113: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en mayo.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Mayo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.7	13.5	3.2	13	23.4	18.7	4.7
02	16.5	13.4	3.1	14	23.3	18.9	4.4
03	16.5	13.3	3.2	15	22.6	19.0	3.6
04	16.4	13.2	3.2	16	21.4	18.6	2.8
05	16.4	13.1	3.3	17	20.0	18.0	2.0
06	16.3	13.2	3.1	18	19.1	17.3	1.8
07	16.4	14.4	2.0	19	18.7	16.8	1.9
08	17.1	15.1	2.0	20	18.4	16.4	2.0
09	18.6	16.0	2.6	21	18.2	15.6	2.6
10	20.3	16.9	3.4	22	17.7	14.9	2.8
11	21.9	17.8	4.1	23	17.3	13.7	3.6
12	22.9	18.4	4.5	00	16.7	13.7	3.0

Tabla 44: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en mayo.
Fuente: Elaboración propia.

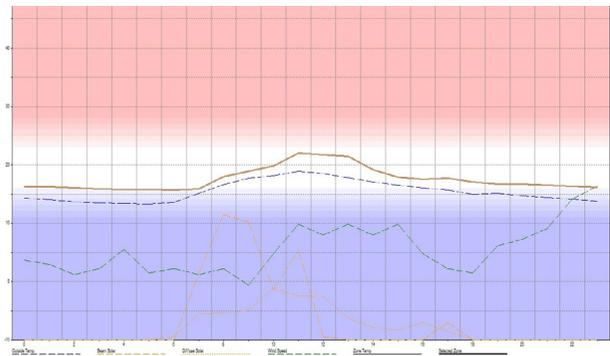


Gráfico 114: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en junio.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Junio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	14.0	2.3	13	21.5	17.8	3.7
02	16.1	13.7	2.4	14	19.1	17.1	2.0
03	15.9	13.5	2.4	15	17.9	16.5	1.4
04	15.8	13.4	2.4	16	17.5	16.1	1.4
05	15.7	13.3	2.4	17	17.7	15.7	2.0
06	15.7	13.6	2.1	18	17.1	15.0	2.1
07	15.9	15.1	0.8	19	16.7	15.1	1.6
08	18.0	16.6	1.4	20	16.7	14.7	2.0
09	18.9	17.7	1.2	21	16.5	14.4	2.1
10	19.8	18.2	1.6	22	16.3	14.1	2.2
11	22.0	18.9	3.1	23	16.1	13.8	2.3
12	21.8	18.5	3.3	00	16.3	14.3	2.0

Tabla 45: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en junio.
Fuente: Elaboración propia.

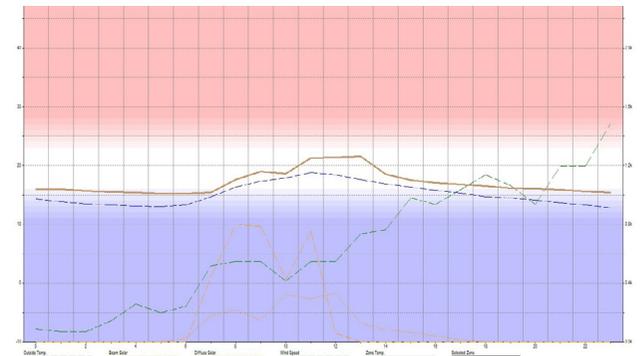


Gráfico 115: Simulación de temperatura del dormitorio 1 del mes de julio.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Julio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.0	13.9	2.1	13	21.6	17.6	4.0
02	15.7	13.5	2.2	14	18.5	16.9	1.6
03	15.5	13.3	2.2	15	17.5	16.3	1.2
04	15.4	13.1	2.3	16	17.1	15.8	1.3
05	15.3	13.0	2.3	17	16.8	15.3	1.5
06	15.2	13.3	1.9	18	16.5	14.7	1.8
07	15.4	14.7	0.7	19	16.2	14.5	1.7
08	17.6	16.3	1.3	20	16.1	14.1	2.0
09	19.0	17.3	1.7	21	15.8	13.7	2.1
10	18.6	17.9	0.7	22	15.6	13.3	2.3
11	21.3	18.8	2.5	23	15.4	12.9	2.5
12	21.4	18.4	3.0	00	16.0	14.3	1.7

Tabla 46: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en julio.
Fuente: Elaboración propia.

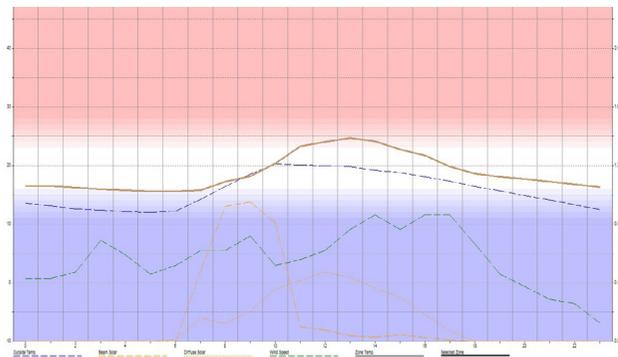


Gráfico 116: Simulación de temperatura del dormitorio 1 en agosto.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Agosto							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.5	13.1	3.4	13	24.7	19.8	4.9
02	16.2	12.6	3.6	14	24.1	19.2	4.9
03	15.9	12.4	3.5	15	22.8	18.8	4.0
04	15.8	12.1	3.7	16	21.7	18.1	3.6
05	15.6	12.0	3.6	17	19.8	17.3	2.5
06	15.6	12.2	3.4	18	18.6	16.4	2.2
07	15.8	14.2	1.6	19	18.1	15.7	2.4
08	17.3	16.4	0.9	20	17.7	14.9	2.8
09	18.2	18.5	0.3	21	17.2	14.1	3.1
10	20.4	20.3	0.1	22	16.8	13.3	3.5
11	23.3	20.1	3.2	23	16.3	12.5	3.8
12	24.0	20.0	4.0	00	16.5	13.6	2.9

Tabla 47: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en agosto.
Fuente: Elaboración propia.

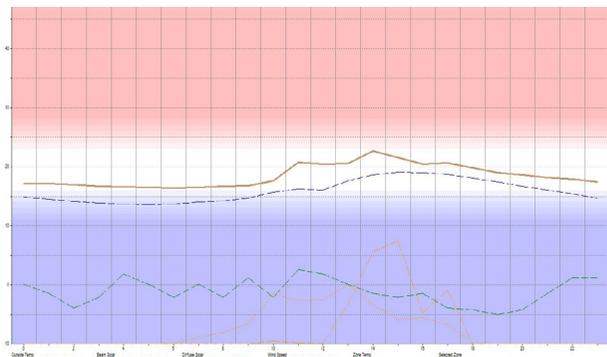


Gráfico 117: Simulación de temperatura del dormitorio 1 del mes de septiembre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-Septiembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.2	14.5	2.7	13	20.5	17.6	2.9
02	16.9	14.1	2.8	14	22.7	18.6	4.1
03	16.7	13.9	2.8	15	21.5	19.1	2.4
04	16.6	13.7	2.9	16	20.5	19.0	1.5
05	16.5	13.6	2.9	17	20.6	18.7	1.9
06	16.4	13.7	2.7	18	19.8	18.1	1.7
07	16.5	14.0	2.5	19	19.0	17.4	1.6
08	16.7	14.2	2.5	20	18.6	16.7	1.9
09	16.8	14.7	2.1	21	18.2	16.1	2.1
10	17.6	15.7	1.9	22	17.9	15.4	2.5
11	20.8	16.2	4.6	23	17.5	14.7	2.8
12	20.5	16.1	4.4	00	17.2	14.9	2.3

Tabla 48: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

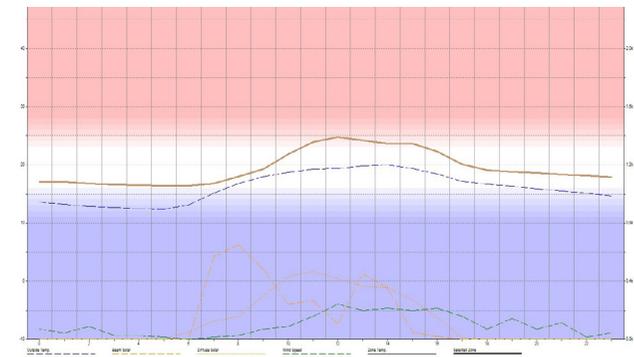


Gráfico 118: Simulación de temperatura del dormitorio 1 del mes de octubre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 1-October							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.0	13.2	3.8	13	24.2	19.8	4.4
02	16.8	12.9	3.9	14	23.7	20.0	3.7
03	16.6	12.7	3.9	15	23.7	19.4	4.3
04	16.5	12.5	4.0	16	22.2	18.4	3.8
05	16.4	12.4	4.0	17	20.1	17.2	2.9
06	16.4	13.1	3.3	18	19.1	16.7	2.4
07	16.8	15.1	1.7	19	18.8	16.3	2.5
08	18.0	16.8	1.2	20	18.6	15.9	2.7
09	19.3	18.0	1.3	21	18.4	15.5	2.9
10	21.8	18.7	3.1	22	18.1	15.1	3.0
11	24.0	19.3	4.7	23	17.9	14.7	3.2
12	24.7	19.4	5.3	00	17.1	13.6	3.5

Tabla 49: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en octubre.
Fuente: Elaboración propia.

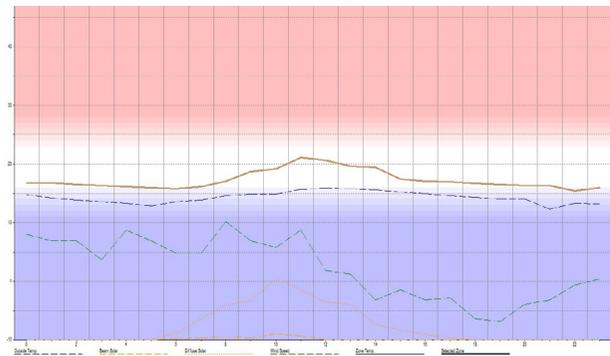


Gráfico 119: Simulación de temperatura del área social del mes de noviembre.
Fuente: Software Ecotect

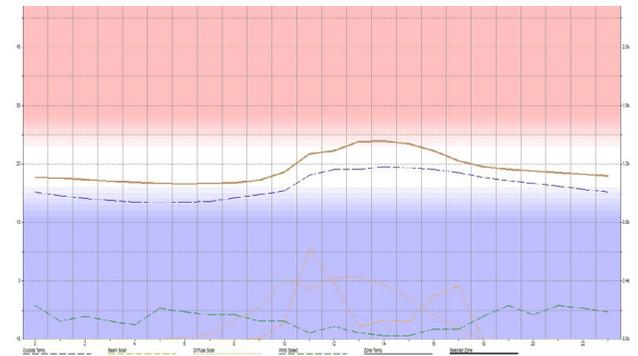


Gráfico 120: Simulación de temperatura del área social del mes de diciembre.
Fuente: Software Ecotect

Dormitorio 1-Noviembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.8	14.2	2.6	13	19.6	15.8	3.8
02	16.5	13.9	2.6	14	19.4	15.6	3.8
03	16.3	13.6	2.7	15	17.4	15.2	2.2
04	16.1	13.3	2.8	16	17.1	15.0	2.1
05	16.0	12.9	3.1	17	16.9	14.6	2.3
06	15.8	13.6	2.2	18	16.7	14.3	2.4
07	16.1	13.9	2.2	19	16.5	14.0	2.5
08	17.0	14.6	2.4	20	16.4	14.0	2.4
09	18.7	14.9	3.8	21	16.3	12.3	4.0
10	19.2	14.9	4.3	22	15.4	13.3	2.1
11	21.1	15.7	5.4	23	16.0	13.2	2.8
12	20.6	15.9	4.7	00	16.8	14.8	2.0

Tabla 50: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en noviembre.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 1-Diciembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.7	14.6	3.1	13	23.9	19.1	4.8
02	17.3	14.1	3.2	14	24.0	19.5	4.5
03	17.0	13.8	3.2	15	23.4	19.4	4.0
04	16.9	13.5	3.4	16	22.3	19.1	3.2
05	16.7	13.4	3.3	17	20.5	18.5	2.0
06	16.6	13.5	3.1	18	19.6	17.7	1.9
07	16.7	13.6	3.1	19	19.1	17.2	1.9
08	16.8	14.2	2.6	20	18.8	16.7	2.1
09	17.2	14.8	2.4	21	18.5	16.2	2.3
10	18.7	15.4	3.3	22	18.2	15.7	2.5
11	21.7	18.1	3.6	23	17.9	15.2	2.7
12	22.3	19.1	3.2	00	17.7	15.2	2.5

Tabla 51: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 1 en diciembre.
Fuente: Elaboración propia.

-Dormitorio 2: Se analizan los valores del dormitorio 2, ubicado en la planta alta de la vivienda (Gráfico 121); en este espacio se tienen temperaturas dentro del rango de confort a lo largo de todo el año, por lo cual, se logra validar el diseño en este espacio, ya que se tiene un confort constante al interior del espacio. De igual manera se evidencian las ganancias de calor al interior, teniendo como valor máximo de 8.3 grados centígrados en el mes de enero.



Gráfico 121: Zona en la que se realiza la simulación: dormitorio 2.
Fuente: Software Ecotect.

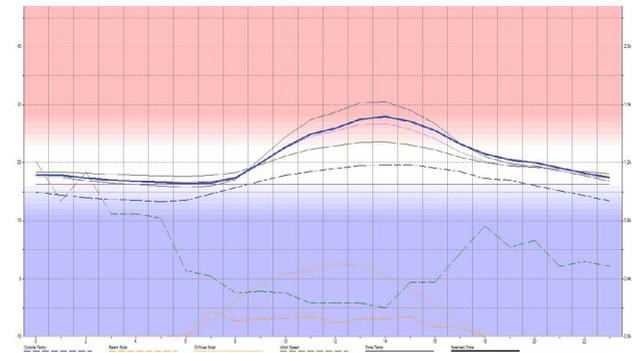


Gráfico 122: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de enero.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Enero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.8	14.4	3.4	13	27.5	19.5	8.0
02	17.4	14.0	3.4	14	28.0	19.7	8.3
03	17.0	13.7	3.3	15	27.2	19.7	7.5
04	16.8	13.5	3.3	16	25.6	19.1	6.5
05	16.7	13.3	3.4	17	23.2	18.5	4.7
06	16.5	13.5	3.0	18	21.5	17.3	4.2
07	16.6	14.6	2.0	19	20.5	17.0	3.5
08	17.4	15.7	1.7	20	20.1	16.1	4.0
09	20.0	16.8	3.2	21	19.1	15.2	3.9
10	22.7	17.8	4.9	22	18.2	14.3	3.9
11	24.9	18.5	6.4	23	17.5	13.4	4.1
12	26.0	19.0	7.0	00	17.9	14.9	3.0

Tabla 52: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en enero.
Fuente: Elaboración propia.

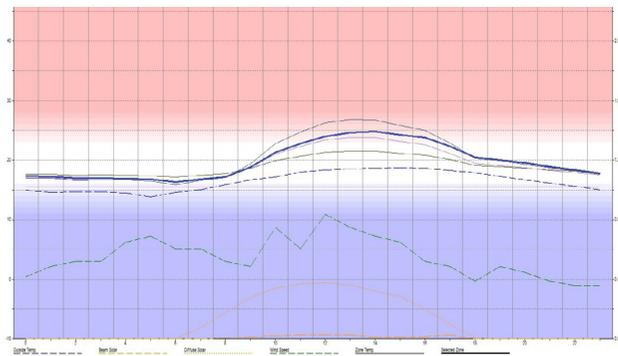


Gráfico 123: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en febrero.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Febrero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.3	14.6	2.7	13	24.6	18.6	6.0
02	17.0	14.7	2.3	14	24.8	18.7	6.1
03	17.0	14.7	2.3	15	24.3	18.8	5.5
04	16.9	14.5	2.4	16	23.8	18.7	5.1
05	16.8	13.9	2.9	17	22.3	18.3	4.0
06	16.3	14.6	1.7	18	20.5	17.9	2.6
07	16.8	15.1	1.7	19	20.1	17.3	2.8
08	17.2	15.9	1.3	20	19.6	16.7	2.9
09	18.9	16.7	2.2	21	18.9	16.2	2.7
10	21.3	17.2	4.1	22	18.4	15.6	2.8
11	22.8	18.0	4.8	23	17.9	15.1	2.8
12	24.00	18.4	5.6	00	17.4	15.0	2.4

Tabla 53: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en febrero.
Fuente: Elaboración propia.

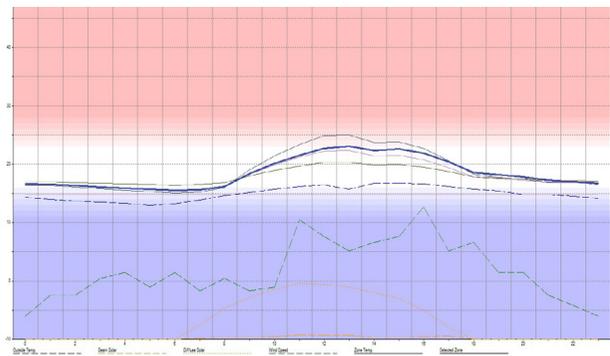


Gráfico 124: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en marzo.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Marzo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.9	14.0	2.9	13	23.1	15.7	7.4
02	16.7	13.7	3.0	14	22.3	16.7	5.6
03	16.6	13.5	3.1	15	22.6	16.7	5.9
04	16.4	13.3	3.1	16	21.9	16.6	5.3
05	16.4	13.0	3.4	17	20.4	16.2	4.2
06	16.3	13.2	3.1	18	18.6	15.7	2.9
07	16.5	13.9	2.6	19	18.2	15.4	2.8
08	17.2	14.6	2.6	20	17.9	14.8	3.1
09	18.4	15.2	3.2	21	17.2	14.8	2.4
10	20.1	15.7	4.4	22	17.0	14.5	2.5
11	21.5	16.2	5.3	23	16.8	14.2	2.6
12	22.7	16.5	6.2	00	16.6	14.3	2.3

Tabla 54: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en marzo.
Fuente: Elaboración propia.

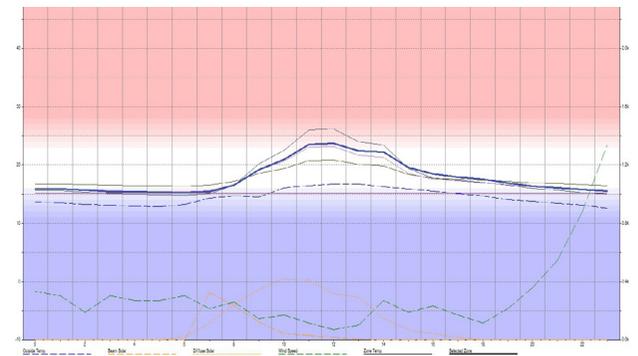


Gráfico 125: Simulación de temperatura del área social del mes de abril.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Abril							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.9	13.6	3.3	13	24.8	17.7	7.1
02	16.4	12.9	3.5	14	25.0	17.9	7.1
03	16.4	12.6	4.2	15	24.8	17.9	6.9
04	16.3	12.2	4.1	16	23.4	17.6	5.8
05	16.2	11.9	4.3	17	20.9	17.0	3.9
06	16.2	12.0	4.2	18	19.8	16.2	3.6
07	16.4	12.1	4.3	19	19.2	15.7	3.5
08	17.0	13.3	3.7	20	18.6	15.3	3.3
09	17.5	14.4	3.1	21	18.0	14.8	3.2
10	20.6	15.3	5.3	22	17.5	14.4	3.1
11	22.7	16.3	6.4	23	17.2	14.0	3.2
12	24.1	17.1	7.0	00	17.0	14.2	2.8

Tabla 55: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en abril.
Fuente: Elaboración propia.

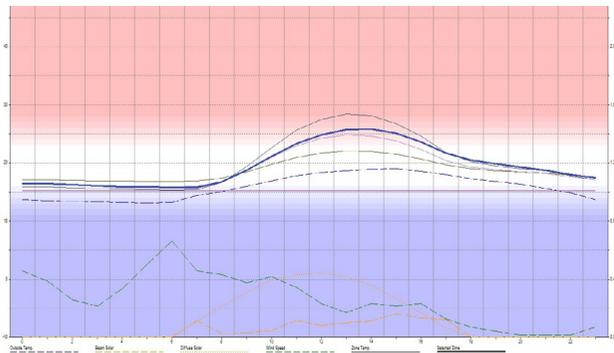


Gráfico 126: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en mayo.
Fuente: Software Ecotect.

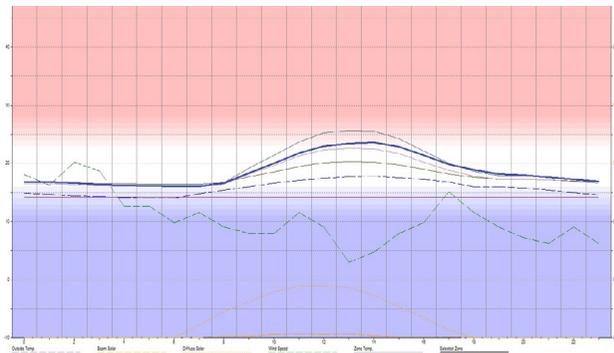


Gráfico 127: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de junio.
Fuente: Software Ecotect.

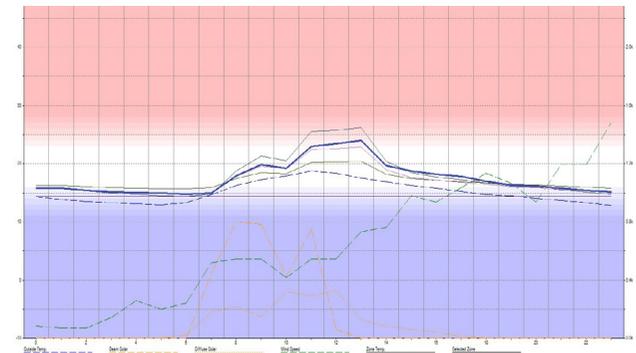


Gráfico 128: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de julio.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Mayo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.5	13.5	3.0	13	25.7	18.7	7.0
02	16.2	13.4	2.8	14	25.8	18.9	6.9
03	16.1	13.3	2.8	15	25.1	19.0	6.1
04	15.9	13.2	2.7	16	23.6	18.6	5.0
05	15.9	13.1	2.8	17	21.7	18.0	3.7
06	15.8	13.2	2.6	18	20.5	17.3	3.2
07	15.8	14.4	1.4	19	19.8	16.8	3.0
08	16.7	15.1	1.6	20	19.3	16.4	2.9
09	18.8	16.0	2.8	21	18.8	15.6	3.2
10	21.1	16.9	4.2	22	18.0	14.9	3.1
11	23.4	17.8	5.6	23	17.4	13.7	3.7
12	24.8	18.4	6.4	00	16.5	13.7	2.8

Tabla 56: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en mayo.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 2-Junio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.8	14.7	2.1	13	23.5	17.7	5.8
02	16.6	14.4	2.2	14	23.6	17.8	5.8
03	16.4	14.3	2.1	15	22.9	17.6	5.3
04	16.3	14.2	2.1	16	21.4	17.3	4.1
05	16.2	14.1	2.1	17	19.9	16.8	3.1
06	16.1	14.1	2.0	18	18.9	16.0	2.9
07	16.1	14.8	1.3	19	18.2	16.0	2.2
08	16.6	15.4	1.2	20	18.0	15.8	2.2
09	18.4	16.0	2.4	21	17.7	15.4	2.3
10	20.1	16.6	3.5	22	17.3	15.0	2.3
11	21.8	17.1	4.7	23	16.9	14.6	2.3
12	23.0	17.5	5.5	00	16.8	14.9	1.9

Tabla 57: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en junio.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 2-Julio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.4	13.9	2.5	13	24.0	17.6	6.4
02	16.5	13.5	3.0	14	19.7	16.9	2.8
03	16.3	13.3	3.0	15	18.7	16.3	2.4
04	16.2	13.1	3.1	16	18.2	15.8	2.4
05	16.2	13.0	3.2	17	17.9	15.3	2.6
06	16.0	13.3	2.7	18	17.0	14.7	2.3
07	16.3	14.7	1.6	19	16.9	14.5	2.4
08	18.0	16.3	1.7	20	16.9	14.1	2.8
09	19.8	17.3	2.5	21	16.8	13.7	3.1
10	19.2	17.9	1.3	22	16.7	13.3	3.4
11	22.9	18.8	4.1	23	16.7	12.9	3.8
12	23.4	18.4	5.0	00	16.8	14.3	2.5

Tabla 58: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en julio.
Fuente: Elaboración propia.

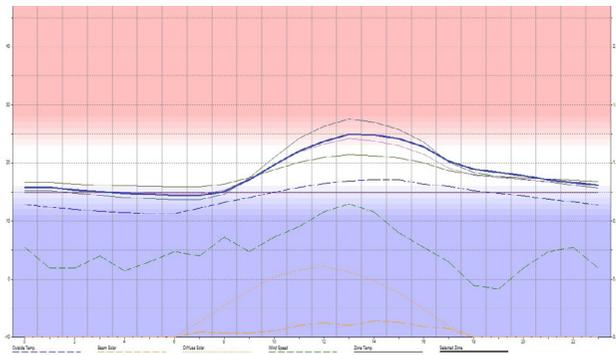


Gráfico 129: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en agosto.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Agosto							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.8	12.4	3.4	13	24.9	16.9	8.0
02	15.4	12.0	3.4	14	24.8	17.1	7.7
03	15.0	11.7	3.3	15	24.2	17.1	7.1
04	14.8	11.5	3.3	16	22.8	16.4	6.4
05	14.6	11.3	3.3	17	20.3	16.0	4.3
06	14.4	11.3	3.1	18	19.0	15.3	3.7
07	14.4	12.2	2.2	19	18.4	14.8	3.6
08	15.0	13.2	1.8	20	17.8	14.3	3.5
09	17.1	14.1	3.0	21	17.1	13.8	3.3
10	19.7	15.0	4.7	22	16.6	13.3	3.3
11	22.1	15.8	6.3	23	16.2	12.8	3.4
12	23.7	16.5	7.2	00	15.8	12.9	2.9

Tabla 59: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en agosto.
Fuente: Elaboración propia.

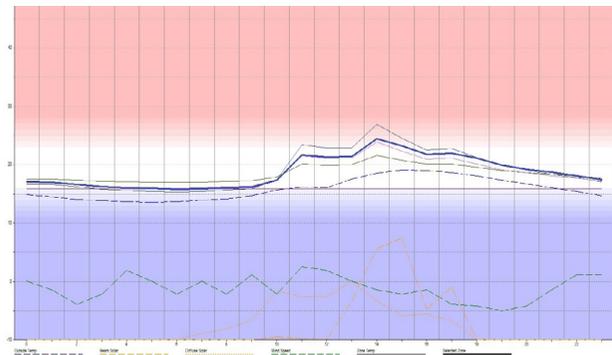


Gráfico 130: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en septiembre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Septiembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.0	14.5	2.5	13	21.4	17.6	3.8
02	16.7	14.1	2.6	14	24.5	18.6	5.9
03	16.3	13.9	2.4	15	23.3	19.1	4.2
04	16.1	13.7	2.4	16	21.8	19.0	2.8
05	16.0	13.6	2.4	17	21.9	18.7	3.2
06	15.8	13.7	2.1	18	21.2	18.1	3.1
07	15.9	14.0	1.9	19	19.9	17.4	2.5
08	16.1	14.2	1.9	20	19.2	16.7	2.5
09	16.2	14.7	1.5	21	18.7	16.1	2.6
10	17.4	15.7	1.7	22	18.1	15.4	2.7
11	21.7	16.2	5.5	23	17.5	14.7	2.8
12	21.4	16.1	5.3	00	17.1	14.9	2.2

Tabla 60: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

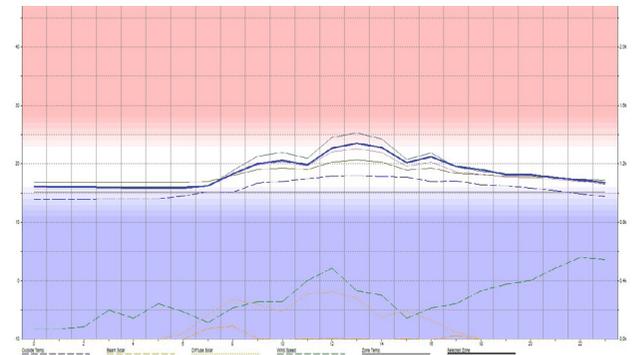


Gráfico 131: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de octubre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-October							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.6	14.0	2.6	13	23.5	18.0	5.5
02	16.6	14.0	2.6	14	22.9	17.8	5.1
03	16.3	14.1	2.2	15	20.2	17.7	2.5
04	16.3	14.1	2.2	16	21.3	17.0	4.3
05	16.3	14.1	2.2	17	19.6	17.1	2.5
06	16.3	14.5	1.8	18	19.0	16.5	2.5
07	16.4	15.3	1.1	19	18.2	16.3	1.9
08	18.3	15.2	3.1	20	18.2	15.9	2.3
09	20.1	16.7	3.4	21	17.7	15.4	2.3
10	20.6	17.0	3.6	22	17.3	14.9	2.4
11	19.9	17.5	2.4	23	16.8	14.4	2.4
12	22.8	17.9	4.9	00	16.7	14.0	2.7

Tabla 61: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en octubre.
Fuente: Elaboración propia.

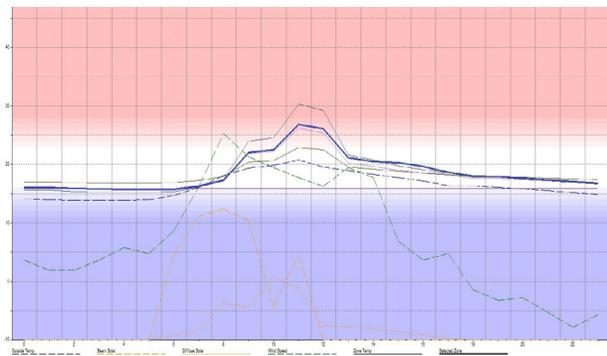


Gráfico 132: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en noviembre.
Fuente: Software Ecotect.

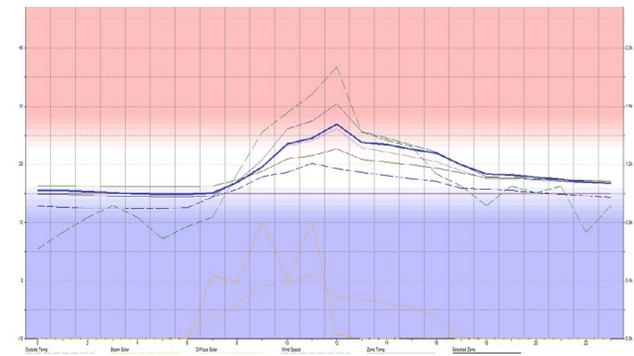


Gráfico 133: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en diciembre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 2-Noviembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	17.2	13.6	3.6	13	22.0	21.0	1.0
02	16.9	13.5	3.4	14	20.9	20.4	0.5
03	16.7	13.6	3.1	15	20.5	19.7	0.8
04	16.6	13.5	3.1	16	20.5	18.7	1.8
05	16.5	13.5	3.0	17	19.2	17.3	1.9
06	16.5	13.4	3.1	18	18.0	17.2	0.8
07	17.2	13.6	3.6	19	17.3	17.1	0.2
08	18.1	15.0	3.1	20	17.0	16.0	1.0
09	22.3	17.2	5.1	21	16.9	15.7	1.2
10	22.7	21.8	0.9	22	16.9	15.4	1.5
11	25.3	22.8	2.5	23	17.0	14.6	2.4
12	24.9	22.0	2.9	00	17.1	14.0	3.1

Tabla 62: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en noviembre.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 2-Diciembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.5	12.7	3.8	13	23.8	18.7	5.1
02	16.3	12.5	3.8	14	23.4	18.1	5.3
03	16.2	12.5	3.7	15	22.6	17.6	5.0
04	16.0	12.4	3.6	16	22.0	17.1	4.9
05	16.0	12.4	2.6	17	20.0	15.9	4.1
06	16.0	12.6	2.4	18	18.4	15.8	2.6
07	16.3	14.4	1.9	19	18.2	15.5	2.7
08	16.9	15.7	1.2	20	17.9	15.2	2.7
09	19.6	17.9	1.7	21	17.4	14.9	2.5
10	23.6	18.7	4.9	22	17.0	14.6	2.4
11	24.6	20.2	4.4	23	16.8	14.3	2.5
12	27.0	19.3	7.7	00	16.5	12.9	3.6

Tabla 63: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 2 en diciembre.
Fuente: Elaboración propia.

-Dormitorio 3: Se analizan los valores del dormitorio 3, ubicado en la planta alta de la vivienda (Gráfico 134); este ambiente cumple con la temperatura dentro del rango de confort a lo largo del año. Por lo tanto, se valida el diseño en este espacio. Así también, se puede observar las ganancias de calor al interior, teniendo como valor máximo una ganancia de calor de 9.3 grados centígrados en los meses de mayo, agosto y diciembre.



Gráfico 134: Zona en la que se realiza la simulación: dormitorio 3.
Fuente: Software Ecotect.

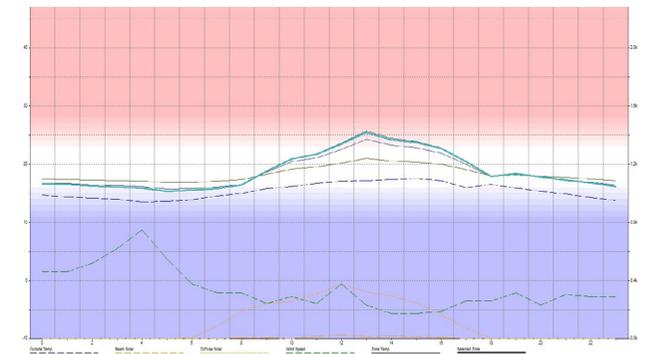


Gráfico 135: Simulación de temperatura del dormitorio 3 del mes de enero.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Enero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.6	14.4	2.2	13	25.4	17.2	8.2
02	16.3	14.2	2.1	14	24.2	17.4	6.8
03	16.1	14.0	2.1	15	23.7	17.5	6.2
04	15.9	13.5	2.4	16	22.7	17.2	5.5
05	15.4	13.6	1.8	17	20.5	16.0	4.5
06	15.5	13.9	1.6	18	17.9	16.5	1.4
07	15.8	14.5	1.3	19	18.4	15.9	2.5
08	16.4	15.0	1.4	20	17.8	15.4	2.4
09	18.8	15.8	3.0	21	17.3	14.9	2.4
10	20.9	16.2	4.7	22	16.8	14.3	2.5
11	21.7	16.7	5.0	23	16.2	13.8	2.4
12	23.4	17.1	6.3	00	16.6	14.7	1.9

Tabla 64: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en enero.
Fuente: Elaboración propia.

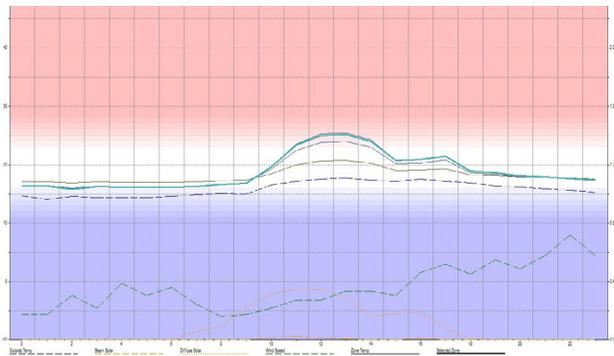


Gráfico 136: Simulación de temperatura del dormitorio 3 en febrero.
Fuente: Software Ecotect.

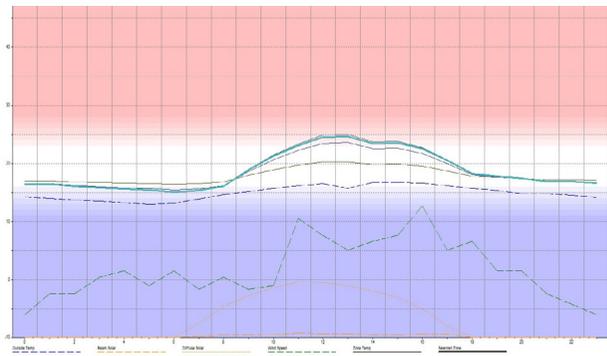


Gráfico 137: Simulación de temperatura del dormitorio 3 en marzo.
Fuente: Software Ecotect.

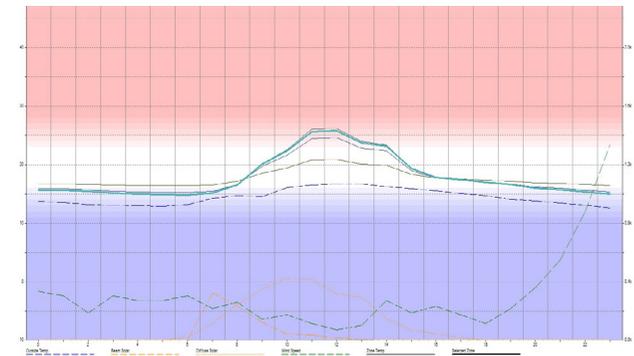


Gráfico 138: Simulación de temperatura del dormitorio 3 del mes de abril.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Febrero							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	14.1	2.2	13	25.2	17.7	7.5
02	15.8	14.5	1.3	14	24.0	17.4	6.6
03	16.2	14.4	1.8	15	20.7	17.2	3.5
04	16.1	14.4	1.7	16	20.9	17.5	3.4
05	16.1	14.4	1.7	17	21.5	17.2	4.3
06	16.1	14.5	1.6	18	18.9	16.9	2.0
07	16.2	14.9	1.3	19	18.6	16.4	2.2
08	16.6	15.1	1.5	20	18.1	16.2	1.9
09	16.9	15.0	1.9	21	17.9	15.9	2.0
10	19.6	16.5	3.1	22	17.6	15.6	2.0
11	23.4	17.2	6.2	23	17.3	15.3	2.0
12	25.0	17.5	7.5	00	16.3	14.6	1.7

Tabla 65: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en febrero.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 3-Marzo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.4	14.0	2.4	13	24.7	15.7	9.0
02	16.1	13.7	2.4	14	23.5	16.7	6.8
03	15.8	13.5	2.3	15	23.6	16.7	6.9
04	15.6	13.3	2.3	16	22.5	16.6	5.9
05	15.4	13.0	2.4	17	25.0	16.2	4.3
06	15.1	13.2	1.9	18	18.3	15.7	2.6
07	15.3	13.9	1.4	19	17.8	15.4	2.4
08	16.0	14.6	1.4	20	17.5	14.8	2.7
09	18.9	15.2	3.7	21	16.9	14.8	2.1
10	21.3	15.7	5.6	22	16.9	14.5	2.4
11	23.1	16.2	6.9	23	16.6	14.2	2.4
12	24.6	16.5	8.1	00	16.4	14.3	2.1

Tabla 66: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en marzo.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 3-Abril							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.6	13.5	2.1	13	23.8	16.7	7.1
02	15.4	13.2	2.2	14	23.2	16.3	6.9
03	15.1	13.1	2.0	15	19.3	15.9	3.4
04	15.0	13.0	2.0	16	17.8	15.5	2.3
05	14.9	12.9	2.0	17	17.4	15.1	2.3
06	14.9	13.2	1.7	18	17.0	14.7	2.3
07	15.2	14.3	0.9	19	16.6	14.1	2.5
08	16.6	14.7	1.9	20	16.0	13.8	2.2
09	20.1	14.5	5.6	21	15.7	13.4	2.3
10	22.3	16.1	6.2	22	15.3	13.1	2.2
11	25.7	16.5	9.2	23	15.0	12.6	2.4
12	25.8	16.7	9.1	00	15.6	13.7	1.9

Tabla 67: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en abril.
Fuente: Elaboración propia.

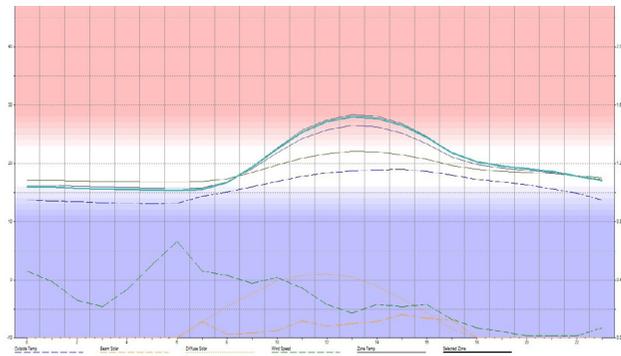


Gráfico 139: Simulación de temperatura del dormitorio 3 en mayo.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Mayo							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.0	13.5	2.5	13	28.0	18.7	9.3
02	15.8	13.4	2.4	14	27.8	18.9	8.9
03	15.7	13.3	2.4	15	26.5	19.0	7.5
04	15.6	13.2	2.4	16	24.4	18.6	5.8
05	15.5	13.1	2.4	17	21.8	18.0	3.8
06	15.4	13.2	2.2	18	20.2	17.3	2.9
07	15.5	14.4	1.1	19	19.5	16.8	2.7
08	16.7	15.1	1.6	20	19.0	16.4	2.6
09	19.4	16.0	3.4	21	18.6	15.6	3.0
10	22.5	16.9	5.6	22	17.8	14.9	2.9
11	25.4	17.8	7.6	23	17.1	13.7	3.4
12	27.2	18.4	8.8	00	16.0	13.7	2.3

Tabla 68: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en mayo.
Fuente: Elaboración propia.

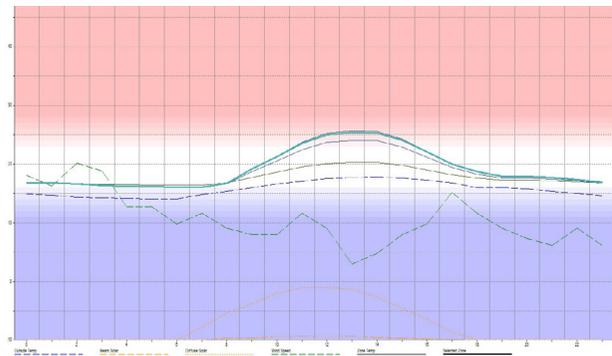


Gráfico 140: Simulación de temperatura del dormitorio 3 del mes de junio.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Junio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.8	14.7	2.1	13	25.4	17.7	7.7
02	16.6	14.4	2.2	14	25.3	17.8	7.5
03	16.3	14.3	2.0	15	24.1	17.6	6.5
04	16.2	14.2	2.0	16	22.1	17.3	4.8
05	16.1	14.1	2.0	17	20.0	16.8	3.2
06	16.0	14.1	1.9	18	18.7	16.0	2.7
07	16.1	14.8	1.3	19	17.9	16.0	1.9
08	16.8	15.4	1.4	20	17.9	15.8	2.1
09	19.1	16.0	3.1	21	17.7	15.4	2.3
10	21.3	16.6	4.7	22	17.3	15.0	2.3
11	23.6	17.1	6.5	23	16.9	14.6	2.3
12	25.0	17.5	7.5	00	16.8	14.9	1.9

Tabla 69: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en junio.
Fuente: Elaboración propia.

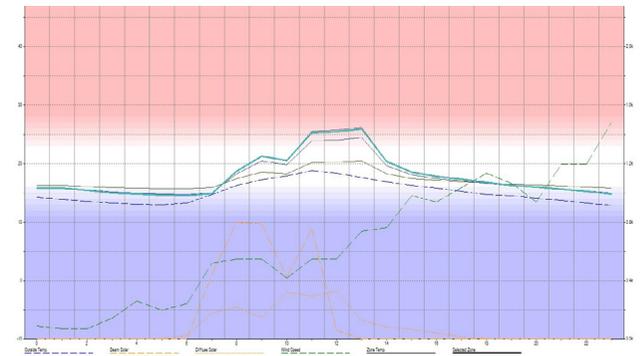


Gráfico 141: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de julio.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Julio							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.8	13.9	1.9	13	25.9	17.6	8.3
02	15.4	13.5	1.9	14	20.4	16.9	3.5
03	15.0	13.3	1.7	15	18.6	16.3	2.3
04	14.8	13.1	1.7	16	17.8	15.8	2.0
05	14.6	13.0	1.6	17	17.3	15.3	2.0
06	14.6	13.3	1.3	18	16.8	14.7	2.1
07	14.9	14.7	0.2	19	16.2	14.5	1.7
08	18.8	16.3	2.5	20	16.0	14.1	1.9
09	21.2	17.3	3.9	21	15.6	13.7	1.9
10	20.5	17.9	2.6	22	15.2	13.3	1.9
11	25.3	18.8	6.5	23	14.8	12.9	1.9
12	25.5	18.4	7.1	00	15.8	14.3	1.5

Tabla 70: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en julio.
Fuente: Elaboración propia.

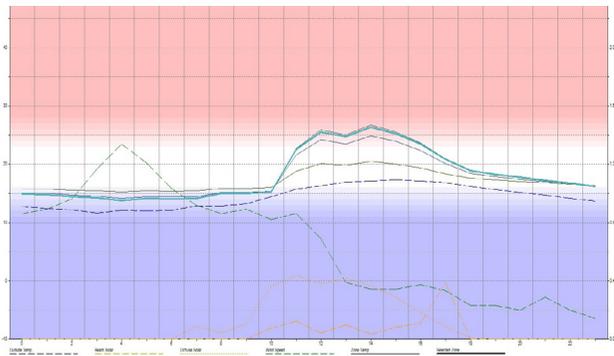


Gráfico 142: Simulación de temperatura del dormitorio 2 en agosto.
Fuente: Software Ecotect.

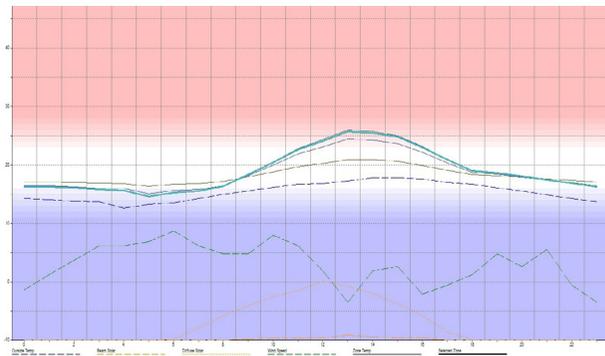


Gráfico 143: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de septiembre.
Fuente: Software Ecotect.

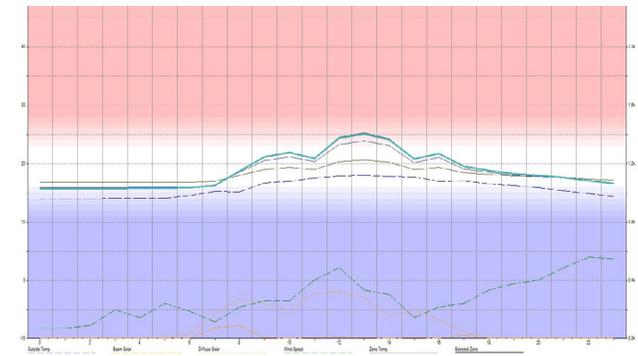


Gráfico 144: Simulación de temperatura del dormitorio 2 del mes de octubre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Agosto							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	14.9	12.4	2.5	13	24.8	17.0	7.8
02	14.5	12.2	2.3	14	26.4	17.2	9.2
03	14.3	11.7	2.6	15	25.3	17.3	8.0
04	13.8	12.1	1.7	16	23.5	17.2	6.3
05	14.2	12.0	2.2	17	20.9	16.9	4.0
06	14.1	12.1	2.0	18	19.0	16.2	2.8
07	14.2	12.9	1.3	19	18.3	15.7	2.6
08	15.0	12.9	2.1	20	17.8	15.2	2.6
09	15.0	13.2	1.8	21	17.3	14.7	2.6
10	15.3	14.5	0.8	22	16.8	14.2	2.6
11	22.5	15.8	6.7	23	16.3	13.7	2.6
12	25.6	16.3	9.3	00	14.9	12.8	2.1

Tabla 71: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en agosto.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 3-Septiembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.3	14.1	2.2	13	25.7	17.3	8.4
02	16.1	13.8	2.3	14	25.5	17.8	7.7
03	15.8	13.7	2.1	15	24.8	17.8	7.0
04	15.7	12.6	3.1	16	23.0	17.6	5.4
05	14.6	13.3	1.3	17	20.9	17.0	3.9
06	15.3	13.5	1.8	18	19.0	16.7	2.3
07	15.5	14.3	1.2	19	18.7	16.1	2.6
08	16.3	15.0	1.3	20	18.1	15.5	2.6
09	18.4	15.5	2.9	21	17.5	14.9	2.6
10	20.5	16.2	4.3	22	16.9	14.3	2.6
11	22.7	16.7	6.0	23	16.3	13.7	2.6
12	24.1	16.8	7.3	00	16.3	14.3	2.0

Tabla 72: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 3-October							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.7	14.0	1.7	13	25.1	18.0	7.1
02	15.7	14.0	1.7	14	24.1	17.8	6.3
03	15.7	14.1	1.6	15	20.8	17.7	3.1
04	15.8	14.1	1.7	16	21.8	17.0	4.8
05	15.8	14.1	1.7	17	19.5	17.1	2.4
06	15.9	14.5	1.4	18	18.8	16.5	2.3
07	16.3	15.3	1.0	19	18.2	16.3	1.9
08	18.8	15.2	3.6	20	18.0	15.9	2.1
09	21.2	16.7	4.5	21	17.6	15.4	2.2
10	21.9	17.0	4.9	22	17.1	14.9	2.2
11	20.9	17.5	3.4	23	16.6	14.4	2.2
12	24.3	17.9	6.4	00	15.7	14.0	1.7

Tabla 73: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en octubre.
Fuente: Elaboración propia.

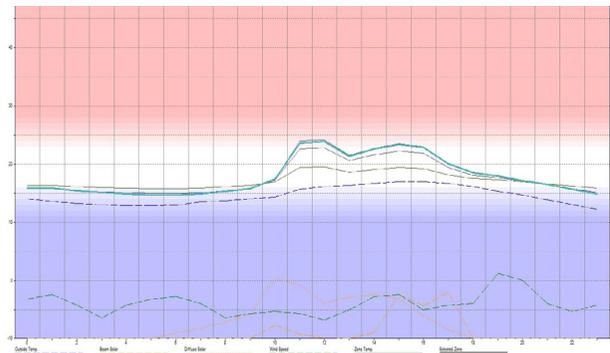


Gráfico 145: Simulación de temperatura del dormitorio 3 del mes de noviembre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Noviembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	15.9	13.6	2.3	13	21.4	16.4	5.0
02	15.4	13.3	2.1	14	22.6	16.7	5.9
03	15.1	13.1	2.0	15	23.3	17.0	6.3
04	14.9	12.9	2.0	16	22.9	17.0	5.9
05	14.7	12.9	1.8	17	20.1	16.7	3.4
06	14.8	13.0	1.8	18	18.5	16.2	2.3
07	14.9	13.5	1.4	19	18.0	15.4	2.6
08	15.4	13.7	1.7	20	17.2	14.7	2.5
09	15.8	14.1	1.7	21	16.5	13.9	2.6
10	17.4	14.4	3.0	22	15.7	13.1	2.6
11	23.7	15.7	8.0	23	14.9	12.3	2.6
12	23.9	16.2	7.7	00	15.9	14.1	1.8

Tabla 74: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en noviembre.
Fuente: Elaboración propia.

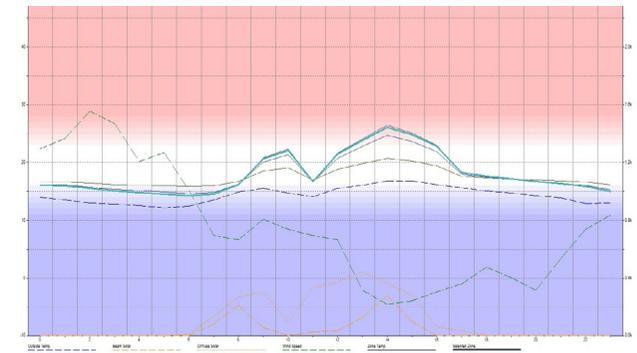


Gráfico 146: Simulación de temperatura del dormitorio 3 del mes de octubre.
Fuente: Software Ecotect.

Dormitorio 3-Diciembre							
Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)	Hora	T. Interna (C°)	T. Externa (C°)	Amplitud (C°)
01	16.0	13.5	2.5	13	23.8	16.1	7.7
02	15.5	13.0	2.5	14	26.1	16.8	9.3
03	15.0	12.8	2.2	15	24.8	16.8	8.0
04	14.8	12.5	2.3	16	22.8	16.2	6.6
05	14.5	12.2	2.3	17	18.2	15.6	2.6
06	14.3	12.4	1.9	18	17.6	15.1	2.5
07	14.5	13.5	1.0	19	17.1	14.7	2.4
08	16.2	14.9	1.3	20	16.7	14.3	2.4
09	20.6	15.5	5.1	21	16.3	13.9	2.4
10	22.1	14.7	7.4	22	15.9	12.9	3.0
11	16.7	14.1	2.6	23	15.0	13.0	2.0
12	21.4	15.5	5.9	00	16.1	14.0	2.1

Tabla 75: Valores de temperatura interior y exterior del dormitorio 3 en diciembre.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

Luego de este proceso de investigación, diseño y validación; se culmina con la obtención de un prototipo de vivienda sostenible y bioclimático, tomando en consideración las características propias del clima de las zonas climáticas Continental Templada y Continental Lluviosa del Ecuador, como la temperatura, humedad, y en mayor medida el soleamiento. Este prototipo puede ser replicado; por otro lado, se puede utilizar la misma metodología para realizar modificaciones al mismo, dependiendo de las diferentes variables, que pueden ser: dimensión de lote, número de habitantes, condiciones climáticas y de soleamiento, entre otros.

El prototipo presenta un diseño óptimo, garantizando el confort térmico al interior, mediante el Factor U de los envolventes; lo cual se puede aplicar en todo tipo de edificación residencial, debido a que es muy importante tomar en cuenta la experiencia de las personas dentro de los espacios interiores. Por medio de las energías renovables, el prototipo logra un resultado eficiente en términos energéticos, gracias a la aplicación de estas energías que reemplazan los mecanismos convencionales, tales como: calefón a gas, iluminación artificial en horas del día, aparatos de calefacción, etc.

El diseño está validado por medio de simulaciones, las mismas que fueron realizadas en diferentes ambientes de la vivienda, y para todos los meses del año; llegando a obtener temperaturas interiores muy favorables, manteniéndola dentro del rango del confort establecido, a lo largo del año; de igual manera se obtuvieron valores de iluminación, los cuales cumplen de manera satisfactoria con todos los estándares establecidos previamente.

Este proyecto de fin de carrera es un potencial para futuras investigaciones, ya que abre un campo de estudio en temas de sostenibilidad para vivienda; además, se puede indagar más a profundidad temas como: sistemas constructivos eficientemente energéticos, materiales sostenibles aplicados en los envolventes, aplicación de energías renovables para el ahorro de recursos en las viviendas, y muchos más.

Bibliografía

- Baquero L, M. T., & Quesada M., F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 7(2), 147-165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>
- Baquero L, M. T., & Quesada M., F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 7(2), 147-165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>
- Domingo Acosta. "Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias". *Dearq*, n.o 4 (2009): 14-23.
- Barragán, A. E., Ochoa, P. E., Universidad de Cuenca, Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca, & DIUC (2014-06). Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5587>.
- Bustillos Yaguana, D. A. (2017-12-31). Calidad del ambiente interior de las edificaciones residenciales urbanas de la ciudad de cuenca: determinación de estándares de confort (Master's thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28830>
- Conforme-Zambrano, G. D. C., & Castro-Mero, J. L. (2020). *Arquitectura bioclimática*. *Polo del Conocimiento*, 5(3), 751-779.
- Culcay Cantos, M. B., & Maldonado Cardoso, M. V. (2016). Prototipo de vivienda social sostenible: diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23412>
- D'Amanzo, M., Mercado, M. V., & Karlen, C. G. (2020). 10 preguntas de los edificios energía cero: revisión del estado del arte. *Hábitat Sustentable*, 10(2), 24-41.
- Garzón-Juan, M., Nieto-Morote, A. M., & Ruz-Vila, F. D. A. (2020). Comparativa de estándares de certificación de edificios consumo casi nulo. Requerimientos de aislamiento térmico.
- Guillén Mena, V., Quesada Molina, F., López Catalán, M., Orellana Valdés, D., & Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa*. *Revista De La Facultad De Arquitectura Y Urbanismo De La Universidad De Cuenca*, 4(7), 59-67. <https://doi.org/10.18537/est.v004.n007.07>
- Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2000). Outdoor temperature and indoor thermal comfort: raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database of field studies. *Ashrae Transactions*, 106(2), 485-492.
- Maqueira Yamasaki, Ángeles (2011). Sostenibilidad y ecoeficiencia en arquitectura. *Ingeniería Industrial*, (29), 125-152. [fecha de Consulta 11 de Febrero de 2021]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3374/337428495007>
- Marincic, I., Ochoa, J. M., & Río, J. A. D. (2012). Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y la humedad. *ACE: architecture, city and environment*, 7(20), 27-46.
- Sanchez Amono, Maria Paz; Gaggino, Rosana; Positieri, María Josefina; Estudio de la viabilidad de aplicación de polietileno y caucho reciclados para un sistema constructivo de cubierta; 12-6-2018
- Sanchez Amono, Maria Paz; Gaggino, Rosana; Positieri, María Josefina; Estudio de la viabilidad de aplicación de polietileno y caucho reciclados para un sistema constructivo de cubierta; 12-6-2018
- Ortega Zuñiga, M. L. (2017, May 11). Estudio de la eficiencia energética en el sector residencial ecuatoriano y definición de propuestas de mejora desde el ámbito normativo (Proyecto Final de Máster Oficial). UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, Departament d'Enginyeria de Projectes i de la Construcció. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/117089>
- Quesada Molina, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Hábitat Sustentable*, 4(1), 56-67. Recuperado a partir de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/444>
- Quesada, F., Calle, A. E., Guillén, V., Ortiz, J., & Lema, K. (2018). Método de Evaluación Sustentable de la Vivienda en la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Técnica "Energía"*, 14(1), 204-212 pp. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v14.n1.2018.173>
- Urban Caballero, L. A. (2016, July). Edificio energía cero (zero energy building) (Tribuna Final de Grau). UPC, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Departament d'Enginyeria Elèctrica. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/101834>

Rentería Morillo, C. T. (2020). Elaboración de un textil técnico como aislante acústico mediante la aplicación de partículas de caucho obtenidas de neumáticos reciclados [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10655>

Abstract of the project

Title of the project: Minimum sustainable housing.

Project subtitle: Prototype for the Temperate Continental and Rainy Continental climate zones of Ecuador.

The impact that architecture has on environmental pollution is increasingly bigger, because it does not take into account the climatic conditions of the site where the project is implemented, which causes a bigger use of resources to obtain thermal comfort inside. This final project proposes a sustainable housing prototype, which is applicable in the Temperate Continental and Rainy Continental climate zones of Ecuador through energy efficiency strategies and bioclimatic strategies. This ensures the thermal comfort inside the housing prototype.

Summary:

Keywords: Bioclimatic architecture, energy efficiency, sustainable architecture, thermal comfort, housing.

Student: Álvarez Sánchez Enrique Agustín

C.I. 0105183339 **Código:** 81160

Director: Pablo Ochoa

Codirector:

Para uso del Departamento de Idiomas >>>

Revisor:



N° cédula de identidad 0102603453

