



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ARQUITECTURA

VARIABLES Y CRITERIOS DE DISEÑO
BIOCLIMÁTICO PARA EL CLIMA CÁLIDO
SECO DE GUATEMALA

EL PROGRESO, ZACAPA Y CHIQUIMULA

ADRIÁN EDUARDO
HERNÁNDEZ LÓPEZ



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESCUELA DE ARQUITECTURA

**VARIABLES Y CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
PARA EL CLIMA CÁLIDO SECO DE GUATEMALA**

EL PROGRESO, ZACAPA Y CHIQUIMULA

PROYECTO DESARROLLADO POR:

ADRIÁN EDUARDO HERNÁNDEZ LÓPEZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE

ARQUITECTO

GUATEMALA, JULIO 2023

Me reservo los derechos de autor haciéndome responsable de las doctrinas sustentadas adjuntas, en la originalidad y contenido del Tema, en el Análisis y Conclusión final, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ARQ. SERGIO FRANCISCO CASTILLO BONINI
VOCAL II	MSC. LICDA. ILMA JUDITH PRADO DUQUE
VOCAL III	ARQ. MAYRA JEANETT DÍAZ BARILLAS
VOCAL IV	BR. OSCAR ALEJANDRO LA GUARDIA ARRIOLA
VOCAL V	BR. LAURA DEL CARMEN BERGANZA PÉREZ
SECRETARIO ACADÉMICO M.A.	ARQ. JUAN FERNANDO ARRIOLA ALEGRÍA

TRIBUNAL EXAMINADOR

	MSC. ARQ. EDGAR ARMANDO LÓPEZ PAZOS
	ARQ. MARCO ANTONIO DE LEÓN VILASECA
ASESOR I	MSC.ARQ. GIOVANNA BEATRICE MASELLI LOAIZA
ASESOR II	ARQ. AL MOSHE ASTURIAS ROMERO
ASESOR III	ARQ. EDDIE ORLANDO LÓPEZ DE LEÓN

DEDICATORIA

A Dios

Arquitecto de la vida, Por el regalo de la vida, Por permitirme de conocimiento, Perseverancia, Dedicación y un gran deseo de superación para poder cumplir mis metas.

A mi madre

Patricia López, por haberme forjado como la persona que ahora soy, por el cuidado y apoyo incondicional, por la enseñanza del esfuerzo y dedicación, el nunca darse por vencido y luchar por las metas, Mi gran ejemplo de vida, mi admiración. Gracias, por tanto.

A mis hermanas

Alejandra y Mónica Hernández, por ser de gran apoyo, por siempre estar pendientes y motivarme a alcanzar mis metas, las quiero.

A mis amigos y compañeros de estudio

Los arquiamigos, por siempre motivarnos a alcanzar esta gran meta, por siempre ser un apoyo, por compartir muchos recuerdos de desvelo y risas, porque llegaron para quedarse con gran aprecio.

A mis grandes amigos

Compañeros de vida, por su amistad y estar presentes en todo momento, por las incontables celebraciones, por ser como hermanos con los que siempre contaré, por compartir y aprender de la vida junto a ustedes.

A Mily

Por su apoyo para llegar alcanzar esta meta, por ser de gran ayuda para mis hermanas y para mí el poder desarrollarnos académicamente.

A mis asesores

Arq. Giovanna Maselli, Arq. Eddie López y especialmente al Arq. Al Moshe Asturias por ser mi mano derecha, alentarme y apoyarme en el desarrollo de mi proyecto de graduación, por compartir de su conocimiento conmigo, porque una gran parte del desarrollo y alcance de esta meta se los debo a ustedes.

Este gran logro para mí, es gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Mi casa de estudios, en especial a la Facultad de Arquitectura, en donde adquirí todos mis conocimientos profesionales, donde se tornaban las jornadas de estudio e investigación eternas junto con mis compañeros, porque a base de la dedicación, desvelos y que muchas veces supe identificar como prioridad mi carrera y que he sabido tomar responsabilidad en ella para culminar cada proyecto en el tiempo debido.

A los docentes de la facultad de arquitectura

Porque me hice amigo de muchos docentes, que me han brindado mucho apoyo desinteresado a lo largo de mi carrera, por su paciencia y tiempo dedicado.

A mi asesor y amigo Arq. Al Moshe Asturias

Por su apoyo desinteresado a lo largo de todo el desarrollo de mi proyecto de graduación, por las llamadas de atención, por siempre estar pendiente y atento al asesorarme en cualquier circunstancia.

A mis compañeros de estudio “los Arquiamigos”

Por su valiosa amistad, porque llegaron para quedarse, por apoyarnos a lo largo de nuestra carrera profesional, por compartir conocimientos, por siempre dar críticas constructivas y crecer profesionalmente.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1.1 Definición de la problemática	11
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivos	12
1.5 Metodología.....	13
1.6 Delimitación	14

CAPÍTULO 2

MARCO LEGAL	16
-------------------	----

2.1 MARCO TEÓRICO	18
-------------------------	----

2.1.1 Desarrollo Sostenible.....	18
2.1.2 Sostenibilidad	19
2.1.3 Bioclimática	19
2.1.4 Arquitectura Sostenible.....	20
2.1.5 Construcción Bioclimática.....	20
2.1.5.1 Motivos por los que fomentar la construcción bioclimática	20
2.1.5.2 Tipos de edificación bioclimática.....	21
2.1.6 Sistema en la construcción bioclimática.....	21
2.1.7 Diseño Bioclimático:	22
2.1.8 Confort:.....	22
2.1.9 Contexto Internacional	23
2.1.10 Contexto Nacional	32
2.1.11 Variables del diseño	36
2.1.12 Resistencia térmica	39
2.1.13 Transmitancia térmica	39

2.2 CONTEXTUAL	40
----------------------	----

2.2.1 Guatemala	40
2.2.2 Zonas de Vida	41
2.2.2.3 Zonas de vida de Guatemala	44
2.2.3 Bosque muy seco tropical (bms-T)	47
2.2.4 EL PROGRESO	50
2.2.5 ZACAPA	55
2.2.6 CHIQUIMULA.....	60

CUADRO SÍNTESIS	65
CAPÍTULO 3.....	66
ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.....	66
3.1 Diseño	66
3.2 Flujo del aire	69
3.3 Patios	72
3.4 Ventanas y Aberturas	74
3.5 Cubiertas	76
3.6 Muros	79
3.7 Vegetación	81
3.8 Áreas mínimas por ambiente para una vivienda de clase social.	88
CAPÍTULO 4.....	92
ANÁLISIS DE VARIABLES A UNA PROPUESTA DE VIVIENDA PROTOTIPO... 92	
4.3 Análisis Lumínico.....	104
4.4 Análisis Flujo de Viento	110
4.5 Análisis de Incidencia Solar	119
MATRIZ DE REGISTRO E INDICADORES DE VARIABLES A EDIFICACIONES SEGÚN SU ZONA CLIMÁTICA.....	131
PRESUPUESTO	132
CONCLUSIONES GENERALES.....	134
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA.....	136
EGRAFÍAS.....	137

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de la problemática

Actualmente, no existe un documento que identifique las condicionantes que deben de poseer las edificaciones para la Zona de vida Vegetal Bosque muy seco Tropical de país de Guatemala y/o Clima Cálido Seco de Guatemala, existen estudios meteorológicos de departamentos que se encuentran en la zona pero no indican de qué manera inciden en las edificaciones, ya que la zona posee un clima cálido seco con invierno seco obteniendo temperaturas elevadas que dificultan el confort dentro de las edificaciones viéndose en la necesidad de implementar sistemas que ayuden a controlar la temperatura dentro de estas. Por la falta de información no se aplican las diversas estrategias pasivas de climatización para el acondicionamiento, siendo estas bastante influyentes en el diseño arquitectónico.

Sobre la Zona de Vida Vegetal Bosque muy seco tropical del país de Guatemala no se ha efectuado un análisis que determine las condiciones climatológicas, el uso adecuado de los materiales para la construcción y las estrategias pasivas de diseño que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar a fin de lograr el confort acorde con el clima actual del lugar.

Observando y analizando las edificaciones, la mayoría están construidas con el objetivo de poder habitarlas, pero las soluciones de diseño arquitectónico son inapropiadas para el clima de esta zona de vida, soluciones que por lo general corresponden a regiones donde las condiciones del clima son diferentes.

1.2 Antecedentes

Se han realizado previos análisis bastante antiguos de ciertas zonas para el país de Guatemala que ayudan a entender en cierto punto las características del clima, y las características que deben poseer las edificaciones de manera muy escasa desfavoreciendo a la población en general.

Dado a que existen pocos estudios para el diseño bioclimático en relación a los diferentes climas que posee Guatemala y siendo estos bastante extremos por los cambios climáticos, es necesaria la elaboración de una herramienta que nos proporcione la información necesaria acerca de datos meteorológicos actuales, y materiales de construcción aptos para las diferentes zonas de vida, para luego diseñar de la mejor manera un ambiente habitable y confortable.

1.3 Justificación

Con esta herramienta se entenderá las condicionantes necesarias que deben poseer las edificaciones para lograr el confort y sea agradable su permanencia en todo momento, beneficiando a la población que se ubica dentro de la zona de estudio a analizar y a otras zonas con características similares; posteriormente con una base fundamentada se pueda continuar analizando los diferentes climas de los que se compone Guatemala.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Elaborar un modelo de vivienda bioclimática que responda a las características climáticas para el Clima Cálido seco que se ubica dentro de la zona de vida vegetal Bosque muy seco tropical (bms-T) de Guatemala.

1.4.2 Específicos

- Analizar las principales tendencias internacionales de mejoramiento bioclimático aplicado a viviendas en climas cálidos secos.
- Diagnosticar la situación actual del lugar de estudio a partir de las variables identificadas y de cómo estas influyen en el diseño de la vivienda.
- Proponer alternativas bioclimáticas que con ayuda de los materiales de construcción mejoren el confort climático en las viviendas para la Zona de Vida bosque muy seco tropical.
- Elaborar una metodología para el análisis bioclimático que pueda aplicarse a viviendas ubicadas en otras zonas de vida.

1.5 Metodología

Atendiendo a las necesidades de la población en un Clima Cálido seco, nos vemos forzados a implementar una serie de recomendaciones de diseño bioclimático para generar espacios de confort que sean habitables en cualquier horario del día a día, para esto en el presente documento se realizaran diferentes análisis desde el conocer donde está ubicada el área de estudio hasta comprender como se percibe y afecta el clima con altas temperaturas dentro de las edificaciones.

Este documento como anteriormente se indica se elabora para el clima Cálido Seco integro de la Zona de Vida Bosque muy seco tropical del país de Guatemala, abarcando los departamentos de El Progreso, Chiquimula y Zacapa, los cuales ocupan un área de 181,887 Ha, siendo esto el 0.76% del territorio de guatemalteco.

Se identificarán las variables climáticas que influyen en las recomendaciones de diseño que se deben de considerar al momento de realizar un anteproyecto como lo son flujo del aire, tratamiento de aberturas, morfología de las edificaciones, el aprovechamiento del entorno a través de la vegetación, materiales de construcción y sus propiedades, entre otros, así también, tablas resumen de criterios constructivos que nos ayuden a lograr el acondicionamiento dentro de las edificaciones.

Para identificar el comportamiento de las diferentes variables que afectan a un proyecto, se realiza un análisis a una propuesta de vivienda social por medio de diferentes softwares, observando subjetivamente un Análisis Lumínico de luz natural, el comportamiento del Flujo de Viento y la Resistencia Térmica de los materiales de construcción que se plantearán más adelante. Estos análisis se plantean con el objetivo de alcanzar confort dentro de las edificaciones, ubicados en climas cálidos que pueden llegar a ser bochornosos e incómodos para la permanencia de los usuarios.

1.6.3 Delimitación poblacional

Este modelo beneficiará a la población de los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula siendo un total según datos obtenido del INE estadísticas 2018, a 837,069 de personas (niños y adultos), a los docentes que imparta el tema como documento técnico, a los que estén interesados en fomentar una arquitectura sostenible, entre otros.

1.6.4 Delimitación temporal

El modelo recaba información documentada como lo son datos meteorológicos del INSIVUMEH desde 1,990 a la fecha para determinar de los departamentos ya mencionados, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, precipitación pluvial en mm y vientos predominantes.

CAPÍTULO 2.

MARCO LEGAL

Constitución Política de la República de Guatemala

Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Ley de la vivienda

Decreto número 9-2012

Artículo 2. Principios generales. Para los efectos de la presente Ley, el Estado y los habitantes de la República deben sujetarse a los principios de carácter público y de interés social:

- a) El derecho a una vivienda digna, adecuada y saludable, como derecho humano fundamental, cuyo ejercicio el Estado debe garantizar,
- b) La solución del problema de la vivienda debe promoverse dentro de un marco de desarrollo integral y sostenible, es decir que involucre aspectos económicos, sociales, financieros, técnicos, jurídicos y ambientales.
- c) Los programas y proyectos de vivienda que se impulsen deben garantizar el desarrollo sostenible, económico y ambiental de los procesos de producción habitacional, sus servicios, equipamiento comunitario y el ordenamiento territorial con el propósito de preservar los recursos con visión de futuro.

Artículo 26. Planificación adecuada. Todos los desarrollos habitacionales deberán ser objeto de una planificación adecuada que asegure la utilización sostenible de sus componentes y una equilibrada relación con los elementos naturales que le sirven de soporte y entorno. Para el efectivo cumplimiento del presente artículo, se debe tomar en consideración un equilibrado ordenamiento territorial, tales como las tendencias de crecimiento poblacional, la expansión física de la urbanización y desarrollo habitacional, los límites de uso del ambiente como proveedor de recursos o receptor de desechos y la corrección de todos aquellos factores que deterioren el ambiente. De igual manera se debe contemplar la planificación y dotación de servicios básicos y equipamiento, incorporación de la infraestructura, servicios y equipamientos comunitarios.

Artículo 31. Calidad habitacional. Todo proyecto habitacional deberá cumplir con los requerimientos establecidos en la presente Ley y demás leyes, así como los que contengan los reglamentos aplicables para el diseño y construcción, con especial atención a los dictámenes de habitabilidad y los estudios de impacto ambiental.

Artículo 39. Promoción de materiales de bajo costo. El ente rector de la vivienda promoverá la celebración de acuerdos y convenios con productores de materiales básicos para la construcción de vivienda a precios preferenciales. Asimismo, promoverá la celebración de convenios para el otorgamiento de asesoría y capacitación a los adquirentes de materiales para el uso adecuado de los productos sobre sistemas constructivos y prototipos arquitectónicos.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) Acuerdo Gubernativo Número 137-2016

ARTÍCULO 4.-Principios de la evaluación ambiental.

Principio de prevención. Este principio establece que toda acción humana tiene asociado un riesgo o impacto ambiental que es inherente a su naturaleza y la serie de procesos que involucra, lo que razonablemente permite predecir su alcance ambiental y adoptar medidas para evitar su impacto negativo;

Principio de responsabilidad ambiental. Establece que las personas individuales o jurídicas tienen la obligación bajo su propia responsabilidad y como un mecanismo autónomo de regulación, la identificación de los impactos y riesgos ambientales que pueden o puedan estar produciendo algún grado de impacto ambiental positivo o negativo, y como consecuencia de ello, presentar el instrumento ambiental correspondiente para prevenir y/o corregir los impactos que se causen o causarán al ambiente, con el fin de lograr un equilibrio ecológico, privilegiando la importancia de conservar, proteger y preservar los elementos de su entorno mediato e inmediato.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto Número 68-86

ARTÍCULO 4. El Estado velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

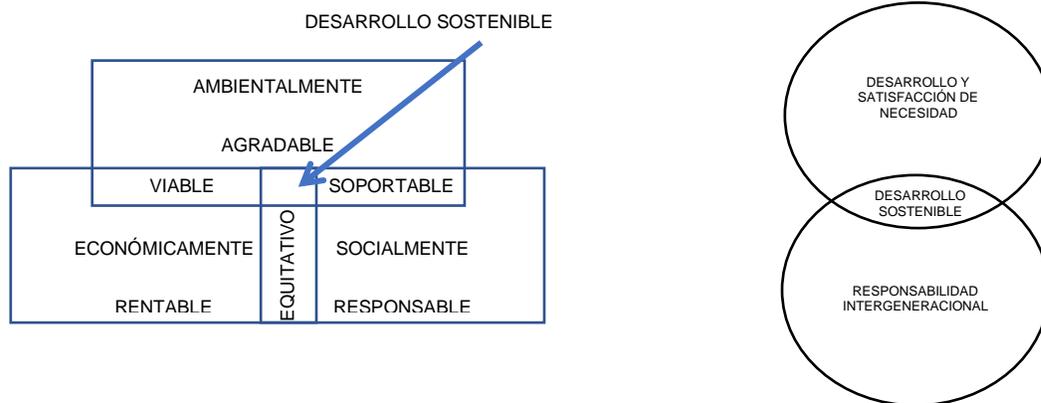
ARTÍCULO 18. El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes, relacionados con las actividades que puedan causar alteración estética del paisaje y de los recursos naturales, provoquen ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual y cualesquiera otras situaciones de contaminación y de interferencia visual, que afecten la salud mental y física y la seguridad de las personas.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Desarrollo Sostenible

Se puede llamar desarrollo sostenible a aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos del medio ambiente y posibilidades de las futuras generaciones. Instintivamente una actividad sostenible es aquella que se puede conservar.²

El Desarrollo Sostenible es un proceso de cambio progresivo en la calidad de vida del ser humano.



Las características que debe reunir un desarrollo para que lo podamos considerar sostenible son:

- Promueve la autosuficiencia regional.
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.
- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Usa los recursos eficientemente.
- Promueve el máximo de reciclaje y reutilización.
- Busca la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Pone su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaura los ecosistemas dañados.

² Ramón Guerrero Pérez, «Edificación y eficiencia energética en los edificios» (UF0569) (IC Editorial, 2013), <http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/detail.action?docID=4507789>.

Será en las ciudades donde se trazará el futuro de la misma, donde se logrará un crecimiento económico o si o si dominará la desigualdad, será en la ciudad donde las personas buscarán superación profesional y estabilidad económica y será en la ciudad donde decidiremos si crecerá y dominará la explotación de los recursos bioclimáticos o si entraremos en conciencia y tomaremos medidas sostenibles.

Es por eso que tomaremos como punto de partida el Objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.



El Objetivo 11 de los “ODS”, tiene como meta dos puntos de gran importancia para el desarrollo de esta herramienta, siendo estos:

11.1 De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.

11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

2.1.2 Sostenibilidad

Es la conservación de los recursos energéticos a través de la búsqueda de procesos eficientes y ahorrativos considerando el ciclo de los materiales desde la fuente hasta que se convierta en un residuo.

La sostenibilidad describe como los sistemas biológicos se mantienen diversos y productivos con el transcurso del tiempo, se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

2.1.3 Bioclimática

Es la aplicación de criterios racionales y eficientes, teniendo en cuenta los recursos naturales del entorno en el que se encuentran, con el fin de obtener confort en el interior de las edificaciones, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos.

La bioclimática busca el aprovechamiento de los recursos naturales para hacer que el entorno natural forme parte de la arquitectura, generando un menor impacto

ambiental. La bioclimática satisface las necesidades climatológicas aprovechando los recursos y minimizando considerablemente el consumo de energías habituales.³

2.1.4 Arquitectura Sostenible

Este tipo de arquitectura tiene en cuenta el impacto ambiental que generará toda edificación durante su ciclo de vida, desde su construcción, uso y momento de derribe. La Arquitectura Sostenible considera los recursos bioclimáticos que utilizará hasta que pasará con el ripio que se genera al momento del derribe.

La Arquitectura Sostenible se basa en 5 principios básicos:

1. El ecosistema sobre el que se ubicará.
2. Los sistemas energéticos que fomentan el ahorro.
3. Materiales de construcción.
4. El reciclaje
5. Reutilización de los residuos.

2.1.5 Construcción Bioclimática

La arquitectura bioclimática tiene como fin principal optimizar la energía y hacer un uso adecuado de los recursos, para crear ambientes de confort además de la sostenibilidad del medio ambiente.

El objetivo de la arquitectura bioclimática es disminuir el impacto ambiental a través de del aprovechamiento de los recursos, así evitando un consumo energético considerable en las edificaciones. Esto para garantizar condiciones de confort para los usuarios.

La arquitectura bioclimática debe de estar ligada con ciertos factores que influyen de manera directa en la demanda de energía de una edificación, siendo estos: la localización, el clima, orientaciones, materiales que la constituyen, entre otros; integrando los recursos para fomentar la sostenibilidad.

2.1.5.1 Motivos por los que fomentar la construcción bioclimática

- La arquitectura bioclimática disminuye la demanda energética, colaborando enormemente en la reducción de los problemas medioambientales que provocan el uso de la energía convencional.

³ «El bioclimatismo | BIOCLIMATISMO», acceso el 19 de enero de 2020, <https://bioclimatismojiloca.wordpress.com/el-bioclimatismo/>.

- La reducción del consumo energético también implica un importante ahorro económico.
- Influye en el confort, ya que consigue unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, calidad del aire interior, etc.
- La arquitectura bioclimática actúa en la integración de los edificios con el entorno que les rodea, por lo que se favorece la sostenibilidad ambiental.

2.1.5.2 Tipos de edificación bioclimática

A continuación, se muestra una clasificación de los diferentes tipos de edificaciones bioclimáticas que existen:

Los edificios en los que se busca una gran eficiencia energética mediante el diseño de la edificación y sus especificaciones técnicas y constructivas, sin considerar otros aspectos del medio ambiente. En estos casos solo se tienen en cuenta las ganancias y pérdidas energéticas que se dan lugar en la vivienda y que influyen en el confort climático.

Aquellos en los que se tiene en cuenta el medio en el que se localizan, además de los recursos naturales limitados. De esta manera, el edificio se adapta al paisaje que le rodea. La finalidad de estas edificaciones está relacionada con el ahorro de agua y con el impacto visual del edificio, fomentando la integración del mismo con especies autóctonas.

El medio natural siempre debe considerarse como un parámetro integrado dentro del diseño de la edificación, nunca como un añadido.

2.1.6 Sistema en la construcción bioclimática

La bioclimática hablando arquitectónicamente cuenta con dos tipos de sistemas que comúnmente se utilizan de manera combinada, controlando el consumo energético en las edificaciones, siendo estos:

2.1.6.1 Sistemas Pasivos

Estos sistemas se refieren al control de ciertas variables que existen en el interior de un edificio como lo es la temperatura y la humedad, a través del uso de un diseño adecuado y de materiales de construcción que nos ayuden a obtener un confort. El envolvente de la estructura debe cumplir su función como si se tratara de un filtro térmico, acústico y luminoso, integrando los recursos externos para reducir el consumo de energía.

2.1.6.2 Sistemas activos

Estos sistemas utilizan las tecnologías modernas que captan las energías renovables como lo es la energía solar, eólica, geotérmica o la biomasa.

2.1.7 Diseño Bioclimático

Consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir el impacto ambiental, intentando reducir los consumos de energía. La arquitectura bioclimática está íntimamente ligada a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el medioambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. También tiene impacto en la salubridad de los edificios a través de un mejor confort térmico, el control de los niveles de CO₂ en los interiores, una mayor iluminación y la utilización de materiales de construcción no tóxicos avalados por declaraciones ambientales.

Los factores que hacen posible en buen diseño bioclimático son:

Ubicación: se debe considerar la ubicación de la edificación dentro del solar para aprovechar al máximo la incidencia solar y las corrientes de aire.

Ventilación cruzada: se debe permitir el flujo del aire dentro de los ambientes para refrigerar y dar confort, también se debe poder concentrar esas corrientes de aire en caso de ser necesario calentar los espacios habitables.

Efecto invernadero: este factor se utiliza para concentrar el calor, consta de ubicar grandes ventanales o cristalerías en las fachadas orientadas hacia el sur. El sistema requiere de aberturas para controlar el flujo del aire y aleros o voladizos para permitir que la radiación solar entre en invierno más no en verano.

Muros: para conservar el calor o un ambiente fresco, se pueden emplear muros de carga de mayor espesor e inercia térmica.⁴

2.1.8 Confort

En el contexto del diseño climático denota las condiciones en que una persona puede realizar las tareas eficientemente y descansar adecuadamente de manera que su cuerpo pueda recuperarse por el exceso de calor producido por el metabolismo o trabajo muscular. El exceso de calor puede eliminarse del cuerpo

⁴ «El bioclimatismo | BIOCLIMATISMO».

mediante el contacto directo con otros cuerpos más fríos, por el movimiento del aire, por la irradiación a otros objetos sólidos circundantes y la evaporación del sudor sobre la piel. La realización o no de esos procesos físicos de protección corporal dependen del clima, por el movimiento del aire la pérdida de calor solo es posible cuando la temperatura del aire es más baja que la de la piel, y es acelerada cuando el aire entra en movimiento. Cuando el cuerpo está expuesto al sol absorbe calor por radiación, puesto a la sombra y rodeado de superficies frías pierde calor por irradiación a esas superficies, la pérdida de calor por evaporación y los climas húmedos la dificultan. Esto quiere decir que la temperatura del aire, el movimiento del aire, la humedad, la precipitación y la radiación solar son las características climáticas dominantes que afectan el confort humano.

2.1.9 Contexto Internacional

2.1.9.1 Vivienda Social - Pinotepa Nacional, México

El clima en el que se encuentra el proyecto es bastante bochornoso, la temperatura varía de 21 °C a 33 °C, con temporadas de lluvia opresivas. Coordenadas 16.341370, -90.052729.

Este proyecto consta de una vivienda de tipo social en una comunidad dedicada a la agricultura. La propuesta se compone de dos volúmenes con losas a

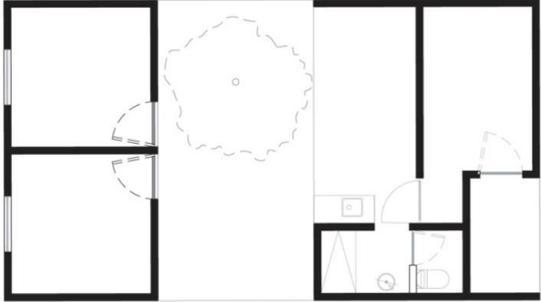


dos aguas, cada uno diseñado para dividir las áreas comunes de las privadas, en su fachada, se integraron vanos reducidos, permitiendo una óptima ventilación de los espacios interiores.

La forma de las cubiertas hace referencia a las viviendas vernáculas de la localidad, y se adapta a las características climáticas del sitio, donde la inclinación ayuda a disipar el aire caliente y evitar una alta sensación de humedad. El patio generado entre los dos bloques se entiende como un espacio de transición abierto y semi-privado al mismo tiempo, ya que ahí es donde se llevan a cabo las actividades cotidianas.

Se usaron elementos cuyo sistema constructivo y características les brindan resistencia sísmica y confort térmico a las viviendas. Escogimos bloques de barro prefabricado para los muros, con una envolvente de concreto que se pintó de blanco

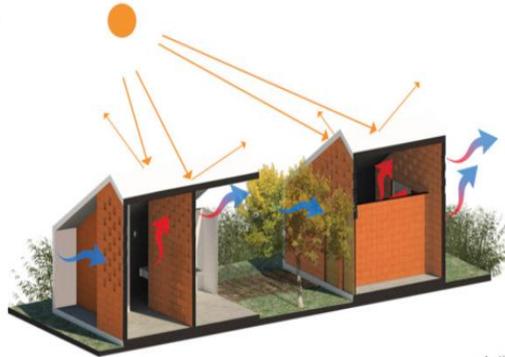
con una mezcla de cal y selladores para evitar la incidencia solar y filtración de humedad.⁵

PREMISAS:	
Morfológicas: dos volúmenes para dividir las áreas sociales de las privadas.	 <p>Planta Arquitectónica</p>
Tecnológicas constructivas: integración de vanos reducidos que permiten el ingreso de iluminación y ventilación natural.	
Morfológicas: cubiertas inclinadas ayudando a disipar el aire caliente.	

⁵ «Vivienda Social en Pinotepa Nacional / HDA: Hector Delmar Arquitectura + M+N Diseño», acceso el 05 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/932169/vivienda-social-en-pinotepa-nacional-hda- Hector-Delmar-arquitectura-plus-m-plus-n-diseno?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects

PREMISAS:

Funcionales: el patio generado funciona como transición entre las dos áreas, permitiendo una ventilación cruzada.



Tecnológicas constructivas:

integrar cerramientos verticales de ladrillo permitiendo una modulación en celosía.



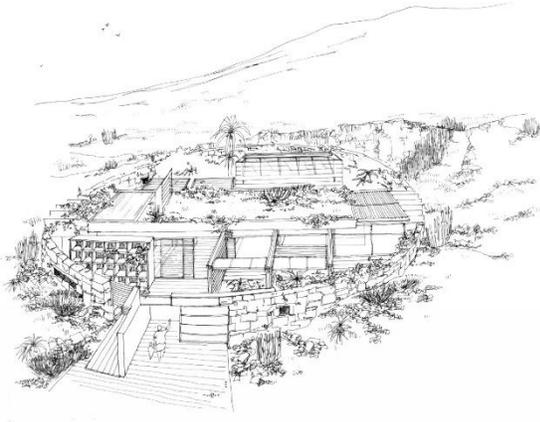
Funcionales: utilizar pinturas exteriores de colores claros para mitigar la incidencia solar.



2.1.9.2 Vivienda Tenerife – España

Tenerife es una isla que posee un clima primaveral, en verano es caliente y árido con inviernos largos y secos, la temperatura oscila entre los 15 °C a 28 °C, Coordenadas 28.068100, -16.511708.

Este proyecto de vivienda bioclimática consta de 290 metros cuadrados, se caracteriza por su sostenibilidad que tienen que ver con el diseño de elementos pasivos proyectados. La óptima orientación, la utilización de materiales del entorno y de nulo coste energético en origen: Piedra Tosca volcánica, madera de riga reciclada, vidrio, hormigón abujardado y piedras basálticas en jardinerías.



Su énfasis bioclimático radica en el control de la renovación de aire y el control higrotérmico del mismo, así como la integración paisajística al entorno. Unos muros estabilizados de doble hoja de piedra Tosca del lugar se apoyan directamente en el terreno permitiendo que la cámara de aire interior funcione como distribuidor térmico del aire fresco del terreno al interior mediante el succionamiento superior en cabeza por efecto Venturi que creamos al sobrecalentar por radiación esta última.

Cubierta de losa de hormigón con capa vegetal y plantas tapizantes autóctonas, que se mantiene húmeda con sistema de goteo, favoreciendo la evaporización de la misma y por tanto garantizando la temperatura constante de la masa del hormigón evitando el efecto de respuesta radiante al interior de las masas de mucha inercia expuestas al soleamiento excesivo.

En realidad la vivienda es el espacio flexible y transformable que existe entre una huella geométrica muy contundente en el terreno y los sistemas pasivos que intentan potenciar la renovación de aire, dirigir y controlar las brisas frescas del mar, garantizar sombra fresca para evitar acumulación térmica de los materiales y en realidad reproducir de una manera tremendamente natural las condiciones de confort que nos suele proporcionar la naturaleza de un lugar cuando la sabemos utilizar con sensibilidad.⁶

⁶ «Vivienda Bioclimática en Tenerife / Ruiz Larrea y Asociados», acceso el 05 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-143070/vivienda-bioclimatica-en-tenerife-ruiz-larrea-y-asociados?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects.

PREMISAS:

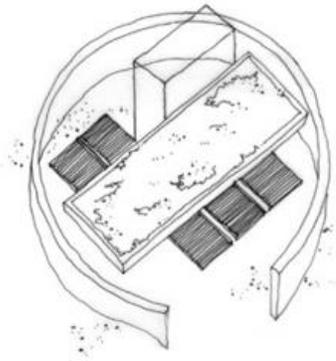
Tecnológicas constructivas: cubierta de hormigón con una pendiente aligerada, geotextil, lámina impermeabilizante, capa de piedra volcánica, tierra vegetal y plantas autóctonas.



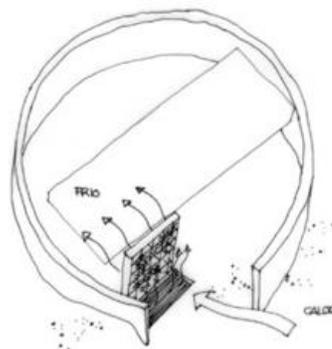
Tecnológicas constructivas: celosías móviles de lamas con paneles orientables.



Tecnológicas constructivas: cerramiento de protección solar de lamas de madera, protegido con geotextil térmico.



Ambientales: celosía y estantería vegetal, protege las vistas de los ambientes asimismo almacena plantas o jardín vertical que sirve de elemento refrescante al flujo del aire.

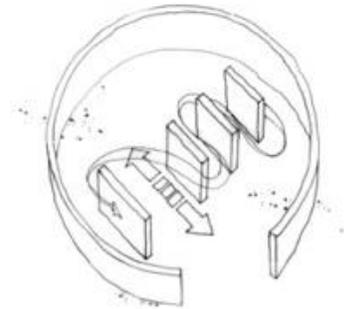


PREMISAS:

Ambientales: jardín autóctono que mantiene el grado de humedad en el terreno.



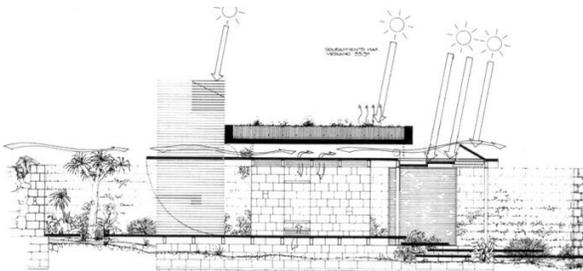
Funcionales: muros estabilizadores bioclimáticos, de doble hoja, con cámara interior de ventilación y rejillas disipadoras de aire móviles y regulables a manualmente.



Funcionales: suelos de madera o adoquín con junta abierta sobre cámara impermeable que recoge el agua pluvial bajo suelo dirigidas a un depósito hermético para riego y llenado de cisterna.



Ambientales: protección de radiación solar por medio de la disipación de calor latente por evaporación en cubierta húmeda.



2.1.9.3 Casa Tempero – Universidad de Chile

Las características climáticas en Santiago de Chile son de tipo mediterráneo, estación de verano caliente y seca prolongada e invierno lluvioso y frío, la temperatura varía entre 3 °C a 30°C, Coordenadas -33.441803, -70.640701.

La Casa Tempero se compone de tres estratos que conforman un interior confortable y eficiente, incorporando sistemas bioclimáticos pasivos en su diseño, permitiendo conseguir un alto grado de confort sin necesidad de recurrir a sistemas activos con consumo de energía.

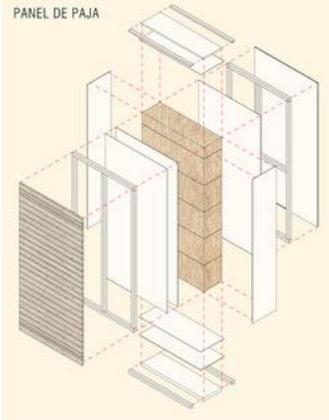


El proyecto se organiza en torno a tres patios. De este modo permite el control de temperatura de forma ecológica, además de generar recursos como cultivos propios para la vivienda. En cuanto a la envolvente, desarrollamos un panel modulado de paja y madera de bajo costo, prefabricable, de fácil armado, transporte y con una baja energía incorporada. Casa Tempero se sintetiza en un proyecto eficiente, limpio en su diseño y responsable con el medio ambiente.

El espesor y calidad de los muros permite una óptima aislación térmica interior-exterior, a lo cual se suma la aislación del suelo y del cielo y el uso de ventanas de PVC o madera con termo-paneles y cortinas térmicas. Todo esto más el uso de una estructura de madera, genera una caja perfectamente aislada y sin puentes térmicos. El techo siendo la superficie que más capta calor en verano, considera una cámara que permite la ventilación cruzada sobre la aislación. También los muros consideran una cámara exterior de ventilación para evitar el sobrecalentamiento y la humedad. Por último, el interior de la vivienda considera una ventilación cruzada controlada, apoyada por una chimenea solar la cual permite, en verano, ingresar aire fresco desde los patios verdes. Se utilizará la vegetación de hoja caduca en los patios para generar humedad por evaporación y sombra.

Por medio de aleros, parteluces y vegetación, se regula la entrada de sol al interior de la casa, evitándola en verano y permitiéndola en invierno. En esta etapa del proyecto se han considerado 2 sistemas activos de captación de energía solar:

Paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica y colectores para calentar agua, siendo pivotantes para adaptarse a los ángulos solares de cada estación. ⁷

PREMISAS:	
<p>Ambientales: control de temperatura de forma ecológica a través de la integración de patios.</p>	
<p>Tecnológicas constructivas: paneles gruesos con cámara de paja evitan el ingreso del calor sofocante</p>	
<p>Ambientales: la vegetación de las jardineras y huertos permiten enfriar el interior de la casa por medio de la evapotranspiración.</p>	

⁷ «El bioclimatismo | BIOCLIMATISMO», acceso el 07 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-tempero-sistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendas-sociales?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

PREMISAS:

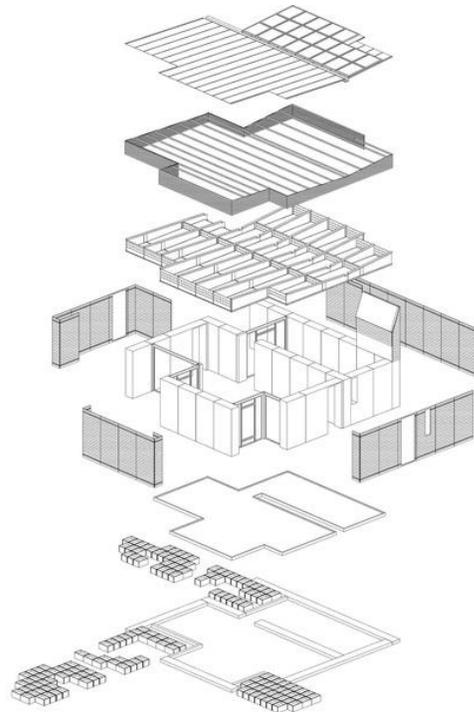
Tecnológicas constructivas: Por medio de aleros, parteluces y vegetación, se regula la entrada de sol al interior de la casa



Tecnológicas constructivas: como piso utilizan bloques de hormigón de 7cm de espesor, aislados del suelo capaces de acumular el calor.



Tecnológicas constructivas: una estructura de madera conforma un espacio ventilado, evitando el sobrecalentamiento de los muros y de la cubierta por sus vigas de madera.



2.1.10 Contexto Nacional

Plan B - Guatemala

El programa arquitectónico se divide en 2 módulos contemplando la separación del área social, cocina y lavabo, y de las habitaciones por medio de un patio interior.

Se minimizaron las circulaciones interiores para garantizar el aprovechamiento del espacio. Al separar el área utilizable en dos módulos es posible adaptar esta vivienda a las condiciones del área y terreno en el que será construida.



Además, el diseño permite un crecimiento vertical sobre el módulo de habitaciones, o bien de forma horizontal replicando el módulo de habitaciones en un terreno más amplio.

La casa promueve el estilo de vida rural que permanece en contacto con el exterior, en donde las familias comparten su espacio con el resto de la comunidad, su familia extendida y animales domésticos. Por esta razón fue importante para el diseño abrir la casa hacia un patio interior, aportando versatilidad al uso de la vivienda.

La casa emplea materiales duraderos de fácil acceso como blocks de concreto, bambú y lámina galvanizada. Se ha considerado la utilización del block en varias configuraciones, obteniendo una celosía permeable que protege las áreas públicas de la vivienda a la vez que se genera una ventilación cruzada.⁸

⁸ «Plan B Guatemala / DEOC Arquitectos», acceso el 11 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

PREMISAS:

Funcionales: el patio generado funciona como transición entre las dos áreas, permitiendo una ventilación cruzada.



Tecnológicas constructivas: integrar cerramientos verticales de block permitiendo una modulación en celosía.



Ambientales: jardín autóctono que mantiene el grado de humedad en el terreno.



PREMISAS:

Morfológicas: cubiertas inclinadas ayudando a disipar el aire caliente.



Ambientales: integración de vegetación a diferentes alturas para permitir el flujo del aire fresco a la vivienda, además de obtener microclimas confortables para los usuarios.



Tecnológicas constructivas: en base de cubreras se diseña un tipo de cercha celosía de bambú que evita el sobrecalentamiento de la lámina como techo por la circulación del aire.



PREMISAS:

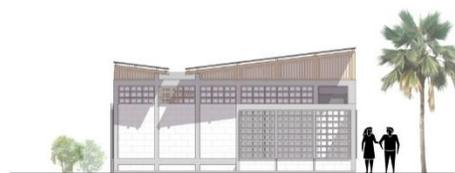
Funcionales: utilizar pinturas exteriores de colores claros para mitigar la incidencia solar.



Tecnológicas constructivas: la utilización de bambú y maderas como estructura ayudan absorbiendo parte del calor incidente en los techos siendo las áreas más afectadas.



Funcionales: realizar un diseño con alturas considerables y ventilación cruzada ayudan al confort térmico dentro de los ambientes.



ELEVACIÓN FRONTAL

2.1.11 Variables del diseño

2.1.11.1 Ubicación

La ubicación del edificio es un factor fundamental, ya que esta determina las condiciones climáticas que afectarán a la estructura, el análisis de los factores ambientales nos dará claridad de que estrategias constructivas se implementarán para aprovechar al máximo los recursos y así poder obtener sostenibilidad y confort.

Las condiciones **macroclimáticas** son aquellas que dependen de la zona del planeta donde se ubique el edificio, mientras que las **microclimáticas** son aquellas relacionadas con la geografía del lugar, como pueden ser los accidentes geográficos, y que influyen y modifican las condiciones microclimáticas de la zona.

Entre las zonas microclimáticas tenemos:

- las temperaturas máximas y mínimas (en invierno y verano)
- lluvias
- humedad
- incidencia solar
- viento predominante
- pendientes de terreno
- cuerpos de agua (ayudan en los cambios climáticos bruscos y aumentan la humedad)
- áreas boscosas

2.1.11.2 Forma

La forma del edificio busca disminuir el consumo de energía a través de climatizaciones artificiales, aprovechando al máximo la incidencia solar como la iluminación natural. La forma definirá como la superficie se comportará con el contacto exterior y su resistencia a los vientos.

El contacto de la superficie con el exterior afectará en como penetrará el calor; para disminuir la pérdida de energía en invierno aprovechar lo captado en verano se recomiendan superficies pequeñas, evitando traga luces, patios amplios, aleros, etc.

Cuanto más alta sea la edificación más fuerte será el choque con el viento siendo esto beneficioso en verano, pero perjudica en el invierno por la filtración del viento, por eso se debe de tener presente una edificación que aproveche al máximo la ventilación en verano y disminuya las fuertes entradas de viento en invierno.

2.1.11.3 Orientación

Este factor es de gran importancia ya que de este dependerá cuanta luz solar se capte a través de las ventanas, en una vivienda cuanta más energía solar se capte se verá beneficiado reflejado en la reducción de consumo en invierno, en cuanto al verano lo que se necesita es disminuir la demanda de refrigeración.

El sol se comporta de diferentes maneras en cuanto a su incidencia solar sobre las cuatro fachadas que comúnmente analizamos.

- Orientación norte, en una vivienda las áreas que se encuentren orientadas hacia el norte serán siempre las más frías de, en el transcurso del día la iluminación será constante pero la incidencia solar es baja.
- Orientación sur, las áreas con esta orientación en invierno captan por un tiempo considerable la radiación solar, mientras que en verano la incidencia es por la cubierta.
- Orientación este, la incidencia solar en las áreas que se encuentren en esta fachada será de forma tangencial y oblicua, siendo esto en las primeras horas del día.
- Orientación oeste, las áreas orientadas hacia esta fachada se comportan de la misma manera que al este por horas de la tarde, con la diferencia que el calor captado es mayor y más aun en verano, obteniendo un confort en los dormitorios por horas de la noche.

2.1.11.4 Inercia térmica

La inercia térmica es una propiedad que ayuda a estabilizar la temperatura en el interior de las edificaciones, durante el invierno los materiales captan el calor que incidió sobre ellos durante el día para liberarlo por horas de la noche, en cuanto al verano los materiales absorben el calor durante el día asilando las altas temperaturas del exterior en el interior y liberándolo por la noche si en esta se diseña para que tenga un flujo de ventilación adecuada.

2.1.11.5 Captación solar

Un diseño adecuado de la edificación debe asegurar un aprovechamiento de incidencia solar evitando el uso de otros sistemas, las ventanas permiten el paso de la radiación solar almacenándose el calor dentro del ambiente, los elementos que capten este calor expulsan radiación infrarroja reteniéndose por el vidrio de la ventana en el ambiente, manteniendo un ambiente caliente.

2.1.11.6 Control solar

Dado a que en la zona de vida a analizar la radiación solar incidente en las superficies impone la necesidad de considerar grandemente la protección contra esta radiación.

Es de gran interés para el diseñador las temperaturas que se puedan concentrar en las superficies a través de la incidencia de los rayos de sol y por la concentración térmica en el interior de los ambientes.

Para medir la radiación solar debemos analizar a. insolación relativa efectiva b. superficies asoleadas c. ángulo de reflexión de la luz solar y d. horas de asoleamiento.

Insolación relativa efectiva: es el tiempo de asoleamiento respecto a la duración del día.

Superficies asoleadas: son las áreas expuestas a la incidencia de los rayos solares.

Angulo de reflexión de la luz solar: es el ángulo formado por el rayo de luz y la perpendicular a la superficie reflectante.

Horas de asoleamiento: son las horas del día durante las cuales se produce la exposición a la radiación solar directa.⁹

2.1.11.7 Iluminación

La iluminación es el efecto que produce la luz al aplicarse sobre un plano, un espacio o un objeto. Para determinar el nivel de iluminación que se requiere debemos considerar los siguientes factores:

- a) Tamaño del objeto visual
- b) Tiempo de exposición del objeto visual
- c) luminancia
- d) Contraste

⁹ Alba, Alemany Barreras, Alfonso González Alfonso, «Climatología Iluminación y Acústica aplicable a la Arquitectura», Tesis de Licenciatura, Ciudad de la Habana 1986.

tamaño del objeto visual: el tamaño de los objetos es el factor más importante ya que es determinante en la valoración de la iluminación, a medida que el objeto es más pequeño requiere mayor nivel de iluminación, por consiguiente, la luz es considerada como amplificador de tamaño ya que nos permite poder visualizar de mejor manera los detalles pequeños que con menos no serían apreciados.

Tiempo de exposición: este factor es de gran importancia cuando el objeto está en movimiento, si el tiempo de exposición es corto es necesario aumentar el nivel de iluminación para asegurar que el objeto fue observado con claridad.

Luminancia: este factor depende el nivel de iluminación que incide sobre el objeto visual y la proporción de la luz que el mismo refleja en dirección al observador.

Contraste: es el factor de diseño más susceptible al cambio, considerándose de luminancia y de color entre el objeto visual y su fondo, en caso de un bajo contraste este se compensa con el incremento del nivel de iluminación.

Nivel de iluminación: es la intensidad de la iluminación con respecto a otro más tenue que nos sirve de referencia al diferenciarlas.

2.1.11.8 Ventilación

Este factor no debe ser obviado ya que es de gran importancia principalmente en las viviendas por ser más compactos, esto hace que el aire se concentre y no fluya con facilidad desde el exterior.

Una buena ventilación renueva el aire en el interior manteniendo las condiciones higiénicas, mejora el confort térmico y mantiene un grado de humedad estable, mitiga la climatización ya que durante la noche el aire que ingresa absorbe el calor que los ambientes almacenaron durante el día.

2.1.12 Resistencia térmica

La resistencia térmica es la capacidad que tiene un material para resistirse al flujo del calor. Cuando se trate de materiales homogéneos, la resistencia térmica de estos se determina dividiendo su grosor entre la conductividad térmica que presenten. Cuando se trate de materiales no homogéneos, la resistencia térmica es lo contrario a la conductividad térmica.

2.1.13 Transmitancia térmica

La transmitancia térmica es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas.

Su valor incluye las resistencias térmicas superficiales de las caras del elemento constructivo, es decir, refleja la capacidad de transmitir calor de un elemento constructivo en su posición real en el edificio. Cuanto menor sea el valor, menor será el paso de energía entre ambas caras, y por tanto mejor las capacidades aislantes del elemento constructivo.

2.2 CONTEXTUAL

2.2.1 Guatemala

Guatemala se encuentra entre las coordenadas, latitud 14° a 18° norte y longitudes 88° a 92° oeste, lo que la ubica en un área intertropical, lo que hace las características climáticas sean tropicales y subtropicales, además, cuenta con dos litorales al Atlántico y al Pacífico con gran proximidad, por ello su gran variación de climas.¹⁰

Los principales elementos climatológicos que generan los climas regionales y locales son los siguientes:

- Temperatura, causada por la fricción de las moléculas del aire.
- Humedad, estado del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.
- Lluvia, precipitación del vapor de agua al condensar en el aire.
- Viento, movimiento del aire causado por diferencia de temperaturas y presiones.
- Radiación solar, incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra.

2.2.1.1 Temperatura

En el territorio nacional debido primordialmente a las grandes variaciones de alturas producidas por las cadenas montañosas, la variación térmica es muy variada, existiendo zonas muy altas en donde se registran temperaturas bajo cero, o zonas muy bajas y áridas en donde se registran temperaturas de 35° y 37° como Chiquimula y Zacapa.

¹⁰ Julio Arturo, Oliva Hurtarte, «Diseño Climático para Edificaciones en la Zona Seca Oriental de País», tesis licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1982. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_0245.pdf

2.2.1.2 Humedad y precipitación

En el altiplano se presenta una precipitación media anual de 1,200 a 1,800 mm, mientras que en otras zonas secas como la fragua de Zacapa, cuyo promedio anual alcanza 400 a 600 mm. En zonas como el Progreso, Zacapa y parte de Chiquimula hay de 45 a 60 días de lluvia anual.

2.2.1.3 Viento

Predomina sobre el país los vientos Nor-noreste y Sur-sureste, con características normales de los Alisios del noroeste con variaciones en determinadas zonas debido al cambio en el relieve, donde se presentan sistemas locales de circulación como en la cuenca del río Motagua entre la Bahía de Amatique y el departamento de El Progreso, en donde los vientos soplan paralelos en dirección del río.

2.2.1.4 Radiación Solar

La intensidad de la radiación solar que incide en el territorio guatemalteco y constituye una reserva energética considerable que puede aprovecharse de varias maneras. El valor medio anual de la radiación puede estimarse en 458 vatios por metro cuadrado.

2.2.1.5 Elementos físico-geográficos

Lo importante de tomar en cuenta la latitud es que impone directamente las características del curso aparente del sol, que pueden ser observadas a través de los diagramas solares en donde señalan las reparticiones de las duraciones del día y de la noche. Las alturas alcanzadas por el sol y los azimuts de salida y puestas de sol.

En base a la topografía, cuando el curso aparente del sol es conocido, es conveniente presentar los elementos del medio ambiente como colinas, montañas, arboledas, edificios, entre otros, esto con el fin de determinar los obstáculos en el balance horario real del sol, la topografía no solo ayuda a conocer el relieve sino también información sobre probables microclimas a través de depresiones, bosques exuberantes, relieves marcados, permitiendo ajustar las opciones de orientación de las fachadas captadoras y en relación al tema urbano, establecer criterios de diseño.

2.2.2 Zonas de Vida

«Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo» ---Leslie Holdridge---

Esas agrupaciones vegetales definen un ámbito de condiciones ambientales, que junto con los seres vivos, dan un conjunto único de fisonomía de la flora y fauna; las asociaciones vegetales se definen en cuatro clasificaciones de grupos básicos: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas.¹¹

Las asociaciones climáticas ocurren cuando tanto la precipitación pluvial como la biotemperatura son normales y constantes para la zona de vida, sin cambios drásticos atmosféricos como vientos fuertes o neblinas frecuentes.

Las edáficas (o características del suelo) se dan cuando las condiciones del suelo tienen mejores condiciones físicas, químicas y biológicas que un suelo normal para la zona de vida.

Las atmosféricas aparecen en donde el clima se aparta de lo normal para el sitio.

Las hídricas ocurren en terrenos encharcados debido a las precipitaciones pluviales constantes, y en donde se concentra humedad de manera considerable, donde el suelo está cubierto de agua durante todo el año o parte de este.

El sistema de Holdridge hace uso de las biotemperaturas en lugar de los sesgos de las zonas de vida en las latitudes templadas del sistema de "Merriam" y en principio no considera la elevación. El sistema de Holdridge se considera más apropiado a las complejidades de la vegetación tropical que el sistema de Merriam.

Este documento va dirigido a resolver la problemática y falta de confort en la edificaciones ubicadas en el clima cálido seco del país; El monte espinoso subtropical (me-S), distinguida por ser la parte más seca del país que abarca parte de los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula, se clasifica como bosque muy seco tropical (bms-T), ya que según la información y características climática no se identifica otra clasificación con precipitaciones anuales inferiores a los 500 mm. El valor más bajo de precipitación reportado para esa región según el Worldclim es de 577 mm, el valor promedio de la lluvia en esa zona de vida es de 740 mm y el valor máximo que puede ocurrir es de 989 mm. Estos valores de precipitación arrojan una relación de evapotranspiración-precipitación de 2.5 o menos y, para ser considerado como monte espinoso, debe estar Comprendido entre los valores de 4 y 8.

¹¹ Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala», Guatemala, 2018. Edición en PDF.

2.2.2.1 Biotemperatura

La biotemperatura media anual, estima que el crecimiento vegetativo de las plantas sucede en un rango de temperaturas entre los 0 °C y los 30 °C, de modo que la biotemperatura es una temperatura atmosférica corregida que depende de la propia temperatura y de la duración de la estación de crecimiento, y en el que las temperaturas por debajo de la de congelación se toman siempre como 0 °C, ya que las plantas se adormecen a esas temperaturas. La biotemperatura media anual determina las siguientes zonas térmicas:

REGIONES LATITUDINALES	BIOTEMPERATURA	PISOS ALTITUDINALES
Polar (Glacial)	0 °C a 1.5°C	Nival
Subpolar (Tundra)	1.5°C a 3 °C	Alpino
Boreal	3°C a 6°C	Subalpino
Templado Frío	6°C a 12°C	Montano
Templado Cálido	12°C a 18°C	Montano Bajo
Subtropical	18°C a 24°C	Premontano
Tropical	Mayor de 24°C	Basal

Fuente: elaboración propia con base en Holdridge 2000.

2.2.2.2 Evapotranspiración potencial (EPT)

La evapotranspiración potencial es un concepto introducido por el climatólogo Charles Thornthwaite en 1948 que determina la cantidad de agua que se evapora en un ecosistema; depende de la relación entre la evapotranspiración, la precipitación pluvial y la biotemperatura, es decir que a más calor, hay más evapotranspiración, pero si aumenta la humedad ésta se reduce.

Es un índice climático que determina las siguientes provincias de humedad dentro del sistema de Holdridge:

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	PROVINCIAS DE HÚMEDAD
0.125 a 0.25	Superhúmedo o Pluvial
0.25 a 0.50	Perhúmedo o Muy Húmedo
0.50 a 1.00	Húmedo
1.00 a 2.00	Subhúmedo o Seco
2.00 a 4.00	Semiárido
4.00 a 8.00	Árido
8.00 a 16.00	Perárido
16.00 a 32.00	Superárido

Fuente: elaboración propia con base en Holdridge 2000.

2.2.2.3 Zonas de vida de Guatemala

Una zona de vida se define por los factores de temperatura media, la precipitación pluvial total anual y la altitud del lugar. En base a diversos análisis que buscaban describir las relaciones entre los tipos de vegetación de las montañas y de las zonas bajas, Holdridge diseñó un diagrama para la clasificación de zonas de vida, utilizando los valores obtenidos de precipitaciones pluviales y de temperatura anual obtiene un diagrama gráfico en representación de las zonas de vida más comunes pudiendo ser aplicables de forma general.

Las zonas de vida se distribuyen entre los diferentes pisos altitudinales que van desde el basal hasta el subandino, desde la provincia de precipitación baja hasta la muy alta y desde la provincia de humedad muy seca hasta la pluvial; es decir, estas zonas de vida se distribuyen en torno a seis pisos altitudinales, siete provincias de precipitación y nueve provincias de humedad. Además, todas se encuentran ubicadas dentro de una región latitudinal tropical.

El siguiente cuadro resume la representación territorial de cada Zona de Vida en Guatemala sobre la extensión con base en los pisos altitudinales.

PISO ALTITUDINAL	ZONA DE VIDA	EXTENSIÓN HECTAREAS (Ha)	EN REPRESENTACIÓN TERRITORIAL (%)
Basal	bms-T	81,887	0.76
	bs-T	2,079,181	19.21
	bh-T	3,432,450	31.71
	bmh-T	614,147	5.67
Premontano	bs-PMT	479,743	4.43
	bh-PMT	1,593,266	14.72
	bmh-PMT	821,973	7.59
	bp-PMT	30,329	0.28
Montano Bajo	bh-MBT	1,207,002	11.15
	bmh-MBT	250,698	2.32
Montano	bmh-MT	228,426	2.11
	bp-MT	2,609	0.02
Subandino	bp-SAT	3,179	0.03

Fuente: elaboración propia con base en Ecosistemas de Guatemala.

Las cuatro zonas de vida de menor extensión territorial alcanzan conjuntamente un área de 1.09% de la superficie nacional. La mayor de este grupo es el bosque muy seco tropical (bms-T), que tiene una extensión de 81,887 hectáreas y cubre el 0.76% del territorio nacional. Las tres zonas de vida restantes presentan características pluviales especiales, y de allí su importancia estratégica debido a la diversidad biológica que albergan o que tienen la capacidad de albergar. Dentro de estas se encuentran el bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT), el bosque pluvial

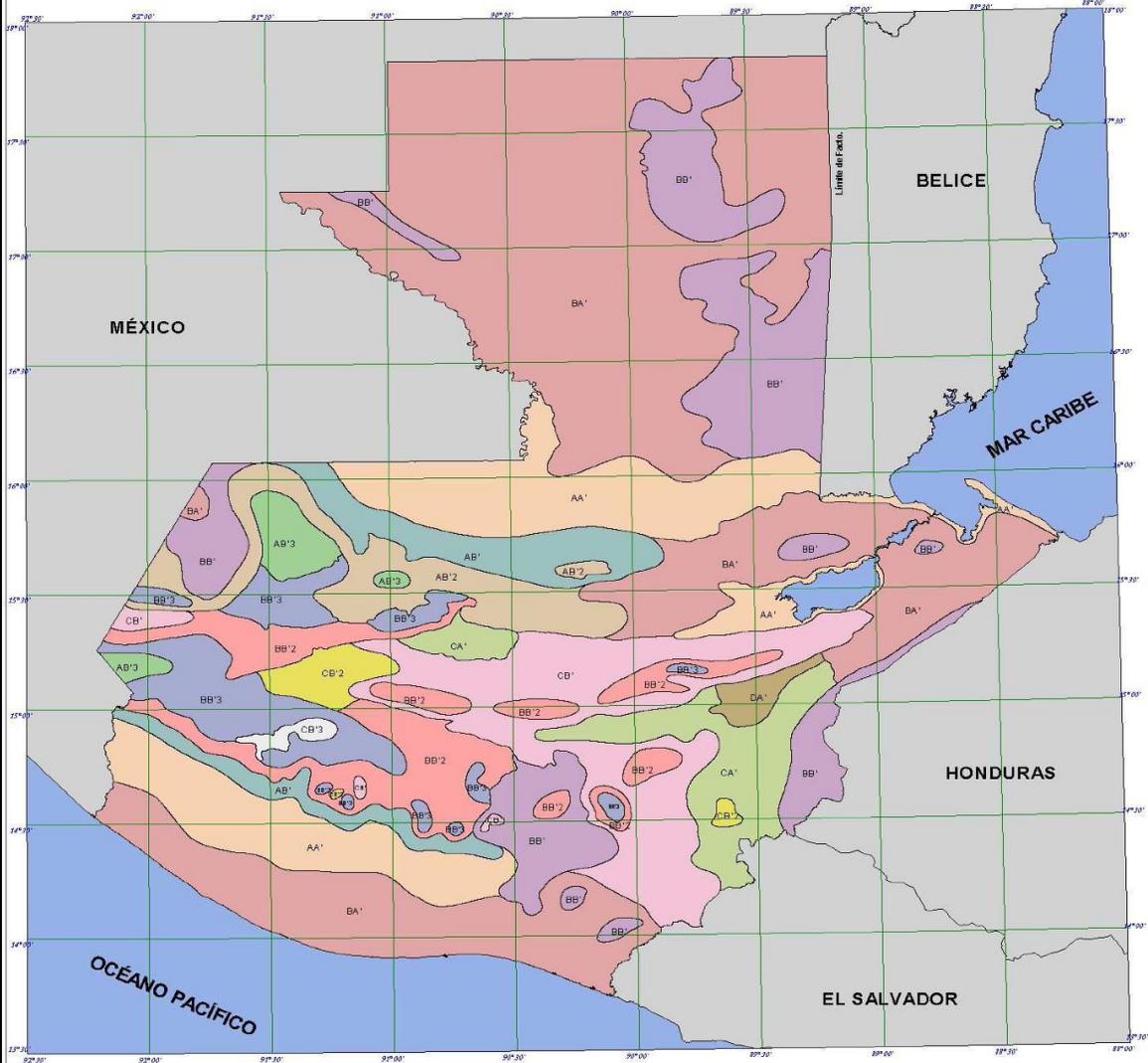
montano tropical (bp-MT) y el bosque pluvial subandino tropical (bp-SAT), los cuales, en conjunto, conforman únicamente el 0.33% de la superficie territorial nacional. El siguiente cuadro compila las condiciones ambientales de las zonas de vida guatemaltecas, donde puede verse que aquellas que tienen rangos altitudinales de más de 2,000 metros son el bosque húmedo premontano tropical, el bosque húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo premontano tropical y el bosque muy húmedo montano tropical. La zona de vida con el menor rango altitudinal es el bosque muy seco tropical con una variación altitudinal de 871 m. En el caso de la biotemperatura, la mayor diferencia entre los valores máximos y mínimos se presenta en la zona de vida de bosque muy húmedo montano tropical con 9.83 °C, mientras que la menor diferencia la presenta la zona de vida de bosque muy seco tropical con 1.78 °C.

Las zonas de vida que registran los mayores niveles de precipitación pluvial son el bosque pluvial premontano tropical con 5,375 mm, el bosque muy húmedo tropical con 4,769 mm y el bosque muy húmedo premontano tropical con 4,577 mm. En el otro extremo se encuentran el bosque muy seco tropical con 577 mm y el bosque seco premontano tropical con 701 mm.

ZONA DE VIDA	BIOTEMPERATURA (°C)		PRECIPITACIÓN PLUVIAL (MM)		EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL / PRECIPITACION PLUVIAL		ALTITUD (m.s.n.m)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min	Max
bms-T	23.1	27.4	577	950	2.36	1.8	146	1,009
bs-T	24	28.3	705	1863	2.01	0.9	0	1082
bh-T	24	28.1	1,426	4,071	0.99	0.41	0	1,139
bmh-T	24	26.7	2793	4706	0.51	0.33	0	1003
bs-PMT	18.3	24	624	1,200	1.73	1.18	315	1,868
bh-PMT	18	24	1000	3125	1.06	0.55	126	2209
bmh-PMT	18	24	2,000	4,850	0.53	0.29	63	2,188
bp-PMT	18.2	24	4000	5375	0.27	0.26	432	1886
bh-MBT	10	18	901	2,000	0.85	0.53	1,047	3,207
bmh-MBT	9.9	18	1850	3410	0.45	0.31	984	2949
bmh-MT	6.1	15.5	1,141	2,056	0.45	0.25	1,943	3,960
bp-MT	6.2	11.4	1779	2573	0.28	0.2	2148	3962
bp-SAT	4	6.9	1,756	2,110	0.25	0.18	3,213	4,201

Fuente: elaboración propia con base en Ecosistemas de Guatemala.

Clasificación Climática por Thornwhite República de Guatemala



Símbolo	Carácter del clima	Vegetación natural característica	Símbolo	Carácter del clima	Vegetación natural característica
AA'	Muy Húmedo	Selva	BB'3	Húmedo	Bosque
AB'	Muy Húmedo	Selva	CA'	Semi Seco	Pastizal
AB'2	Muy Húmedo	Selva	CB'	Semi Seco	Pastizal
AB'3	Muy Húmedo	Selva	CB'2	Semi Seco	Pastizal
BA'	Húmedo	Bosque	CB'3	Semi Seco	Pastizal
BB'	Húmedo	Bosque	DA'	Seco	Estepa
BB'2	Húmedo	Bosque			

Escala : 1 : 2,000,000
 50 0 50 100 Kilómetros
 Proyección del mapa digital: UTM, zona 15, DATUM NAD 27.
 Proyección del mapa impreso: Coordenadas Geográficas, Esferoide de Clarke 1866.
 Fuente: Con base en trabajos de recolección
 controlados por el Proyecto de Asistencia Técnica y Generación
 de Información, DATIC.
 Este mapa ha sido elaborado sobre la base cartográfica escala 1:250,000, propiedad del Instituto Geográfico Nacional

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica.
 Guatemala, Agosto del 2001.



2.2.3 Bosque muy seco tropical (bms-T)

a. Ubicación y extensión

El bosque muy seco tropical (bms-T), se encuentra ubicado en los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula, considerada como la región más seca del país. Tiene una extensión territorial de 81,887 hectáreas, equivalentes al 0.76% del territorio nacional. Se encuentra a una altitud promedio de 356 m.s.n.m. con su punto más bajo en 146 m.s.n.m. y el más alto en 1,009 m.s.n.m. ¹²

b. Condiciones climáticas

Esta zona de vida mantiene precipitaciones pluviales anuales comprendidas entre 577 y 1,033 mm, siendo su valor promedio de 740 mm.

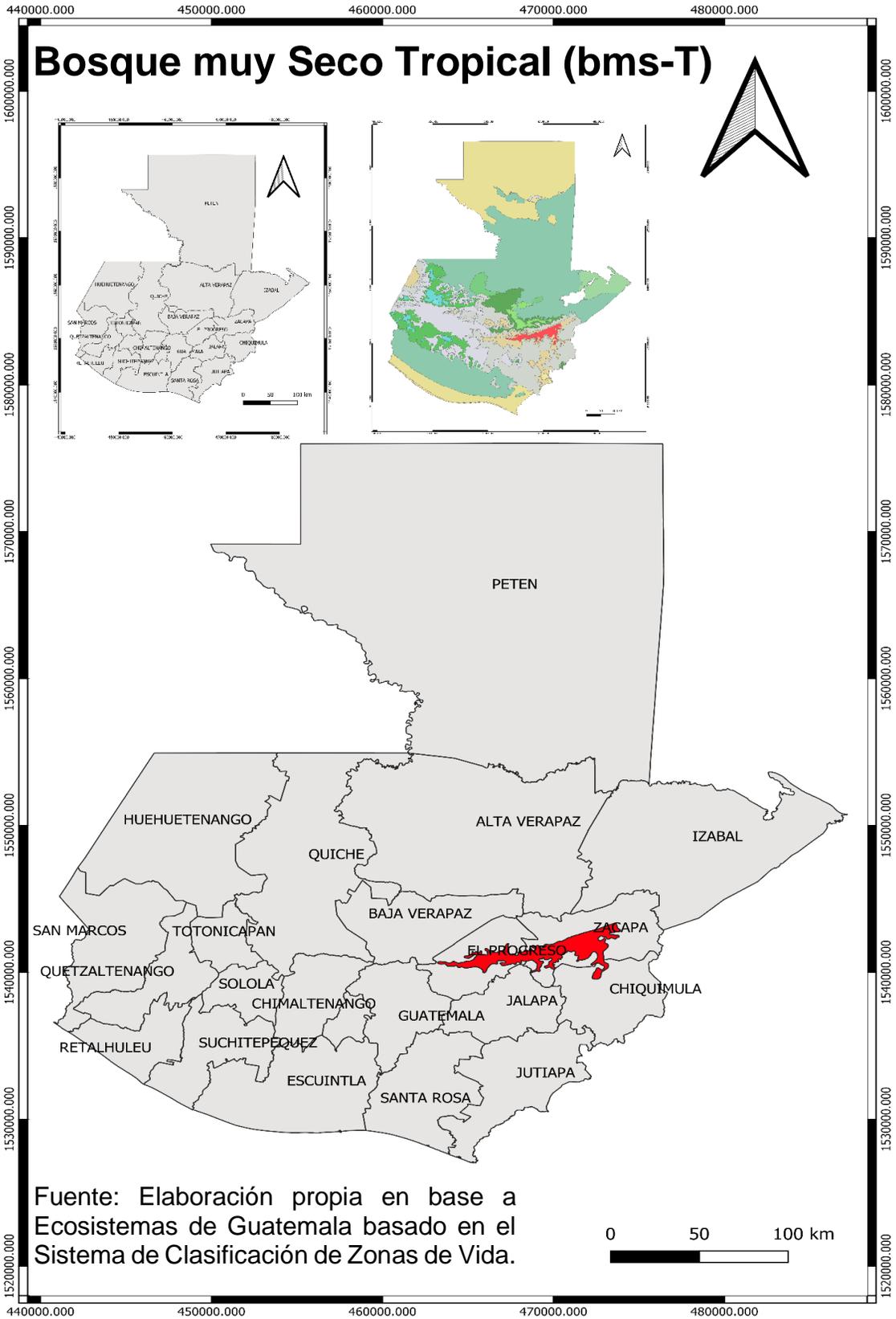
Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 23.10 °C y los 27.40 °C, siendo el valor promedio para toda la zona de 26.04 °C.

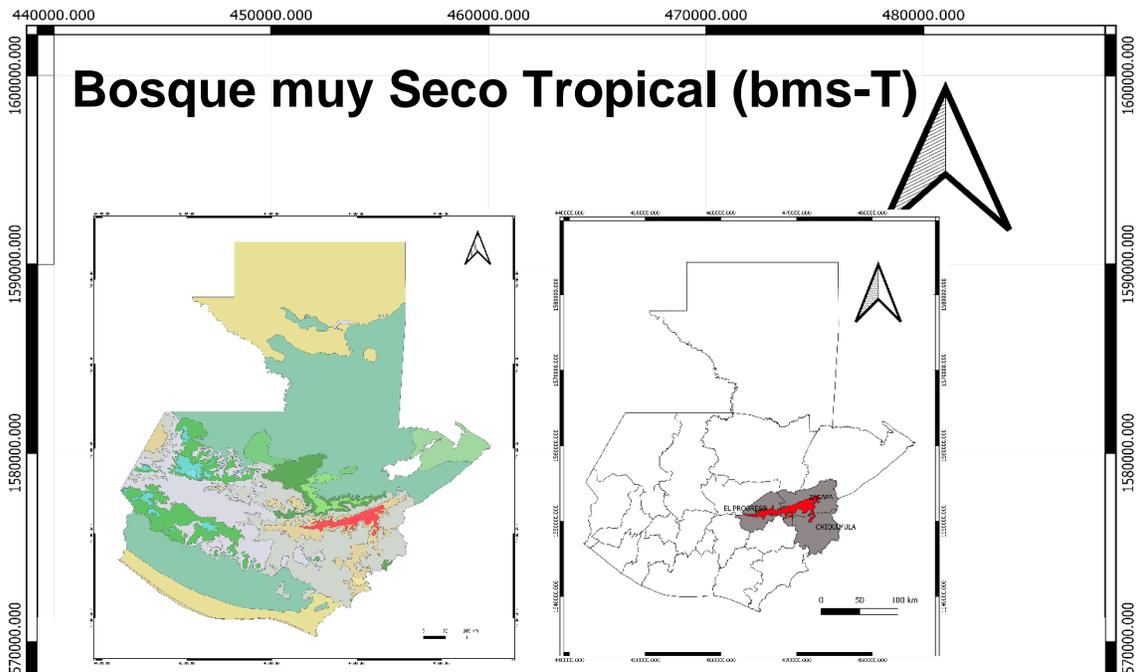
En esta zona de vida, la relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación pluvial promedio es de 2.07, lo que significa que, por cada milímetro de lluvia, se evapotranspiran 2.07 mm, haciendo que esta zona de vida presente un significativo déficit de agua.

c. Usos de la tierra dominantes

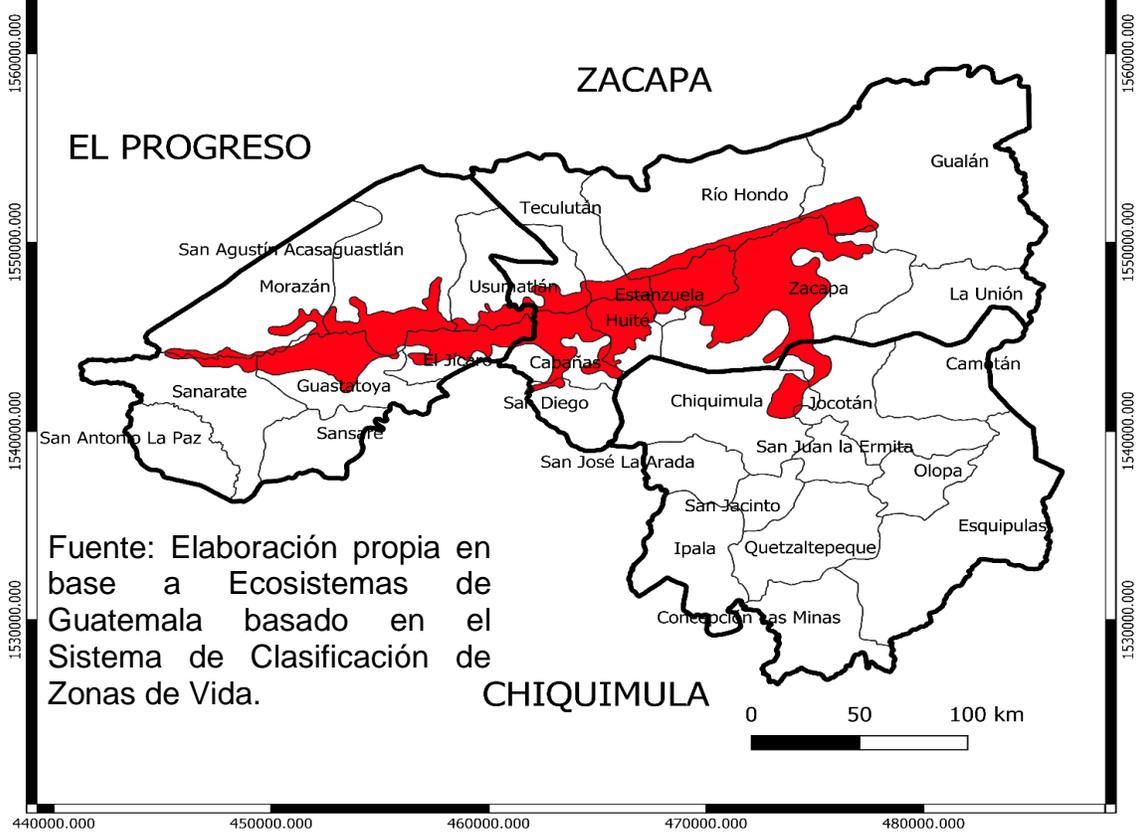
El 62.77% de la superficie de esta zona de vida está cubierta por arbustos y matorrales, el 11.59% por agricultura anual, el 1.59% por bosque. El resto del territorio se encuentra destinado a otros usos de la tierra.

¹² Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala», Guatemala 2018, Edición en PDF.





BOSQUE MUY SECO TROPICAL (bms-T)



Fuente: Elaboración propia en base a Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida.

La temperatura promedio anual máxima ha sido de 30.3 grados centígrados en la primera zona mencionada y la mínima de 14.4° C, mientras que en la segunda zona la máxima ha sido de 36.10° C y la mínima de 24.8°C. Además de que las lluvias de la región son escasas, asimismo son irregulares, marcándose claramente las dos estaciones usuales de invierno y de verano. Con frecuencia se presentan sequías que han tenido repercusiones nocivas para la agricultura.

En El Progreso, la época de lluvia es sofocante y nublada, la temporada seca es mayormente despejada y constantemente caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 32 °C.¹⁴

2.2.4.2.1 Temperatura

La temporada calurosa permanece durante 1.9 meses, del 18 de marzo al 15 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 29 °C. El día más caluroso del año es el 15 de abril, con una temperatura máxima promedio de 30 °C y una temperatura mínima promedio de 18 °C.

La temporada fresca permanece durante 4.0 meses, del 28 de septiembre al 29 de enero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 27 °C. El día más frío del año es el 15 de enero, con una temperatura mínima promedio de 15 °C y máxima promedio de 26 °C.

2.2.4.2.2 Nubes

En El Progreso, el promedio del porcentaje de nubosidad varía en el transcurso del año.

La parte más despejada del año comienza aproximadamente el 16 de noviembre; dura 5.0 meses y se termina aproximadamente el 17 de abril. El 27 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 79 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 21 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 17 de abril; dura 7.0 meses y se termina aproximadamente el 16 de noviembre. El 13 de junio, el día más

¹⁴ Weather Spark, «El Clima Promedio en el Progreso», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12308/Clima-promedio-en-El-Progreso-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 93 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 7 % del tiempo.

2.2.4.2.3 Precipitación

La temporada más lluviosa dura 5.4 meses, de 14 de mayo a 26 de octubre, con una probabilidad de más del 24 % de que cierto día será un día lluvioso. La probabilidad máxima de un día con lluvia es del 46 % el 12 de septiembre.

La temporada más seca dura 6.6 meses, del 26 de octubre al 14 de mayo. La probabilidad mínima de un día con lluvia es del 1 % el 16 de febrero.

2.2.4.2.4 Lluvia

La temporada de lluvia dura 7.6 meses, del 12 de abril al 30 de noviembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 18 de junio, con una acumulación total promedio de 134 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 4.4 meses, del 30 de noviembre al 12 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 15 de febrero, con una acumulación total promedio de 2 milímetros.

2.2.4.2.5 Sol

La duración del día en El Progreso varía durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 17 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 59 minutos de luz natural.

2.2.4.2.6 Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El período más húmedo del año dura 7.2 meses, del 9 de abril al 16 de noviembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 19 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 14 de junio, con humedad el 72 % del tiempo. El día menos húmedo del año es el 18 de enero, con condiciones húmedas el 1 % del tiempo.

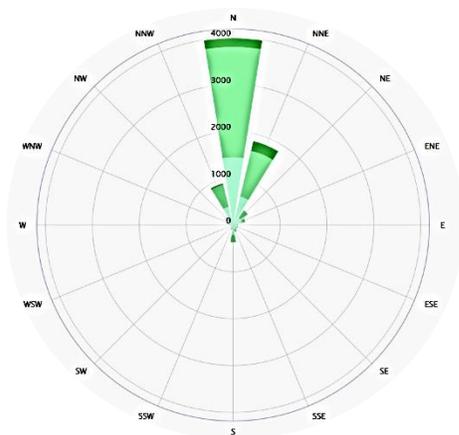
2.2.4.2.7 Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en El Progreso tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 5.3 meses, del 28 de octubre al 6 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 12.0 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 13 de enero, con una velocidad promedio del viento de 16.7 kilómetros por hora.

El tiempo con menos viento del año dura 6.7 meses, del 6 de abril al 28 de octubre. El día con menos viento del año es el 11 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 7.4 kilómetros por hora.



El viento dominante en El Progreso viene del Norte.

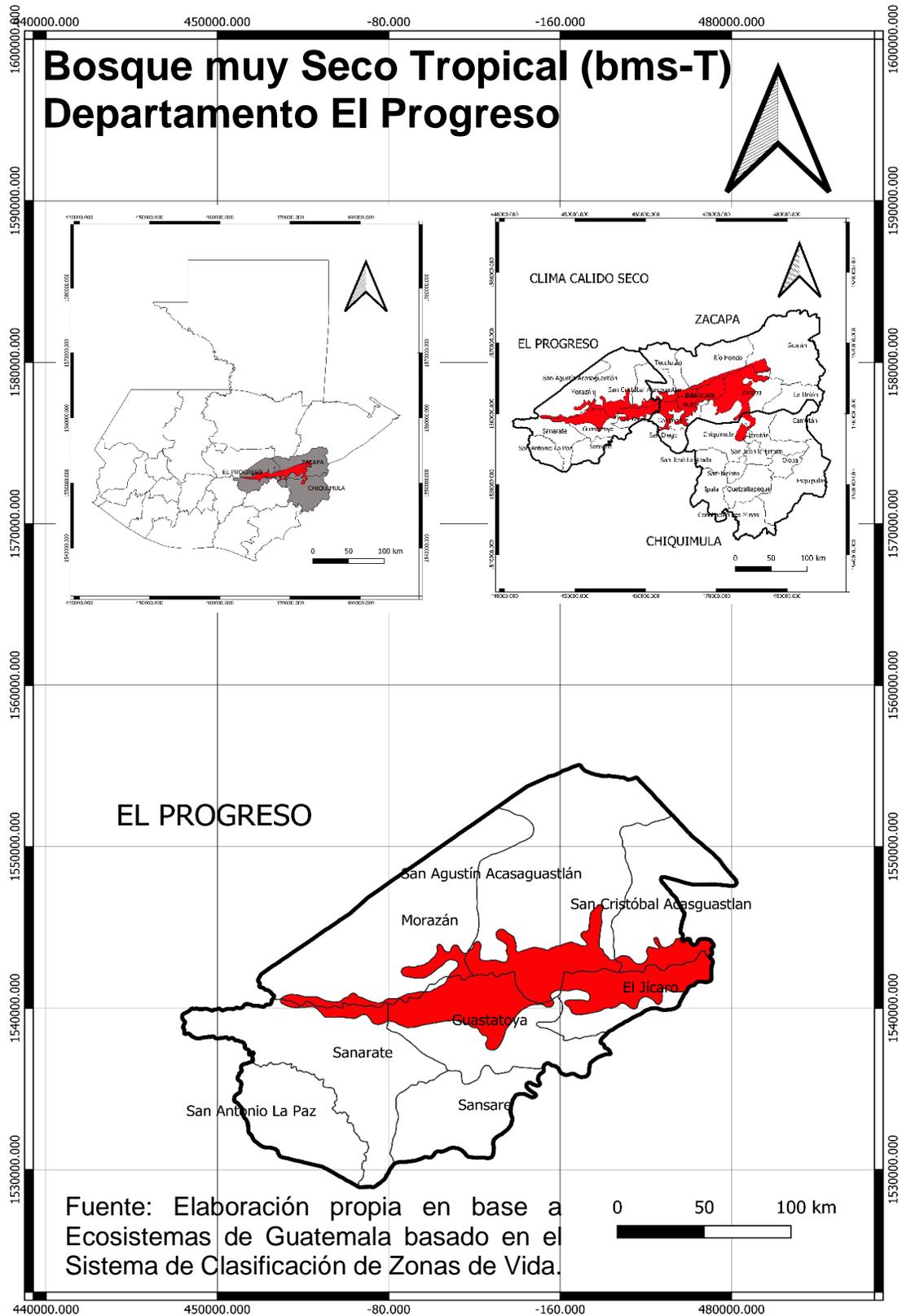
El viento con más frecuencia viene del sur durante 4.3 semanas, del 22 de mayo al 21 de junio y durante 1.7 semanas, del 9 de septiembre al 21 de septiembre, con un porcentaje máximo del 40 % en 4 de junio. El viento con más frecuencia viene del norte durante 2.6 meses, del 21 de junio al 9 de septiembre y durante 8.0 meses, del 21 de septiembre al 22 de mayo, con un porcentaje máximo del 54 % en 24 de julio.

2.2.4.3 Idioma

El lenguaje habitual del departamento es el idioma español, con un acento Hispano-árabe.

2.2.4.4 Economía

La economía se basa en la producción agrícola de café, caña de azúcar, tabaco, maíz, frijol, cacao, achiote, tomate, vainilla, té de limón, algodón y frutas variadas.



2.2.5 ZACAPA

Zacapa colinda al Norte con Izabal y Alta Verapaz; al Oriente con Izabal y la República de Honduras; al Sur con los Departamentos de Chiquimula; y Jalapa y al Poniente con el Depto. del Progreso. El Departamento de Zacapa tiene una extensión de 2,690 Km².¹⁵

Cabecera: Zacapa

Altura: 185 m SNM

Extensión: 2,690 km²

Coordenadas: 14° 58' 45" Latitud 89° 31' 20" Longitud

Población: 188,319 habitantes



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.5.1 Topografía

El departamento es montañoso en su mitad septentrional, que es atravesada de oeste a este por la sierra de Las Minas. La parte sur del departamento cuenta en todas direcciones con pequeñas cadenas de montes y cerros aislados, separados por hondonadas más o menos profundas, mientras que la parte central lo forma el cauce del río Motagua, o sea un extenso valle longitudinal que, según la configuración topográfica, se estrecha o ensancha, dando origen a vegas muy fértiles, así como a llanuras tan grandes como los llanos de La Fragua, con cuya irrigación se está proporcionando un gran beneficio al departamento, ya que se producen magníficas cosechas de caña de azúcar, tomate, tabaco de buena calidad, además de otras siembras con que se ha estado experimentando.

El área en un radio de 3 kilómetros de Zacapa está cubierta de pradera (58 %) y tierra de cultivo (29 %), en un radio de 16 kilómetros de tierra de cultivo (37 %) y pradera (31 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (44 %) y tierra de cultivo (34 %).

2.2.5.2 Clima

En el Departamento de Zacapa al igual que en El Progreso se localizan diversas zonas climáticas con características similares pero que se diferencian unas de otras, para este estudio nos enfocaremos en la zona de vida 'Bosque muy Seco Tropical

¹⁵ Maridol, González Dardón, «Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola para la Región III» Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1144.pdf

(bms-T)', el cual abarca una gran parte de los municipios de Cabañas, San Diego, Usumatlán, Huité, Estanzuela, Teculután, Río Hondo, Zacapa y Gualán.

El Clima del departamento es cálido seco. La agricultura se practica especialmente en las zonas regables o "Vegas". Los Productos de tierra fría son escasos y la mayor parte de la población se dedica a la ganadería. Los productos lácteos de Zacapa gozan de merecida fama en todo el país. Los primeros habitantes de la región fueron los Chortis, casi extinguidos en la actualidad.

En Zacapa, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es húmeda y mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 19 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 38 °C.¹⁶

2.2.5.3 Temperatura

La temporada calurosa dura 2.2 meses, del 21 de marzo al 29 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El día más caluroso del año es el 17 de abril, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y una temperatura mínima promedio de 22 °C.

La temporada fresca dura 3.0 meses, del 3 de noviembre al 4 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 15 de enero, con una temperatura mínima promedio de 19 °C y máxima promedio de 28 °C.

2.2.5.4 Nubes

En promedio el cielo nuboso varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Zacapa comienza aproximadamente el 15 de noviembre; dura 5.2 meses y se termina aproximadamente el 20 de abril. El 27 de enero es el día más despejado del año. El cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 77 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 23 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 20 de abril; dura 6.8 meses y se termina aproximadamente el 15 de noviembre. El 13 de junio es el día

¹⁶ Weather Spark, «El Clima Promedio en Zacapa», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12282/Clima-promedio-en-Zacapa-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

más nublado del año. El cielo está nublado o mayormente nublado el 92 % del tiempo y, mayormente despejado o parcialmente nublado el 8 % del tiempo.

2.2.5.5 Precipitación

La temporada más lluviosa dura 5.2 meses, de 18 de mayo a 26 de octubre, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día lluvioso. La probabilidad máxima de un día lluvioso es del 48 % el 15 de septiembre.

La temporada más seca dura 6.8 meses, del 26 de octubre al 18 de mayo. La probabilidad mínima de un día con lluvia es del 6 % el 9 de marzo.

2.2.5.6 Lluvia

La temporada de lluvia dura 11 meses, del 24 de marzo al 23 de febrero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 17 de septiembre, con una acumulación total promedio de 133 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 1.0 mes, del 23 de febrero al 24 de marzo. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 14 de marzo, con una acumulación total promedio de 11 milímetros.

2.2.5.7 Sol

La duración del día en Zacapa varía durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 14 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 13 horas y 1 minuto de luz natural.

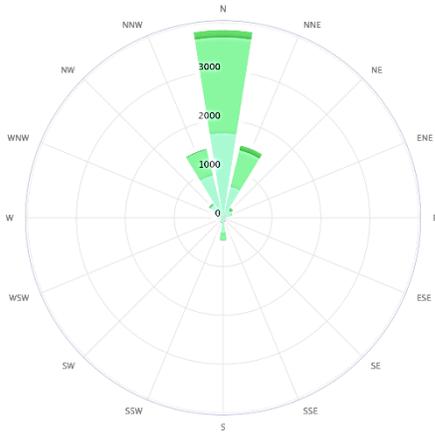
2.2.5.8 Humedad

El período más húmedo del año dura 8.4 meses, del 27 de marzo al 9 de diciembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es insoportable por lo menos durante el 50 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 12 de septiembre, con humedad el 99 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 30 de enero, con condiciones húmedas el 34 % del tiempo.

2.2.5.9 Viento

La velocidad promedio del viento por hora en Zacapa tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.



La parte más ventosa del año dura 6.7 meses, del 21 de octubre al 11 de mayo, con velocidades promedio del viento de más de 8.7 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 13 de enero, con una velocidad promedio del viento de 10.9 kilómetros por hora.

El tiempo con menos viento del año dura 5.3 meses, del 11 de mayo al 21 de octubre. El día con menos viento del año es el 15 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 6.5 kilómetros por hora.

El viento dominante en Zacapa viene del Norte.

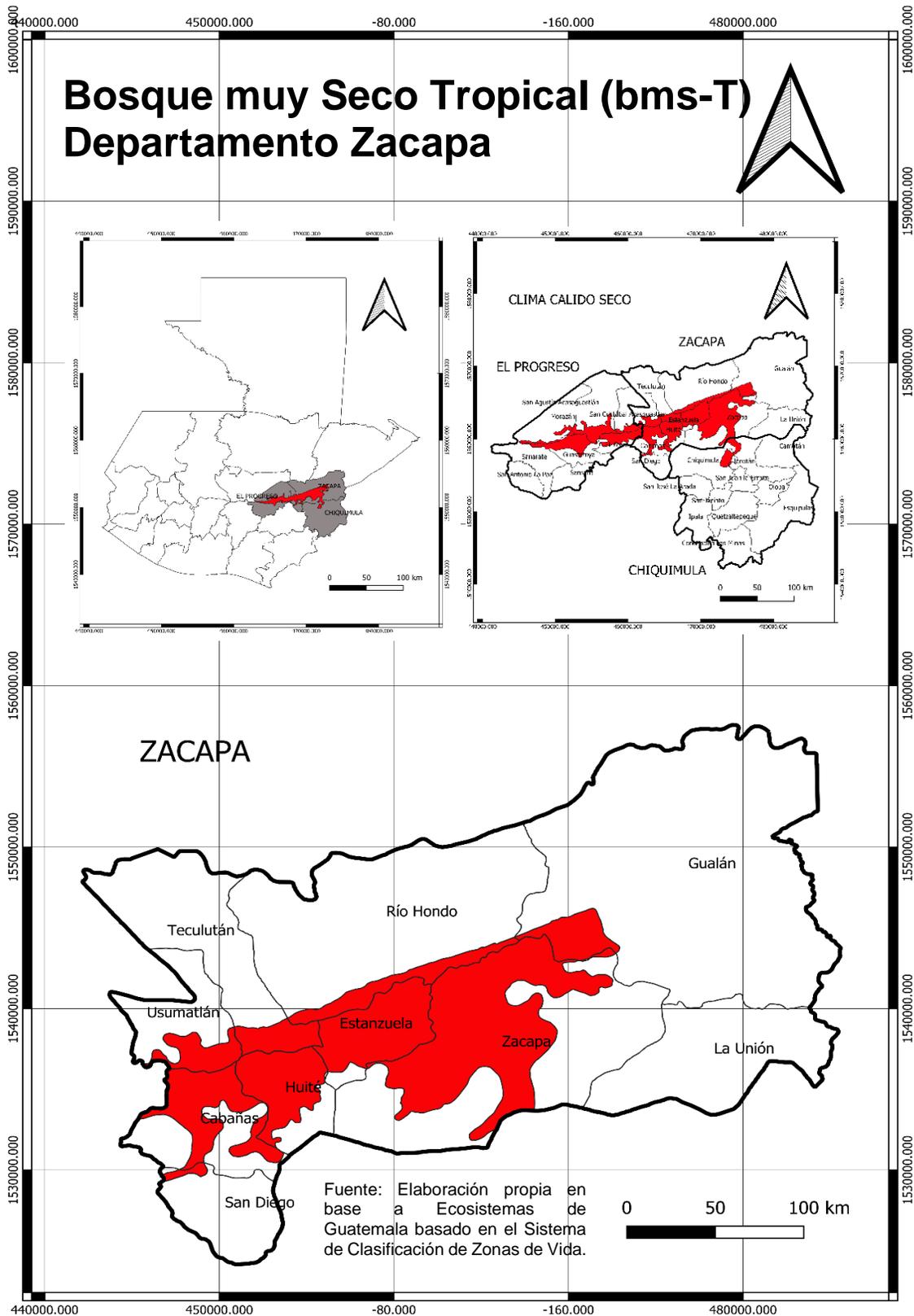
2.2.5.10 Idioma

Los idiomas de origen maya son raramente utilizados en este departamento, pero se mantiene el Ch'orti', además, el español.

2.2.5.11 Economía

La producción agrícola está representada por cultivos de maíz, frijol, yuca, café, banano, piña, caña de azúcar, melón, y principalmente, tabaco.

Los productos de tierra fría son escasos y la mayor parte de la población se dedica a la ganadería. Los productos lácteos de Zacapa gozan de buena reputación en todo el país.



2.2.6 CHIQUIMULA

Chiquimula colinda al Norte, con Zacapa; al Oriente con la República de Honduras; al Sur con la República de El Salvador y Jutiapa; al Poniente con el Depto. de Jalapa. EL Departamento de Chiquimula tiene una extensión de 2,376 Km2. es el treceavo departamento en tamaño de la República.

17

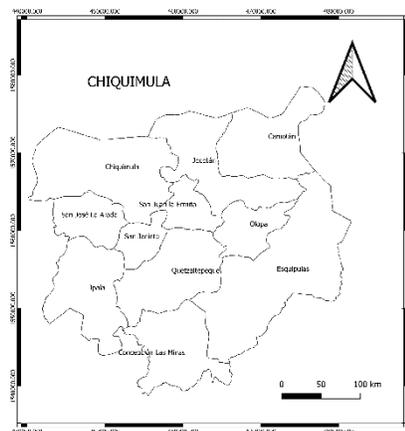
Cabecera: Chiquimula

Altura: 424 msnm

Extensión: 2,376 km²

Coordenadas: 14° 47'05" Latitud 89° 32'48" Longitud

Población: 298,263 habitantes



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.6.1 Topografía

Su terreno es sumamente montañoso, penetra a él un brazo de la cordillera departamental, por el este del departamento, se ramifica produciendo las montañas o sierra del Merendón que sirve de límite entre Honduras y Guatemala. Todo esto hace que chiquimula presente una gran variedad de climas.

Los ríos principales son: San José, Jocotán Shutaque, Lempa que se origina en los ríos olopa y Sacramento o Rodeo. Abundan además las quebradas con innumerables riachuelos.

El área en un radio de 3 kilómetros de Chiquimula está cubierta de pradera (50 %), tierra de cultivo (31 %) y árboles (14 %), en un radio de 16 kilómetros de tierra de cultivo (40 %) y pradera (31 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (39 %) y tierra de cultivo (35 %).

2.2.6.2 Clima

En el Departamento de Chiquimula como se indica en los departamentos anteriormente mencionados se localizan diversas zonas climáticas con características similares pero que se diferencian unas de otras, para este estudio

¹⁷ Maridol, González Dardón, «Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola para la Región III» Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003, http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1144.pdf

nos enfocaremos en la zona de vida 'Bosque muy Seco Tropical (bms-T)', el cual abarca una pequeña parte de los municipios de Chiquimula y Jocotán.

En Chiquimula, la temporada de lluvia es pesada y nublada, la temporada seca es húmeda y mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 37 °C.¹⁸

2.2.6.3 Temperatura

La temporada de verano persiste durante 2.1 meses, del 21 de marzo al 25 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C. El día más caluroso del año es el 17 de abril, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y una temperatura mínima promedio de 21 °C.

La temporada fresca dura 3.1 meses, del 28 de octubre al 3 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 15 de enero, con una temperatura mínima promedio de 18 °C y máxima promedio de 28 °C.

2.2.6.4 Nubes

La parte más despejada del año en Chiquimula comienza aproximadamente el 15 de noviembre; dura 5.1 meses y se termina aproximadamente el 19 de abril. El 27 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 78 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 22 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 19 de abril; dura 6.9 meses y se termina aproximadamente el 15 de noviembre. El 13 de junio, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 93 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 7 % del tiempo.

2.2.6.5 Precipitación

La temporada más lluviosa dura 5.3 meses, de 17 de mayo a 26 de octubre, con una probabilidad de más del 26 % de que cierto día será un día lluvioso. La probabilidad máxima de un día con lluvia es del 48 % el 15 de septiembre.

¹⁸ Weather Spark, «El Clima Promedio en Chiquimula», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12313/Clima-promedio-en-Chiquimula-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

La temporada más seca dura 6.7 meses, del 26 de octubre al 17 de mayo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 4 % el 9 de marzo.

Entre los días lluviosos, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 48 % el 15 de septiembre.

2.2.6.6 Lluvia

La temporada de lluvia dura 9.0 meses, del 2 de abril al 4 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 18 de junio, con una acumulación total promedio de 132 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 3.0 meses, del 4 de enero al 2 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 5 de marzo, con una acumulación total promedio de 8 milímetros.

2.2.6.7 Sol

La duración del día en Chiquimula varía durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 15 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 13 horas y 0 minutos de luz natural.

2.2.6.8 Humedad

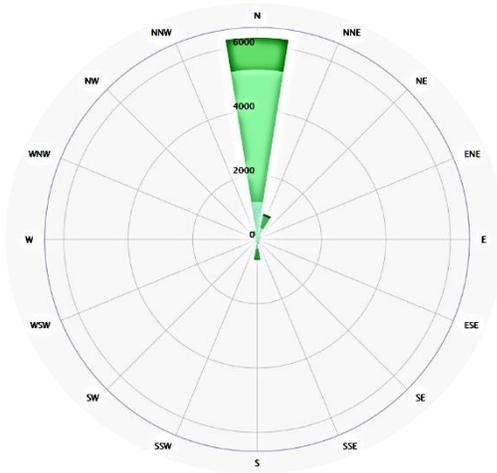
En Chiquimula la humedad percibida varía extremadamente.

El período más húmedo del año dura 8.0 meses, del 3 de abril al 4 de diciembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 39 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 17 de septiembre, con humedad el 96 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 3 de febrero, con condiciones húmedas el 20 % del tiempo.

2.2.6.9 Viento

La velocidad promedio del viento por hora en Chiquimula tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.



La parte con más viento del año dura 6.2 meses, del 23 de octubre al 30 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 9,5 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 13 de enero, con una velocidad promedio del viento de 12.5 kilómetros por hora.

El tiempo con menos viento del año dura 5.8 meses, del 30 de abril al 23 de octubre. El día con menos viento del año es el 15 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 6.5 kilómetros por hora.

²⁰La dirección del viento promedio por hora dominante en Chiquimula viene del Norte durante el año.

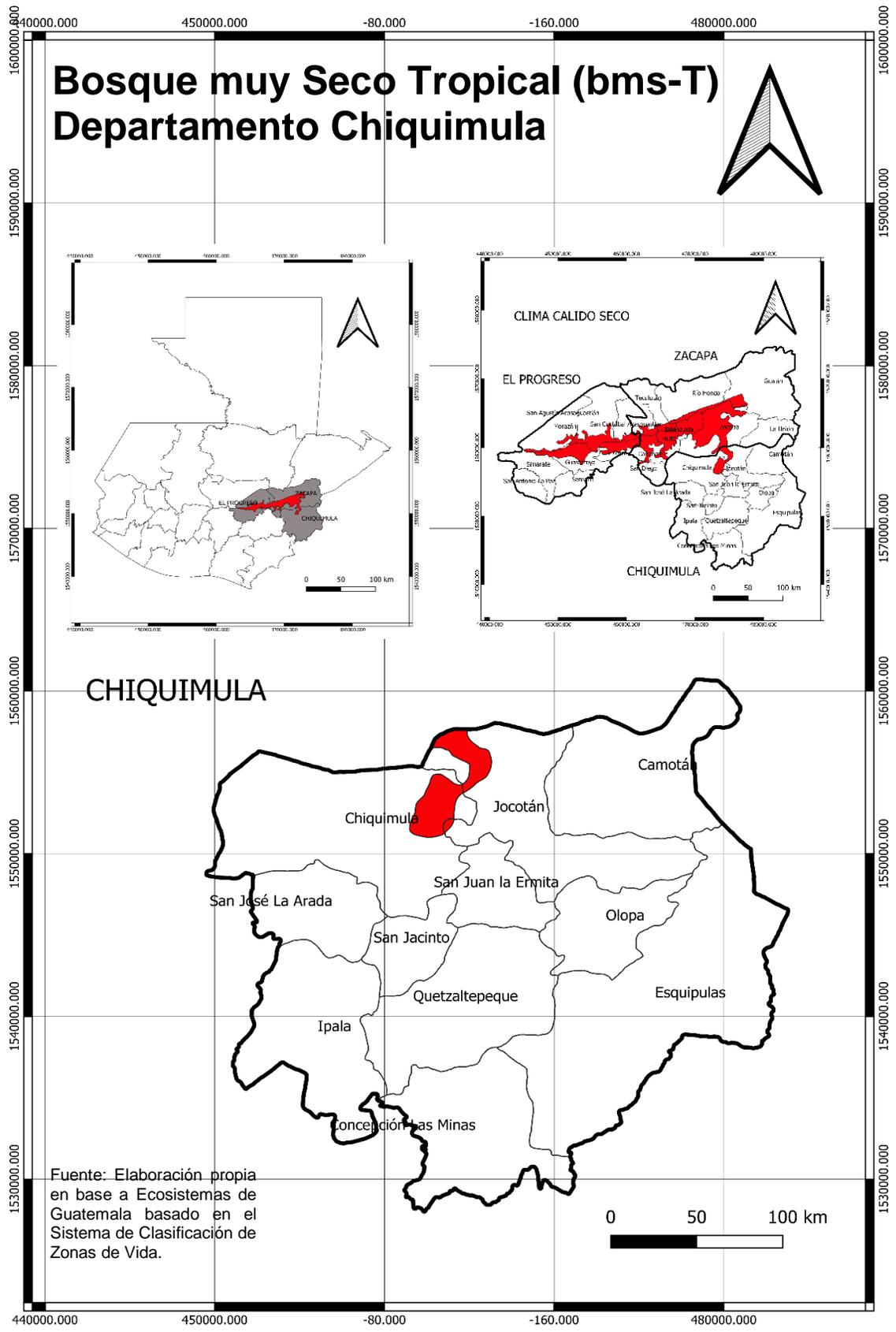
2.2.6.10 Idioma

Se habla el ch'orti' y el español.

2.2.6.11 Economía

La economía de Chiquimula tiene como base la producción agrícola, siendo sus productos más importantes el maíz, frijol, arroz, papas, café, caña de azúcar, cacao, bananas y el tabaco. Posee, además, grandes fincas de ganado vacuno.

Su producción artesanal es variada, e incluye trenzas, sombreros y escobas elaboradas con hoja de palma. En el departamento también se elaboran piezas de cerámica de barro, tejas y ladrillos. Trabajan también instrumentos musicales y muebles de madera. En la cabecera departamental producen jícaras y guacales de morro, candelas, productos de cuero y cohetería.



CUADRO SÍNTESIS

Criterios	Departamentos			Promedio ¹⁹
	El Progreso	Zacapa	Chiquimula	
Extensión (bms-T)				81,887 Ha
Altura	370 msnm	185 msnm	424 msnm	326 msnm
Temperatura máxima	34°C	34 °C	32 °C	33 °C
Temperatura mínima	19.7 °C	19.8 °C	18 °C	19.16 °C
Precipitación media anual	780.5 mm	988.56 mm	1145 mm	971.35 MM
Humedad relativa	62%	74%	74%	70%
Viento dominante	Norte	Norte	Norte	Norte
Velocidad del viento	9.7 km/h	7.6 km/h	8 km/h	8.4 km/h

¹⁹ INSIVEMEH, «Normales Climáticas», acceso el 28 de junio de 2020, <http://historico.insivumeh.gob.gt/normas-climaticas/>

CAPITULO 3.

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.

3.1 Diseño

Dado a que las características en la zona de vida Bosque muy Seco Tropical (bms-T) son muy pesadas y desesperantes debemos tener siempre presente la protección contra la radiación solar y los vientos sofocantes que se puedan concentrar en el interior de las habitaciones de cualquier edificación.

Por eso debemos de considerar:

- Orientar las edificaciones en las fachadas norte-sur en el lado largo y orientación este-oeste en el lado corto de la misma, esto por el recorrido del sol y así evitar una exposición a la radiación solar directa a los muros. (figura 1)
- Contemplar un espacio abierto considerable en las edificaciones como un patinejo con área verde para refrescar el clima o también si el diseño es lineal un corredor verde en el sentido largo pudiendo crear barreras vegetales y sombras que generen microclimas agradables. (figura 2)
- Los ambientes menos concurridos como una galera, una bodega, área de lavandería, garajes, entre otros, ubicarlos en los extremos del diseño siendo estos en la fachada este y oeste, funcionando como disipadores térmicos logrando una mayor frescura en las habitaciones centrales. (figura 3)
- En el exterior analizar como necesitaremos la proyección de sombra, obteniéndola con el diseño de aleros, vegetación frondosa, edificaciones colindantes.
- Considerar la ubicación de espejos de agua o fuentes en el centro de la edificación, esto es bastante beneficioso en diseños compactos con patinejo o en forma de villa.
- El diseño de la edificación debe estar separada de otras para permitir el flujo del viento y sea confortable.²⁰

²⁰Arq. Carlos, Valladares, «Modelo Integrado de Evaluación Verde (MIEV)», (Documento, Consejo Verde y de la Arquitectura de Guatemala), acceso el 25 de agosto de 2020.

- Si el solar lo permite se puede jugar con diseños de vegetación creando barreras verdes al viento, según la distancia con la que optemos la barrera puede ser.
 - Barrera densa en la copa, permeable en la parte baja, para generar sombra y permitir el flujo del aire refrescante a la edificación.
 - Barrera densa baja y permeable en la parte alta, en caso de que sea un diseño de planta elevada.
 - Totalmente densa y
 - Totalmente permeable

También podemos jugar con variaciones de alturas pudiendo ubicar vegetación alta en la parte más lejana, y vegetación baja próxima a la edificación. (figura 4)

Figura 1. Orientación lado largo Norte-Sur.

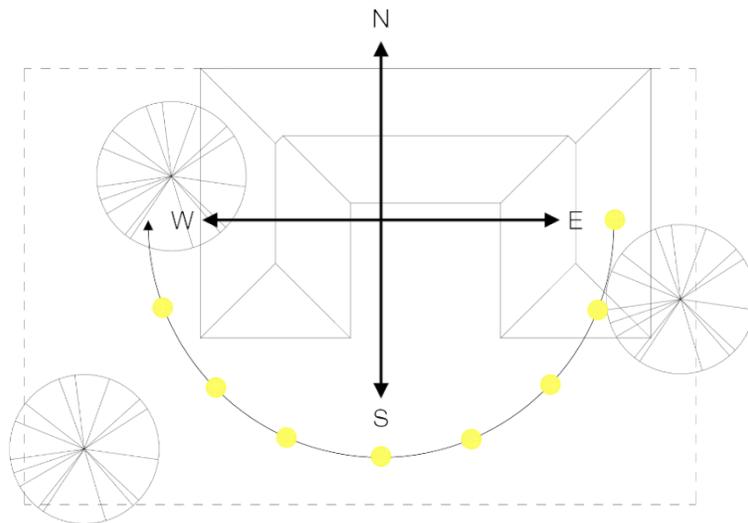


Figura 2. Área abierta generando un patinejo.

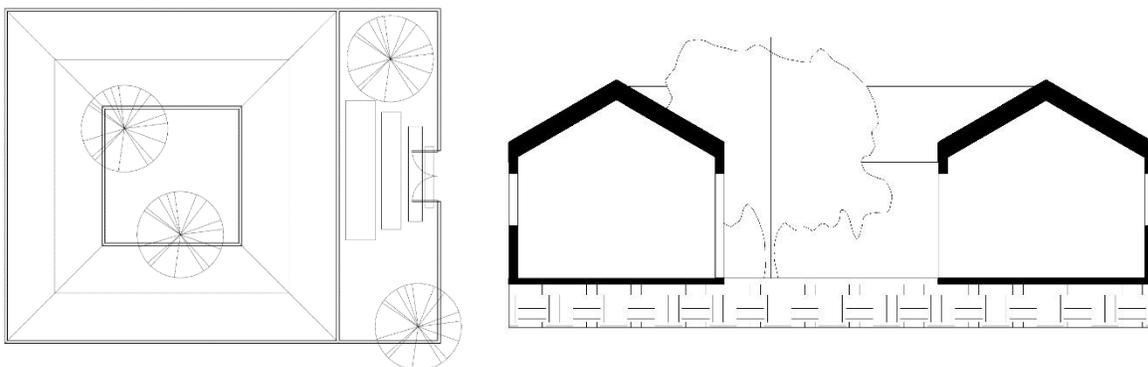


Figura 3. Las habitaciones menos concurridas en extremos del diseño sirven como disipadores térmicos.

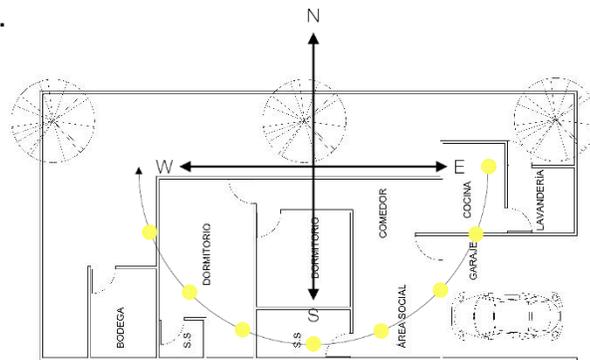


Figura 4. Ubicamos la vegetación más alta en la parte lejana del solar para permitir el flujo aire fresco en la parte baja.



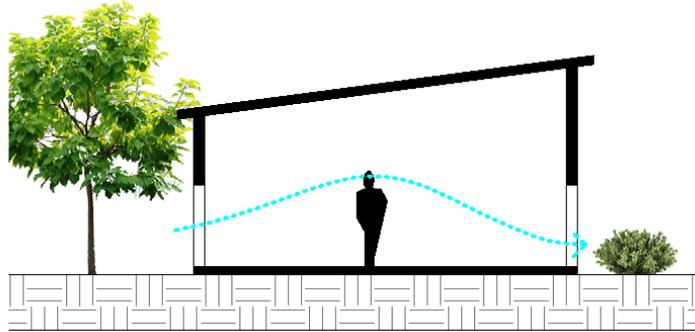
3.2 Flujo del aire

Lo complicado de las edificaciones en este clima es la luz solar y lo sofocante de la radiación solar, se debe dar mayor importancia en el flujo del aire sobre todo por horas de la noche que las amplias superficies de ventanerías.

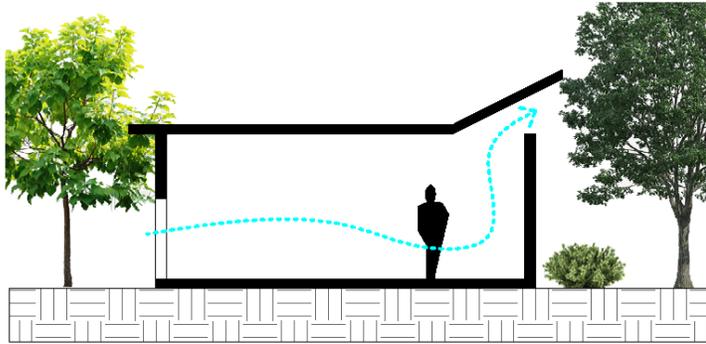
- Las aberturas deben oscilar entre el 10% y 30% de las superficies en las que están ubicadas, orientadas en las fachadas norte y sur para permitir un flujo de aire continuo sin interrupciones.
- Se puede ubicar las ventanas en alto, para obtener una dirección de visual hacia el azul intenso del cielo y no hacia superficies de excesiva reflexión de la luz solar.
- En cuanto a las ventanas bajas, se deben proteger con vegetación y aleros que proyecten sombra en las fachadas críticas.
- En ambientes en los que se concentran grupos de personas por un tiempo prolongado podemos hacer uso de muros de mampostería a media altura y el resto de muro a la base del techo con cerramientos que permitan el flujo del aire como celosías pudiendo ser de otros materiales o creados de igual manera con mampostería.
- Se debe evitar grandes ventanas acristaladas ya que estas impiden que se obtenga el confort para las edificaciones ubicadas en este clima tan sofocante, debido a que el vidrio absorbe parte del calor que incide sobre el calentando el ambiente.

Tipos de flujo del aire dentro de las edificaciones que se pueden considerar para el clima cálido seco:

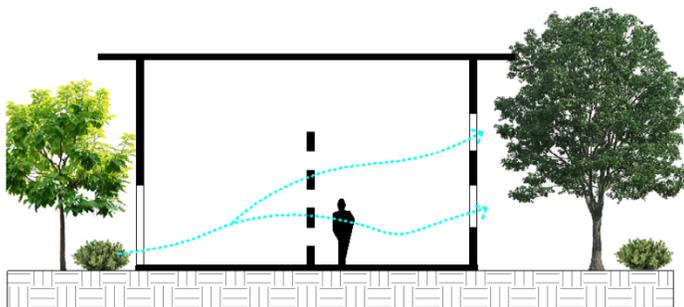
Vegetación de media altura de frondosidad media en edificaciones con aberturas bajas permiten un flujo continuo del aire manteniendo fresco el ambiente.



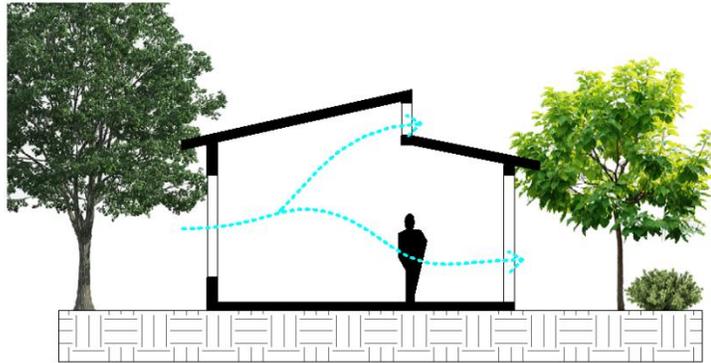
Vegetación de media altura de frondosidad media en edificaciones con aberturas bajas y altas como vanos o puertas en lo bajo y áreas descubiertas en los techos permiten el flujo del aire cruzado refrescando la habitación sin concentraciones de aire caliente.



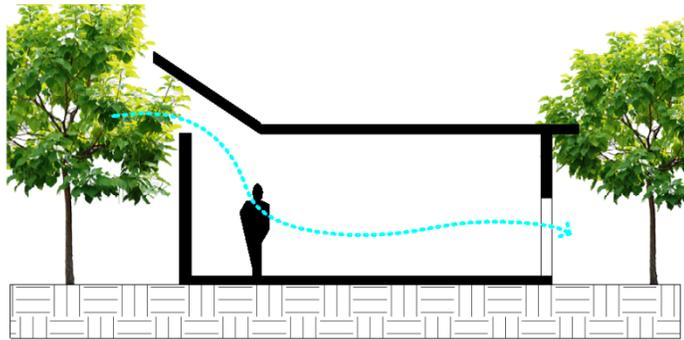
Las divisiones de ambientes con celosía y ubicando aberturas altas y bajas permiten un flujo ininterrumpido del aire refrescando así espacios amplios evitando concentración de aire caliente.



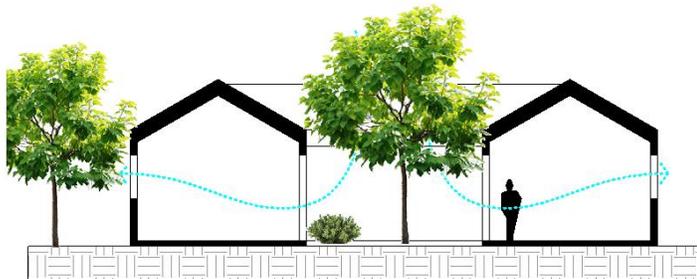
Se puede considerar combinar aberturas en techos y muros mitigando la concentración de calor que incide en las cubiertas manteniendo así constantemente el ingreso del aire fresco. En este caso podemos ubicar vegetación alta y frondosa en dirección de los vientos dominantes obteniendo un microclima bastante agradable.



Si se tiene una orientación con fuerte flujo de viento, se puede optar por una ventilación cruzada permitiendo el ingreso por aberturas en techos siendo de las opciones más convenientes para este clima evitando ingrese el aire caliente a la altura de las personas.



Ventilación a través de un patio, ubicando vegetación de frondosidad media obtenemos filtraciones de aire fresco.



3.3 Patios

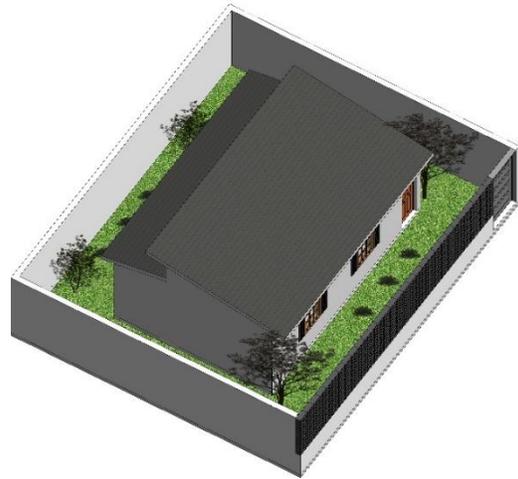
Al diseñar patios en nuestras edificaciones integrando vegetación nos permite romper corrientes de viento sofocantes y dar paso a un viento más refrescante hacia el interior de la misma. La forma en que diseñaremos un patio dependerá también de las dimensiones de nuestro solar si se cuenta con un terreno amplio podremos aprovechar en todas las fachadas de nuestra vivienda para ubicar vegetación y orientar de una manera adecuada nuestras ventanas, si contamos con un terreno reducido podemos optar por los siguientes conceptos:

- Al diseñar una vivienda lineal teniendo en un solar pequeño, el sentido largo de norte a sur aprovechamos integrar patios lineales.
- Si se posee un solar más amplio podemos diseñar en forma lineal o en varios elementos compactos nuestra edificación, pudiendo integrar patios en forma de “U” que brindaran un flujo continuo de aire refrescante con el auxilio de vegetación.
- Integrar un patinejo o un patio interno en las viviendas nos brinda una ventilación cruzada, pudiendo ubicar las áreas de mayor permanencia a su alrededor.

Un diseño de vivienda lineal ayuda a mantener un patio lineal pudiendo orientarlo en su sentido largo norte-sur.



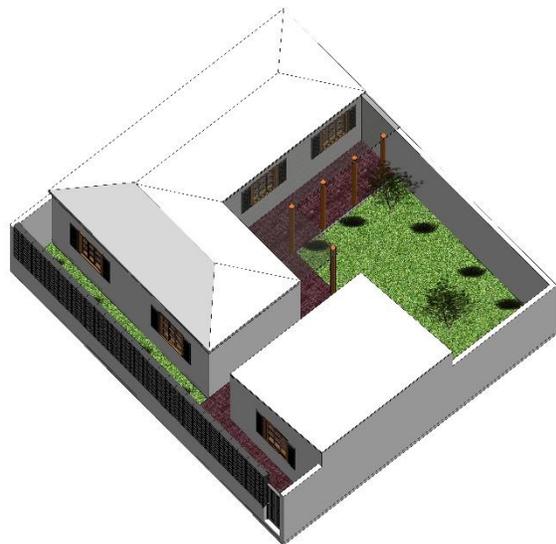
Con un solar amplio se puede orientar de la forma más adecuada nuestra vivienda para aprovechar el flujo del viento y poder obtener ventilación cruzada.



Integrar un patinejo o un patio interno en las viviendas brinda una ventilación cruzada, pudiendo ubicar las áreas de mayor permanencia a su alrededor



Al diseñar de forma compacta se puede separar áreas de la vivienda y aprovechar de la mejor manera nuestras áreas libres para crear patios que brindarán ventilación fluida a toda la edificación pudiendo ubicar patinejos y patios lineales dando confort en su interior.



3.4 Ventanas y Aberturas

Las características de esta zona de vida hacen que el aire que proviene del exterior sea sofocante por ser un aire caliente debemos de contemplar ubicar ventanas con protección en los diferentes ambientes de un proyecto, también podemos ubicar tipos de celosías verticales que nos permitan el flujo de aire sin interrupciones. Se busca integrar el tipo de ventilación natural, aprovechando la fuerza natural del viento en el entorno en el que se ubique y así mejorar las condiciones micro climáticas dentro de las edificaciones.

Por eso debemos de considerar:

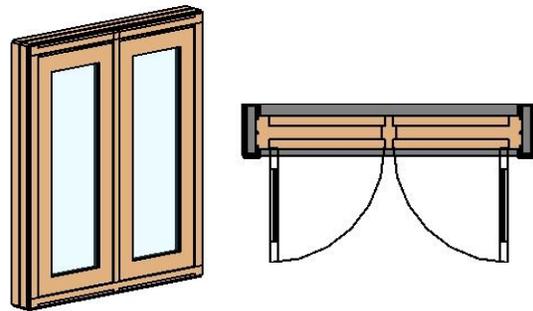
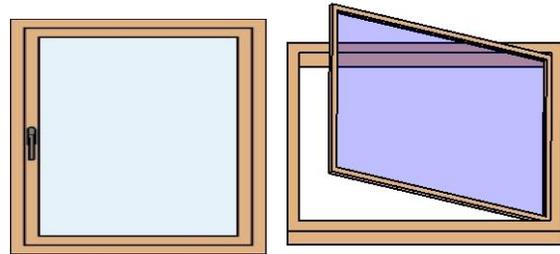
- La ausencia de ventanas o ventanas pequeñas y aisladas en los diferentes ambientes que componen un proyecto, la abertura de la ventana se recomienda que sea de un 10 a 30% del área del muro.²¹
- La protección de las ventanas es importante ya que el vidrio absorbe considerablemente el calor debido a la incidencia solar, esto lo podemos lograr por medio de contraventanas de madera, ya que este material absorbe gran parte del calor ayudando a que este no sea transmitido por el vidrio de la ventana hacia el interior.
- Preferiblemente las ventanas deben permitir el ingreso del 100% del viento a través de su vano.
- Las ventanas tipo sifón ayudan a que el aire caliente que ingresa al interior no sea directo, reduciendo lo sofocante que podría llegar a ser el aire.
- Ubicar muros de tipo celosía permite un flujo de aire continuo, pudiendo integrar vegetación para refrescar el aire sofocante.

Las contraventanas tipo persiana ayudan a absorber el calor incidente en las ventanas, y siendo construidas de madera disminuyen el calor transmitido por el vidrio de la misma, al ser tipo persiana nos permite el flujo de aire al interior pudiendo mantener la ventana abierta y contraventana cerrada.

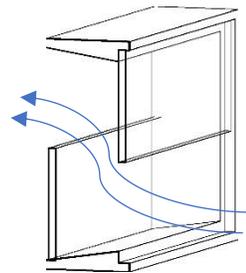
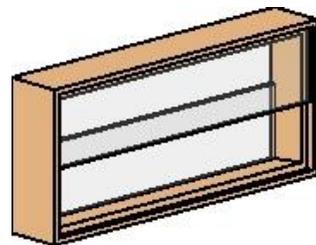


²¹Arq. Carlos, Valladares, «Modelo Integrado de Evaluación Verde (MIEV)», (Documento, Consejo Verde y de la Arquitectura de Guatemala), acceso el 25 de agosto de 2020.

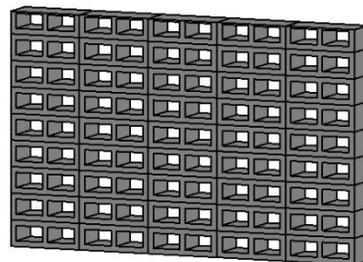
Las ventanas deben permitir el ingreso del 100% del aire a través de su vano, ya sea ubicando ventanas de uno o dos paneles abatibles.



Ventanas tipo sifón podría ser una buena opción para ventanas reducidas permitiéndonos ventilación de aire en el traslape dando un flujo de aire permanente.



Integrar cerramientos verticales de block u otro material permitiendo una modulación en celosía.



La ubicación de cerramientos verticales como persianas inclinadas permiten también un flujo continuo del aire y privacidad en los ambientes, pudiéndose ubicar como transición hacia jardines o patios.



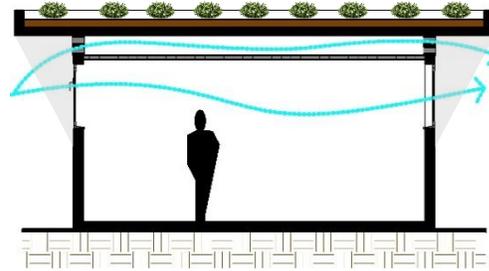
3.5 Cubiertas

Las cubiertas o techos que conforman las edificaciones transmiten mucho calor al interior de los diferentes ambientes ya que su incidencia solar es directa, por lo que debemos resolver y aumentar la resistencia térmica de la cubierta apoyándonos de los materiales disponibles y de la vegetación para generar sombras sobre la cubierta.

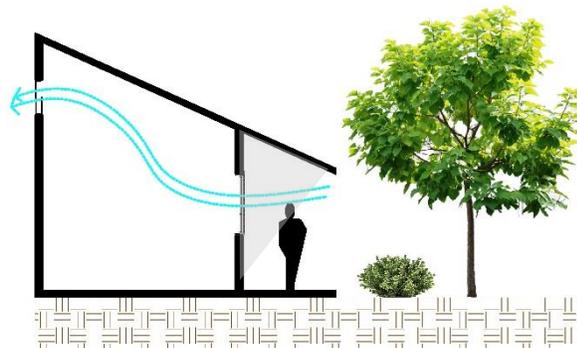
- Los materiales constructivos deben ser modificadores de la temperatura del aire para auxilio de sus propiedades físico-térmicas, ya que estos intervienen en el comportamiento del microclima en los espacios interiores.²²
- Una cubierta verde garantiza la protección de la radiación solar directa pudiendo auxiliarse de celosías alrededor de su base para generar evaporación del calor.
- Cubiertas inclinadas ayudan a generar corrientes de aire mayores refrescando los ambientes.
- Las cubiertas desfasadas y con aberturas que permitan el flujo del aire continuo mitigan el calor sofocante transmitido por las cubiertas hacia el interior.
- Las cubiertas con voladizos proporcionan sombras a las ventanas y muros además de dar estabilidad a las edificaciones.
- Las cubiertas de concreto ya sea una losa tradicional o una losa de vigueta y bovedilla cumplen con la resistencia a la incidencia solar requerida.

²²Abel Ruíz, Alejandro Pérez, «Microclima Urbano y Vivienda Apropiaada para la Habana», (tesis, ISPJAE), acceso el 18 de agosto de 2020.

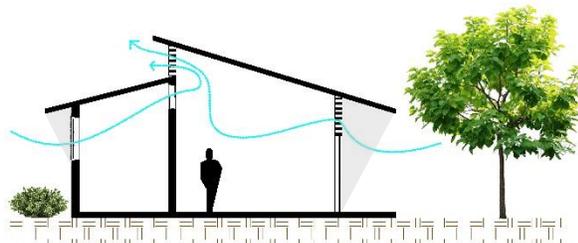
Una cubierta verde con aberturas alrededor de su base y colocando cielo falso evita el ingreso del calor al interior de los ambientes.



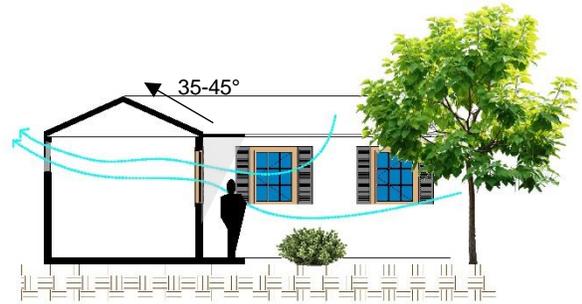
Las cubiertas con voladizos generan sombras provechosas para corredores exteriores protegiendo los muros externos de la incidencia solar directa.



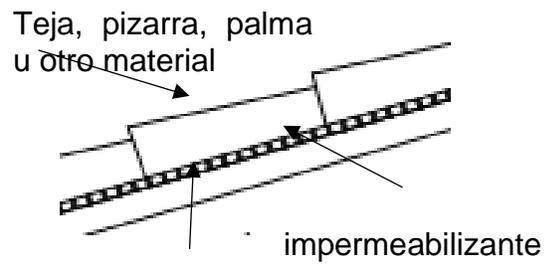
Las cubiertas desfasadas y con aberturas que permitan el flujo del aire continuo mitigan el calor sofocante transmitido por las cubiertas hacia el interior. Siendo esta buena opción para las áreas de mayor permanencia.



Cubiertas inclinadas ayudan a generar corrientes de aire mayores refrescando los ambientes, pudiendo ser de 35 a 45 grados de pendiente.



Una cubierta de madera ayuda con las necesidades de resistencia a la incidencia solar ya que este absorbe gran parte del calor refrescando el interior.



3.6 Muros

Los cerramientos verticales también sufren de incidencia solar tal vez no tan directamente como lo es con las cubiertas o techos, por lo que debemos de considerar levantado de muros con materiales que sean resistentes a la transmisión de calor hacia el interior de las diferentes habitaciones de las que se conforma una edificación.

- Los materiales constructivos deben ser modificadores de la temperatura del aire para auxilio de sus propiedades físico-térmicas, ya que estos intervienen en el comportamiento del microclima en los espacios interiores.²³
- La forma actual de levantado de mampostería es una forma adecuada de cumplir con la resistencia requerida, siendo necesario la utilización de block ancho como lo es un block de 19x19x39 centímetros, ya que un block de menor dimensión nos aislará la incidencia solar en menor grado.²⁴
- Utilizando sistemas de aparejos obteniendo un grosor de muro de 23 centímetros aísla adecuadamente, ya que el ladrillo por el material del que se fabrica y siendo amigable con el ambiente cumple con lo requerido no es necesario aplicar un recubrimiento o repello pudiendo dejar las dos caras del muro (interior y exterior) a ladrillo visto, siendo agradable a la vista.²⁵
- El adobe por sus características es el mejor aislante térmico que podemos encontrar, al combinarlo con materiales que prestan una mejor resistencia podemos obtener un muro eficiente para las edificaciones.
- Al hacer un levantado de muro con madera obtendremos un aislamiento térmico, ya que dada sus características la madera absorbe el calor incidente y refresca el ambiente.
- Los muros orientados a las fachadas críticas como este y oeste pueden ser protegidos por medio de elementos naturales como vegetación y barreras que brinden sombra al muro como celosías de madera o bambú que absorben el calor incidente.

²³Abel Ruíz, Alejandro Pérez, «Microclima Urbano y Vivienda Apropiable para la Habana», (tesis, ISPJAE), acceso el 18 de agosto de 2020.

²⁴Julio Oliva, «Diseño Climático para Edificaciones en la Zona Seca del país», (tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 11 de agosto de 2020.

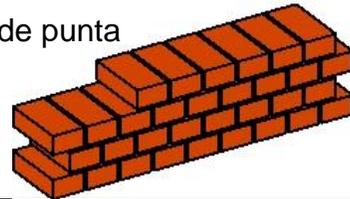
²⁵Julio Oliva, «Diseño Climático para Edificaciones en la Zona Seca del país», (tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 11 de agosto de 2020.

Al hacer un levantado de muro con ladrillo se cumple en teoría con el aislamiento térmico que se necesita, utilizando un sistema en que se logre un grosor de muro de 23 centímetros de ancho.

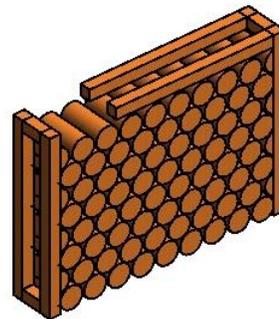
Aparejo de punta y soga



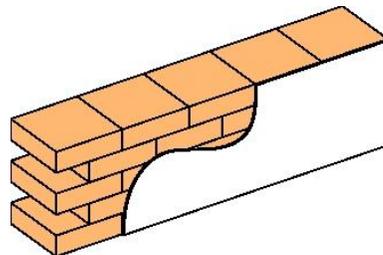
Aparejo de punta



Los muros de madera además de los que se conocen tradicionalmente también se puede optar por fabricarlos con troncos de árboles maderables endógenos, dando un grosor de muro con el mismo tronco y fijarlos con barro o materiales de preparación industrial como el cemento.

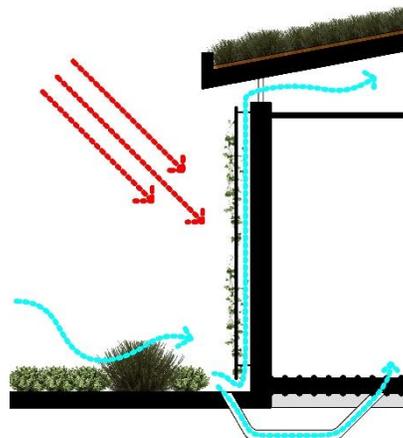


Los muros de adobe brindan una resistencia térmica eficiente para nuestra área de estudio y siendo fabricado de materiales endógenos (barro y paja) prestan soluciones de confort y son materiales de bajo impacto ambiental.



Las orientaciones este y oeste son las más críticas respecto a la incidencia solar por lo que protegerlas con vegetación u otros elementos naturales como el bambú brindarán sombra, a su vez funciona como un enfriamiento por convección.

Ubicar ductos de ventilación subterráneos permiten el ingreso de aire fresco al interior de las habitaciones.



3.7 Vegetación

Al integrar vegetación autóctona del lugar, estas brindarán un mejor control de los microclimas deseados, la ubicación de vegetación proporciona sombras para evitar la radiación solar directa hacia los muros externos de las edificaciones, también refrescan el aire sofocante dando confort dentro de los ambientes de mayor permanencia.

Por esto consideramos:

- Los árboles se recomienda orientarlos hacia el sureste y suroeste frente a la fachada.²⁶
- Ubicar vegetación baja o cubresuelos resistentes a la sequía, frente a ventanas y así evitar reflectividad que moleste a la vista.
- La vegetación alta y frondosa proporciona sombras a los techos protegiendo el área más afectada por la incidencia solar.
- La vegetación semi frondosa brinda un flujo de aire refrescante y visuales agradables.

Paleta Vegetal autóctona para el clima Bosque muy seco Tropical (bms-T) basado en Ecosistemas de Guatemala.

Imagen	Nombre común	Nombre científico	Tipo	Altura
	Campeche	Haematoxylum campechianum	Árbol semi frondoso	Alcanza los 6 metros de altura
	Chaparro	Curatella americana	Árbol frondoso	Alcanza de 5 a 9 metros de altura

²⁶ Arq. Carlos Valladares, «Modelo Integrado de Evaluación Verde (MIEV)», (Documento, Consejo Verde y de la Arquitectura de Guatemala), acceso el 25 de agosto de 2020.

	Flor de subin	Acacia farnesiana	Árbol semi frondoso	Alcanza de 3 a 5 metros de altura, ocasionalmente hasta 10 metros de altura. ²⁷
	Arco negro	Appoplanesia panniculata	Árbol poco frondoso	Alcanza los 15 metros de altura
	Barreto o barretillo	Plocosperma buxifolium	Arbusto	Alcanza de 0.4 a 3 metros de altura
	Copal	Bursera bipinnata	Árbol	Alcanza de 1.5 a 8 metros de altura

²⁷ Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

	Árbol de jote	Bursera simaruba	Árbol poco frondoso	Alcanza hasta los 20 metros de altura ²⁸
	Cabeza de viejo	Cephalocereus maxonii	Cactus	Alcanza de 2 a 5 metros de altura ²⁹
	laurel macho	Cordia gerascanthus L.	Árbol semi frondoso	Alcanza hasta los 40 metros de altura
	Volador	Gyrocarpus americanus	Árbol poco frondoso	Alcanza de 12 a 30 metros de altura

²⁸ Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

²⁹Mario Véliz, «Las Cactáceas de Guatemala», (libro, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 03 de agosto de 2020, <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/06/LasCactceasdeGuatemala.pdf>

	Quina	Hinotnia standleyana	Arbusto o árbol pequeño	Alcanza hasta los 6 metros de altura ³⁰
	Orégano	Lippia graveolens	Arbusto	Alcanza hasta los 2 metros de altura ³¹
	Chilillo	Mammillaria eichlamii	Cactus	Alcanza de 15 a 25 centímetros de altura
	Chile	Melocactus curviespinus Pfeiffer (M. ruestii)	Cactus	Alcanza de 10 a 25 centímetros de altura

³⁰ Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

³¹ Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

	Tuno de castilla	Myrtillocactus eichlamii Britton & Rose	Cactus	Alcanza una altura de 5 a 7 metros.
	Tuna	Nopalea guatemalensis Rose	Cactus	Alcanza de 3 a 6 metros de altura. ³²
	Tuna	Nopalea Lutea Rose	Cactus	Alcanza una altura de hasta 5 metros. ³³
	Jícama	Pachyrhizus erosus	Producción, cosecha	Tallo alcanza una altura de 6 a 13 centímetros.

³²Mario Véliz, «Las Cactáceas de Guatemala», (libro, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 03 de agosto de 2020, <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/06/LasCactceasdeGuatemala.pdf>

³³Mario Véliz, «Las Cactáceas de Guatemala», (libro, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 03 de agosto de 2020, <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/06/LasCactceasdeGuatemala.pdf>

	Manzanote o matial	Pereskia lychnidiflora DC.	Arbusto grande	Alcanza de 3 a 9 metros de altura.
	Amapola	Pseudobombax ellipticum	Árbol	Alcanza de 15 a 30 metros de altura. ³⁴
	Jocote de mico, Negrito, Olivo, Pazac, Xpazakil.	Simarouba glauca DC	Árbol semi frondoso	Alcanza de entre 20 a 25 metros de altura.
	Jocote de corona	Spondias mombin	Árbol frutal	Alcanza hasta 30 metros de altura.

³⁴Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

	Árbol de timboque	Tecoma stans	Árbol	Alcanza una altura de 8 a 12 metros.
	Árbol mulato	Triplaris melaenodendron	Árbol	Alcanza de 6 a 12 metros de altura. ³⁵
	<i>pasiflora</i>	Passiflora miniata	Enredadera	Alcanza de 3 a 6 metros de altura.
	Grama	Paspalum notatum flüggé	cubresuelo	Alcanza de 5.8 centímetros de altura.
	Lirio Césped	Ophiopogon japonicus	cubresuelo	Alcanza los 20 centímetros de altura.

³⁵Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida y otros», (Documento, IARNA, VRIP y URL), acceso el 03 de agosto de 2020.

3.8 Áreas mínimas por ambiente para una vivienda de clase social.

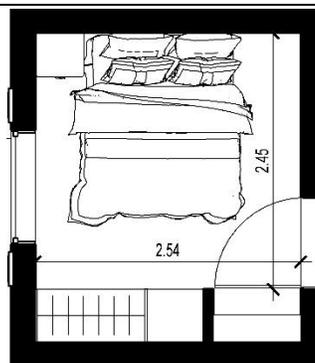
Toda edificación debe cumplir con las normativas y/o leyes municipales vigentes para poder cumplir con los requerimientos de una licencia de construcción, y así poder generar una vivienda social funcional adaptándola a las costumbres arquitectónicas de cada región, con el objetivo de:

- Optimizar los ambientes indispensables para una vivienda social permanente.
- Crear los diferentes ambientes de los que se compone una vivienda con las dimensiones adecuadas para la organización de los muebles y una buena circulación.³⁶

Dimensiones mínimas para viviendas de 50 metros cuadrados hasta 100 metros cuadrados de área construida.

Tabla 7³⁷	
Lado menor de sala o comedor y sus combinaciones	
Lado menor de dormitorios	2.35m
Lado menor de dormitorios de servicio	2.00m
Lado menor de baño principal	1.10m
Lado menor de baño de servicio o ½ baño	0.90m
Ancho mínimo de pasillos	0.85m
Lado menor de cocina	1.40m
Lavandería (opcional)	1.40m
Lado menor de sala o comedor y sus combinaciones	2.45m
Lado menor de dormitorios	2.35m

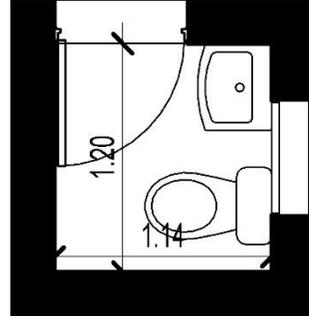
Lado menor de dormitorios 2.35 metros lineales, sin contar nicho para closet.



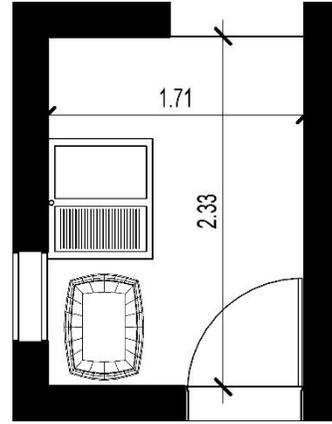
³⁶FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», acceso el 06 de agosto de 2020.

³⁷FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-VII), acceso el 06 de agosto de 2020.

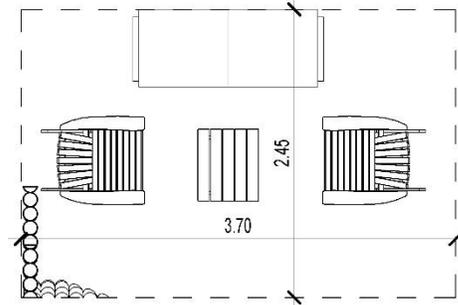
Lado menor de medio baño 0.90 metros lineales.



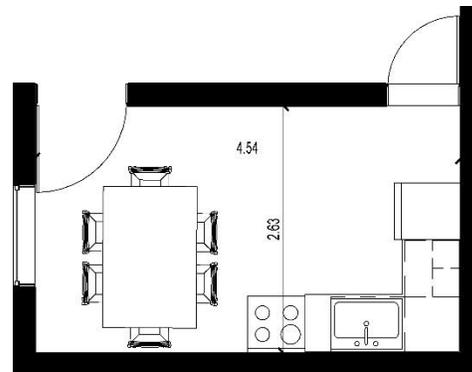
Lado menor de lavandería 1.40 metros lineales.



Lado menor de sala 2.45 metros lineales.



Lado menor de combinación comedor-cocina 2.45 metros lineales.



Superficies mínimas en metros cuadrados, en dormitorios no se considera el nicho para closet.

Tabla 8³⁸					
Combinación de ambientes sociales, sala y comedor					
Tipo	Sala-comedor	Cocina	Dormitorios		
			1	2	3
Viv. de 1 dormitorio	10.00	3.50	7.56	----	----
Viv. de 2 dormitorios	10.00	3.50	7.56	7.00	----
Viv. de 3 dormitorios	----	----	----	----	----
Y más	12.00	3.80	7.00	7.00	7.00

Tabla 9³⁹					
Combinación de ambientes sociales, cocina y comedor					
Tipo	Sala	Cocina-comedor	Dormitorios		
			1	2	3
Viv. de 1 dormitorio	7.00	8.00	7.56	----	----
Viv. de 2 dormitorios	7.00	8.00	7.56	7.00	----
Viv. de 3 dormitorios	----	----	----	----	----
Y más	7.56	9.00	7.00	7.00	7.00

Tabla 10⁴⁰					
Combinación de ambientes sociales, sala-comedor-cocina					
Tipo	Sala-comedor-cocina	Dormitorios			
		1	2	3	
Viv. de 1 dormitorio	13.00	7.56	----	----	
Viv. de 2 dormitorios	13.00	7.56	7.00	----	
Viv. de 3 dormitorios	----	----	----	----	
Y más	15.00	7.00	7.00	7.00	

³⁸FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-VIII), acceso el 06 de agosto de 2020.

³⁹FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-IX), acceso el 06 de agosto de 2020.

⁴⁰FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-X), acceso el 06 de agosto de 2020.

Tabla 11⁴¹		
Áreas de servicio		
Ambiente	Metros cuadrados	
Dormitorio de Servicio (Opcional)	5.00	
Baño Principal	2.10	
Baño de Servicio (Sólo con dormitorio de servicio)	1.60	
Lavandería	Con Pila	4.10
	Opcional	----
	Sin Pila	2.25

Porcentajes mínimos permitidos por la municipalidad para ventilación e iluminación por medio de ventanas.

Tabla 12⁴²		
Ambiente	Iluminación	Ventilación
Dormitorios	T 12%	6%
	C 12%	10%
Sala-Comedor	T 15%	6%
	C 20%	16%
Cocina	T 15%	12%
	C 20%	20%
Baños	T y C 10%	5%
Lavandería	T y C 10%	5%
Estudios, Bibliotecas, Sala juegos	T y C 20%	6%
Estacionamientos	10%	10%
(C) Clima Cálido; (T) Clima Templado		

⁴¹FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-XI), acceso el 06 de agosto de 2020.

⁴²FHA, «Normas de Planificación y Construcción del FHA», (Tabla 4-XII), acceso el 06 de agosto de 2020.

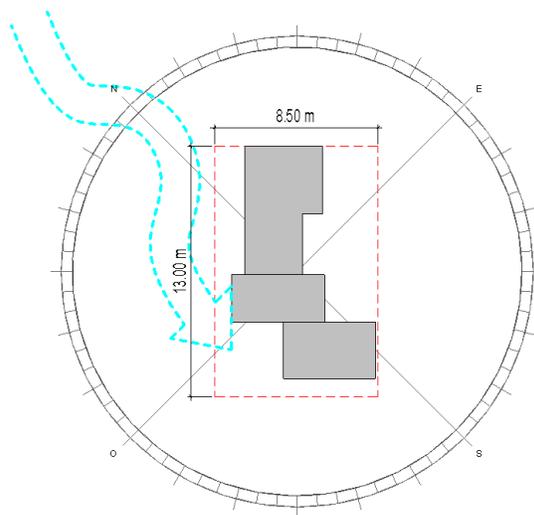
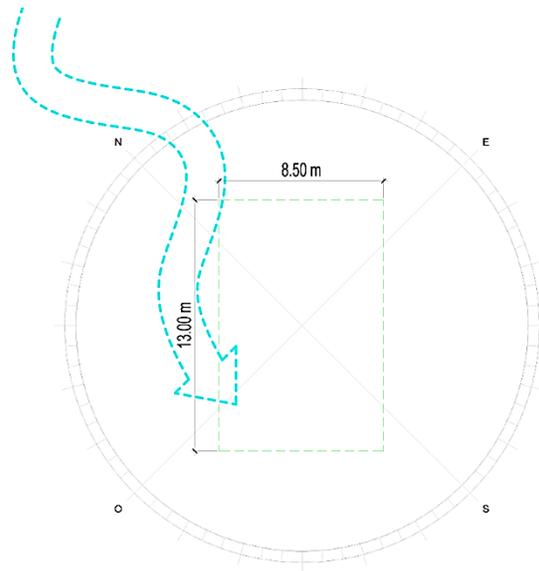
CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE VARIABLES A UNA PROPUESTA DE VIVIENDA PROTOTIPO

4.1 Ubicación:

Se supone ubicar un solar en Zacapa-Zacapa con dimensiones 8.50 metros de frente por 13.00 metros de fondo, en el que su norte se establece 45° en sentido contrario a las agujas del reloj, recordando que el viento dominante viene del Norte, por lo que las fachadas largas deben ser orientadas hacia el norte-sur y las fachadas cortas hacia el este-oeste siendo debidamente protegidas.

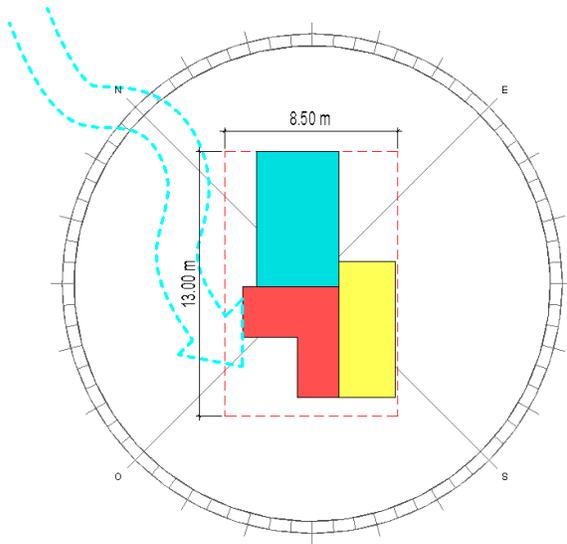
Se establece un solar con esas dimensiones considerando que pueda ser un diseño para terreno de grandes dimensiones como también para una lotificación y poderlo reproducir en serie o siendo un terreno pequeño en áreas urbanas.



4.2 Propuesta:

Una primera aproximación de volúmenes sobre el terreno da una idea sobre como ubicar las fachas largas y cortas y como poder optar por crear bloques compactos, el diseño de la edificación al estar separada de otras permite un flujo de viento confortable pudiendo ubicar jardines y patios internos integrando vegetación que brinde protección a la radiación solar directa.

Al ser ubicado como propuesta de vivienda en serie, un diseño compacto permite que el flujo de aire sea continuo a través de las edificaciones que se encuentren a su alrededor.

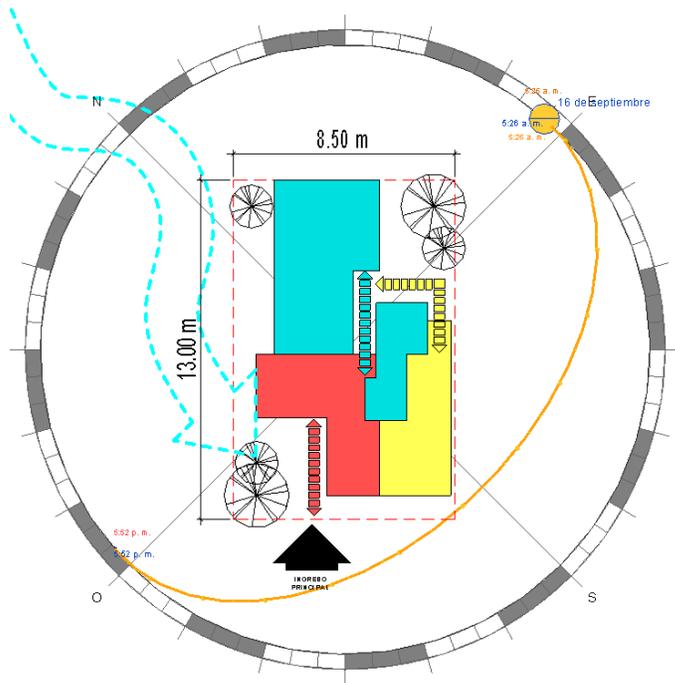


Al realizar una aproximación de bloques se procede a definir la distribución de las áreas que conformarán la vivienda siendo:

- Área social
- Área privada
- Área de servicio

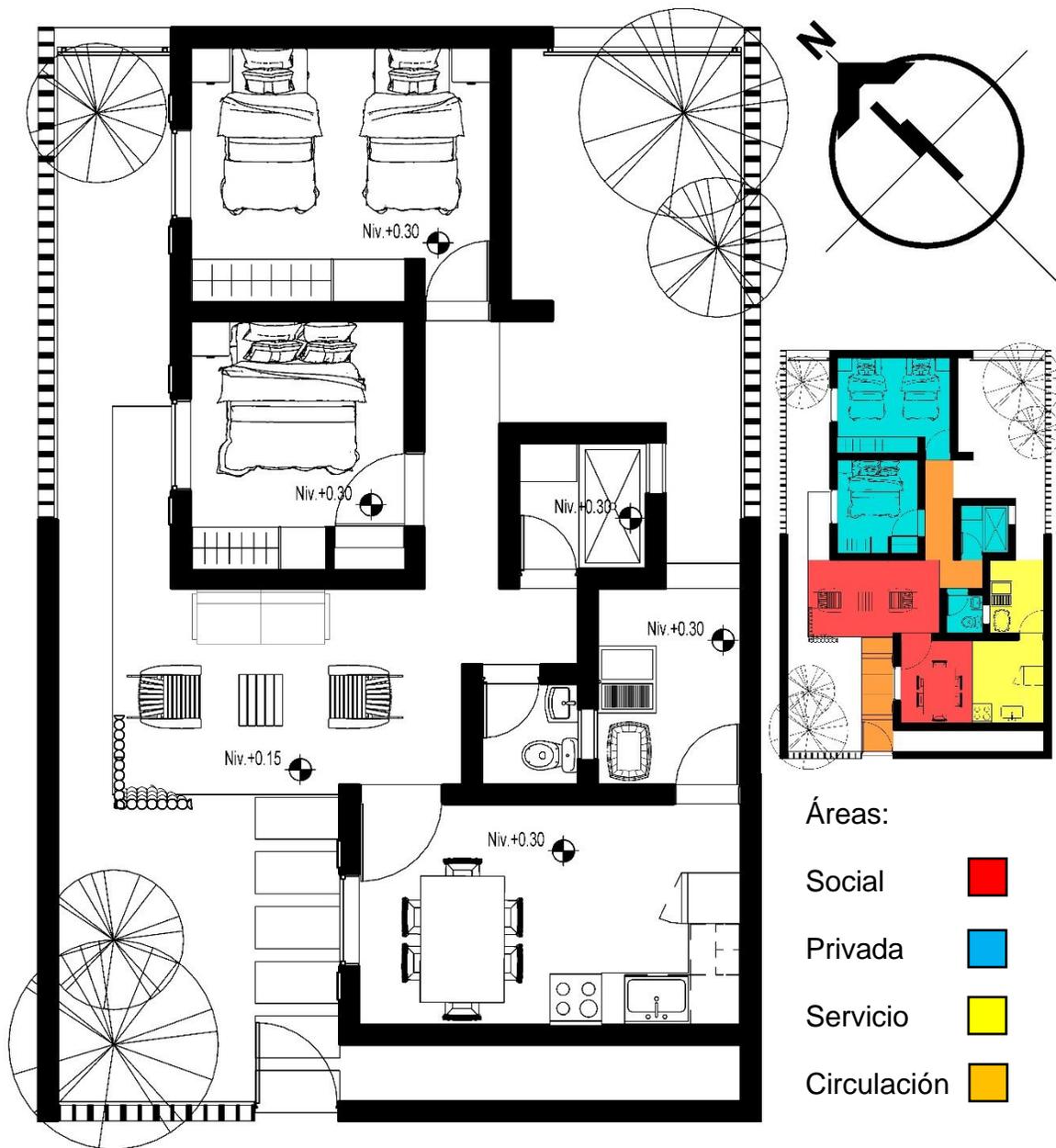
Estas áreas conforman el programa arquitectónico de la vivienda social mínima que cumpla con las necesidades para una ubicación rural o urbanizada siendo las siguientes:

Área social	Sala de estar
	Comedor
Área privada	Dormitorio Principal
	Dormitorio doble
	Servicio sanitario
Área de Servicio	Cocina
	lavandería



Al integrar las posibles circulaciones se define de mejor manera las diferentes áreas anteriormente mencionadas uniando ambientes que poseen relación y dando privacidad a las que lo necesitan por medio de elementos de interconexión siendo estos los pasillos.

- Circulación social
- Circulación privada
- Circulación de servicio



Al diseñar se toma en cuenta áreas compactas que se brinden sombra o protección entre ellas y que exista un flujo de aire adecuado para ventilar los diferentes ambientes, se orientan los ambientes de menor permanencia hacia el este como lo es el servicio sanitario y la lavandería, protegiendo a los otros ambientes de vientos bochornosos.

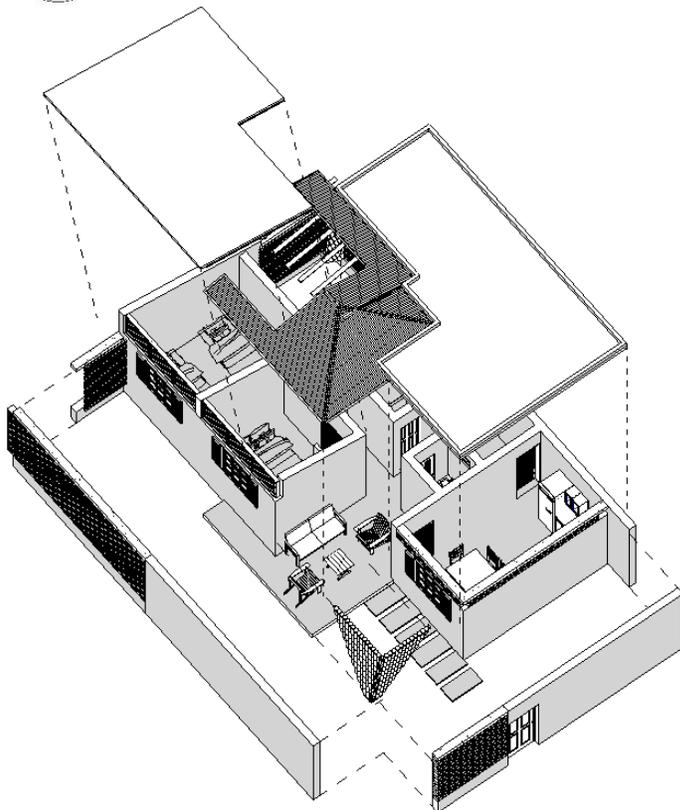
El área de estar o sala se considera como un área abierta de manera que la ventilación sea permanente y confortable, considerando la tipología constructiva en la que las áreas sociales suelen ubicarse en pórticos en áreas rurales y perímetros urbanos.

La propuesta consta de 65.55 metros cuadrados techados en un terreno de 8.50 metros por 13.00 metros para obtener 110.50 metros cuadrados, en la que se integran un diseño que puede ser ampliado según sea la necesidad.



Se ubican dos áreas verdes dentro de la vivienda, uno en forma de L orientado norte-oeste para refrescar el viento por medio de la vegetación y brindar protección a la incidencia solar proveniente del eje oeste, y un patinejo que nos brindará una ventilación cruzada favorable a los espacios internos.

Los muros perimetrales permiten el flujo de aire continuo a través de un levantado de blocks tipo celosía pudiendo también tener contacto cercano con el exterior. Integrando vegetación de tipo trepadora a los muros celosía nos permite refrescar el viento además de dar estética y privacidad a los muros colindantes.



Por medio de un sistema de levantado de aparejo (ladrillo) se conforman los muros de la vivienda ya que este material dada sus características permite un buen aislamiento térmico hacia el interior de los diferentes ambientes.



Ventana y
contraventana tipo persiana.



Celosía de madera tipo persiana.



puertas de madera tipo
persiana.



Muro tipo celosía.



Cubierta verde y celosía en muro
para enfriamiento por convección.

Pérgola.



Cubierta de bambú.



Se ubican ventanas de tipo batientes con contraventana de persianas para protección solar y permitir el ingreso de aire fresco hacia el interior, aunque estas se encuentren cerradas, las ventanas ocupan un 12% del área del muro.

En la parte superior del muro de las habitaciones se ubican marcos de persianas de madera que ayudan a absorber el calor incidente permitiendo también un flujo de aire permanente a las habitaciones. La cubierta de esta área se propone con estructura de madera para que del mismo modo que las persianas absorban el calor incidente sobre la cubierta.



Las ventanas se ubican alto con visuales al cielo o vegetación para evitar posibles reflectancias fuertes que afecten a la visual. La colocación de puertas de madera

tipo persiana permiten evacuar aire caliente que pueda concentrarse en las partes bajas de las habitaciones.

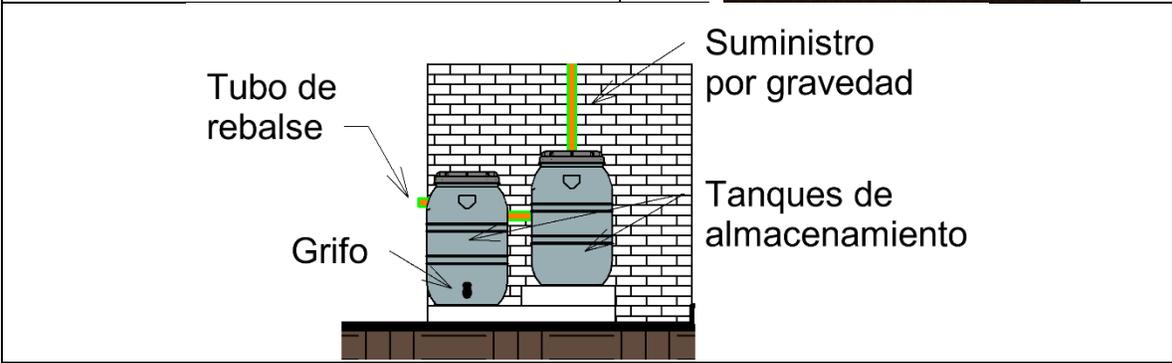
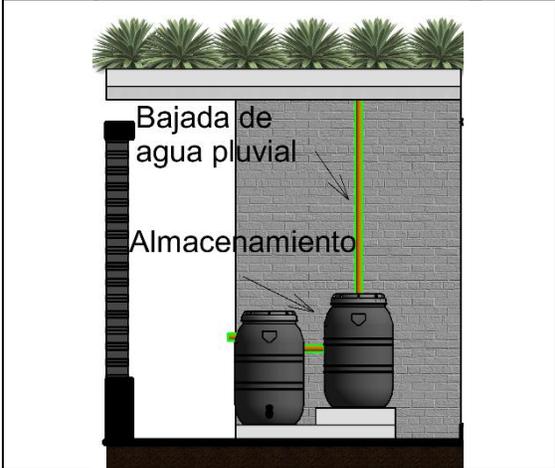
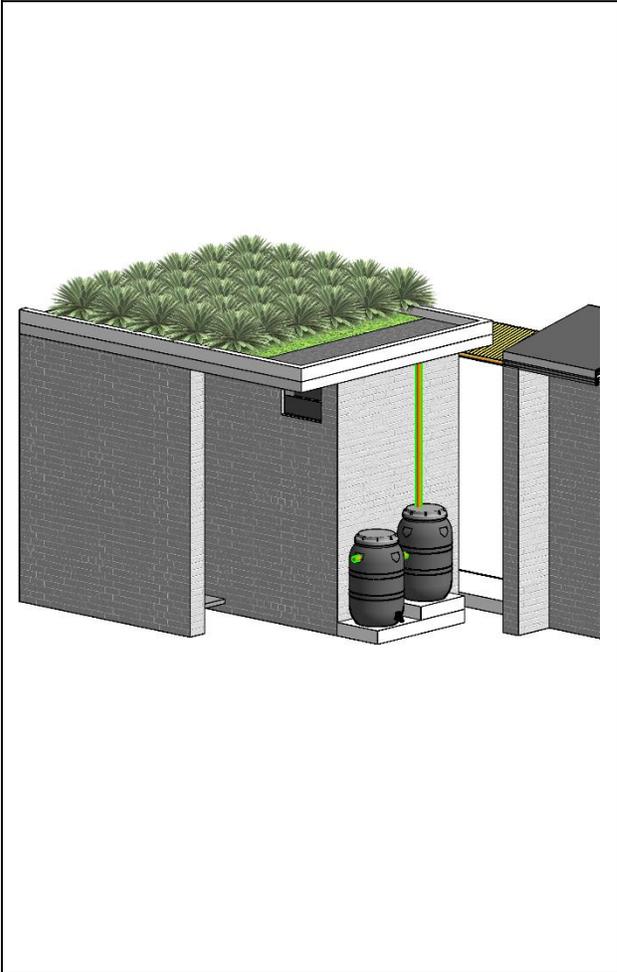
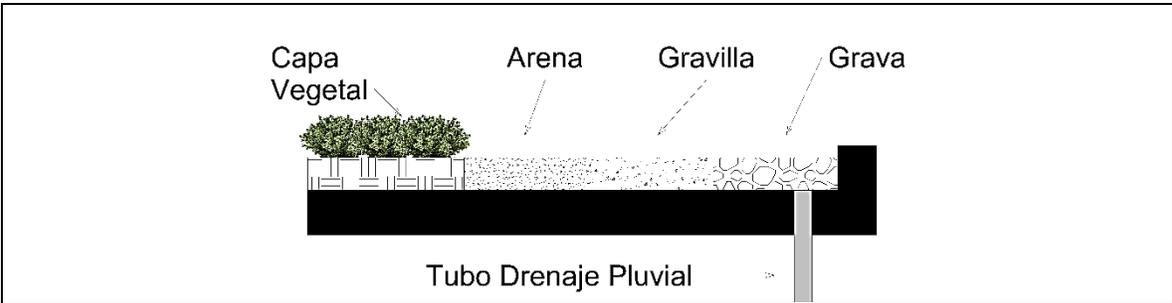


En áreas donde se concentra las personas como lo es un comedor las aberturas en muro tipo celosía orientadas hacia el norte en la base del techo brinda una ventilación cruzada.

Al tener una cubierta con capa vegetal se puede optar por instalar un sistema de captación de agua pluvial que sirva para riego para la vegetación.

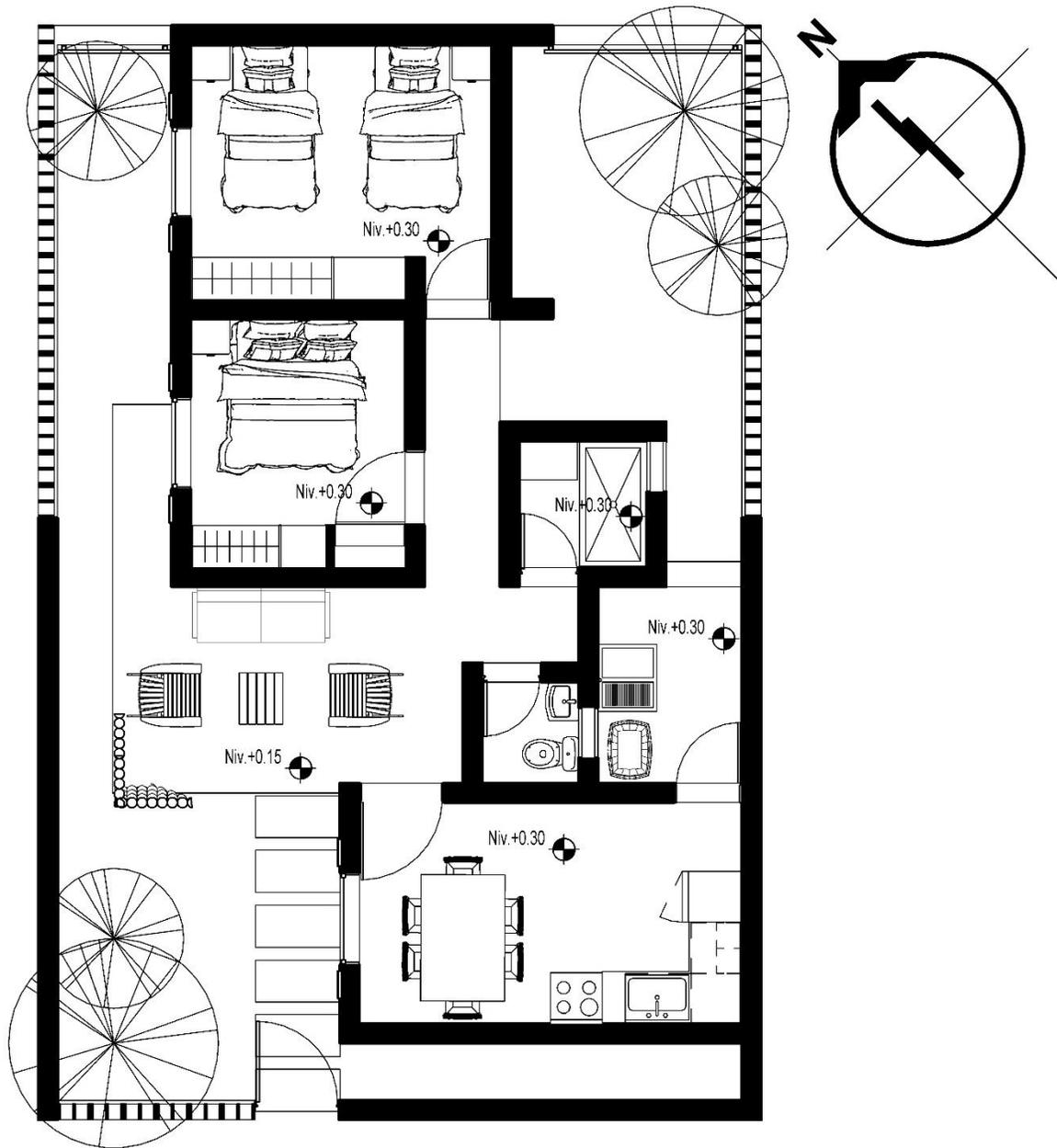
Al definir donde es conveniente ubicar los tanques de captación de agua pluvial se puede integrar diferentes grosores de gravas porosas que sirvan como un filtro, ya que están van captando residuos que pueda desprender la capa vegetal y permitiendo solo el paso de los fluidos, además se puede proteger la tubería que suministra los tanques con rejillas para evitar taponamientos.





4.2.1 Anexos

Planta arquitectónica



Alzados

Alzado Sur



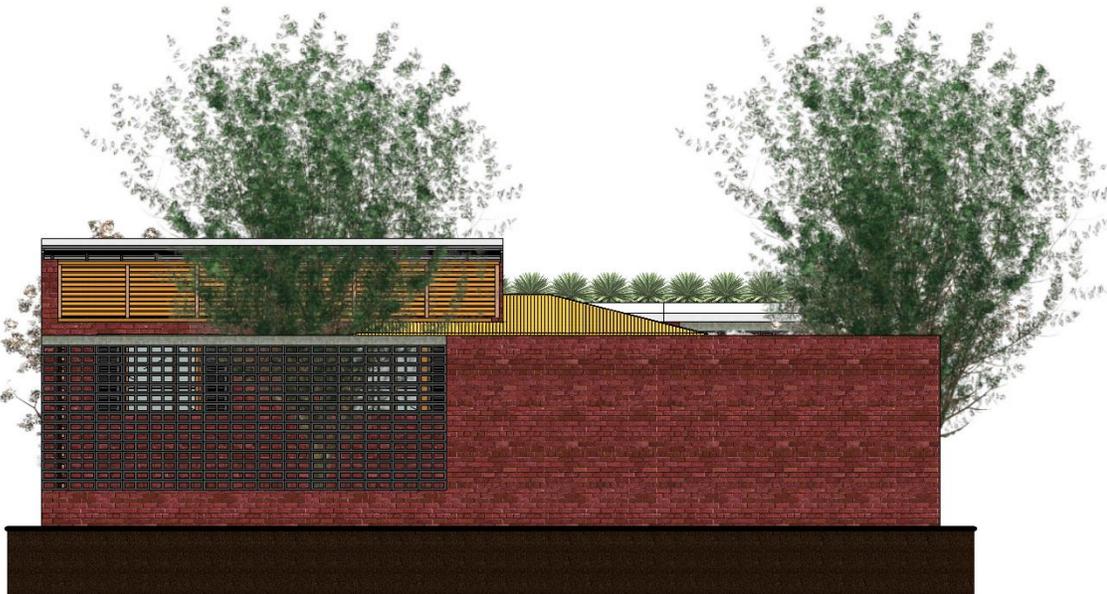
Alzado Norte



Alzado Este



Alzado Oeste



Secciones

Sección transversal



Sección longitudinal



4.3 Análisis Lumínico

Para el presente análisis se utiliza el software Revit con el plugin de Insight Lighting que es una herramienta digital que permite obtener un análisis de iluminación y luz natural a nuestra propuesta de vivienda prototipo al definir cuáles son los materiales que se emplean en el proyecto y cuál es su porcentaje de reflectancia de los mismos.

Pasos para obtener un resultado simulado:

- Ubicar el modelo en el área de estudio, de acuerdo a coordenadas geográficas.
- Indicar la orientación del Norte deseado, rotar dicha orientación en los 4 puntos cardinales para un análisis más adecuado.
- Definir las propiedades de los diferentes materiales de los que se compone nuestro proyecto como lo son ventanas, muros, cubiertas, etc.

Coefficiente medio de Reflexión⁴³	
Material	Factor Promedio de Reflexión (%)
Yeso	0.80
Esmalte Blanco	0.60-0.75
Plata Pulida	0.91-0.95
Aluminio Pulido	0.75-0.85
Cromo Brillante	0.62-0.65
Níquel Brillante	0.65-0.75
Mármol Blanco	0.50-0.80
Papel Blanco	0.80-0.85
Papel Negro	0.03
Acero	0.28
Terciopelo Negro	0.005
Vegetación	0.03-0.10
Tierra	0.08-0.20
Arena Clara	0.50
Madera Clara	0.35-0.50
Madera Oscura	0.10-0.20

Coefficiente medio de Reflexión	
Pinturas	Factor Promedio de Reflexión (%)
Blanco	0.75-0.85
Beige	0.62-0.70
Amarillo Claro	0.60-0.70
Amarillo Oscuro	0.50-0.60
Rojo Claro	0.40-0.50
Rojo Oscuro	0.15-0.30
Verde Claro	0.45-0.63
Verde Oscuro	0.05-0.30
Azul Claro	0.40-0.60
Azul Oscuro	0.05-0.20
Gris Claro	0.40-0.60
Gris Oscuro	0.15-0.25
Negro	0.01
Pardo	0.12-0.25

⁴³ Alba Alemany, Barreras, Alfonso, González Alfonso, «Climatología Iluminación y Acústica aplicable a la Arquitectura», Tabla 6.1, acceso el 06 de agosto de 2020

Simulación #1



Coordenadas

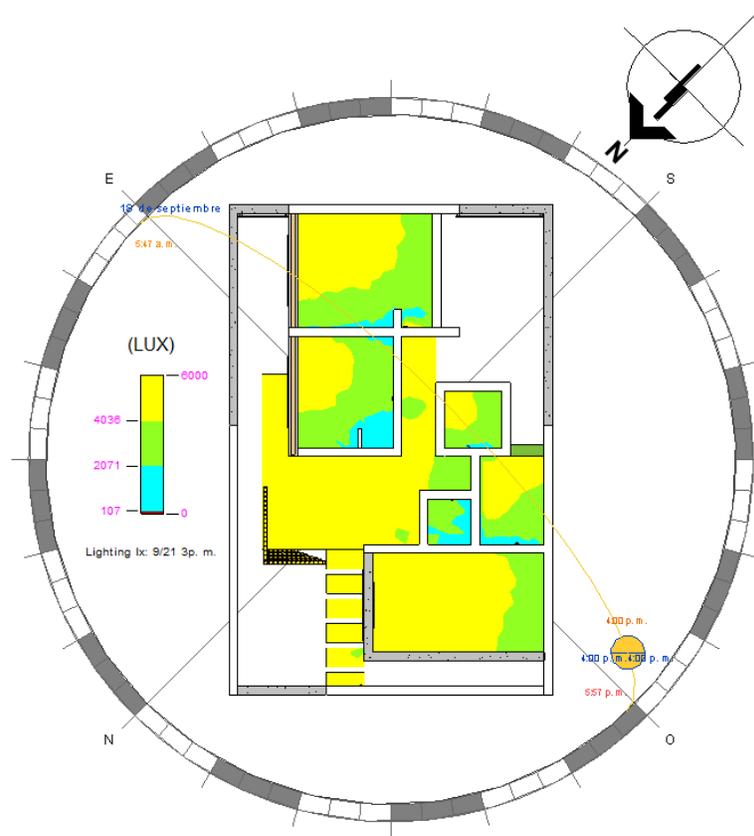
Latitud: 14.97523975372314

Longitud: -89.5283432006836

Coeficiente medio de Reflexión	
Material	Factor Promedio de Reflexión (%)
Ventana	Permite el 70% de transparencia
Muros ladrillo visto (rojo claro)	0.40-0.50
Piso concreto pulido (gris claro)	0.40-0.60
Techo en habitaciones (madera clara)	0.35-0.50
Techo cocina-comedor, cielo falso (yeso)	0.80
Cubierta de bambú (amarillo claro)	0.60-0-70

Se asigna la ubicación de Zacapa-Zacapa con un horario de las 13:00 hrs. con las propiedades de los materiales y pinturas indicados, obteniendo como resultado valores gráficos en donde el color rojo indica iluminación pobre, el color azul iluminación regular, el color verde buena iluminación y el color amarillo excelente iluminación.

Simulación #2



Coordenadas

Latitud: 14.97523975372314

Longitud: -89.5283432006836

Coeficiente medio de Reflexión	
Material	Factor Promedio de Reflexión (%)
Ventana	Permite el 70% de transparencia
Muros ladrillo visto (rojo claro)	0.40-0.50
Piso concreto pulido (gris claro)	0.40-0.60
Techo en habitaciones (madera clara)	0.35-0.50
Techo cocina-comedor, cielo falso (yeso)	0.80
Cubierta de bambú (amarillo claro)	0.60-0-70

Se asigna la ubicación de Zacapa-Zacapa con un horario de las 15:00 hrs. con las propiedades de los materiales y pinturas indicados, obteniendo como resultado valores gráficos en donde el color rojo indica iluminación pobre, el color azul iluminación regular, el color verde buena iluminación y el color amarillo excelente iluminación.

Simulación #3



Coordenadas

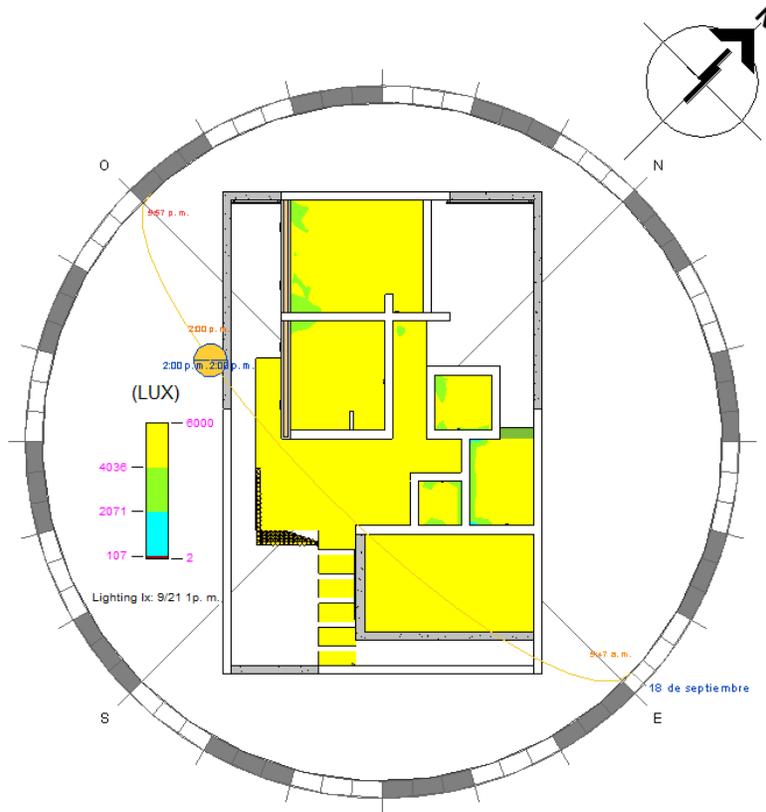
Latitud: 14.97523975372314

Longitud: -89.5283432006836

Coeficiente medio de Reflexión	
Material	Factor Promedio de Reflexión (%)
Ventana	Permite el 70% de transparencia
Muros ladrillo visto (rojo claro)	0.40-0.50
Piso concreto pulido (gris claro)	0.40-0.60
Techo en habitaciones (madera clara)	0.35-0.50
Techo cocina-comedor, cielo falso (yeso)	0.80
Cubierta de bambú (amarillo claro)	0.60-0-70

Se asigna la ubicación de Zacapa-Zacapa con un horario de las 13:00 hrs. con las propiedades de los materiales y pinturas indicados, obteniendo como resultado valores gráficos en donde el color rojo indica iluminación pobre, el color azul iluminación regular, el color verde buena iluminación y el color amarillo excelente iluminación.

Simulación #4



Coordenadas

Latitud: 14.97523975372314

Longitud: -89.5283432006836

Coeficiente medio de Reflexión	
Material	Factor Promedio de Reflexión (%)
Ventana	Permite el 70% de transparencia
Muros ladrillo visto (rojo claro)	0.40-0.50
Piso concreto pulido (gris claro)	0.40-0.60
Techo en habitaciones (madera clara)	0.35-0.50
Techo cocina-comedor, cielo falso (yeso)	0.80
Cubierta de bambú (amarillo claro)	0.60-0-70

Se asigna la ubicación de Zacapa-Zacapa con un horario de las 15:00 hrs. con las propiedades de los materiales y pinturas indicados, obteniendo como resultado valores gráficos en donde el color rojo indica iluminación pobre, el color azul iluminación regular, el color verde buena iluminación y el color amarillo excelente iluminación.

Conclusiones parciales:

- El modelo al analizarlo en 4 orientaciones diferentes conforme los 4 puntos cardinales, se identifica que las ventanas y aberturas funcionan adecuadamente respecto a la iluminación natural que ingresa a los ambientes de los que se compone.
- Al utilizar materiales amigables con el ambiente y con propiedades de reflectancia adecuado se distribuye la iluminación natural uniformemente en el interior de los diferentes ambientes.
- Al orientar las ventanas de los módulos de la vivienda adecuadamente, el ingreso de la luz natural se mantiene durante 12 hrs. (6:00 -18:00 hrs.).
- Al modificar las propiedades de los materiales por medio de la aplicación de pinturas proporciona un nivel de reflectancia mayor al que puedan brindar los diferentes materiales.
- Ubicar módulos compactos brinda versatilidad en la ubicación de un proyecto, pudiendo aplicarse en localidades y con una orientación del norte diferente.

4.4 Análisis Flujo de Viento

Para obtener un resultado del comportamiento del flujo de viento a una propuesta de vivienda prototipo se utilizó el software Flow Design que es una herramienta digital que permite simular un túnel de viento que se representa por medio de líneas que pasan a través de aberturas y ventanas de un proyecto.

Al realizar una simulación los valores se ven representados en las superficies por donde fluye el viento, es decir en muros y suelos, identificando si el viento circula sin problemas o si existe concentración de viento bochornoso afectando al confort que se busca.

Para el siguiente análisis se debe identificar las características de las que se compone un proyecto:

- Dirección del viento dominante.
- Velocidad de viento dentro del área de análisis.

Valores identificados en cuadro síntesis.	
Dirección del viento	Norte
Velocidad del viento	8.4 km/h – 2.33 m/sg

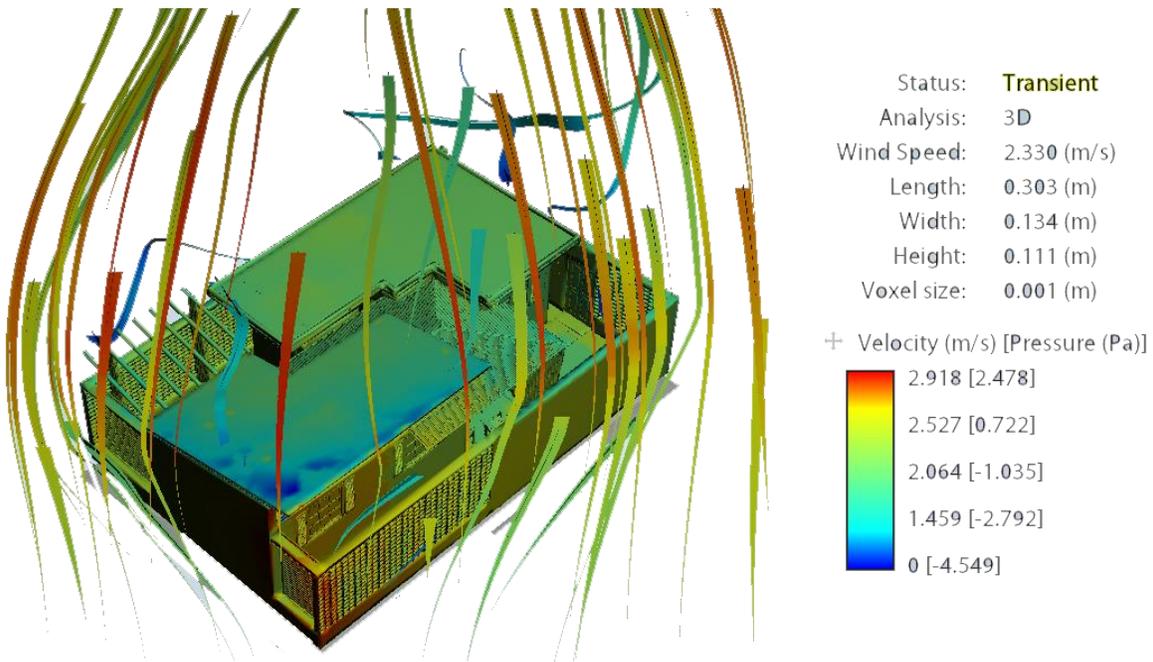
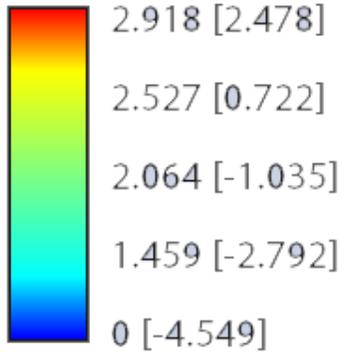


Imagen de análisis: elaboración propia.

Se asigna un valor de velocidad de viento de 2.33 metros sobre segundo para el análisis, al paso del viento a través de las diferentes aberturas y superficies va modificando su velocidad tanto de ingreso como de salida, representando dicha modificación de la siguiente manera.

⊕ Velocity (m/s) [Pressure (Pa)]



La presente gráfica se interpreta considerando:

Alcance de mayor velocidad. 

Velocidad es cero. 

Simulación flujo viento #1

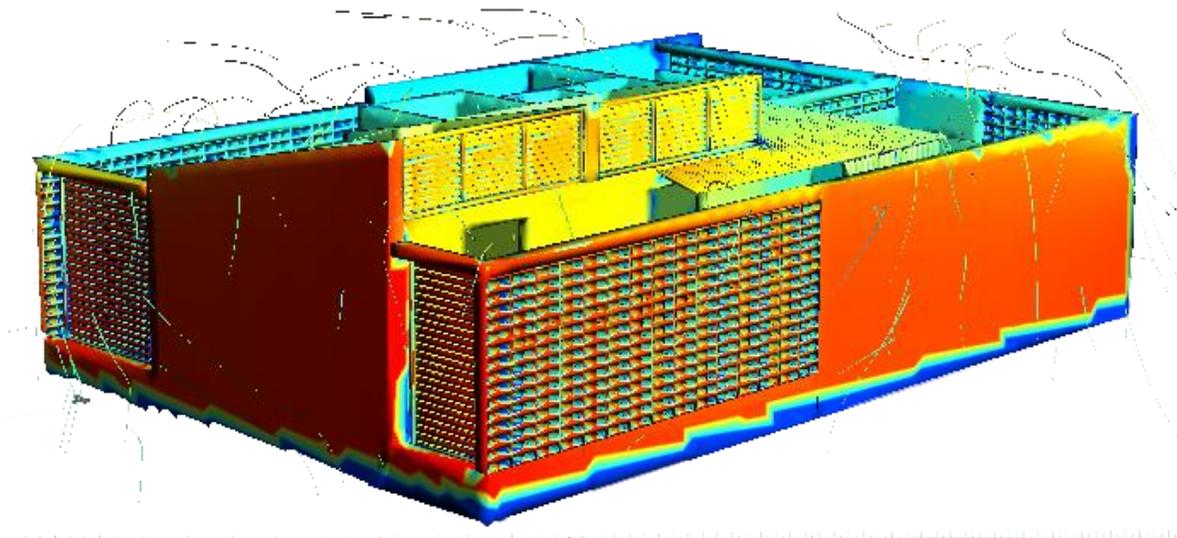
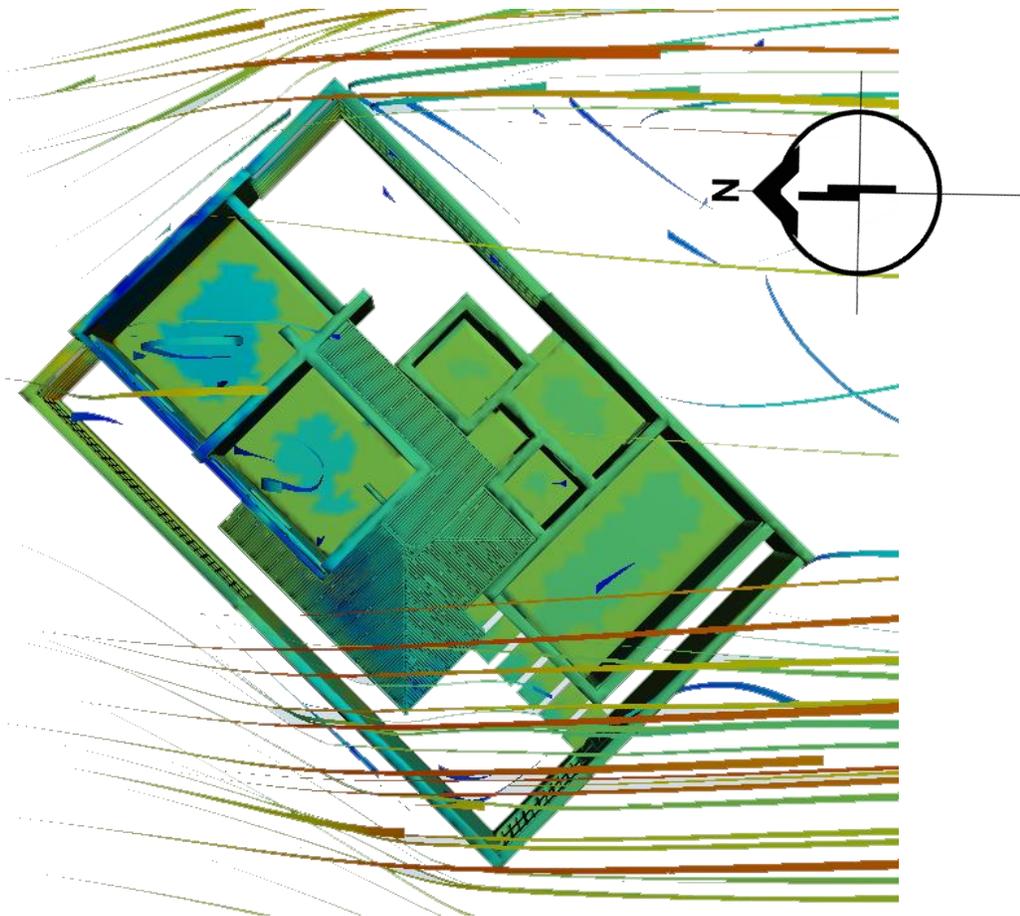
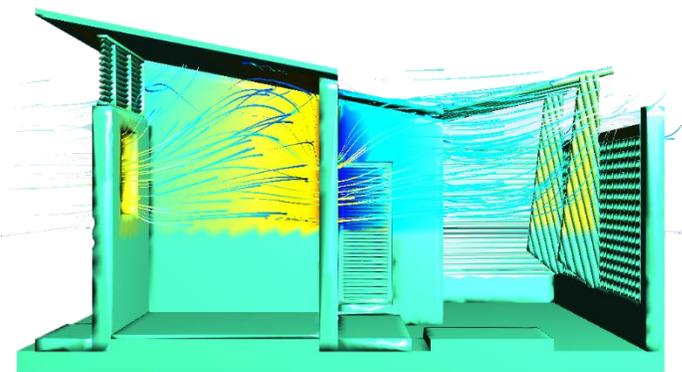
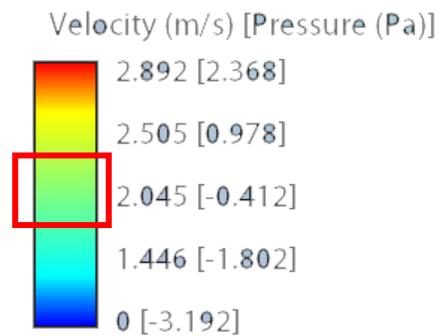


Imagen de análisis: elaboración propia.

Esta imagen representa como el flujo de viento con su velocidad máxima sobre pasa la primera barrera, siendo este caso un muro tipo celosía que permite el flujo de aire continúe disminuyendo su valor en velocidad, al encontrar otra superficie se aprecia que el viento ha cambiado, pero no de manera considerable.



Al analizar el comportamiento en el interior de las diferentes áreas del proyecto se observa que, la velocidad del viento disminuye, pero no se concentra en algún punto de las habitaciones, guardando valores de confort ya que se mantiene un flujo de aire continuo.



Se observa que la velocidad del viento se mantiene en el rango de 2.045 m/sg, por lo que la velocidad del mismo disminuyo un 12.2% de su velocidad inicial (2.33 m/sg.) lo cual indica un flujo de viento adecuado dentro de las habitaciones.

Simulación flujo viento #2

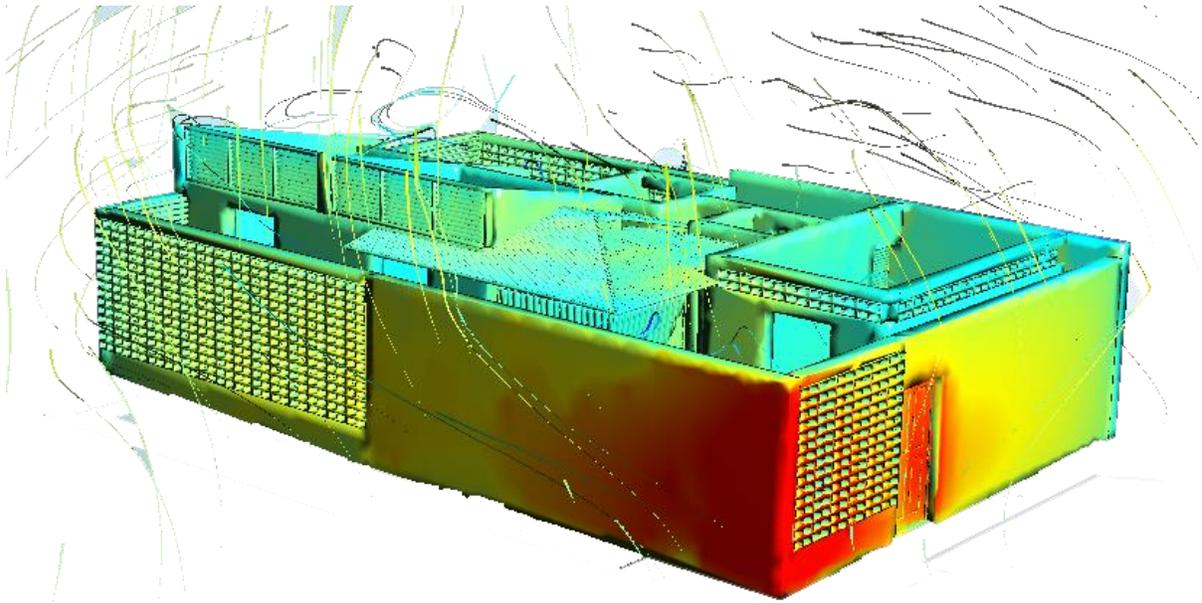
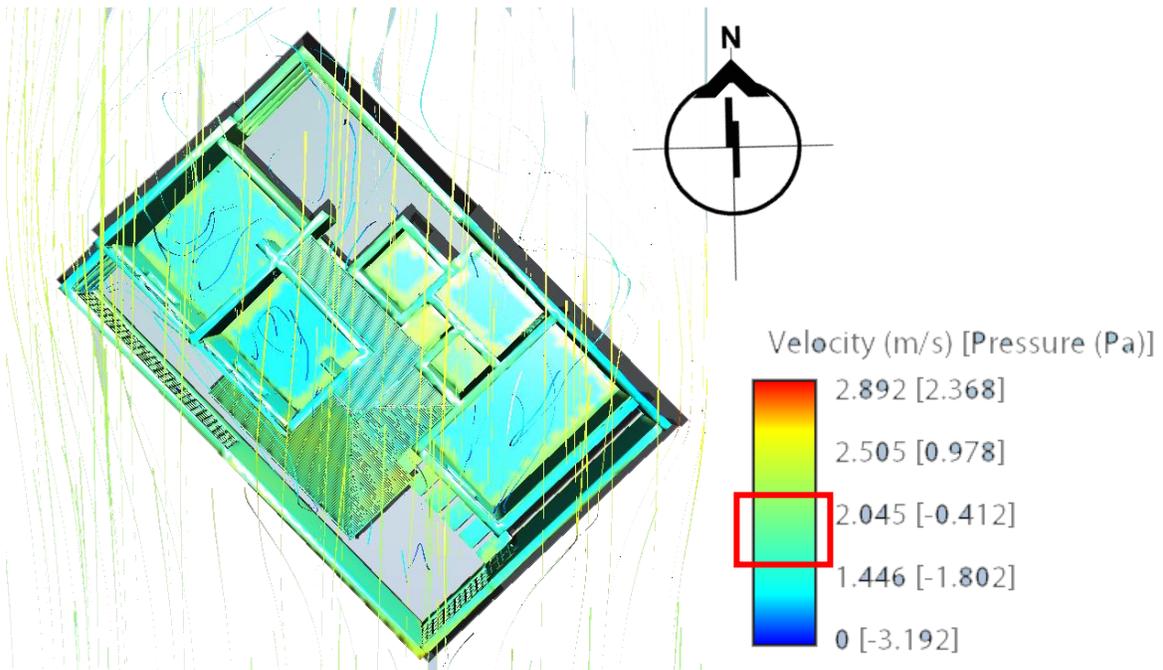
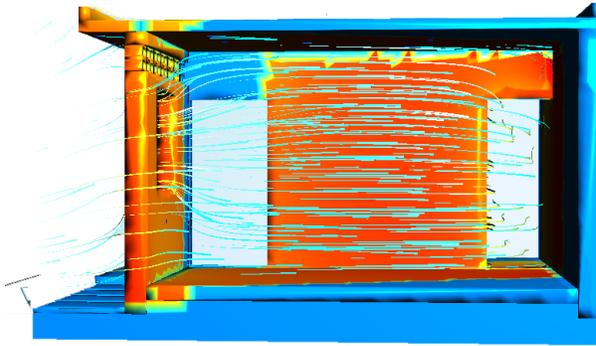


Imagen de análisis: elaboración propia.

Al analizar esta orientación se observa que la dirección del viento golpea los muros colindantes y efectivamente atraviesa el muro tipo celosía permitiendo el ingreso del viento al frente de la propuesta de vivienda principalmente y a un costado, apoyado de vegetación el aire que ingrese a las diferentes áreas será agradable a la percepción se los usuarios ya que se mantiene un flujo continuo del viento.





Se observa en una vista en planta que se mantiene un buen flujo del viento, ya que no presenta concentraciones de viento caliente que puedan afectar el confort y la permanencia prolongada en las áreas de la vivienda.

El análisis indica que la velocidad del viento sigue manteniéndose en el rango de 2.045 m/sg, por lo que

la velocidad del mismo disminuyó un 12.2% de su velocidad inicial (2.33 m/sg.) lo cual indica un flujo de viento adecuado dentro de las habitaciones.

Simulación Flujo de Viento #3

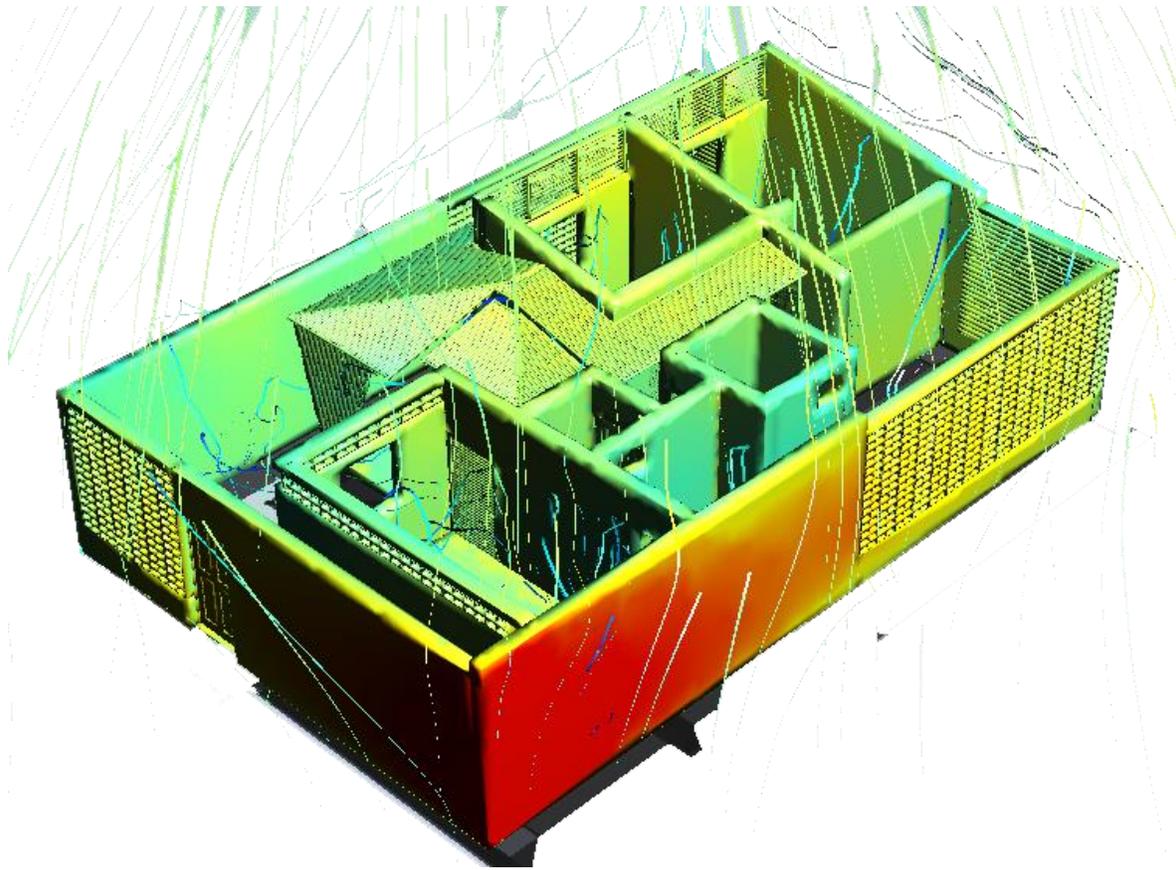
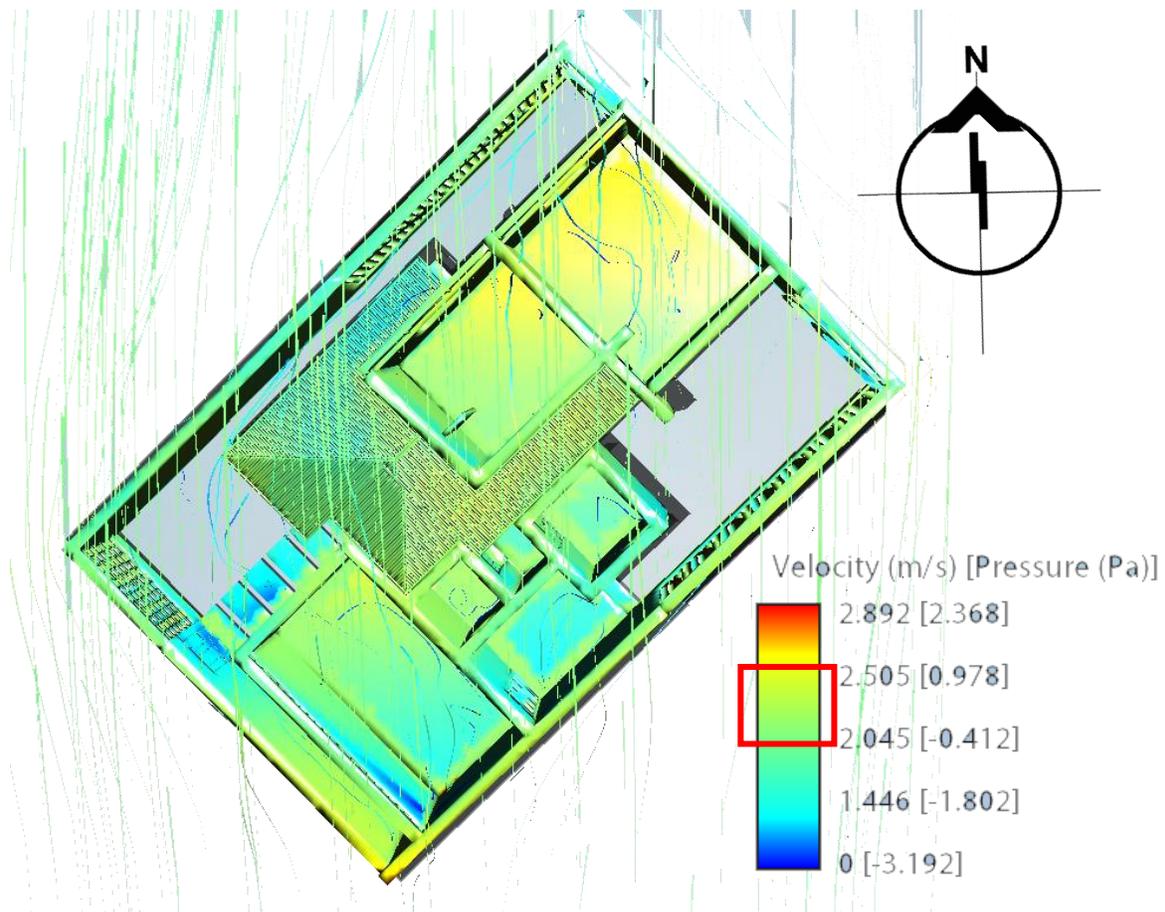
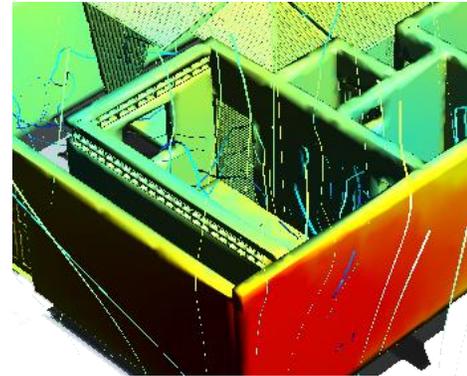
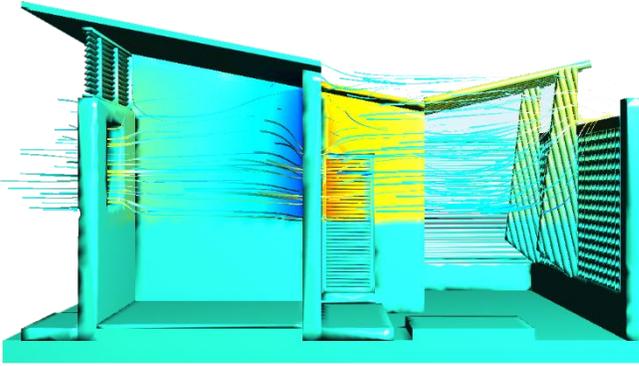


Imagen de análisis: elaboración propia.

Se observa que el muro tipo celosía funciona efectivamente para la orientación en la que pueda ubicarse esta propuesta de vivienda, permitiendo un flujo de viento optimo, ventilando las diferentes áreas de las que se compone, al ubicarse también celosía en el perímetro y parte alta de los muros, en donde no se ubica una ventana o abertura, se obtiene una ventilación cruzada siendo adecuado para áreas de concentración de usuarios en tiempos prolongados.



En este análisis se observa que el flujo de viento se comporta de mejor forma que las orientaciones anteriores, se mantiene un buen flujo del viento, no presenta concentraciones de viento caliente que puedan afectar el confort y la permanencia prolongada en las áreas de la vivienda.



La velocidad del viento se encuentra en el rango de 2.40 m/sg, por lo que la velocidad del mismo indica ser óptima en esta orientación, no se identifica perdida de la velocidad inicial (2.33 m/sg.).

Simulación Flujo de Viento #4

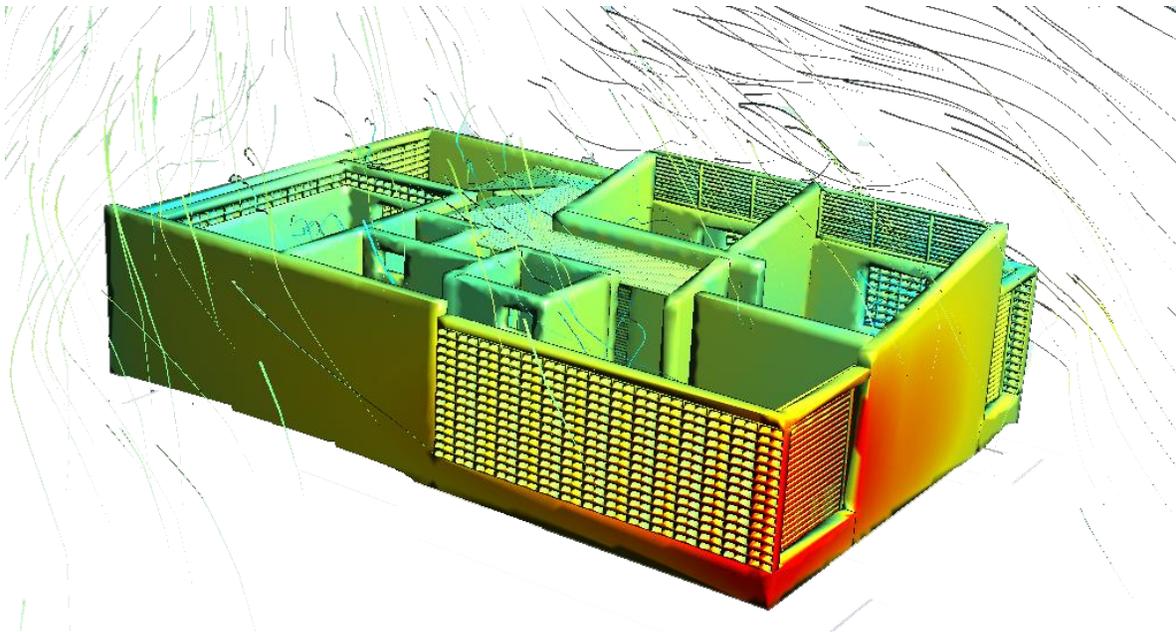
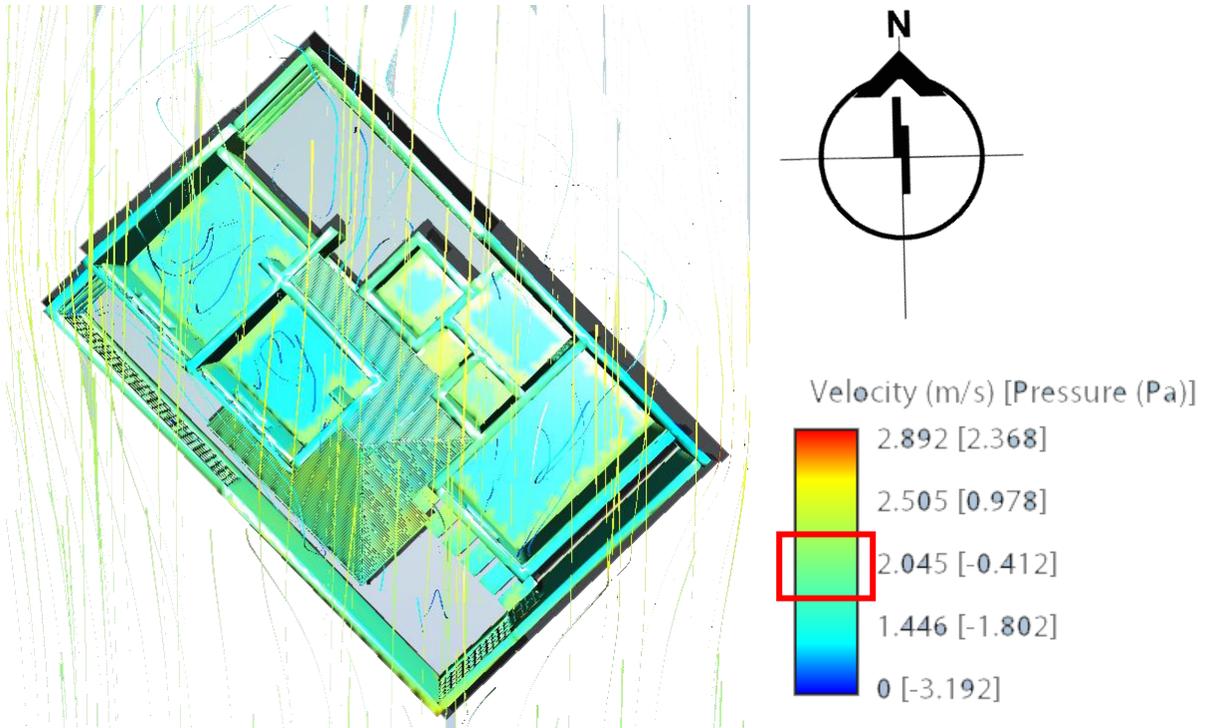


Imagen de análisis: elaboración propia.

Al igual que en la simulación #2, Se observa que la mayor concentración del viento dominante está ubicada donde se orienta el muro tipo celosía, y efectivamente atraviesa el muro tipo celosía permitiendo el ingreso del viento sin interrupciones hacia el interior, lo que permitirá ventilar sin complicaciones las áreas de las que se compone la vivienda.



Al analizar el comportamiento en el interior de las diferentes áreas del proyecto se observa que, la velocidad del viento disminuye al igual que las primeras orientaciones analizadas, pero no se concentra en algún punto de las habitaciones, guardando valores de confort ya que se mantiene un flujo de aire continuo.

Se observa que la velocidad del viento se mantiene en el rango de 2.045 m/s, por lo que la velocidad del mismo disminuyó un 12.2% de su velocidad inicial (2.33 m/s.) lo cual indica un flujo de viento adecuado dentro de las habitaciones.

Conclusiones Parciales:

- Al someter a un análisis en diferentes orientaciones en las que se podría ubicar la propuesta de vivienda, se observa que el comportamiento del flujo de viento es bueno, obteniendo confort dentro de los diferentes ambientes.
- Integrar muros tipo celosía en el perímetro de las edificaciones, permiten el ingreso y un flujo de viento sin interrupciones, obteniendo una ventilación adecuada para los ambientes de los que se compone una vivienda.
- Al diseñar de manera compacta se puede obtener pasillos externos de ventilación los cuales evitarán concentraciones de vientos bochornosos.
- Al ubicar ventanas pequeñas y batientes que permiten el ingreso del 100% del viento a través de su vano aportan a una buena ventilación.
- Integrar puertas de tipo persiana ayudan a evitar concentraciones de vientos bochornosos que puedan afectar el confort dentro de los ambientes.
- La celosía en la parte alta de los muros proporciona una ventilación cruzada que será favorable en las áreas de permanencia prolongada.

4.5 Análisis de Incidencia Solar

Para este tipo de análisis a realizar en la propuesta de vivienda, se utilizó el software CYPETHERM que es una herramienta digital en la que podremos justificar el cumplimiento del CTE DB HE1 y las Limitación de la demanda energética que este indica. Este análisis busca crear un diseño sostenible para el entorno construido, tomando en cuenta las características del sitio, sus condiciones climáticas y orientación óptima para que las edificaciones aprovechen el clima y entorno a su favor.

El DB-HE1 indica que las edificaciones se limitan en función del clima y su localización geográfica, para eso se establece una zonificación climática en la que se indican los valores máximos de transmitancia térmica para cada una de las clasificaciones de las que se compone, esto para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de los diferentes espacios que se integran en una edificación.

Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/M² °C⁴⁴					
Cerramientos y particiones interiores	Zonas A	Zonas B	Zonas C	Zonas D	Zonas E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables.	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74
Suelos	0.69	0.68	0.65	0.64	0.62
Cubiertas	0.65	0.59	0.53	0.49	0.46
Vidrios y marcos	5.70	5.70	4.40	3.50	3.10
Medianerías	1.22	1.07	1.00	1.00	1.00
<ul style="list-style-type: none"> • Se incluyen las losas o soleras enterradas no mayor a 0.50 metros. • Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de las cámaras sanitarias se consideran como suelos. • Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de devanes no habitables se consideran como cubiertas. 					

⁴⁴DB-HE1, «transmitancia térmica máxima», (Tabla 2.1), acceso el 30 de septiembre de 2020.

Para identificar la zona climática aplicable a la vivienda prototipo antes propuesta, y ya que Guatemala no cuenta con estudios para este tipo de análisis se procede a comparar las características del lugar en el que se ubica con las localidades estudiadas en el DB-HE en base a la altitud respecto al nivel del mar y el clima que posee la localidad identificada como similar al clima cálido seco de Guatemala, que es el objeto de estudio.

ZONA CLIMÁTICA D2⁴⁵										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno								U _{lim} =0.66W/m ² °C		
Transmitancia límite de suelos								U _{Slim} =0.49 W/m ² °C		
Transmitancia límite de cubiertas								U _{Clim} =0.38 W/m ² °C		
Factor solar modificado límite de lucernarios								F _{Llim} =0.31		
	Transmitancia límite de huecos U _{Hlim} W/m ² °C				Factor solar modificado límite de huecos F _{Hlim}					
					Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
% de huecos	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
0 a 10	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-	-	-	-	-
11 a 20	3.0	3.5	3.5	3.5	-	-	-	-	-	-
21 a 30	2.5	2.9	3.5	3.5	-	-	-	0.58	-	0.61
31 a 40	2.2	2.6	3.4	3.4	-	-	-	0.46	-	0.49
41 a 50	2.1	2.5	3.2	3.2	-	-	0.61	0.38	0.54	0.41
51 a 60	1.9	2.3	3.0	3.0	0.49	-	0.53	0.33	0.48	0.36

Se identifica que la zona climática aplicable al área de estudio es la Zona Climática D2, obtenida del Apéndice D del DB-HE, esta tabla indica cuales son los valores de transmitancia límites para los elementos constructivos de los que se conforma una edificación, limitaciones que se tomarán para el modelo de vivienda propuesto.

La zona climática D2 es utilizada para analizar y estudiar un área con características similares a nuestra zona de estudio, en la que se considera la altura sobre el nivel del mar que es comparada con la altura promedio obtenida en el cuadro síntesis del área de estudio, también se toma en cuenta el clima, debiendo ser este similar a las características del clima cálido seco de Guatemala para identificar y conocer cómo deben ser nuestros cerramientos tanto verticales como horizontales y sus limitaciones de transmitancia para que estos funcionen de forma óptima y así se obtenga confort en el interior de las edificaciones.

⁴⁵DB-HE1, «transmitancia térmica máxima», (Tabla D 2.14), acceso el 30 de septiembre de 2020.

El CTE proporciona valores térmicos de diseño de los materiales y productos, a continuación se mencionan los materiales que comúnmente se utilizan para la construcción en el área de estudio que se está analizando.⁴⁶

Materiales de construcción comúnmente utilizados				
Material	Densidad	Conductividad Térmica	Calor Específico	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional
	ρ kg / m³	$\lambda(1)$ W / m·°C	c_p J / kg·°C	μ
Tierra vegetal	$\rho \leq 2050$	0,52	1840	-
Tierra apisonada, adobe, bloques de tierra comprimida	$1770 \leq \rho \leq 2000$	1,10	-	-
Acero	7800	50	450	\square
Acero Inoxidable	7900	17	460	\square
Maderas Conífera				
Conífera, muy pesada	$\rho > 610$	0,23	1600	20
Conífera, pesada	$520 < \rho \leq 610$	0,18	1600	20
Conífera, de peso medio	$435 < \rho \leq 520$	0,15	1600	20
Conífera, ligera	$\rho \leq 435$	0,13	1600	20
Balsa	$\rho \leq 200$	0,057	1600	20
Placa de yeso (Cielo falso)	$750 \leq \rho \leq 900$	0,25	1000	4
Hormigón armado	$\rho > 2500$	2,50	1000	80
	$2300 < \rho \leq 2500$	2,30	1000	80
Bovedilla o casetón de hormigón convencional	590-760	1,58	1000	10
Bovedilla o casetón de hormigón de áridos ligeros	320-580	1,26	1000	6

⁴⁶CTE, «Catálogo de Elementos Constructivos del CTE», acceso el 30 de septiembre de 2020.

Materiales de construcción comúnmente utilizados				
Material	Densidad	Conductividad Térmica	Calor Específico	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional
	ρ kg / m³	$\lambda(1)$ W / m·°C	c_p J / kg·°C	μ
Bloque de hormigón convencional	520-1230	1,18	1000	10
Bloque de hormigón aligerado(macizo)	870-900	0,28	1000	6
Bloque de hormigón aligerado (hueco)	790-1110	0,45	1000	6
Ladrillo macizo LM	2300	0,85	1000	10
Teja de arcilla cocida	2000	1,00	800	30
Sodocálcico (Vidrio flotado)	2500	1,00	750	∞

Transmitancia de los materiales:

El CTE utiliza el sistema internacional con unidad de medida (k) Kelvin, pero en Guatemala se utiliza La escala de temperatura centígrada o Celsius (°C) por lo que en las tablas anteriores se identifica la escala de temperatura en (°C) para comprenderlo de mejor forma.

La transmitancia térmica U (W/m² · °C) viene dada por la siguiente expresión: $U=1/R_t$

RT: la resistencia térmica total del componente constructivo [m²· °C/ W].

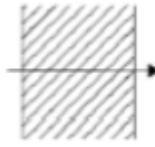
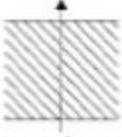
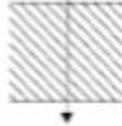
La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$R=e/ \lambda$, en donde (e) es el espesor de la capa o material, y (λ) la conductividad térmica que posee un material.

Conductividad y Resistencia Térmica de los materiales:

La cantidad de calor que pueda transmitir un material de un punto a otro dependerá de sus valores de conductividad (λ), un material con valor alto de conductividad presenta una baja resistencia térmica. La resistencia térmica se resuelve como el inverso de la conductividad térmica ($R= 1/\lambda$).

Resistencia Térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $M^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$.⁴⁷

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendientes sobre la horizontal mayor a $^\circ 60$ y flujo horizontal. 	0.04	0.13
Cerramientos verticales o con pendientes sobre la horizontal menor o igual a $^\circ 60$ y flujo ascendente (techo). 	0.04	0.10
Cerramiento horizontal y flujo descendente (suelo) 	0.04	0.17

Coeficientes de resistencia térmica de los materiales utilizados en la propuesta de vivienda prototipo.

Resistencia Térmica de los materiales	
Materiales	Coeficiente de Resistencia Térmica
Muro ladrillo 23cm de grosor	0.27
Cubierta vegetal (12cm de losa + 10 cm capa vegetal)	Losa 0.076 + capa vegetal 0.19 = 0.27
Cielo falso	0.10
Cubierta de madera (teja + impermeabilizante + madera)	0.20
Vidrio de 12.7mm	0.013
Muro adobe 20cm de grosor	0.18

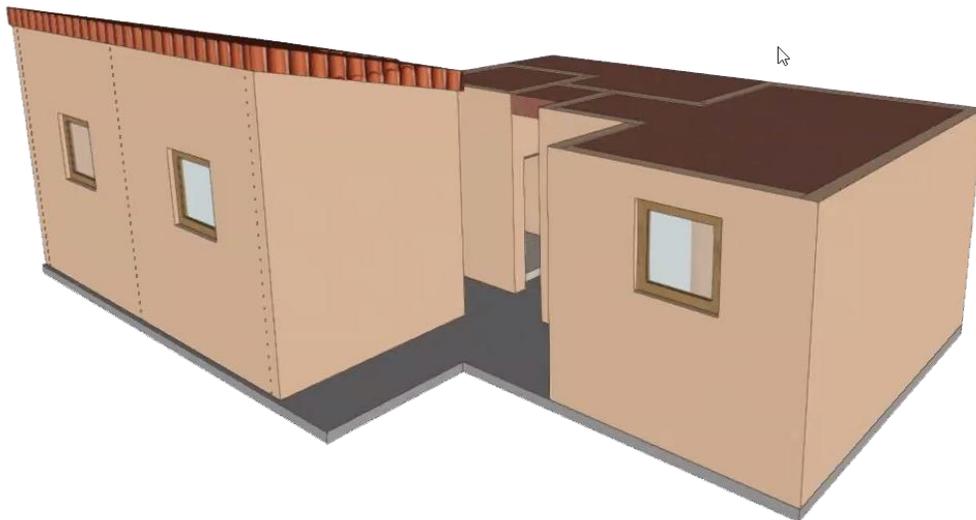
⁴⁷DA DB-HE / 1, «tabla 1», acceso el 03 de octubre de 2020.

Simulación Resistencia Térmica de los materiales propuestos

Para este análisis se utiliza un software en el que por medio de modelo 3D, se diseña y dimensiona su envolvente, el cual verifica y justifica el cumplimiento del CTE a un proyecto, el programa realiza un estudio térmico y de climatización, en el que permite al usuario definir manualmente un análisis numérico de los elementos. El programa puede generar mensajes de advertencia en los casos en que se detecten incidencias que invaliden los resultados deseados.

Para este tipo de simulación de Resistencia Térmica, se procede a realizar lo siguiente:

- Se debe identificar a que zona climática pertenece, identificado según análisis del CTE.
- Elaborar el modelo 3D en la plataforma a realizar el respectivo análisis, con las características de diseño planteadas anteriormente.
- Se definen las características de los cerramientos tanto verticales (muros) como horizontales (cubiertas y suelos), es decir las propiedades de los materiales del que se propone y la resistencia térmica que se identificó.

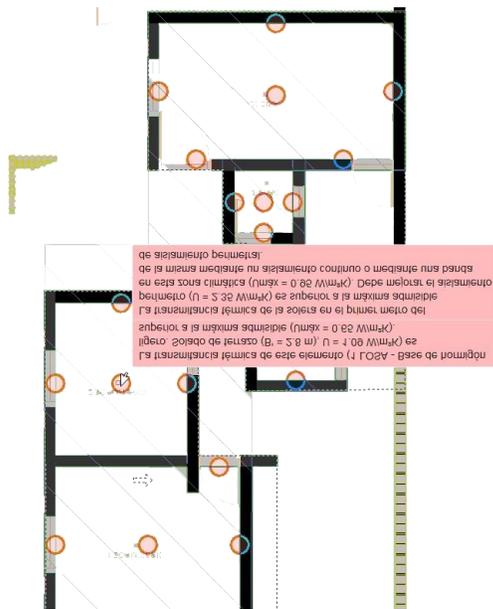


Modelo 3D elaborado para análisis.

Al momento de realizar una hipótesis del comportamiento de los materiales con la resistencia indicada en la tabla anterior, el software indica que los elementos de cerramiento constructivos, tanto verticales como horizontales no cumplen con la demanda de Resistencia Térmica que necesitan. Indicando que:

Suelos en contacto con el terreno, indican estar por encima del valor máximo admisible para que se apruebe su correcto funcionamiento, ya que la transmitancia térmica de suelo se encuentra en $1.09 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, y la máxima permitida es de $0.64 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Los cerramientos verticales (muros de ladrillo macizo) se encuentran con un valor de transmitancia térmica de $2.53 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, siendo superior a la máxima admisible $0.86 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, en la que hipotéticamente se ocasionan grandes condensaciones que afectan al proyecto.



Las cubiertas analizadas hipotéticamente presentan deficiencias y se debe de mejorar agregando capas que indiquen un correcto aislamiento térmico para el tipo de clima que se está estudiando, ya que la transmitancia térmica es de $1.09 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, siendo igualmente superior a la máxima admisible $0.49 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

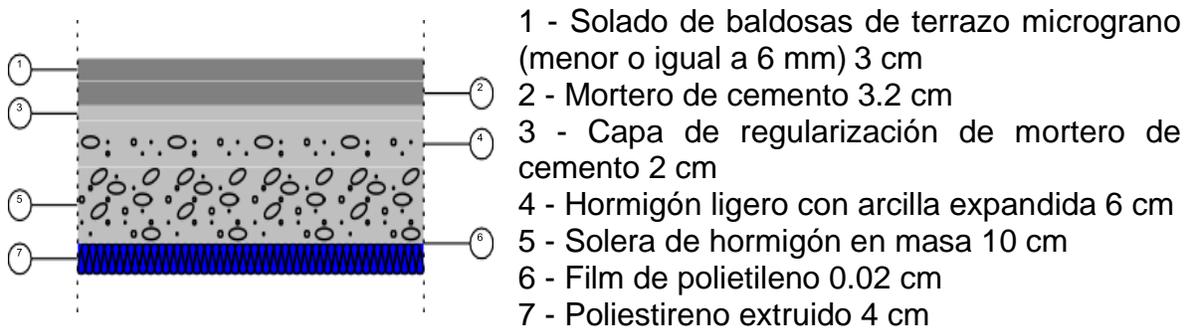
Nota:

Al analizar la hipótesis que realiza la herramienta digital en base al comportamiento de resistencia térmica, se concluye en que se deben de realizar pruebas de los diferentes cerramientos de los que se compone el proyecto, modificando sus características, como por ejemplo agregando capas aislantes, impermeabilizantes, entre otros, que permitan que la transmitancia térmica de los elementos se encuentre por debajo del límite admisible establecido en las tablas anteriores para que la resistencia térmica de cada uno de los elementos funcione adecuadamente hipotéticamente al clima objeto de estudio.

Hipótesis con mejora de las características de los diferentes cerramientos, para cumplir con la demanda de transmitancia térmica admisible según la zona climática definida (Z. D2).

Mejoras en las características de suelos en contacto con el terreno.

Listado de capas:



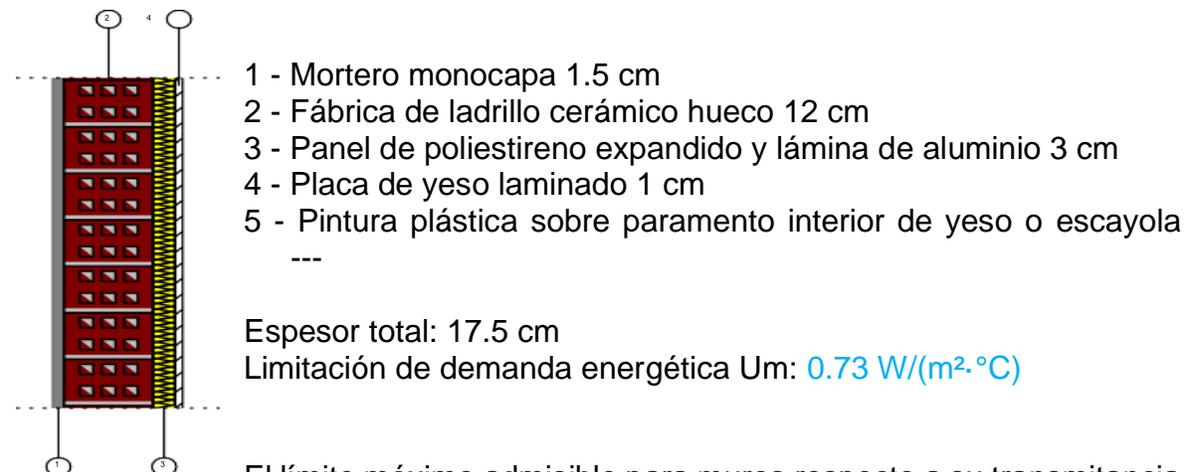
Espesor total: 28.22 cm

Limitación de demanda energética Us: $0.40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

El límite máximo admisible para suelos respecto a su transmitancia térmica es de $0.64 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y con estas características el suelo presenta una transmitancia de $0.40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, por lo que se está cumpliendo con los requerimientos.

Mejoras en las características de muros exteriores.

Listado de capas:

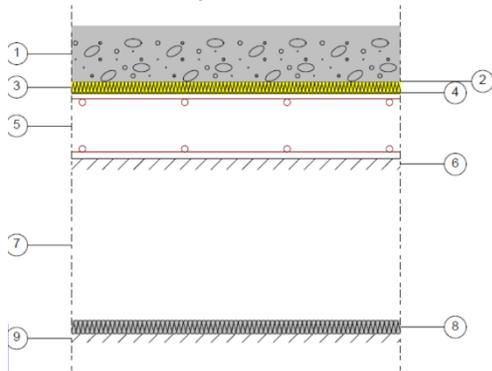


El límite máximo admisible para muros respecto a su transmitancia térmica es de $0.86 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y con estas características el muro presenta una transmitancia de $0.73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, por lo que se está cumpliendo con los requerimientos.

Mejoras en las características de cubiertas.

Listado de capas:

Listado de capas:



- 1 - Tierra cruda con densidad 1000 kg/m³ 10 cm
- 2 - EPS Poliestireno Expandido 0.1 cm
- 3 - XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC 2 cm
- 4 - EPS Poliestireno Expandido 0.1 cm
- 5 - Losa maciza 12 cm 12 cm
- 6 - Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000 2 cm
- 7 - Cámara de aire sin ventilar 27.5 cm
- 8 - Aglomerado de corcho expandido 2.5 cm

9 - Falso techo continuo de placas de escayola 1.6 cm

10 - Pintura al temple sobre paramento interior de yeso o escayola ---

Espesor total: 57.8 cm

Limitación de demanda energética Uc refrigeración: 0.48 W/(m²·°C)

El límite máximo admisible para cubiertas respecto a su transmitancia térmica es de 0.49 W/m² °C y con estas características la cubierta presenta una transmitancia de 0.48 W/(m²·°C), por lo que se está cumpliendo con los requerimientos.



En esta imagen se observa que, al aplicar las modificaciones de los cerramientos, con las diferentes capas de las que se conforma cada elemento, parece funcionar correctamente sin avisos y mensajes de advertencia, bajo las condiciones climáticas que se le asignaron, en este caso siendo una propuesta de vivienda social mínima para el clima cálido seco de Guatemala.

Materiales

Capas						
Materiales	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
Aglomerado de corcho expandido	2.5	130	0.036	0.6944	1000	1
Capa de grava	10	1950	2	0.05	1050	50
Capa de regularización de mortero de cemento	2	1900	1.3	0.0154	1000	10
Capa de regularización de mortero de cemento	4	1900	1.3	0.0308	1000	10
EPS Poliestireno Expandido	0.1	30	0.046	0.0217	1000	20
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	6	930	0.375	0.16	1000	10
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	12	920	0.522	0.23	1000	10
Falso techo continuo de placas de escayola	1.6	825	0.25	0.064	1000	4
Film de polietileno	0.02	920	0.33	0.0006	2200	100000
Formación de pendientes con arcilla expandida vertida en seco	10	350	0.1	1	1000	4
Geotextil de poliéster	0.08	250	0.038	0.0211	1000	1
Geotextil de poliéster	0.15	200	0.038	0.0395	1000	1
Hormigón ligero con arcilla expandida	6	690	0.22	0.2727	1000	10
Impermeabilización con PVC monocapa no adherida	0.12	1390	0.17	0.0071	1000	50000
Losa maciza 12 cm	12	2500	2.5	0.048	1000	80
Mortero de cemento	3.2	1900	1.3	0.0246	1000	10

Mortero monocapa	1.5	1200	0.34	0.0441	1000	10
Panel de poliestireno expandido y lámina de aluminio	3	30	0.034	0.8824	1000	20
Placa de yeso laminado	1	825	0.25	0.04	1000	99999
Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000	2	900	0.25	0.08	1000	4
Poliestireno extruido	4	38	0.034	1.1765	1000	100
Solado de baldosas de terrazo micrograno (menor o igual a 6 mm)	3	1700	1.3	0.0231	1000	40
Solera de hormigón en masa	10	2500	2.3	0.0435	1000	80
Tierra cruda con densidad 1000 kg/m ³	10	1000	0.4	0.25	1000	3
XPS Expandido con hidrofluorcarbonos	2	37.5	0.039	0.5128	1000	20
Abreviaturas utilizadas						
e	<i>Espesor (cm)</i>		RT	<i>Resistencia térmica (m²·°C/W)</i>		
ρ	<i>Densidad (kg/m³)</i>		Cp	<i>Calor específico (J/(kg·°C))</i>		
λ	<i>Conductividad térmica (W/(m·°C))</i>		μ	<i>Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua ()</i>		

Conclusiones parciales

- Los materiales previstos inicialmente, hipotéticamente no cuentan con las características requeridas de Resistencia Térmica para cumplir adecuadamente ante las condiciones climáticas de la zona de estudio.
- Las características de los diferentes cerramientos de un proyecto deben auxiliarse con materiales industrializados que cuenten con análisis de laboratorio para así poder cumplir con lo requerido en la demanda de transmitancia y resistencia térmica, y así poder realizar pruebas o hipótesis de su correcto funcionamiento.
- La tabla de indicadores límites máximos admisibles, aporta como una herramienta significativa en la que se intenta conocer cuáles son los parámetros adecuados que deben alcanzar los diferentes cerramientos para unas condiciones similares a la zona de estudio.

MATRIZ DE REGISTRO E INDICADORES DE VARIABLES A EDIFICACIONES SEGÚN SU ZONA CLIMÁTICA.

DEPARTAMENTO	Zacapa	CLIMA	Cálido Seco
MUNICIPIO	Zacapa	ALTURA (MSNM)	326 msnm
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	Latitud: 14.97523975372314 Longitud: 89.5283432006836	ZONA CLIMÁTICA (CTE)	D2

VARIABLES	GRADO DEL COMPORTAMIENTO		
	BUENO	REGULAR	MALO
OCUPACIÓN	Compacto-aislado	Compacto-adosado	Denso-adosado
ORIENTACIÓN EDIFICACIÓN	45° noreste	Eje largo norte-sur	Eje largo este-oeste
VIENTO	Aberturas 10 a 20%	Aberturas 20 a 30%	Aberturas mayores a 30%
REFLECTANCIA MATERIALES	50 a 80%	35 a 50%	Menores de 35%
RESISTENCIA TÉRMICA EN SUELOS	Menores de 0.49 W/m ² °C	Mayores de 0.49 W/m ² °C y menores de 0.64 W/m ² °C	Mayores de 0.64 W/m ² °C
RESISTENCIA TÉRMICA MUROS	Menores de 0.66 W/m ² °C	Mayores de 0.66 W/m ² °C y menores de 0.86 W/m ² °C	Mayores de 0.86 W/m ² °C
RESISTENCIA TÉRMICA CUBIERTAS	Menores de 0.38 W/m ² °C	Mayores de 0.38 W/m ² °C y menores de 0.49 W/m ² °C	Mayores de 0.49 W/m ² °C

Simbología	
Bueno	
Regular	
Malo	

1	2	3	4	5	6	
						Eficiente
						Regular
						Ineficiente

PRESUPUESTO

Presupuesto Vivienda Prototipo						
No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	Total General
1	Trabajos preliminares					
1.1	cerramiento perimetral	ml	43	Q150.00	Q6,450.00	
1.2	limpieza y chapeo	m2	110.5	Q10.00	Q1,105.00	
1.3	bodega	global	1	Q1,760.00	Q1,760.00	
1.4	acometida hidráulica	global	1	Q1,750.00	Q1,750.00	
1.5	acometida eléctrica	global	1	Q2,000.00	Q2,000.00	Q13,065.00
2	Movimiento de tierras					
2.1	corte-relleno	m3	3	Q1,500.00	Q4,500.00	
2.2	nivelación-compactación	m2	110.5	Q50.00	Q5,525.00	Q10,025.00
3	Trazo	global	1	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00
4	Cimentación	ml	90	Q275.00	Q24,750.00	Q24,750.00
5	levantado muro					
5.1	ladrillo	m2	205.7	Q180.00	Q37,026.00	
5.2	panel de poliestireno expandido 3cm	panel	54	Q90.00	Q4,860.00	
5.3	placa de yeso 1cm	m2	161.7	Q25.00	Q4,042.50	
5.4	monocapa	saco	30	Q68.00	Q2,040.00	
5.5	ladrillo celosía	m2	35	Q150.00	Q5,250.00	Q53,218.50
6	Cubiertas					
6.1	cubierta verde	m2				
6.1.1	Tierra vegetal 10cm	m3	6.6	Q200.00	Q1,320.00	
6.1.2	poliestireno expandido 1mm	m2	66	Q40.50	Q2,673.00	
6.1.3	poliestireno extruido 2cm	m2	66	Q75.00	Q4,950.00	
6.1.4	poliestireno expandido 1mm	m2	66	Q40.50	Q2,673.00	
6.1.5	losa maciza 12cm	m2	66	Q475.00	Q31,350.00	
6.1.6	placa de yeso 2cm	m2	40.2	Q25.00	Q1,005.00	
6.1.7	cielo falso	m2	21.3	Q60.00	Q1,278.00	Q45,249.00
7	Instalaciones					
7.1	eléctricas	global	1	Q5,000.00	Q5,000.00	
7.2	hidráulicas	global	1	Q2,000.00	Q2,000.00	
7.3	sanitarias	global	1	Q3,600.00	Q3,600.00	Q10,600.00
8	Contrapiso					
8.1	baldosa	m2	55	Q90.00	Q4,950.00	
8.2	mortero de cemento 3.2cm	saco	14	Q79.50	Q1,113.00	
8.3	capa nivelación mortero cemento 2cm	saco	14	Q42.95	Q601.30	
8.4	hormigon ligero 6cm	m3	3.3	Q1,000.00	Q3,300.00	
8.5	hormigon base 10cm	m3	5.5	Q1,000.00	Q5,500.00	
8.6	Film de polietileno 0.02 cm	m2	55	Q8.00	Q440.00	

8.7	poliesireno extruido 4cm	panel	19	Q150.00	Q2,850.00	Q18,754.30
9	Acabados					
9.1	puertas	global		Q5,350.00	Q5,350.00	
9.2	ventanas	global		Q2,650.00	Q2,650.00	
9.3	celosia de madera tipo persiana	m2	5.15	Q195.00	Q1,004.25	Q9,004.25
10	Complementarias					
10.1	cubierta bambú	m2	13.5	Q550.00	Q7,425.00	
10.2	Pérgola	m2	8	Q300.00	Q2,400.00	Q9,825.00
Total Costos Directos del Proyecto						Q196,991.05

Gastos administrativos	10%	Q19,699.11
Supervisión	5%	Q9,849.55
Impuestos del proyecto	15%	Q29,548.66
Utilidad	4%	Q7,879.64
Total Costos Indirectos		Q66,976.96
Total Costo Proyecto		Q263,968.01

Costo por metro cuadrado
costo del proyecto/80 m2
Q. 268,383.85/80 m2
Q3,299.60

CONCLUSIONES GENERALES

- Se elaboró un modelo metodológico para identificar las variables y criterios bioclimáticos para el clima cálido seco de Guatemala, este modelo puede ser aplicado a otros climas con el objetivo de conocer cuáles son los criterios adecuados que se deben de tomar en cuenta al momento de diseñar.
- Se obtiene un modelo arquitectónico de vivienda social que puede ser replicado para el clima cálido seco, aplicando diferentes criterios bioclimáticos, normativas y/o leyes municipales vigentes, y así poder generar una vivienda social funcional, adaptándola a las costumbres arquitectónicas de la región.
- Como resultados se obtienen conclusiones parciales por cada una de las variables analizadas, por medio de simulaciones y la observación de cómo se comportan en 4 diferentes orientaciones.
- La Matriz de Registro e Indicadores de Variables a Edificaciones según su Zona Climática, es una de las herramientas más significativas como resultado del presente estudio, intenta realizar un análisis que puede ser subjetivo, ya que el investigador se basa en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes softwares.
- Los resultados de la aplicación del Código Técnico de Edificabilidad -CTE-, constituye una herramienta para establecer indicadores del comportamiento de los materiales según sea el caso de estudio, pueden ser comparados y aplicados al clima de Guatemala.
- No se cuentan con estudios en Guatemala que estandaricen metodologías de trabajo para la certificación de un análisis climático a las edificaciones, limitando el crecimiento sostenible a nivel arquitectónico, por lo que estamos sujetos a recurrir a estudios elaborados en el extranjero que cuenten con características similares a las condiciones climáticas que posee Guatemala.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la metodología planteada en el presente estudio para poder replicarlo en otros climas que posee Guatemala y así contribuir en los análisis de variables y criterios bioclimáticos de cada uno de ellos.
- La academia debe fomentar el desarrollo de cursos de eficiencia energética y Física de edificaciones, para promover diseños sostenibles que ahora en día demanda el cambio climático.
- Se realizan de simulaciones para observar el comportamiento de las edificaciones ante las condiciones climáticas en la que se pueda originar, sin embargo, es necesario realizar un prototipo a escala real para comprobar físicamente el funcionamiento, además de someter a pruebas de laboratorio cada uno de los materiales de construcción de los que se compone.
- Se deben realizar estudios detallados de las diferentes zonas climáticas de Guatemala y sus clasificaciones, para que puedan ser reguladas y normadas, y así poder obtener certificaciones de eficiencia energética a las edificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Abel Ruíz, Alejandro Pérez, «Microclima Urbano y Vivienda Apropiaada para la Habana», (tesis, ISPJAE), acceso el 18 de agosto de 2020
- Alba Alemany Barreras, Gonzalez Alfonso Alfonso, «Climatología Iluminación y Acústica aplicable a la Arquitectura», Tesis de Licenciatura, Ciudad de la Habana 1986.
- Arq. Carlos Valladares, «Modelo Integrado de Evaluación Verde (MIEV)», (Documento, Consejo Verde y de la Arquitectura de Guatemala), acceso el 25 de agosto de 2020.
- CTE. «Código técnico de edificabilidad», (apoyo al documento básico , DA-HE/1,2,3), 2015.
- FHA. «Normas de Planificación y Construcción del FHA», acceso el 06 de agosto de 2020.
- Gerónimo Pérez, «Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida», Universidad Rafael Landivar-IARNA (2018).
- Maridol González Dardón, «Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola para la Región III» Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003, http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1144.pdf
- Mario Véliz, «Las Cactáceas de Guatemala», (libro, Universidad de San Carlos de Guatemala), acceso el 03 de agosto de 2020, <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/06/LasCactceasdeGuatemala.pdf>
- Oliva Hurtarte, Julio Arturo, «Diseño Climático para Edificaciones en la Zona Seca Oriental de País», Tesis Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1982.
- Ramón Guerrero Pérez, «Edificación y eficiencia energética en los edificios», ({UF}0569) (IC Editorial, 2013).

EGRAFÍAS

«El bioclimatismo | BIOCLIMATISMO», acceso el 19 de enero de 2020, <https://bioclimatismojiloca.wordpress.com/el-bioclimatismo>.

«El bioclimatismo | BIOCLIMATISMO», acceso el 07 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-temperosistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendassociales?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

INSIVEMEH, «Normales Climáticas», acceso el 28 de junio de 2020, <http://historico.insivumeh.gob.gt/normas-climaticas/>

«Plan B Guatemala / DEOC Arquitectos», acceso el 11 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

«Vivienda Bioclimática en Tenerife / Ruiz Larrea y Asociados», acceso el 05 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-143070/viviendabioclimatica-en-tenerife-ruiz-larrea-yasociados?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects.

«Vivienda Social en Pinotepa Nacional / HDA: Hector Delmar Arquitectura + M+N Diseño», acceso el 05 de marzo de 2020, https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/932169/vivienda-social-en-pinotepa-nacional-hda-hector-delmar-arquitectura-plus-m-plus-n-diseno?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects

Weather Spark, «El Clima Promedio en Chiquimula», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12313/Clima-promedio-en-Chiquimula-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Weather Spark, «El Clima Promedio en El Progreso», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12308/Clima-promedio-en-El-Progreso-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Weather Spark, «El Clima Promedio en Zacapa», acceso el 13 de noviembre de 2019, <https://es.weatherspark.com/y/12282/Clima-promedio-en-Zacapa-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Guatemala, 15 de junio de 2023

Arquitecto
Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento he realizado la revisión de estilo del proyecto de graduación ***Variables y criterios de diseño bioclimático para el clima cálido seco de Guatemala***, del estudiante ***Adrián Eduardo Hernández López***, de la Facultad de Arquitectura, carné universitario ***número: 201314982***, previamente a conferírsele el título de ***Arquitecto*** en el grado académico de Licenciado.

Luego de las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta cumple con la calidad técnica y científica requerida.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,

Alan Gabriel Mogollón Ortiz
LICENCIADO EN LETRAS
COL. 31632



Alan Gabriel Mogollón Ortiz
Colegiado No. 31632

**"VARIABLES Y CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CLIMA CÁLIDO SECO
DE GUATEMALA"**

Proyecto de Graduación desarrollado por:



Adrián Eduardo Hernández López

Asesorado por:



MSC.ARQ. Giovanna Beatrice Maselli Loiza



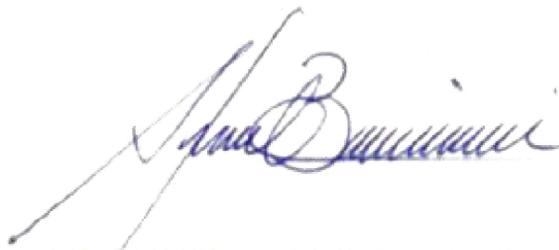
ARQ. Eddie Orlando López de León



ARQ. Al Moshe Asturias Romero

Imprímase:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano

