



ISBN: 978-99983-69-24-5 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-36-8 (E-book, pdf)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS COMPARATIVO DE VARIABLES CLIMÁTICAS ENTRE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y VIVIENDA CONVENCIONAL DE INTERÉS SOCIAL, CONSTRUIDAS EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR

EN ASOCIO CON HÁBITAT PARA LA HUMANIDAD

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA

DOCENTE COINVESTIGADOR
TEC. DAVID ERNESTO CHÁVEZ ESCALANTE

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





ISBN: 978-99983-69-24-5 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-36-8 (E-book, pdf)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS COMPARATIVO DE VARIABLES CLIMÁTICAS ENTRE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y VIVIENDA CONVENCIONAL DE INTERÉS SOCIAL, CONSTRUIDAS EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR

EN ASOCIO CON HÁBITAT PARA LA HUMANIDAD

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA

DOCENTE COINVESTIGADOR
TEC. DAVID ERNESTO CHÁVEZ ESCALANTE

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Rector

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrector

Ing. Christian Antonio Guevara

Director de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario W. Montes Arias

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez

Téc. Alexandra María Cortez Campos

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

Director de Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. Santos Jacinto Pérez Escalante

720.47

P649a

Pineda Luna, Eva Margarita, 1989-

slv

Análisis comparativo de variables climáticas entre vivienda bioclimática y vivienda convencional de interés social, construidas en el departamento de San Miguel, El Salvador en asocio con Hábitat para la Humanidad / Eva Margarita Pineda Luna, David Ernesto Chávez Escalante. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2024.

1 recurso electrónico, (90 p.: il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 6 MB). --

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN: 978-99983-69-24-5 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-36-8 (E-book, pdf)

1. Vivienda - Aspectos sociales. 2. Arquitectura doméstica - Diseños y planos. I. Chávez Escalante, David Ernesto, 1996- coaut. II. Título.

Autor

Arq. Eva Margarita Pineda Luna

Coautor

Tec. David Ernesto Chávez Escalante

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2024

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4.	HIPÓTESIS.....	7
5.	MARCO TEÓRICO	7
5.1.	CLIMA.....	7
5.2.	ASOLEAMIENTO	9
5.3.	CLIMA EN EL SALVADOR	11
5.4.	CLIMA EN SAN MIGUEL.....	14
5.5.	ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE	16
5.6.	ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE CONFORT	20
5.7.	SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	25
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	25
7.	RESULTADOS.....	27
7.1.	RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL 2022.....	27
7.2.	DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS DE SAN MIGUEL.....	31
7.3.	DATOS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS DE 2022 EN SAN MIGUEL.....	34
7.4.	VISITAS A VIVIENDAS TRADICIONAL Y BIOCLIMÁTICA	38
7.5.	VARIABLES CLIMÁTICAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	45
7.6.	DATOS PROCESADOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	47
7.7.	ANÁLISIS DE DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	53
7.8.	ANÁLISIS COMPARATIVOS DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	63
7.9.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	66
7.10.	VARIABLE DE ILUMINACIÓN INTERNA.....	67
7.11.	CUADRO RESUMEN DE LAS DOS VIVIENDAS Y DATOS OBTENIDOS.....	79
7.12.	PROPUESTAS DE MEJORAS AL DISEÑO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL.....	80
7.13.	PROPUESTAS DE MEJORAS A LA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA	84
8.	CONCLUSIONES.....	84
9.	RECOMENDACIONES.....	85
10.	GLOSARIO.....	86
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
12.	ANEXOS - PLANOS.....	87

1. INTRODUCCIÓN

El clima modela nuestras viviendas, definiendo su diseño y afectando nuestro bienestar y eficiencia energética. En este contexto, las viviendas bioclimáticas surgen como alternativas prometedoras para la sostenibilidad y el confort habitacional. En El Salvador, la Zona Oriental y Norte presentan mayores variabilidades climáticas, la comparación entre viviendas bioclimáticas y convencionales de interés social es relevante. Este estudio busca contrastar variables climáticas en ambos tipos de viviendas, evaluando su confort térmico, eficiencia energética y resiliencia frente a condiciones extremas. Comprender cómo responden al clima local permite mejorar su diseño y construcción, creando viviendas más sostenibles y adecuadas.

El objetivo de este estudio fue comparar, con equipo automatizado, el comportamiento de variables climáticas entre una vivienda bioclimática y una vivienda convencional, bajo condiciones ambientales similares. Se verificó el nivel de confort interno de ambas viviendas según parámetros estandarizados, con el fin de evaluar y contrastar la eficiencia y el rendimiento de cada tipo de vivienda en términos de adaptabilidad al entorno climático y bienestar de sus ocupantes.

La metodología utilizada consta de seis fases, cada fase se enfoca en aspectos específicos, investigación técnica, capacitación, selección de las viviendas, instalación de equipos de medición de variables, recolección de datos y el análisis de los resultados. Se realizó un monitoreo de las condiciones climáticas y ambientales en dos viviendas, una bioclimática y otra convencional, durante siete meses, tomando mediciones de temperatura, humedad e iluminación. Posteriormente, se analizaron los datos recopilados y se compararon los resultados para determinar si la vivienda bioclimática mejoró las condiciones de habitabilidad en comparación con la vivienda convencional. Así mismo, se realizaron entrevistas a los habitantes de las viviendas para complementar los resultados obtenidos con el monitoreo.

Los datos obtenidos verifican que los criterios bioclimáticos pasivos, como la ventilación cruzada, la iluminación y la ventilación cenital, junto con la ubicación estratégica de las ventanas según el análisis del sitio y ambiente climático, aplicados en el diseño de la vivienda bioclimática, contribuyen significativamente al confort interno.

Se recopiló una base de datos confiable y precisa de las variables de temperatura y humedad relativa durante un período de siete meses, con mediciones tomadas cada quince minutos. Según los resultados se observó que las temperaturas en la vivienda bioclimática son menores en comparación con la vivienda tradicional, con una diferencia promedio de 1.46 grados Celsius. Además, se observó una mayor humedad relativa en la vivienda bioclimática debido a la relación inversa con la temperatura. En cuanto a la medición de iluminación, se encontró que es mayor en la vivienda bioclimática, con una distribución más uniforme y una mayor intensidad lumínica, según mediciones efectuadas con un luxómetro.

Los resultados obtenidos de la medición de variables en la vivienda bioclimática y convencional mostraron que el diseño bioclimático favorece el confort interno y la iluminación. Además, los habitantes de la vivienda bioclimática informaron de una mayor comodidad y satisfacción general en comparación con la vivienda convencional. Los resultados se entregarán a Hábitat para la Humanidad.

Entender cómo diferentes diseños arquitectónicos responden al clima local promueve soluciones habitacionales más resilientes y sostenibles, mejorando la calidad de vida y reduciendo el impacto ambiental.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los últimos seis años han sido los más cálidos registrados desde 1880, según un comunicado de prensa del 15 de enero de 2022, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y 2016, 2019 y 2020 fueron los tres primeros; 2020 estuvo 1,2°C por encima de las temperaturas de la era preindustrial (1880). La OMM predice que hay 20% de probabilidad de que el aumento de las temperaturas supere temporalmente los 1,5°C a partir de 2024.

En el Acuerdo de París, los estados miembros se comprometieron a mantener el calentamiento global muy por debajo de los 2°C, preferiblemente en 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales. Cada uno de los países que firmaron el acuerdo estableció un objetivo, conocido como contribución determinada a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para alrededor de 2030.

Estudios realizados en nuestro país por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) indican una tendencia al incremento de la temperatura promedio en El Salvador, de más o menos 1.2 grados centígrados en los últimos 40 años. Las repercusiones del cambio climático son muchas y variadas, una de ellas es la salud humana; las condiciones extremas causadas por el cambio climático repercuten en la salud de las personas deteriorando su funcionamiento; así también el aumento de las temperaturas ayuda a la propagación de enfermedades. Debido a estos cambios en las temperaturas que se han venido registrando, las viviendas generan dentro de ellas un efecto invernadero, y en algunas ocasiones la temperatura interna es más alta que la externa del ambiente.

Esta investigación buscó comparar el comportamiento de las variables climáticas (temperatura, humedad e iluminación interna) entre la vivienda bioclimática diseñada y construida por ITCA-FEPADE y Hábitat para la Humanidad El Salvador, y una vivienda convencional. Se analizó cómo el diseño, posición de la vivienda y dirección del viento intervienen en las variables climatológicas, para determinar si el diseño, los criterios bioclimáticos aplicados y los materiales utilizados en la vivienda bioclimática lograron los objetivos plasmados en la investigación previa, logrando mejorar la calidad de vida de las personas en un ambiente más confortable.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

En diferentes países de América Latina se han realizado investigaciones sobre comparativos de parámetros climatológicos realizados entre viviendas de interés social, a continuación, se indican las siguientes:

Análisis Comparativo entre la Modelación y Medición de la Calidad Térmica de Viviendas Sociales, Valparaíso, Chile 2016. En años recientes este tema ha ido tomado cada vez fuerza, sin embargo gran parte de las viviendas en Chile, sobre todo las construidas antes del año 2000, cuando se agregó el Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.), presentan una deficiente o nula aislación térmica en la envolvente, siendo aún más crítico en viviendas de interés social, por lo que analizar cómo mejorar el diseño de la envolvente y la mejora de hogares ya construidos puede ayudar en gran medida a mejorar la calidad de vida de muchas personas. Después de recuperar una inversión inicial, disminuirán los costos en calefacción y se contribuirá a mejorar el confort térmico de los habitantes, además de contribuir en la disminución de la contaminación y los consecuentes problemas de salud.

Universidad Católica de Colombia, Facultad de Diseño, Programa de Maestría en Diseño Sostenible, Bogotá D.C 2018. Como respuesta a la problemática identificada y en busca de soluciones, se ha estructurado la investigación en cuatro fases principales de desarrollo y análisis de las diferentes variables del proyecto. En la primera fase, se realizó el análisis del lugar (Guamal Meta), la caracterización y diagnóstico de la vivienda del proyecto de interés social Villa María Etapa I. La segunda fase, se basó en la identificación y análisis de las modificaciones realizadas a la vivienda y la afectación generada a las condiciones de confort térmico. En la tercera fase, se desarrolló una nueva propuesta de vivienda a partir del modelo de línea base, mediante el análisis de las variables de morfología, materialidad de la envolvente y aprovechamiento de los vientos predominantes a través de la optimización de las ventanas existentes. Durante la última fase se propuso la implementación de estrategias pasivas orientadas hacia el mejoramiento de la calidad del confort térmico de la vivienda, logrando disminuir la temperatura operativa de la vivienda, sin generar impactos negativos a nivel ambiental, social y económico.

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como base la investigación previa realizada en el año 2016 en conjunto con Hábitat para la Humanidad El Salvador, denominada: *“Diseño y Construcción de vivienda de interés social”*. En esta investigación se determinaron diferentes parámetros climatológicos a utilizar para la propuesta de diseño de la vivienda, tales como: temperatura, dirección del viento, asoleamiento del terreno, ubicación de huecos de ventilación, entre otros.

Se consideró la vivienda bioclimática construida por Hábitat para la Humanidad El Salvador, ubicada, en el Caserío Chaparrastique, Cantón El Niño, departamento de San Miguel, El Salvador. Donde se realizaron las mediciones bioclimáticas antes descritas, así también se midieron los mismos parámetros en una vivienda convencional para determinar la comparación de las variables climatológicas.

La medición de los diferentes parámetros se realizó de manera automatizada, lo que se define como la utilización en el ámbito de la industria con referencia al sistema que permite que un dispositivo desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. La automatización permite ahorrar tiempo y dinero. Así se pudo contar con información certera y en tiempo real, la cual se analizó para obtener los resultados.

2.3.JUSTIFICACIÓN

Generalmente las viviendas diseñadas y construidas en nuestro país carecen de lograr el confort interno para sus habitantes, así como la falta de aprovechamiento del medio que rodea a la vivienda y esto ocasiona en las personas diferentes incomodidades y hasta enfermedades, por esta razón se justifica realizar un análisis comparativo entre viviendas que comprueben que la propuesta de diseño de la vivienda bioclimática responde a las necesidades de confort térmico interno en la vivienda. Así como proponer mejoras al diseño si fuera necesario y apostar a una mayor construcción de viviendas bioclimáticas de interés social con estudios reales del comportamiento de variables y comodidad interior de las viviendas pasivas.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el comportamiento de variables climáticas entre una vivienda Bioclimática y una vivienda convencional de manera automatizada bajo las mismas condiciones ambientales, que verifique el confort interno de las viviendas según parámetros estandarizados.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Generar una base de datos de los criterios climáticos, comparando temperatura, humedad e iluminación interna, de una vivienda convencional y una vivienda bioclimática.
- b) Determinar las diferencias climáticas de la vivienda bioclimática con una vivienda convencional.
- c) Analizar los datos obtenidos bajo criterios de confort para espacios internos estandarizados.
- d) Examinar la distribución de espacios de la vivienda bioclimática y convencional a través de plantas arquitectónicas.
- e) Proponer modificaciones de diseño a las viviendas de ser necesario, con base a los comparativos realizados a las variables climatológicas.

4. HIPÓTESIS

¿Los criterios bioclimáticos utilizados para el diseño de la vivienda bioclimática se implementaron correctamente logrando que los diferentes parámetros climáticos sean modificados alcanzando un confort térmico interno a comparación de una vivienda tradicional?

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CLIMA

Uno de los aspectos que afectan más directamente al confort del ser humano en sus distintas actividades y momentos de ocio, es el clima, el cual se define como “un conjunto de factores o fenómenos atmosféricos y meteorológicos que caracterizan una región y determinan las condiciones ecológicas propias del lugar” (Real Academia Española, 1970). El clima se describe mediante cuatro principales factores: temperatura, radiación, viento y humedad (Morillón, Saldaña, Castañeja, Miranda, 2002). Otros autores afirman que la precipitación y la presión atmosférica son otros factores que determinantes del clima. (Neila y Bedoya, 1997 citado por Simancas, 2003, p.35). [1]

Adriano Cornoldi y Sergio Los (1982) afirman que “el clima es uno de los determinantes del diseño, puesto que condicionan las formas de los edificios debido a la influencia que tiene sobre las maneras de vivir y la necesidad de los diferentes espacios”.

En la actualidad, la información de datos climáticos, donde se incluye la temperatura, humedad, lluvia, presión, viento y radiación solar a nivel regional, proporciona una gran base de datos, que al administrarla adecuada y constantemente en forma puntual tanto a diario como estacionalmente, permitirá proporcionar datos útiles para el desarrollo de proyectos arquitectónicos bioclimáticos.

Las variables climatológicas tienen un impacto en los materiales de construcción, dependiente del grado de inercia térmica de los materiales y de la ubicación de estos con respecto a la orientación en el terreno.

Otra afirmación al respecto, “la conversión climática que efectúa el edificio depende de parámetros tanto del clima como del propio inmueble. Así, la templanza de un lugar está provocada por una serie de factores naturales; son determinantes los factores geográficos como la latitud y altitud, que también influyen seriamente en los factores que condicionan el microclima, como la topografía, la incidencia de los vientos, los fenómenos climáticos urbanos y la vegetación” (Correa Jaramillo, 2009). [1]

Variables Climáticas: las variables climáticas incluyen la lluvia, el agua, la luz, la temperatura, la humedad relativa, el aire y el viento. También existen componentes abióticos incluyendo la topografía y el suelo que también influyen el ambiente. [1]

Temperatura: el grado de frialdad o calor de una sustancia es llamada temperatura. A menudo se expresa en grados Celsius o centígrados. Este factor climático influencia desde la ubicación de la edificación, la forma de la vivienda, la orientación de esta, así como la vegetación y el tipo de paisaje circundante. Niveles elevados o demasiado bajos de temperatura condicionarán la construcción de la edificación, los materiales, la orientación, la refrigeración interna.

Aire: el aire es una mixtura de gases en la atmósfera. El 75% del aire viene de la tropósfera la capa más interna de la atmósfera que se extiende unos 17 km de altura sobre el nivel del mar en el ecuador y alrededor de 8 km en los polos. El oxígeno y el dióxido de carbono en el aire son de particular importancia para la vida humana y de la vegetación. El oxígeno es esencial en la respiración para la producción de energía que se utiliza en diversos procesos de crecimiento y desarrollo. El dióxido de carbono es una materia prima en la fotosíntesis de las plantas. La composición de este factor climático es susceptible de variación. Recientemente, ha habido una alerta elevada sobre el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera. [1]

Humedad relativa: la cantidad de vapor de agua que puede contener el aire depende de su temperatura; el aire caliente tiene la capacidad de contener más vapor de agua que el aire frío. Es la cantidad de vapor de agua en el aire, expresada como la proporción (en porcentaje) de la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener a cierta temperatura. La humedad relativa es otro de los parámetros de importancia para determinar el nivel de confort de un espacio, ya que afecta en gran medida la sensación térmica. Asimismo, es uno de los parámetros sobre los que se puede incidir directamente a través de la aplicación de una serie de correcciones en el diseño o bien con la incorporación de determinados sistemas de acondicionamiento.

Es entendida como la cantidad de agua que contiene el aire, por lo que, si su valor es elevado durante un día de calor, puede afectar negativamente la sensación térmica de un espacio, ya que impide que las personas pierdan calor por evaporación de agua, generando cierta incomodidad por el sudor. Pero, si este porcentaje de humedad relativa es muy bajo, el organismo también responde negativamente, debido a que se puede deshidratar. No obstante, en algunos casos, la elevación de la humedad relativa hasta alcanzar valores medios hace que la humedad de la piel se evapore más fácilmente y el vapor cedido al respirar sea mayor, incidiendo positivamente en el proceso de refrigeración del cuerpo al ceder el calor.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) recomienda un nivel de humedad entre el 30% y el 50% en el interior de la casa, en función de la temperatura exterior: más humedad cuanto más calor hace y menos cuanto más frío. Los rangos de humedad relativa considerados apropiados, al igual

que los de temperatura del aire, suelen ser muy discutidos. Algunos investigadores consideran cierto rango a lo largo de todo el año y en todo tipo de edificación, mientras que otros señalan que, debido a los cambios estacionales y a la reacción psicológica y fisiológica del hombre, es lógico pensar que los valores considerados apropiados varían del invierno al verano y, además, indican diferentes valores según el tipo edificatorio, según sus espacios y las actividades que se estén realizando.

Viento: el movimiento del aire o el viento se debe a la existencia de presión gradiente en una escala global o local causada por las diferencias en el calentamiento. La escala mundial consiste en el flujo de corriente en chorro y movimiento de grandes masas de aire. En la escala local solamente una menor cantidad de aire se mueve. Los vientos superficiales son más bajos y menos turbulentos por la noche debido a la ausencia de calefacción solar.

Dirección de los vientos: estos pueden ser planetarios o estacionales y se desplazan transportando humedad de un sitio a otro. Los vientos modifican el clima, ya que tienen como mecánica elevar las masas de aire caliente, que son retenidas entre las montañas y luego caen en forma de precipitaciones. [1]

5.2.ASOLEAMIENTO

El análisis del confort ambiental considera la necesidad de incorporar a nuestros edificios espacios habitables con iluminación natural. Es por eso la importancia del conocimiento intrínseco de la posición del sol a lo largo del año, parámetro variable que depende de la latitud y del día que tomemos en consideración. Recordemos que el sol recorre, la trayectoria más baja y corta posible durante el solsticio de invierno, 21 de junio, mientras que en el solsticio de verano 22 de diciembre, se sitúa en su mayor altura y alcanza su máxima duración. En uno comienza la primavera y en el otro, el otoño, como se observa en la figura 1. Su estudio permite determinar la cantidad de energía que llega a una superficie de modo directo, difuso o reflejado dependiendo de los movimientos relativos de la tierra y el sol. [2]

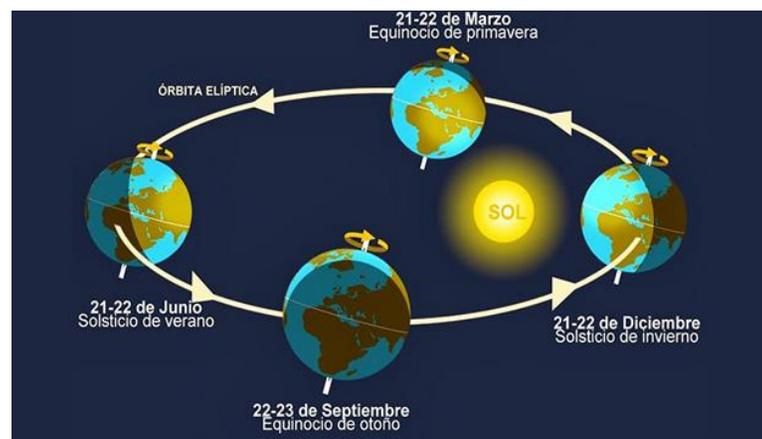


Figura 1. Solsticio de verano y solsticio de invierno.
Fuente. Asociación Salvadoreña de Astronomía (ASTRO)

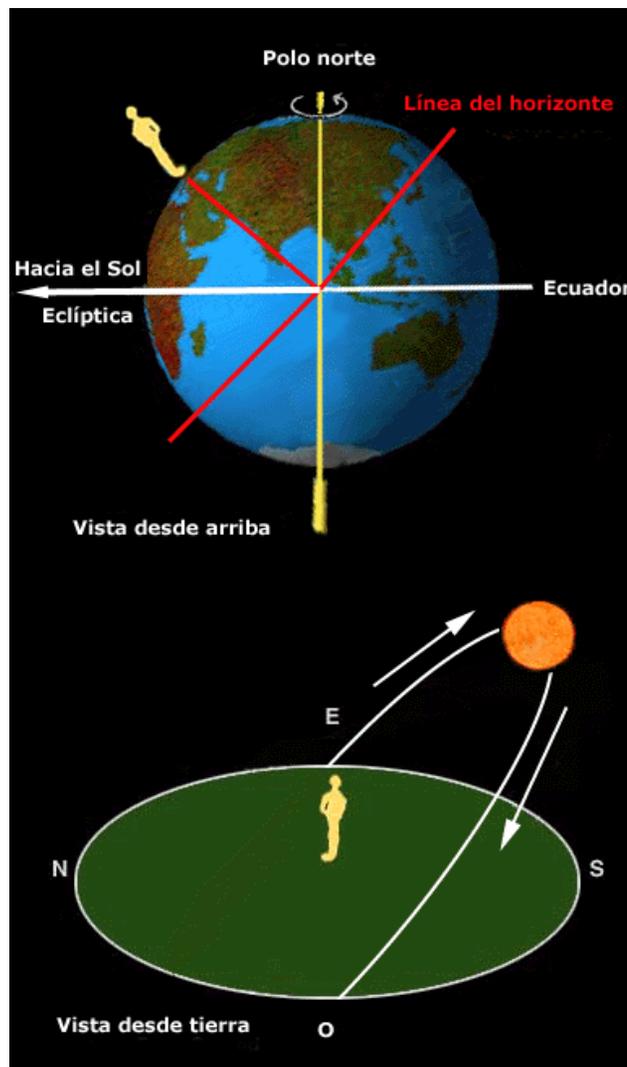


Figura 2. Desplazamiento del Sol por el cielo durante los equinoccios de primavera y de otoño.
Fuente. Ventanas al universo 2010.

Factores climáticos

Para poder aprovechar y utilizar los elementos y factores climáticos y lograr una mejor información para nuestro proyecto, en cuanto a su comportamiento climático, es importante definirlos y saber cómo cuantificarlos, saber en qué consisten, cuáles son sus variaciones y cómo estas nos afectan y afectarán el espacio proyectado. Los Factores Climáticos podemos definirlo como: "...condiciones físicas que identifican a una región o lugar en particular y determinan su clima."

Latitud

Distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre al ecuador; se mide en grados, minutos y segundos, determina la incidencia de los rayos solares sobre la tierra en un punto determinado. La latitud de cada región determinará factores bioclimáticos específicos como la cantidad de horas sol, vegetación, sistema de vientos entre otros.

Altitud

Distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar; se mide en metros sobre el nivel medio del mar (msnm). La altura es un factor determinante ya que un punto en una misma latitud, pero con diferente altitud, posee diferencias de temperatura, por cada 100.6m de altitud en verano y 122m en invierno la temperatura disminuye 0.56°C (Olgay).

Este factor puede aumentar a disminuir según las condiciones más o menos húmedas del sitio, pudiendo ser de hasta 1°C la diferencia de temperatura.

Continentalidad

Se refiere a la ausencia o presencia de cuerpos de agua, los cuales determinan movimientos de masas de aire que determinan vientos específicos en algunas regiones, este factor puede ser aprovechado específicamente en el diseño Bioclimático, ya que la generación de cuerpos de agua artificiales genera corrientes que pueden ser inducidas dentro del proyecto, así como humidificar el aire si fuese necesario.

Relieve Natural y Artificial

Los accidentes topográficos y geográficos son determinantes de pequeñas variaciones del clima que pueden ser aprovechadas. El mismo efecto que tienen los accidentes naturales, lo poseen los realizados por el hombre a lo largo de la historia, así un edificio, un embalse, una ciudad que genere el efecto de isla, una urbanización y distintas intervenciones a distintas escalas influyen en el clima de una región y lo pueden modificar radicalmente al compararlo con los datos estadísticos para una determinada zona climática. [3]

5.3. CLIMA EN EL SALVADOR

El Salvador está situado en la parte norte del cinturón tropical de la Tierra, de tal modo que en noviembre y octubre se ve influenciado principalmente por vientos del noreste y, ocasionalmente, por vientos nortes rafagosos que nos traen aire fresco originado en regiones polares de Norteamérica, pero calentado en gran medida al atravesar el Golfo de México en su camino a Centroamérica.

Zonas Térmicas de El Salvador

Según la altura en metros sobre el nivel medio del mar, se distinguen las siguientes tres zonas térmicas en El Salvador (figura 3), de acuerdo con el promedio de la temperatura ambiente a lo largo del año.

De 0 a 800 metros: Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 27 a 22 ° C en las planicies costeras y de 28 a 22 ° C en las planicies internas.

De 800 a 1,200 metros: Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 22 a 20 ° C en las planicies altas y de 21 a 19° C en las faldas de montañas.

De 1,200 a 2,700 metros: De 20 a 16 ° C en planicies altas y valles, de 21 a 19 en faldas de montañas y de 16 a 10° C en valles y hondonadas sobre 1,800 metros. [4]

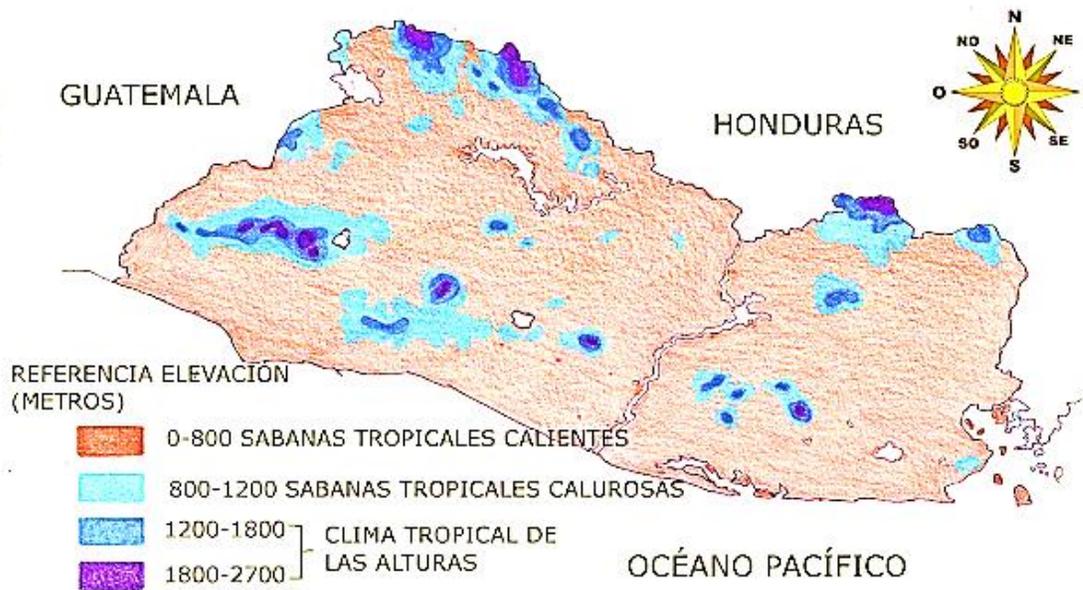


Figura 3. Mapa de zonas térmicas de El Salvador.

Fuente. Trabajo Académico Estudios Regionales de América Latina y el Caribe El Salvador

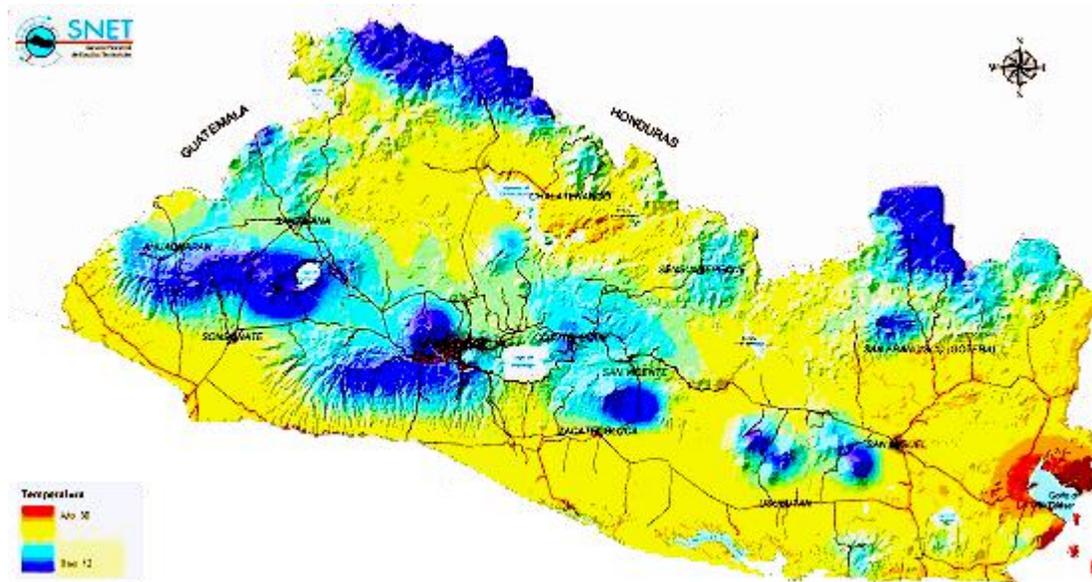


Figura 4. Zonas climáticas de El Salvador.

Fuente. <https://www.elsalvadormipais.com/zonas-climaticas-de-el-salvador>

Para interpretar el mapa del clima de El Salvador (figura 4) podemos guiarnos por los colores que aparecen en él, los cuales en realidad nos indican las siguientes temperaturas según la zona y la altura del lugar.

- **Azul:** Menos de 12 grados centígrados.
- **Celeste:** De 12 a 20 grados centígrados.
- **Amarillo:** De 21 a 30 grados centígrados.
- **Rojo:** Más de 30 grados centígrados.

Comportamiento típico de los meses octubre, noviembre y diciembre y nubosidad característica

Octubre: en este mes inicia la transición de la temporada lluviosa a la seca, cuando arriban a Centroamérica las primeras masas de aire fresco y seco impulsadas con nortes débiles a moderados de 10 a 30 Km/hora. La temperatura diaria promedio es aproximadamente de 24.5 °C, con humedad relativa de 82 % y rumbo norte y noreste del viento predominante.

Noviembre: la estación seca inicia en la mayor parte del país en los primeros días de noviembre, atrasándose hasta unos 15 días o más en el oriente del país. Los vientos del norte de noviembre pueden alcanzar velocidades hasta de 100 Km/h en zonas montañosas. Este mes se caracteriza por escasa nubosidad, por la ausencia casi absoluta de lluvias y por la disminución gradual de la temperatura para que los días sean más frescos. La temperatura y humedad relativa son en promedio, respectivamente, 23 °C y 74%; el viento es del norte. (figura 5)

Diciembre: este mes se caracteriza por cielos completamente despejado y ambiente muy fresco y agradable. Además, continúan manifestándose los vientos del norte de moderados a fuertes y muy raramente se producen chubascos aislados y normalmente su origen es debido a las influencias de frentes fríos que se acercan a la región Centroamericana desde las nevadas de Canadá y Estados Unidos. Durante este mes la temperatura promedio es de 23.00 °C y la humedad relativa de 69 % y el viento dominante de norte. (figura 6) [5]

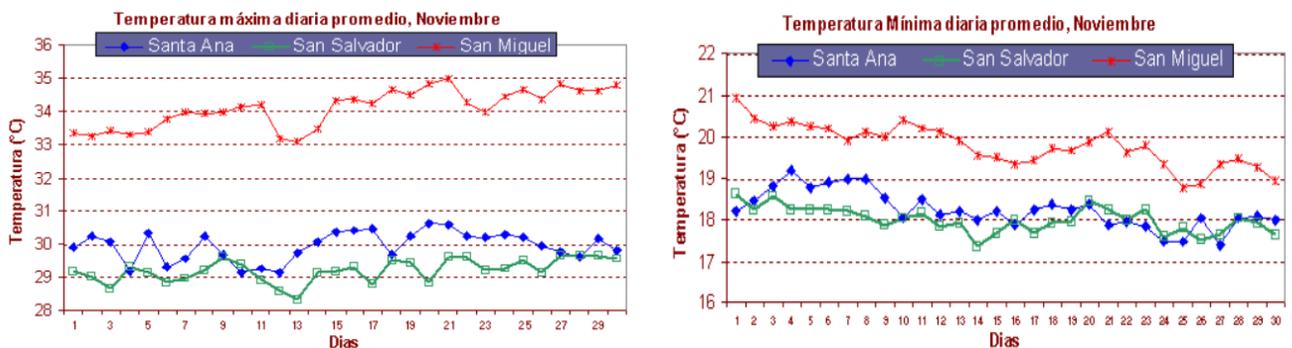


Figura 5. Clima en El Salvador.

Fuente. <https://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>

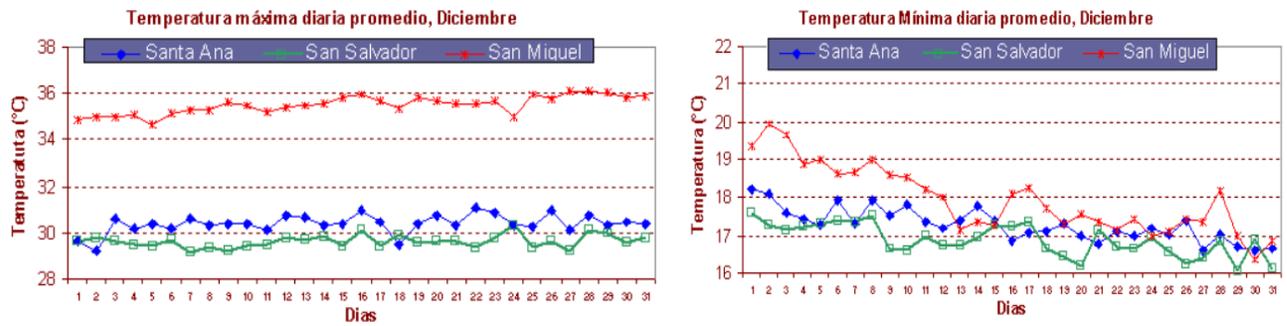


Figura 6. Clima en El Salvador.

Fuente. <https://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>

5.4. CLIMA EN SAN MIGUEL

El clima de San Miguel está clasificado como tropical. En San Miguel, las precipitaciones durante los veranos son significativamente superiores a las de los inviernos. Este clima es considerado AW según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media que prevalece en la ciudad de San Miguel se registra como 27.4 °C, según datos estadísticos. La precipitación aproximada es de 1806 mm debido a su proximidad al ecuador. (figura 7) [6]

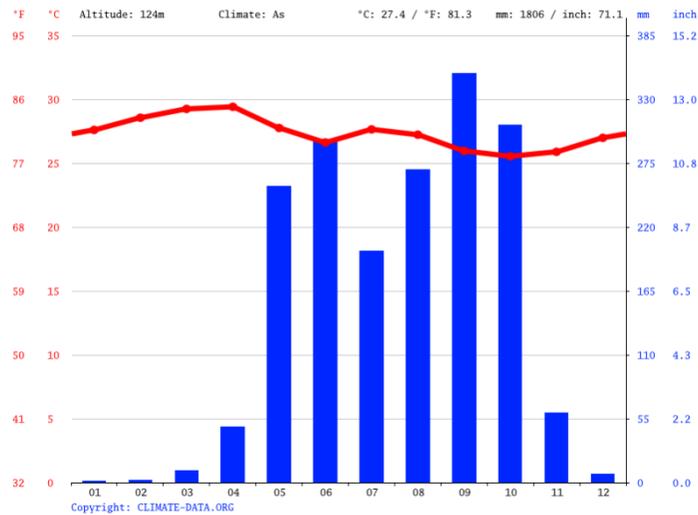


Figura 7. Clima en San Miguel.

Fuente. <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/republica-de-el-salvador/departamento-de-san-miguel/san-miguel-3769/#climate-graph>

La precipitación es la más baja en enero, con un promedio de 1 mm. La cantidad máxima de precipitaciones se observa durante el mes de septiembre, presentando un valor medio de 352 mm.

DIAGRAMA DE TEMPERATURA SAN MIGUEL

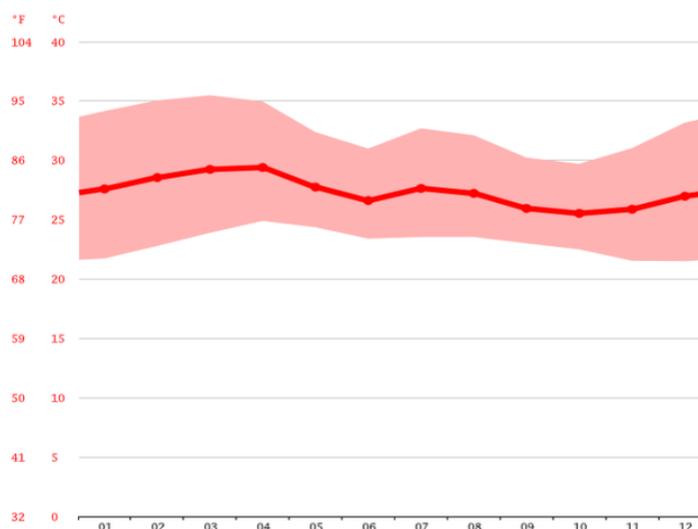


Figura 8. Clima en San Miguel.

Fuente. <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/republica-de-el-salvador/departamento-de-san-miguel/san-miguel-3769/#climate-graph>

A una temperatura media de 29.4 °C, abril es el mes más caluroso del año. Durante el mes de octubre, se produce un descenso notable de la temperatura, con una mínima media de aproximadamente 25.5 °C.

Tabla 1: Datos climáticos del departamento de San Miguel, El Salvador.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	27.6	28.6	29.2	29.4	27.7	26.6	27.6	27.2	26	25.5	25.9	27
Temperatura mín. (°C)	21.7	22.8	23.9	24.9	24.4	23.4	23.5	23.5	23	22.5	21.5	21.5
Temperatura máx. (°C)	34.2	35.1	35.5	35	32.4	31	32.7	32.1	30.2	29.7	31	33.2
Precipitación (mm)	1	2	10	48	255	295	199	269	352	308	60	7
Humedad(%)	49%	47%	49%	57%	72%	80%	73%	76%	84%	84%	72%	58%
Días lluviosos (días)	0	0	2	7	16	18	15	17	19	17	7	1
Horas de sol (horas)	10.1	10.2	10.3	10.2	9.4	9.3	10.5	9.7	8.2	8.1	9.6	10.0

Fuente. Data: 1991 - 2021 Temperatura mín. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Entre los meses más secos y húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 351 mm. El grado de fluctuación de la temperatura anual es de aproximadamente 3.9 °C.

En cuanto a la humedad relativa, los meses que presentan el nivel más alto son septiembre y octubre con un porcentaje de 84. Por el contrario, febrero ha registrado la menor cantidad de humedad relativa con solo 46.78%. Cabe destacar que septiembre tiene el mayor número de días de lluvia, que ascienden a 19, mientras que el mes con menos precipitaciones es enero, que sólo experimenta 0.50 de días húmedos.

5.5. ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE

La arquitectura siempre se ha relacionado con su entorno, “...resultado de las aplicaciones y tradiciones ancestrales, mejoradas con el transcurrir del tiempo y las necesidades de la época...”. En la actualidad, existen distintos esfuerzos que intentan regresar a integrar la arquitectura con el medio ambiente.

Los escritos de los hermanos Olgay, pioneros en introducir el concepto de confort térmico y proponer un medio de análisis mediante una carta bioclimática, han dado lugar a conceptos como: diseño solar pasivo, diseño solar activo y el bioclimatismo, por mencionar algunos. Estos conceptos, aunque no han sido definidos específicamente por ninguna entidad, son mencionados ampliamente, teniendo claro su objetivo.

El diseño solar pasivo o arquitectura solar pasiva: esta se basa principalmente en el aprovechamiento de la orientación del proyecto para aprovechar al máximo las ganancias solares directas, indirectas o aisladas.

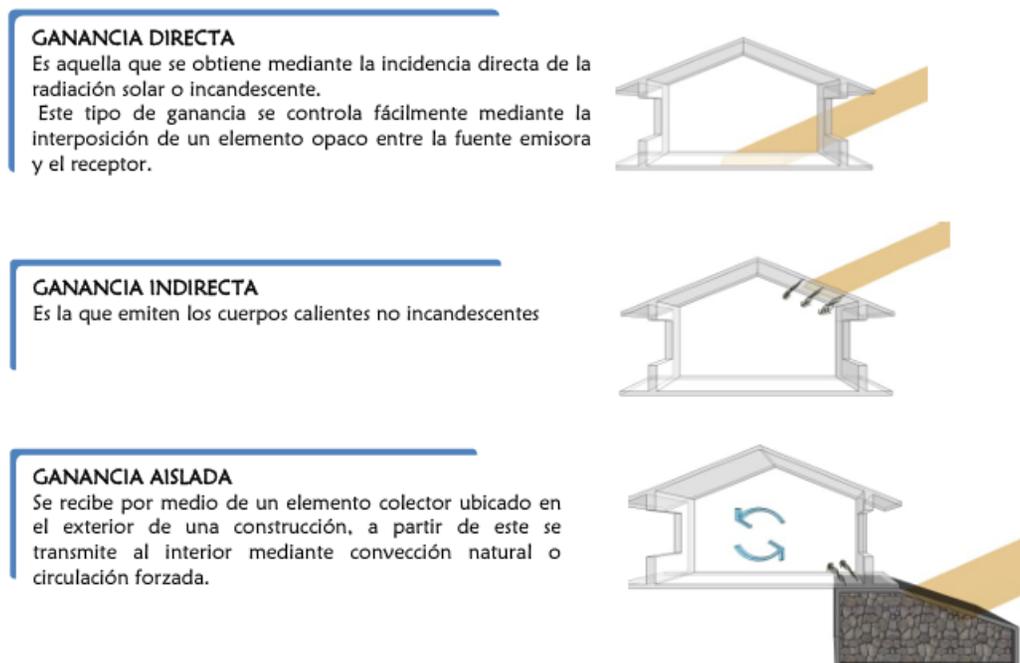


Figura 9. Ejemplos de Ganancias Solares, Directas, Indirectas y Aisladas.

Fuente. Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico [7]

Diseño solar activo o arquitectura solar activa: esta incluye dentro de las características del diseño solar pasivo, colectores solares que generan calor o energía eléctrica, obteniéndola de la luz del sol. La transformación de luz en energía eléctrica permite incorporar al proyecto ventilación mecánica.

Diseño bioclimático: es el que para su proceso de diseño toma en cuenta el clima y las condicionantes del entorno para lograr el confort térmico en el espacio proyectado. Ugarte46 menciona que la arquitectura bioclimática “...restablece la relación hombre clima...”. Para el arquitecto Bruno Stagno, la arquitectura bioclimática “...es una arquitectura pasiva para gente activa...”

Vivienda bioclimática

Para efectos del presente trabajo, se considera a una edificación bioclimática cuando se adapta a las condiciones climáticas locales, cuya respuesta al usuario son espacios o ambientes térmicamente agradables; utilizando para ello la propia edificación como abrigo, como piel complementada con los elementos constructivos adecuados. Estas son condiciones que debe satisfacer la arquitectura bioclimática, concluyendo en la integración de la forma, materia y energía del lugar, creando con ello, una arquitectura más local, más propia de cada país, región, departamento, municipio, etc. [8]

Vivienda Convencional

Es una vivienda familiar que cumple con todos los requisitos para ser habitada y en la fecha de referencia de la Operación Estadística no se utiliza para otros fines. La vivienda convencional puede ser principal cuando es la residencia habitual de sus componentes. [9]

Un edificio convencional es una construcción que no sigue las normas del enfoque ambiental o bioclimático.

Un edificio convencional no tiene en cuenta:

- El clima del lugar.
- Su posición relativa y la de su ambiente respecto a la trayectoria del sol.
- El uso de materiales de bajo contenido energético.
- El uso de materiales no contaminantes.
- No evalúa el impacto ambiental que causará en el sitio.
- Utiliza energía de las redes públicas sin prever la demanda.
- Sólo se considera el costo inicial de construcción y no el costo que tendrá durante la vida útil del edificio.
- No implementa estrategias para mejorar su eficiencia energética.
- Desecha residuos y efluentes sin tratamiento al ambiente.
- No recicla las aguas grises.
- No utiliza energías renovables.

Confort o bienestar

El término “bienestar” está ligado más a la salud y de hecho la Organización Mundial de la Salud, define a éste, como el “resultado de bienestar físico, psicológico y social del individuo en relación con su entorno. Mientras tanto, el término confort, se le relaciona a un estado físico y mental en el cual, el hombre expresa satisfacción (bienestar) con el medio ambiente circundante”.

Aunque no existen diferencias importantes en estas definiciones, el bienestar está referido a un “estado temporal amplio, no permanente, mientras que el confort, se concretiza más a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo) determinado por el estado de salud del individuo”, y también

por otros factores internos y externos. En los internos se encuentran la raza, sexo, edad, características físicas, salud física y mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, etc. En los externos se encuentran, el grado de arropamiento, factores ambientales como temperatura del aire, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles acústicos, calidad del aire, etc. [8]

Confort térmico

“Es la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente, a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente, los pulmones intervienen de manera importante”.

Al igual que las otras variables del confort, para el confort térmico existen parámetros ambientales y factores del confort térmico. Los parámetros ambientales los constituyen:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Temperatura radiante.
- Velocidad del aire.

Estos parámetros ambientales fueron definidos conceptualmente en los elementos del clima.

Equilibrio térmico

Una de las necesidades fisiológicas más importantes en la vida del individuo, es mantener un equilibrio, un balance entre la cantidad de calor producido o ganado por el cuerpo y el desprendido por él. Internamente, el cuerpo humano, debe mantener una temperatura corporal entre 36.5 y 37.5°C bajo cualquier condición climática y el equilibrio térmico del cuerpo consiste en mantener esta temperatura en este rango, dado que, si se rompe este equilibrio, el organismo puede verse seriamente lesionado.

Calidad térmica del ambiente

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación (RITE) determina que la calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica si los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos. Los parámetros que definen el bienestar son, por una parte, los parámetros propios del ambiente (temperatura, humedad relativa, corriente de aire, etc.) y, por otra parte, los relacionados con las personas (cómo están vestidas, qué actividad están desarrollando, qué sensación térmica tienen, etc.). Lo primero es definir lo que el RITE entiende por "zona ocupada" en el interior de la cual se deben mantener las condiciones térmicas: es el volumen destinado para la ocupación humana, delimitado por planos verticales paralelos a las paredes y un plano horizontal que define la altura a las siguientes distancias de las superficies interiores del local [10]:

- Límite inferior desde el suelo: 5 cm.
- Límite superior desde el suelo: 180 cm.
- Paredes exteriores con ventanas o puertas: 100 cm.
- Paredes interiores y exteriores sin ventanas: 50 cm.
- Puertas y zonas de tránsito: 100 cm.

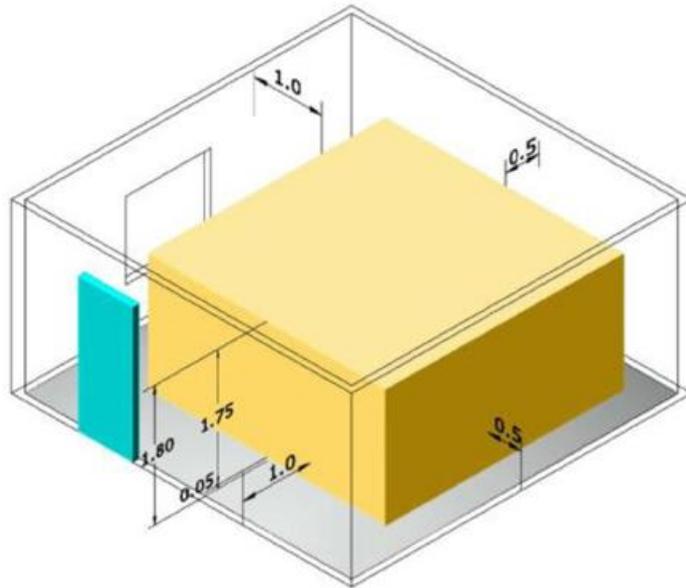


Figura 10. Volumen de la zona ocupada.
Fuente. Arquitectura bioclimática EADIC.

No se considera zona ocupada los lugares donde puede haber importantes variaciones de temperatura con respecto a la media y corrientes de aire en la cercanía de las personas, como: zonas de tránsito, zonas próximas a puertas de uso frecuente, zonas próximas a cualquier tipo de unidad terminal que impulse aire y zonas próximas a aparatos con fuerte producción de calor.

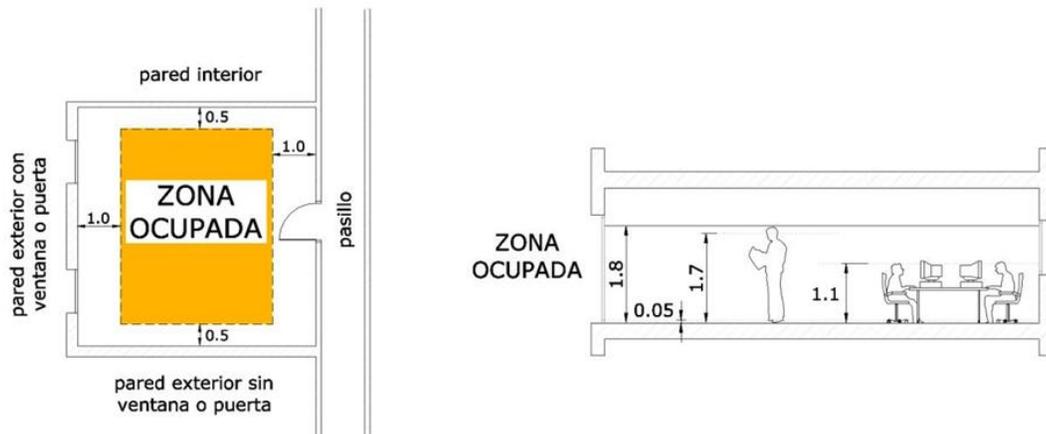


Figura 11. Zona ocupada.
Fuente. Arquitectura bioclimática EADIC.

Parámetros y factores de confort

Los parámetros de confort son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en las sensaciones de los ocupantes. Se sostiene que estas condiciones pueden variar con el tiempo y el espacio y, pueden clasificarse en:

1. Parámetros Ambientales:
 - Temperatura seca del aire.
 - Temperatura relativa.
 - Humedad relativa.
 - Velocidad media del aire.
 - Temperatura radiante media.
2. Parámetros Arquitectónicos:
 - Adaptabilidad del espacio.
 - Contacto visual y auditivo.

Los parámetros ambientales son muy importantes y quizás son los que se han estudiado con mayor énfasis, ya que como pueden ser medidos se han determinado rangos y valores estándar dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de bienestar para el individuo. Además, resulta evidente la influencia directa que tienen sobre las sensaciones de las personas y sobre las características físicas y ambientales de un espacio, sin ser determinante el uso y las actividades que allí se generan.

5.6. ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE CONFORT

Los criterios principales para definir las zonas bioclimáticas de El Salvador serán los mismos que definirán los estados de confort en latitudes tropicales. Como vimos, el confort posee muchas variables, algunas de ellas cuantificables y otras no, y el rango de confort no es constante, ni existe un rango que se admita como válido para cualquier clima, ya que varía según las zonas climáticas del planeta. Para las regiones tropicales, existen diversas opiniones para el rango que puede admitirse como confortable, siendo el más general de estos el citado en “Viviendas y Edificios en zonas cálidas tropicales”. Este rango es entre 22°C y 27°C. Será este rango del cual partiremos para la clasificación de los municipios, por las temperaturas que se registran a lo largo del año. Recordemos que ninguno de los elementos mencionados (temperatura, humedad relativa, viento y radiación) trabaja aisladamente para conseguir el confort. Este rango de temperatura viene estrechamente relacionado con la velocidad del viento que debemos introducir a un espacio para que sea confortable, siendo la velocidad máxima tolerable 1.5m/s. Aunque los 27°C están en el extremo superior del rango de confort para latitudes tropicales, gracias a los mecanismos de intercambio de calor del ser humano con su entorno, se puede conseguir un ambiente confortable sin que la velocidad del viento sea molesta para el usuario. El rango de confort en nuestras zonas podría extenderse a temperaturas mayores de 27°C, pero las medidas correctivas de viento necesarias para mantener al usuario confortable serían de vientos demasiado fuertes y llegarían a causar molestias.

Es así como establecemos tres rangos para clasificar los municipios.

- Temperaturas menores de 22°C.
- Temperaturas entre 22°C y 27°C.
- Temperaturas mayores de 27°C.

Con estos tres rangos definiremos la clasificación por sus temperaturas máximas (TMax) y temperaturas mínimas (TMin) durante el año:

Rangos de Confort-Temperatura

Una vez analizadas las temperaturas máximas y mínimas en los rangos propuestos, es decir en los tres rangos posibles según la zona de confort preestablecida, se definirá la clasificación de los municipios en base a la relación entre máximas y mínimas que se verifican en el país.

Dando como resultado tres clasificaciones de temperatura en el país.

A1 TMax entre 22° C y 27°C

TMin menores de 22° C

A2 TMax mayores de 27° C

TMin menores de 22° C

A3 TMax mayores de 27°C

TMin entre 22° C y 27°C

A1 - Establece los rangos de temperatura más frescos y correspondientes a las zonas más altas del país.

A2 - Establece los rangos de temperatura intermedios en el país y dependerán mucho de la altitud que posean según cada municipio que tanto se alejen de la zona de confort

A3 - Establece los rangos de temperatura más cálidos del país verificándose en las zonas más bajas del país y en la mayoría de los municipios de la zona costera.

Rangos de confort-humedad

Al igual que con la temperatura, se establecen rangos para la humedad relativa. Distintos autores manejan un rango de humedad que puede considerarse dentro del rango de confort, siempre tomando en cuenta el dato de la temperatura, ya que el dato de temperatura y humedad definen la zona de confort en las diferentes cartas bioclimáticas. Así a menor temperatura se pueden tolerar mayores porcentajes de humedad relativa y a mayores temperaturas, menores porcentajes de humedad relativa, pudiendo definir que la humedad tolerable para la zona de confort es inversamente proporcional a la temperatura. El rango de confort definido por Olgay, es entre el 30% y el 75%, y este el que utilizaremos para definir los rangos de humedad.

En El Salvador se registran porcentajes de humedad entre 66% y 88% de humedad relativa, porcentajes bastante elevados que son comunes en el trópico, regiones que tienen dos temporadas muy marcadas durante todo el año, una lluviosa y la otra seca, originando dos rangos claramente definidos:

- Humedades relativas menor del 75%
- Humedades relativas mayores del 75%

Originando dos panoramas, uno que sitúa a los municipios dentro de la zona de confort y el otro fuera de esta. Según estos rangos de humedad relativa (HR) los municipios se pueden clasificar en dos tipos

B1 - HR menor de 75% temporada seca

HR mayor de 75% temporada lluviosa

B2 - HR mayor de 75% temporada seca

HR mayor de 75% temporada lluviosa

B1 - Municipios que poseen humedades relativas fuera de la zona de confort en la época lluviosa, pero dentro de la zona de confort en la época seca.

B2 - Municipios que durante todo el año poseen humedades relativas fuera de la zona de confort durante todo el año, acercándose más a la zona de confort en la época seca.

Combinando los cinco rangos de las dos variables tomando uno de temperatura con uno de humedad la posibilidad de zonas que pueden darse en el país es seis. Esto no quiere decir que las seis zonas se verifiquen en nuestro país, solo la posibilidad del sistema que se ha planteado.

Zonas Bioclimáticas, aunque dentro de nuestro territorio se verifican sólo cuatro, las cuales son:

ZONA A1 B2 - En esta zona se verifican las temperaturas más bajas durante todo el año en el país. Coinciden así mismo con las zonas más altas, y las temperaturas durante todo el año son menores de los 22°C. Son sitios con bastante humedad, y todo el año esta es superior al 75%. A esta zona pertenecen 10 municipios de El Salvador.

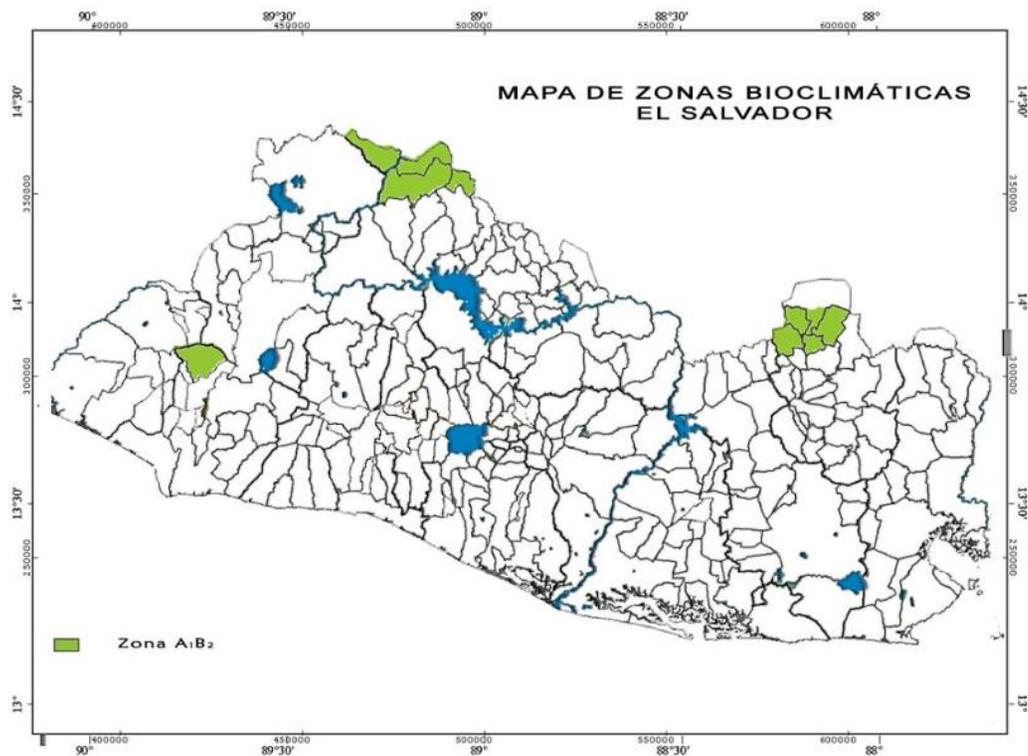


Figura 12. Mapa de zonas bioclimáticas A1B2

Fuente. Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico.

ZONA A2 B1 - A esta zona pertenecen la mayoría de los municipios de El Salvador, contándose dentro de estos 219 municipios, incluidas todas las cabeceras departamentales. Se registran temperaturas máximas entre 22°C y 27°C y mínimas menores de 22°C. Las humedades son superiores al 75% en la temporada lluviosa, como es en todo el país, y en la temporada seca, menores del 75%. Por ser la zona que mayor cantidad de municipios abarca, la diferenciación entre estos vendrá dada por los datos de temperatura y humedad relativa mensuales; sin embargo, obedecerán a las mismas estrategias de diseño generales, cambiando simplemente los valores permisibles o restringibles de viento y radiación.



Figura 13. Mapa de zonas bioclimáticas A2B1

Fuente. Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico.

ZONA A2 B2 - Esta zona es la que menor número de municipios posee a los cuales se les pueda aplicar en su totalidad las generalidades de esta zona, los cuales son solamente cinco. Sin embargo, existen cuatro municipios más a los que, en buena parte de su territorio, puede aplicarse las siguientes características: temperaturas máximas mayores 27°C y mínimas menores de 22°C. Estos cuatro municipios pertenecen también a la zona A2B1 y tienen la peculiaridad de ser más frescos que los de la mencionada zona, pero también más húmedos, registrándose porcentajes de humedad relativa mayores del 75% en todo el año.



Figura 14. Mapa de zonas bioclimáticas A2B2

Fuente. Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico.

ZONA A3 B1 - A esta zona pertenecen los municipios con temperaturas máximas mayores de 27°C y mínimas entre 22°C y 27°C, registrándose las temperaturas más altas del país y con humedades relativas mayores al 75% en la temporada lluviosa y menores al 75% en la temporada seca. Pertenecen a esta zona la mayoría de los municipios colindantes a la costa y poseen los datos de altitud más bajos del país.

Definidas las zonas bioclimáticas de El Salvador, procederemos a realizar un análisis del comportamiento de los municipios mes a mes, para ver cómo se comportan durante todo el año, y ver el desplazamiento de zonas que hay durante todo el año.

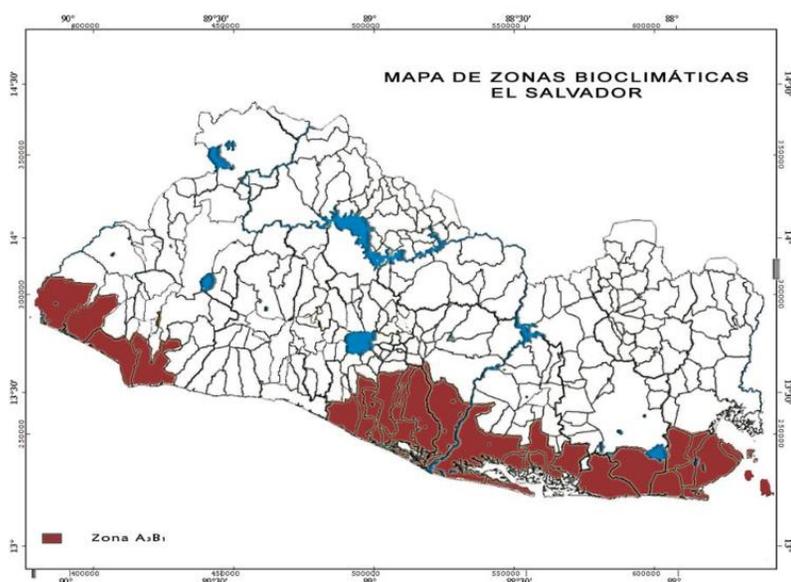


Figura 15. Mapa de zonas bioclimáticas A3B1

Fuente. Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico.

5.7.SISTEMA CONSTRUCTIVO

Los sistemas constructivos son el conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas y equipos que se usan para una construcción. Podemos decir que son sus características.

Se pueden identificar los distintos sistemas constructivos dependiendo del material que utilicen para sus estructuras (concreto o acero), por el material que usen para el exterior (blocks, tabiques, concreto, piedra, otros) o por su material interior (paneles de yeso, aplanados, entre otros). También se pueden identificar por sus técnicas de construcción.

Sistema constructivo tradicional en arquitectura

El sistema constructivo tradicional está compuesto por estructuras de concreto armado. Tiene paredes de mampostería, block de cemento o tabiques, instalaciones y losas de concreto armado. La forma de trabajar es con mezclas de cemento, pala y otras herramientas, y se realiza en el mismo lugar donde se va a construir. Es ampliamente utilizado y los albañiles dominan los sistemas constructivos tradicionales.

Paredes de bloques de concreto

Construir una pared siguiendo normas básicas para temblores nos evita problemas como caída de paredes y repello, filtraciones y agrietamientos. Las paredes tienen tres partes principales:

1. Cimientos: son la base que sostiene el peso de la pared.
2. Bloques de concreto: se colocan con refuerzos verticales y horizontales.
3. La viga corona o de cierre: se coloca en parte superior de la pared.

Materiales más importantes

- **Bloques de concreto:** para asegurarnos una excelente construcción debemos utilizar bloques de concreto clase A de 15 centímetros de ancho (que son más resistentes a los temblores). Cómpralos en un lugar que sea reconocido por vender materiales de calidad.
- **Dos tipos de concreto:** La mezcla para pegar el bloque se hace con 3 baldes de arena, 1 balde de cemento y agua. El concreto para relleno de los huecos de los bloques se hace con 3 baldes de piedra, 2 de arena, 1 balde de cemento y agua. El concreto con mucha agua es de baja resistencia. Use la menor cantidad de agua posible.
- **Varillas de hierro (refuerzo):** para las esquinas y cruces se usa varilla #2 lisa y para el refuerzo horizontal y vertical se usa varilla #3 corrugada. [11]

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está basada en un proceso metodológico de herramientas que nos facilitaron la obtención de datos técnicos climatológicos internos de la vivienda bioclimática ya construida y de una vivienda convencional, para analizarlos, compararlos y dar posibles propuestas de mejoras al diseño de la vivienda bioclimática construida junto a Hábitat para la Humanidad El Salvador. Dichas herramientas surgen de un proceso de fases lógicas de investigación, las cuales se definen para tener una comprensión y análisis profundo del problema y así dar una respuesta apropiada. Dicha estrategia se plantea de la siguiente manera:

Fase 1: Investigación Técnica

Recolección de información acerca de los variables climáticas a medir, identificación del sitio de ubicación de la vivienda bioclimática y vivienda convencional, normativas y reglamentos nacionales, parámetros de confort internos, materiales, entre otros. Todos estos datos fueron analizados e interpretados para poder tener criterios técnicos certeros y así brindar recomendaciones y propuestas coherentes al diseño de vivienda.

Fase 2: Capacitación

Se desarrolló una capacitación a docentes de la Regional San Miguel sobre el uso de los equipos de medición, descarga de datos, parámetros a medir y software a utilizar. Esta etapa permitió obtener información de campo asertiva.

Fase 3: Recopilación de información técnica

Se realizaron visitas a la vivienda bioclimática y vivienda convencional ubicadas en el departamento de San Miguel de El Salvador, en cada una de las viviendas se instalaron equipos que miden las variables climatológicas de temperatura, humedad e iluminación interna. Con los datos se desarrolló un análisis del impacto de las variables en el confort interno de las viviendas.

Fase 4: Análisis de datos

Se analizó la información obtenida de las diferentes tomas de datos de las variables climáticas a través de gráficas, tablas, entre otros. La información nos dio datos que se utilizaron para proponer mejoras si se necesitan en el diseño de la vivienda bioclimática realizada en el 2015 y proponer mejoras de diseño en la vivienda convencional.

Fase 5: Realizar Informe Final

Se hicieron recomendaciones y propuestas para mejoras en el diseño, que tendrían como resultado una vivienda aún más eficiente en sentido de confort interno. Con esta información, se realizó el Informe Final, el cual puede ser compartido con instituciones nacionales que toman decisiones sobre el impacto que la construcción de viviendas bajo criterios bioclimáticos generaría en los habitantes y en el medio ambiente.

Fase 6: Difusión del proyecto

En esta fase se da a conocer el proyecto en congresos y publicaciones científicas.

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN



Diagrama 1. Esquema metodológico de la investigación desarrollada.

Fuente. Elaboración propia, 2024.

7. RESULTADOS

7.1. RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL 2022

Temperatura Máxima

A nivel de estaciones, como se observa en la tabla 2, se tiene que 14 de las 25 estaciones climatológicas tuvieron una temperatura máxima anual más baja que la normal (serie 1981-2010), es decir, presentando anomalías negativas en el rango de -0.1 y -0.9°C . Dichas estaciones son: Las Pilas, Ahuachapán, La Hachadura, Chiltiupán, San Miguel, La Unión CPI, Aeropuerto Ilopango, Santiago de María, Puente Cuscatlán y San Francisco Gotera. El resto de las estaciones presenta anomalías positivas en la temperatura máxima anual, entre 0.00 y $+1.4^{\circ}\text{C}$, siendo la mayor registrada en la estación Los Naranjos. [12]

Tabla 2. Temperatura máxima promedio anual 2022 por estación.

Estación - Día	ANUAL			
	2022	Normal	Anomalía	
A-15	Güija	34.8	33.8	1.0
A-18	Finca los Andes	21.6	21.4	0.2
A-27	Candelaria la Frontera	31.6	31.6	0.0
A-31	Planes de Montecristo	21.6	21.4	0.2
A-37	Santa Ana - UNICAES	31.2	31.4	-0.2
B-01	Chorrera el Guayabo	34.8	34.1	0.7
B-06	Sensuntepeque	31.5	31.2	0.3
B-10	Cerrón Grande	35.0	35.1	-0.1
C-09	Cojutepeque	29.7	30.1	-0.4
G-03	Nueva Concepción	34.0	34.2	-0.2
G-04	La Palma	28.1	27.4	0.7
G-13	Las Pilas	21.8	22.4	-0.6
H-08	Ahuachapán SM	29.8	30.7	-0.9
H-14	La Hachadura	33.9	34.8	-0.9
L-04	San Andrés	32.7	32.5	0.2
L-27	Chiltupán	30.3	30.4	-0.1
M-24	San Miguel UES	34.9	35.7	-0.8
N-02	La Unión/CPI	33.5	34.5	-1.0
S-10	Aeropuerto Ilopango	30.3	30.8	-0.5
T-06	Acajutla, Puerto Nuevo	33.3	32.7	0.6
T-24	Los Naranjos	25.9	24.5	1.4
U-06	Santiago de María	27.5	28.5	-1.0
V-09	Puente Cuscatlán	35.6	35.7	-0.1
Z-02	San Francisco Gotera	33.8	34.3	-0.5
Z-03	Perquín	27.9	27.8	0.0
	PROM	30.6	30.7	-0.1

Fuente. Resumen Climatológico anual Ministerio de Medio Ambiente, 2022.



Gráfico 1. Temperatura máxima promedio anual por estación.

Fuente. Resumen Climatológico anual Ministerio de Medio Ambiente, 2022.

Con el registro de temperatura máxima diario a lo largo del año 2022 se tienen los siguientes hallazgos:

- La temperatura máxima absoluta registrada en el año fue de 41.6°C registrada en la estación Puente Cuscatlán, San Vicente el 20 de marzo.
- La temperatura máxima promedio diaria más alta a nivel nacional fue de 34.3°C que se registró el 14 de marzo, por lo que se puede decir que fue el día más cálido del año 2022.
- La estación Puente Cuscatlán a lo largo del año 2022, fue donde se tuvo el registro de temperatura máxima más alto a nivel nacional en más ocasiones (147 veces-40% de los días del año), por lo que se puede considerar el punto más cálido del territorio en 2022 (gráfico 1), estación en la cual se tuvo una temperatura promedio anual de 35.6°C.
- A lo largo del año, en ninguna estación se superó el récord histórico de temperatura.



Gráfico 2. Porcentaje de veces a lo largo de 2022 que una estación registró la temperatura máxima más alta.

Fuente. Resumen Climatológico anual Ministerio de Medio Ambiente,2022

Temperatura Mínima

A nivel de estaciones, como se observa en la tabla 3, de las 25 estaciones climatológicas, algunas tuvieron una temperatura mínima anual más baja que el promedio normal (serie 1981-2010), es decir, con anomalía negativa anual en temperatura mínima en el rango de -0.1 a -1.3. Estas estaciones son: Finca los andes, Sensuntepeque, Cerrón Grande, Las Pilas, La Hachadura, La Unión/CPI, Puente Cuscatlán, San Francisco Gotera y Perquín. El resto de las estaciones presenta anomalías positivas entre los valores de +0.2 y +1.3 °C. [12]

Tabla 3. Temperatura mínima promedio anual 2022 por estación.

Estación - Día	ANUAL		
	2022	Normal	Anomalia
A-15 Güija	20.9	20.1	0.8
A-18 Finca los Andes	12.6	13.4	-0.8
A-27 Candelaria la Frontera	20.0	19.5	0.5
A-31 Planes de Montecristo	13.0	12.3	0.7
A-37 Santa Ana - UNICAES	19.5	18.4	1.1
B-01 Chorrera el Guayabo	22.1	21.5	0.6
B-06 Sensuntepeque	18.1	18.3	-0.2
B-10 Cerrón Grande	20.4	20.7	-0.3
C-09 Cojutepeque	19.4	18.9	0.5
G-03 Nueva Concepción	21.2	20.7	0.5
G-04 La Palma	17.0	16.7	0.3
G-13 Las Pilas	12.4	13.7	-1.3
H-08 Ahuachapán SM	19.2	18.9	0.3
H-14 La Hachadura	22.9	23.5	-0.6
L-04 San Andrés	18.9	18.7	0.2
L-27 Chiltupán	21.2	20.4	0.8
M-24 San Miguel UES	22.4	21.2	1.2
N-02 La Unión/CPI	22.7	23.2	-0.5
S-10 Aeropuerto Ilopango	20.2	18.9	1.3
T-06 Acajutla, Puerto Nuevo	24.4	23.4	1.0
T-24 Los Naranjos	14.1	13.1	1.0
U-06 Santiago de María	18.9	18.5	0.4
V-09 Puente Cuscatlán	21.2	21.3	-0.1
Z-02 San Francisco Gotera	21.6	21.8	-0.2
Z-03 Perquín	17.4	17.5	-0.1
PROM	19.3	19.0	0.3

Fuente. Resumen Climatológico anual Ministerio de Medio Ambiente, 2022.



Gráfico 3. Temperatura mínima promedio anual por estación.

Fuente. Resumen Climatológico anual Ministerio de Medio Ambiente, 2022.

Con el registro de temperatura mínima a lo largo del año 2022 se tienen los siguientes hallazgos:

- La temperatura mínima absoluta registrada en el año fue de 5.0 °C registrada en la estación Los Naranjos el 1 de febrero.
- La temperatura mínima promedio diaria más baja a nivel nacional fue de 15.8°C que se registró el 18 de enero, por lo que se puede decir que fue la noche más fresca del año 2022.
- La estación Finca Los Andes a lo largo del año fue donde se tuvo el registro de temperatura mínima más baja a nivel nacional en más ocasiones (146 veces – 40% de los días del año), por lo que se puede considerar uno de los puntos más frescos del territorio en 2022 (Gráfico 3), estación en la cual la temperatura promedio anual fue de 12.6 °C.
- Sin récords de temperatura mínima.

Viento

Durante la época seca (noviembre a abril) en El Salvador es típico la influencia de sistemas de Alta Presión asociados a sistemas frontales que traen consigo la incursión de vientos acelerados del norte sobre el país, para el año 2022 los eventos registrados de “Vientos Nortes” en el territorio salvadoreño de enero a abril y de octubre a diciembre son: [12]

- Enero: 5 eventos de Vientos Nortes.
- Febrero: 5 eventos de Vientos Nortes.
- Marzo: 2 eventos de Vientos Nortes.
- Abril: 1 eventos de Vientos Nortes.
- Octubre: 2 eventos de Vientos Nortes.
- Noviembre: 5 eventos de Vientos Nortes.
- Diciembre: 2 eventos de Vientos Nortes.

7.2. DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS DE SAN MIGUEL

Los datos climáticos y meteorológicos históricos para San Miguel, en el Departamento de San Miguel, El Salvador, proporcionan información valiosa sobre las condiciones climáticas pasadas. A continuación, se presentan detalles basados en simulaciones de modelos meteorológicos y observaciones reales del Ministerio de Medio Ambiente.

Valor promedio de la temperatura máxima (°C) de la estación de San Miguel

Índices del clima desde 1981 a 2020

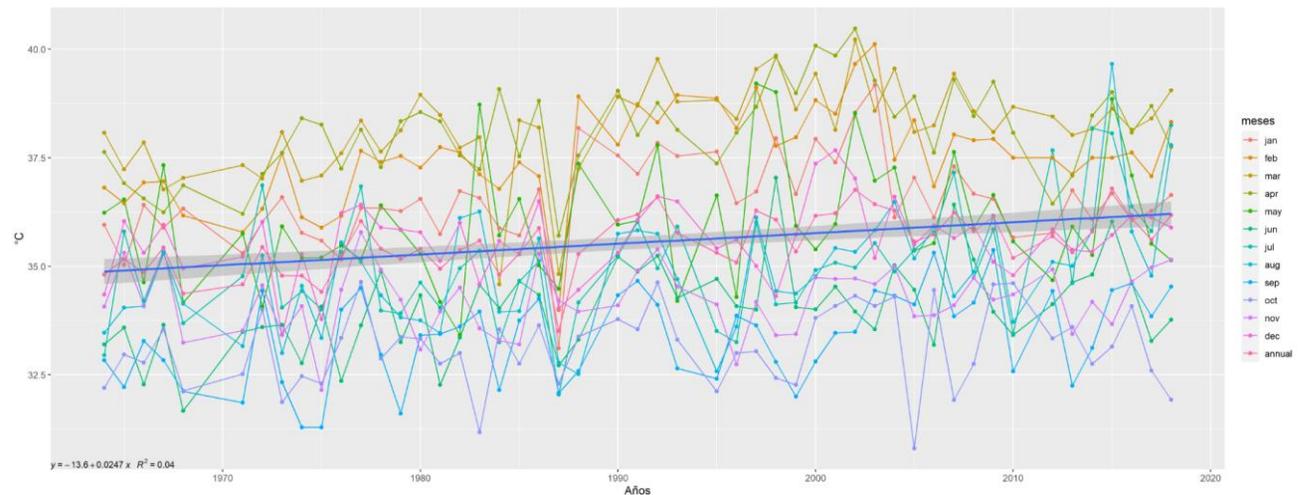


Diagrama 2. Temperatura máxima departamento de San Miguel desde 1981 a 2020.

Fuente. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2024. [13]

En el gráfico anterior se presentan una serie de líneas, cada una de las cuales representa un conjunto de datos de temperatura. El gráfico está dividido en secciones, cada sección muestra un periodo de tiempo de 10 años. Los puntos de datos están codificados por colores, estos colores representan los meses del año de los diferentes años, lo que facilita la identificación y comparación de los distintos conjuntos. En el eje Y se muestra la variable de temperatura en grados centígrados (°C), en el eje de las X el tiempo de medición de la variable en años.

El gráfico muestra el comportamiento de la temperatura máxima en lapso de 60 años en la estación meteorológica del departamento de San Miguel propiedad del Ministerios de Medio Ambiente. La línea azul que pasa longitudinalmente en la gráfica expone la tendencia en el aumento de las temperaturas en el paso del tiempo.

Los puntos de datos de los diferentes meses registran un aumento constante; puntualmente los meses de febrero, marzo y abril se observa un aumento considerable de temperatura con lecturas que van de los 37.5 °C y algunos puntos ocasionales sobrepasan los 40.0 °C, mientras que otras muestran un patrón más errático, en una disminución bastante marcada. La codificación por colores ayuda a diferenciar los conjuntos de datos y pone de relieve cualquier tendencia o patrón que pueda estar presente.

Valor promedio de la temperatura mínima (°C) de la estación de San Miguel

Índices del clima desde 1981 a 2020

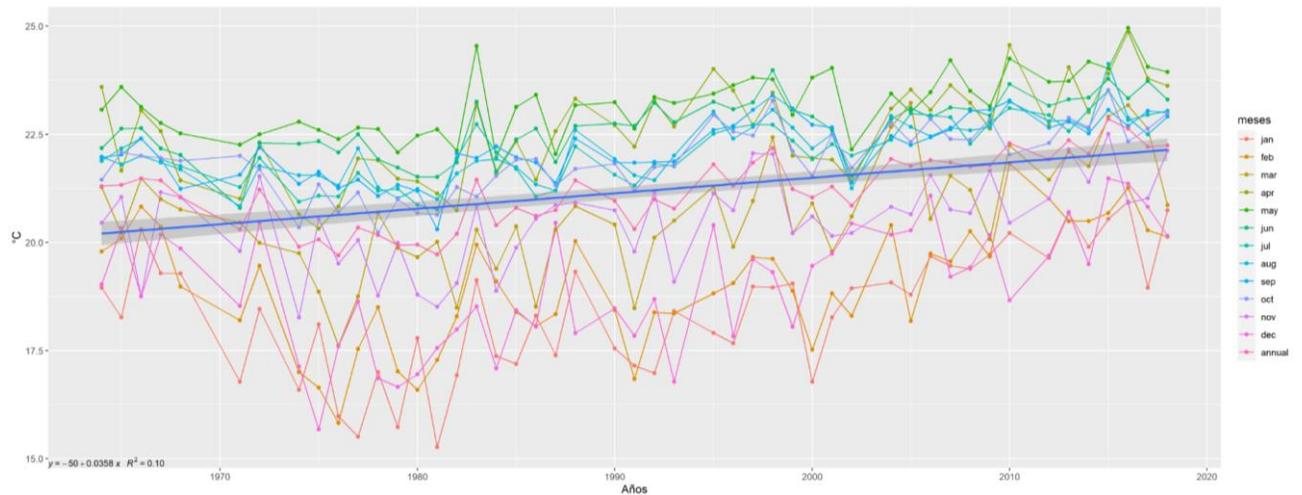


Diagrama 3. Temperatura mínima departamento de San Miguel desde 1981 a 2020.

Fuente. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2024. [13]

El gráfico muestra la serie de datos de temperaturas mínimas de la ciudad de San Miguel, con el eje x representando los años y el eje y representando la temperatura. Los datos promedios de temperatura mínima se representan como un gráfico lineal, en el que las líneas muestran una ligera tendencia ascendente a lo largo del tiempo.

Se observan varios puntos de datos en el gráfico, algunos más destacados que otros. El gráfico también presenta una línea horizontal, que representa la línea de referencia del promedio de la temperatura mínima. El gráfico refleja que en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero se registraron las temperaturas más bajas oscilando entre 17.5 °C y 15.0 °C.

Normales Climatológicas 1991-2020

Tabla 4. Variables climatológicas de San Miguel desde 1991 a 2020

Variable Climática	Indice	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Humedad	M-24	San Miguel UES	59	57	57	62	71	77	75	76	81	81	73	64	70
Max. Temp	M-24	San Miguel UES	36.9	38	38.4	38.6	36.2	34.4	34.9	34.9	33.5	33.2	34.2	35.6	35.7
Min. Temp	M-24	San Miguel UES	18.3	18.9	20.5	22.7	23.3	22.8	22.2	22.2	22.3	22	20.6	19	21.2
Temp. Media	M-24	San Miguel UES	27.6	28.4	29.5	30.6	29.8	28.6	28.5	28.5	27.9	27.6	27.4	27.3	28.5

Fuente. Creación propia, datos de Ministerio de medio Ambiente y Recursos Naturales, 2024. [13]

La tabla muestra cuatro variables climáticas: humedad, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media. Todos los valores están asociados con el índice “M-24” y la estación “San Miguel UES”. Los datos se presentan mensualmente desde enero hasta diciembre, y también se proporciona un total anual. Los valores numéricos varían para cada mes, indicando las mediciones específicas registradas, los datos máximos y mínimos son:

- Humedad: Máximo 81 (Sep), Mínimo 57 (Feb)
- Temperatura Máxima: Máximo 38.6 (Mar), Mínimo 33.2 (Oct)
- Temperatura Mínima: Máximo 23.3 (May), Mínimo 18.3 (Ene)
- Temperatura Media: Máximo 30.6 (Abr), Mínimo 27.3 (Dic)

7.3. DATOS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS DE 2022 EN SAN MIGUEL

Las siguientes gráficas muestran el tiempo en el pasado en San Miguel y proporcionan los datos históricos meteorológicos del 2022. Incluye todas las series de datos históricos meteorológicos que se han reunido, incluidos los datos de temperaturas de San Miguel en 2022.

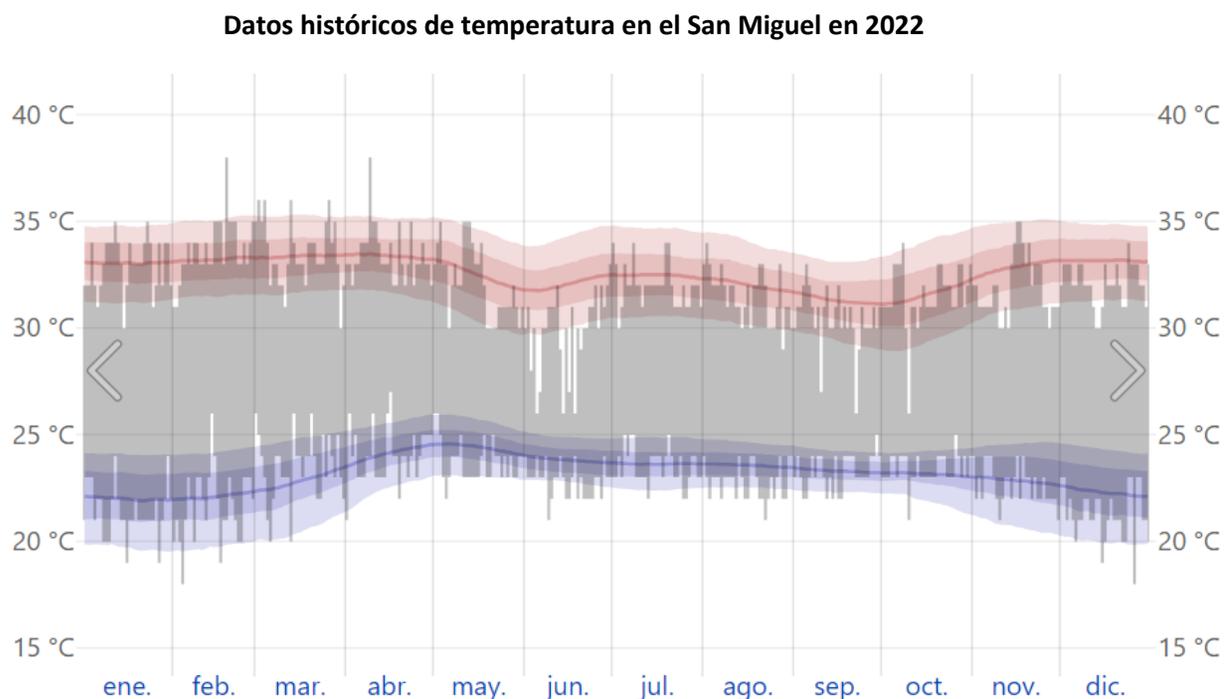


Diagrama 4. Datos históricos de temperatura en el San Miguel en 2022.

Fuente. Datos de WeatherSpark.com [14]

El intervalo diario de temperaturas reportadas (barras grises) y las máximas (marcas rojas) y mínimas (marcas azules) de 24 horas, colocadas arriba del promedio diario de la máxima (líneas rojo claro) y de la mínima (línea azul claro), con las bandas de los percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

La gráfica 4 muestra las temperaturas mínimas y máximas a lo largo del año 2022. Según la gráfica, las temperaturas mínimas son las siguientes:

- Enero: 20°C
- Febrero: 21°C
- Marzo: 22°C
- Abril: 23°C
- Mayo: 24°C
- Junio: 25°C
- Julio: 25°C
- Agosto: 25°C
- Septiembre: 24°C
- Octubre: 23°C
- Noviembre: 22°C
- Diciembre: 21°C

Las temperaturas máximas son las siguientes:

- Enero: 30°C
- Febrero: 31°C
- Marzo: 32°C
- Abril: 33°C
- Mayo: 34°C
- Junio: 35°C
- Julio: 35°C
- Agosto: 35°C
- Septiembre: 34°C
- Octubre: 33°C
- Noviembre: 32°C
- Diciembre: 31°C

Para calcular la temperatura promedio de todo el gráfico, se suman las temperaturas mínimas y máximas de cada mes y se divide el resultado entre 24 (el número total de datos). El resultado es aproximadamente 27.8°C.

El mes con la temperatura mínima es enero (ene.), y la temperatura más baja es de aproximadamente 20°C. Ese es el valor más bajo que se registra en el rango de temperatura más baja, representado por la banda azul.

El mes con el dato mayor es julio (jul.), y la temperatura más alta es aproximadamente 35°C, según el gráfico ese es el valor más alto que se registra en el rango de temperatura más alta, representado por la banda roja.

Temperatura por hora en 2022 en San Miguel

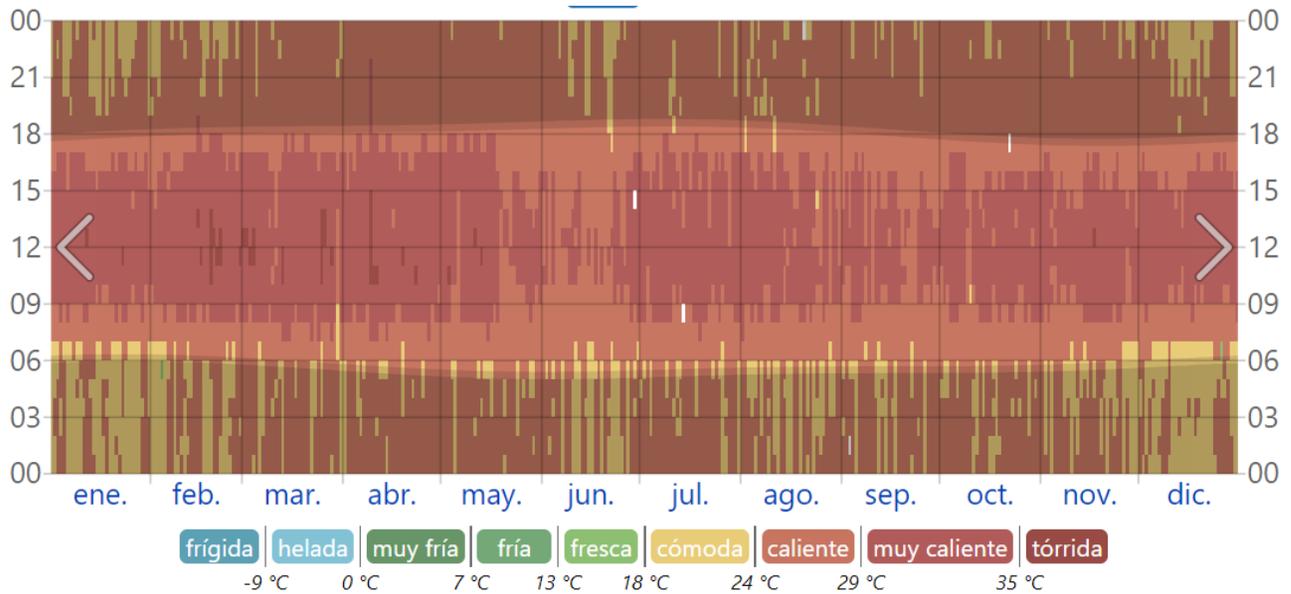


Diagrama 5. Temperatura por hora en 2022 en San Miguel.

Fuente. Datos de WeatherSpark.com [14]

La temperatura es reportada por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo.

Es un gráfico de temperatura a lo largo del año, que muestra cómo varían las temperaturas según los meses y los niveles de temperatura.

El gráfico utiliza una escala de colores para indicar los rangos de temperatura, desde el celeste oscuro para las temperaturas más bajas, hasta el terracota y castaño para las más altas.

El gráfico también muestra las etiquetas de los niveles de temperatura, como frígida, helada, muy fría, fría, fresca, cómoda, caliente, muy caliente y tórrida.

Estas etiquetas están asociadas con rangos específicos de temperatura en grados Celsius; se pueden ver en la escala a la izquierda y derecha del gráfico las horas del día.

El gráfico puede servir para visualizar cómo cambian las temperaturas a lo largo del día y cómo afectan al bienestar de las personas.

El gráfico muestra que las horas más cómodas, indicadas por el color mostaza, son generalmente entre las 3 y las 6 de la mañana.

Las temperaturas más cálidas, indicadas por los colores terracota y castaño, se observan durante el día entre las 8 y las 5 de la tarde.

Niveles de comodidad de la humedad en 2022 en San Miguel

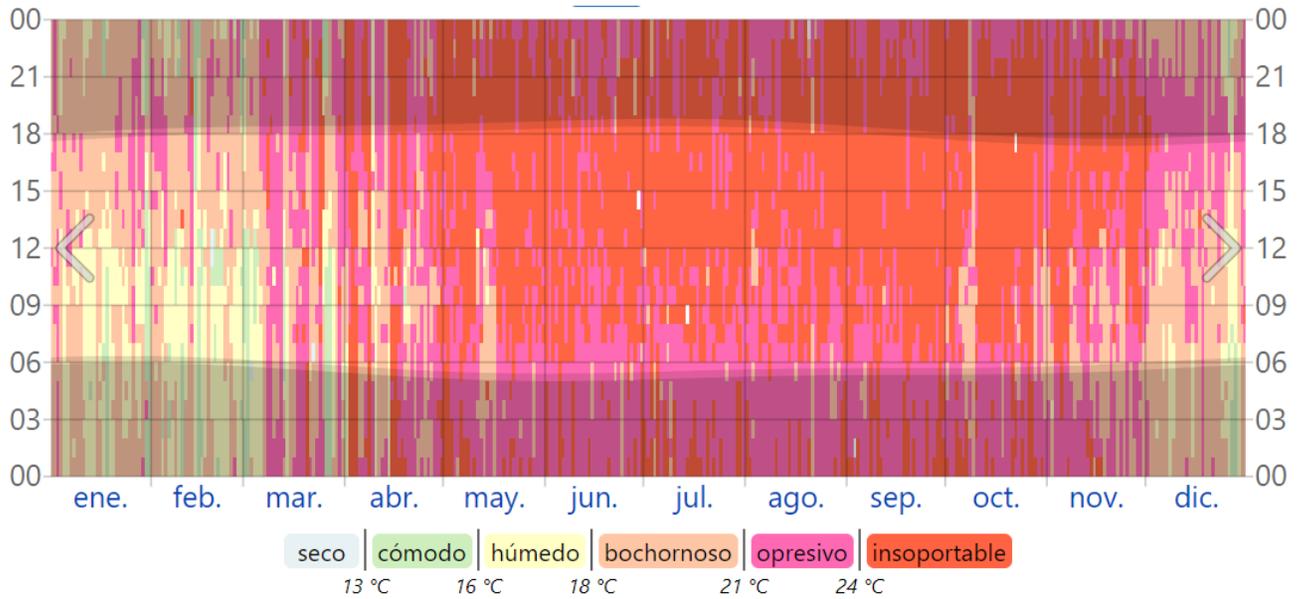


Diagrama 6. Niveles de comodidad de la humedad en 2022 en San Miguel.

Fuente. Datos de WeatherSpark.com [14]

El nivel de comodidad de la humedad, categorizado por el punto de rocío y reportado por la hora. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

En el gráfico de colores se representan las condiciones climáticas a lo largo del año, desde enero hasta diciembre. El gráfico usa diferentes colores para indicar la comodidad percibida en diferentes temperaturas y humedades. Los colores van desde el celeste y verde, que significa seco y cómodo, hasta el rojo, que significa opresivo e insoportable. El gráfico muestra que las condiciones más secas y cómodas se dan en los meses más fríos, mientras que las condiciones más opresivas e insoportables se dan en los meses más cálidos. El gráfico también tiene una escala vertical que indica la hora del día, y una escala horizontal que indica los meses del año.

Velocidad del viento en 2022 en San Miguel

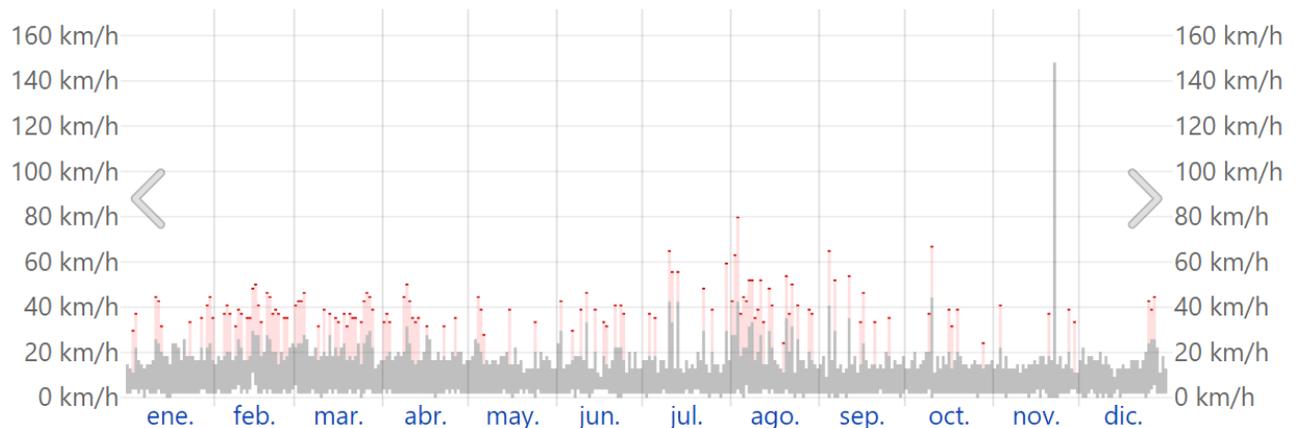


Diagrama 7. Velocidad del viento en 2022 en San Miguel

Fuente. Datos de WeatherSpark.com [14]

El gráfico representa la velocidad del viento a lo largo del año, la velocidad del viento se muestra con las barras grises, con velocidades máximas de ráfagas que se identifican con las marcas rojas.

Según la imagen, el mes con la velocidad más alta de viento es agosto (ago.), y la velocidad máxima registrada es de aproximadamente 80 km/h. Por otro lado, el mes con la velocidad mínima de viento es diciembre (dic.), donde la velocidad es prácticamente nula.



Diagrama 8. Dirección del viento en 2022 en San Miguel
Fuente. Datos de WeatherSpark.com [14]

La dirección del viento reportada por hora, codificada por color por punto en el compás. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

La imagen muestra un gráfico que representa la dirección del viento cada mes. Los colores indican las direcciones: norte, este, sur y oeste. En enero, febrero y marzo, el viento viene principalmente del norte. De abril a julio, el viento cambia hacia el este. En agosto y septiembre, el viento es predominantemente del sur. Finalmente, de octubre a diciembre, el viento viene del oeste.

Según la imagen, la mayoría de los vientos vienen de la dirección sur (indicada en el gráfico como color rojo). Esto significa que la mayor parte del tiempo, los vientos en San Miguel provienen del sur.

7.4. VISITAS A VIVIENDAS TRADICIONAL Y BIOCLIMÁTICA

Para el desarrollo de la investigación se realizaron diferentes visitas y actividades tanto a la vivienda tradicional como a la vivienda bioclimática, las cuales están en el Caserío Chaparrastique, Cantón El Niño, departamento de San Miguel, El Salvador.

La primera visita realizada el 11 de julio 2023, se ejecutó para el reconocimiento de las viviendas tradicional y bioclimática que se iban a utilizar en dicha comparación de variables, y para la instalación de los aparatos de medición de las variables de temperatura y humedad relativa en ambas casas.

Luego se efectuaron varias visitas entre los meses de julio 2023 a enero 2024 para descargar la información almacenada de los aparatos de medición y para la toma de datos de iluminación interior de los espacios.

Dimensiones de viviendas

Vivienda tradicional

La vivienda tradicional tiene las siguientes características:

Espacio: la vivienda consta de dos habitaciones y un espacio compartido que incluye la sala, el comedor y la cocina. También cuenta con un baño, un área de lavado externa y un pasillo frontal.

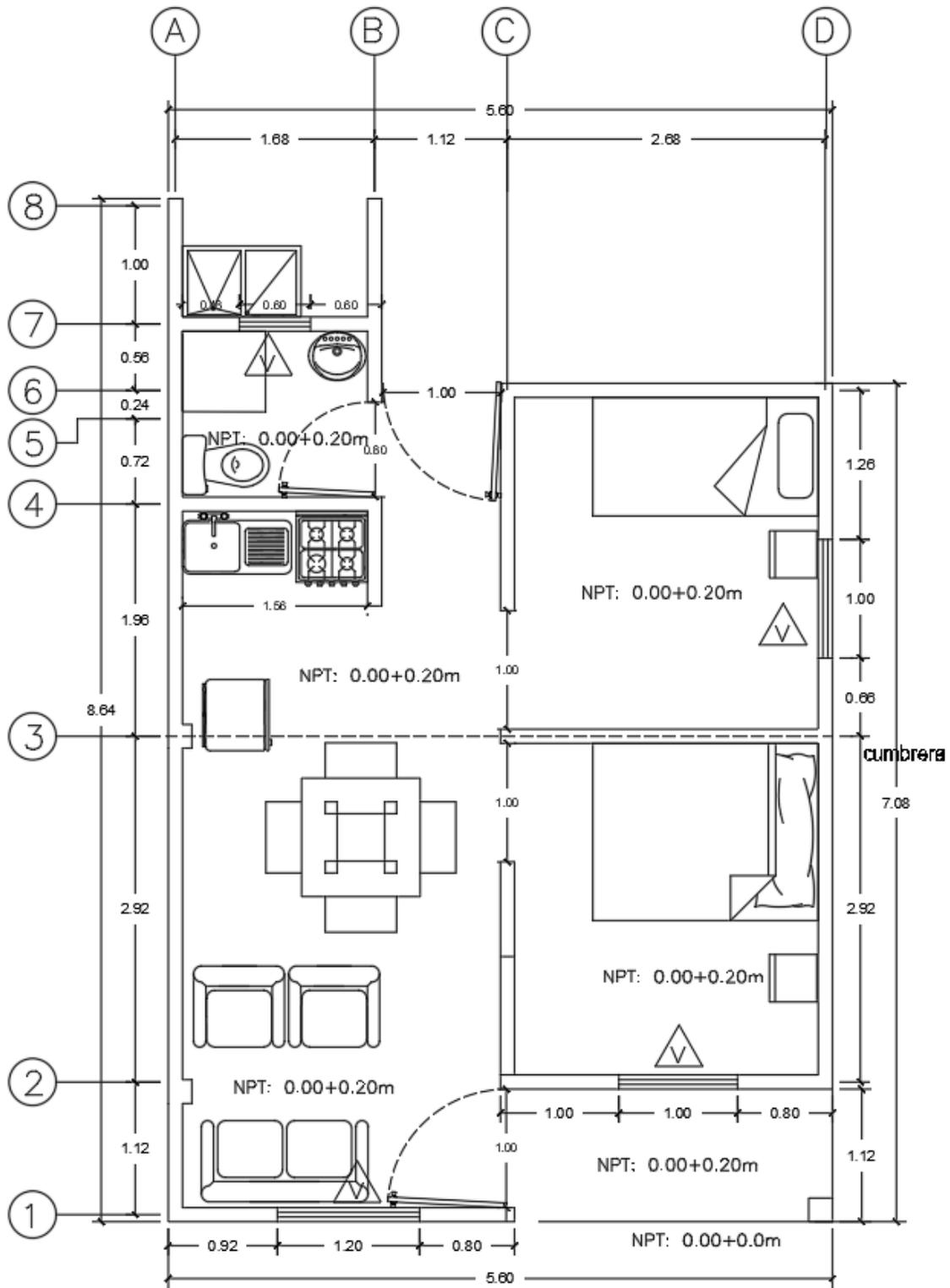
Dimensiones: las dimensiones generales de la vivienda son de 5.60 metros de ancho por 8.64 metros de largo, lo que resulta en un área interna de 43 metros cuadrados.

Ventilación: cada espacio de la vivienda cuenta con un hueco de ventilación, comúnmente conocido como ventana. Esto permite la entrada de luz natural y la circulación de aire, lo que puede mejorar la calidad del ambiente interior.

Construcción: el sistema constructivo de la vivienda es de bloque de concreto de 12x20x40. La estructura de la vivienda se refuerza con columnas y fundaciones de concreto armado, lo que puede proporcionar una mayor resistencia y durabilidad.

Techo: el techo de la vivienda es de tipo a dos aguas, hecho de material de lámina galvanizada con una estructura de polín C. Este tipo de techo puede ayudar a drenar el agua de lluvia eficientemente y proporcionar una mayor resistencia a los vientos fuertes.

En resumen, esta vivienda tradicional combina un diseño funcional y compacto con técnicas de construcción sólidas y duraderas.



Planta Arquitectonica, vivienda tradicional

Plano 1. Planta arquitectónica casa tradicional, distribución de espacios internos.

Fuente. Elaboración propia.

Vivienda bioclimática

La vivienda bioclimática tiene las siguientes características:

Espacio: la vivienda consta de dos habitaciones y un espacio compartido que incluye la sala, el comedor y la cocina. También cuenta con un baño y un área de lavado externa.

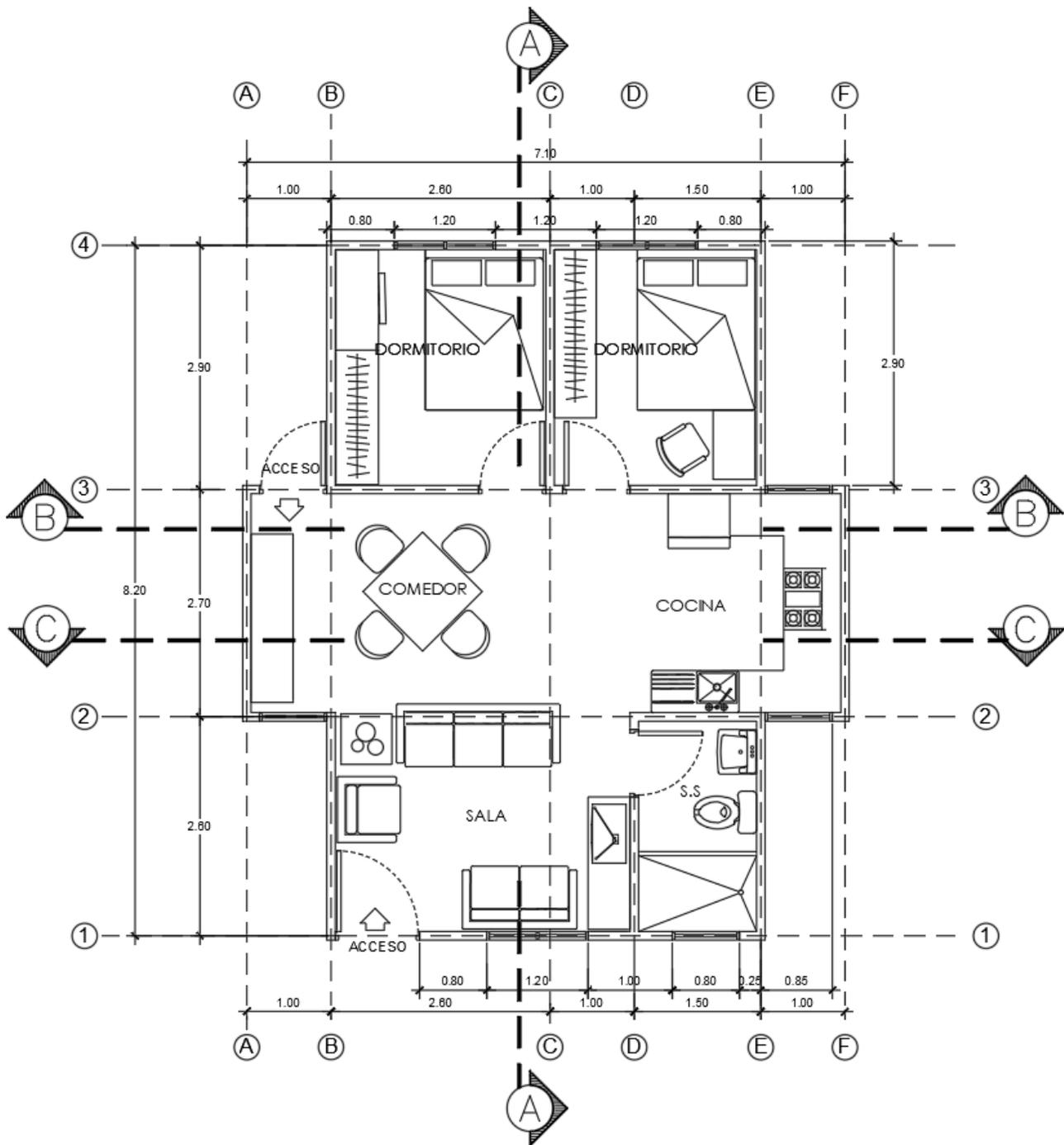
Dimensiones: las dimensiones generales de la vivienda son de 7.10 metros de ancho por 8.20 metros de largo, lo que resulta en un área interna de 48.75 metros cuadrados.

Ventilación e Iluminación: cada espacio de la vivienda cuenta con un hueco de ventilación, comúnmente conocido como ventana. Además, el área del comedor y la cocina cuenta con una ventilación tipo chimenea e iluminación cenital, lo que puede mejorar la calidad del ambiente interior y proporcionar una iluminación natural eficiente.

Construcción: el sistema constructivo de la vivienda es de bloque de concreto de 12x20x40. En el área de los dormitorios, la vivienda cuenta con una losa verde, lo que puede ayudar a regular la temperatura interior y promover la eficiencia energética. La estructura de la vivienda se refuerza con columnas y vigas de concreto armado, lo que puede proporcionar una mayor resistencia y durabilidad.

Techo: el techo de la vivienda es de tipo a dos aguas con altura diferenciada para la ventilación e iluminación. Está hecho de material de lámina galvanizada con una estructura de polín C. Este diseño puede ayudar a mejorar la ventilación y la iluminación natural en el interior de la vivienda.

En resumen, esta vivienda bioclimática combina un diseño funcional y compacto con técnicas de construcción sólidas y duraderas. Además, incorpora características de diseño sostenible y eficiente, como la losa verde y la iluminación cenital, para mejorar el confort y la eficiencia energética.



PLANTA ARQUITECTONICA

Sin escala

Plano 2. Planta arquitectónica casa bioclimática, distribución de espacios internos.
Fuente. Elaboración propia.

Espacios de vivienda tradicional



Fachada principal vivienda tradicional.



Fachada posterior vivienda tradicional.

Figura 16. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.



Habitación 1 de vivienda tradicional.



Habitación 2 de vivienda tradicional.

Figura 17. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.



Sala de vivienda tradicional.



Cocina de vivienda tradicional.

Figura 18. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.

Espacios de vivienda bioclimática



Fachada principal vivienda bioclimática.



Fachada posterior vivienda bioclimática.

Figura 19. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.



Habitación 1 de vivienda bioclimática.



Sala de vivienda bioclimática.

Figura 20. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.



Comedor de vivienda bioclimática.



Dormitorio (cocina) de vivienda bioclimática.

Figura 21. Espacios de vivienda en estudio.

Fuente. Elaboración Propia.

7.5. VARIABLES CLIMÁTICAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Equipo de medición de variables de temperatura y humedad

Para obtener datos con mayor precisión y fiabilidad, se empleó un equipo de medición automatizado conocido como DataLogger, de la marca Testo modelo 174H. Este dispositivo se encargó de medir las variaciones de temperatura y humedad relativa en los diferentes espacios internos de las viviendas.



Figura 22. Datalogger marca testo modelo 174H e interfaz de descarga.
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5. Datos técnicos de Datalogger.

Datos técnicos generales	
Peso	34 g
Medidas	60 x 38 x 18,5 mm
Temperatura de funcionamiento	-20 hasta +70 °C
Carcasa	Plástico
Clase de protección	IP20
Canales	2 externo
Color del producto	Negro
Norma	2011/65/EU; Directriz UE 2014/30/EU
Intervalo de medición	1 min - 24 h
Tipo de batería	2 pilas de botón 3V (CR 2032)
Autonomía	1 año (15' intervalo de medición a +25 °C)
Memoria	16.000 valor medido
Temperatura de almacenamiento	-40 hasta +70 °C

Fuente. <https://www.testo.com/en>

Los equipos de medición operan en conjunto con el software ComSoft Basic de testo. A través de este software, se configuran los equipos con los rangos de temperatura y humedad mínimos y máximos deseados. Esto permite que el equipo realice las lecturas y pueda identificar cuando el valor de la variable supera los estándares de confort establecidos. Se programó para que realizaran tomas de datos cada 15 minutos y estos se almacenaran hasta que se procediera a descargar la información a través de la interfaz.

A continuación, se muestran las pantallas de presentación del software ComSoft Basic de testo utilizado.

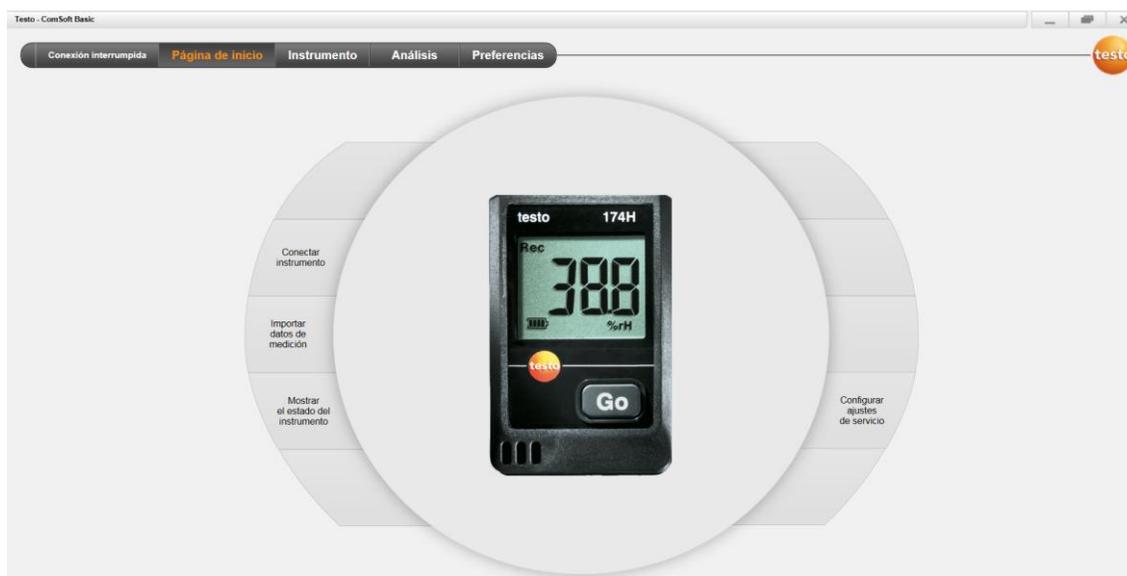


Figura 23. Pantalla de inicio del software ComSoft Basic de testo.

Fuente. Elaboración propia.

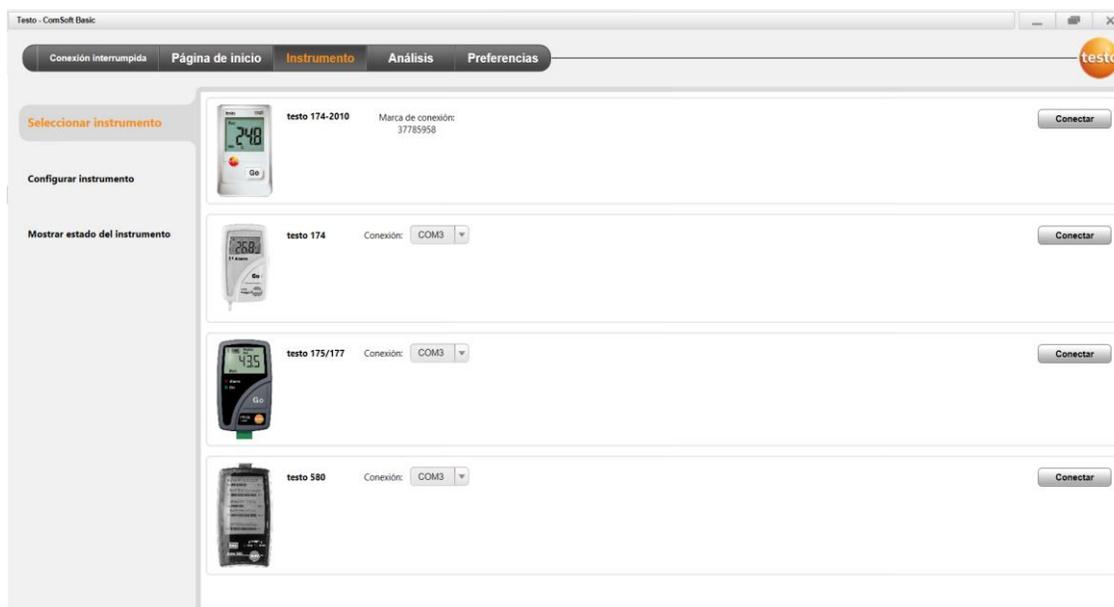


Figura 24. Pantalla para seleccionar instrumento de testo.

Fuente. Elaboración propia.

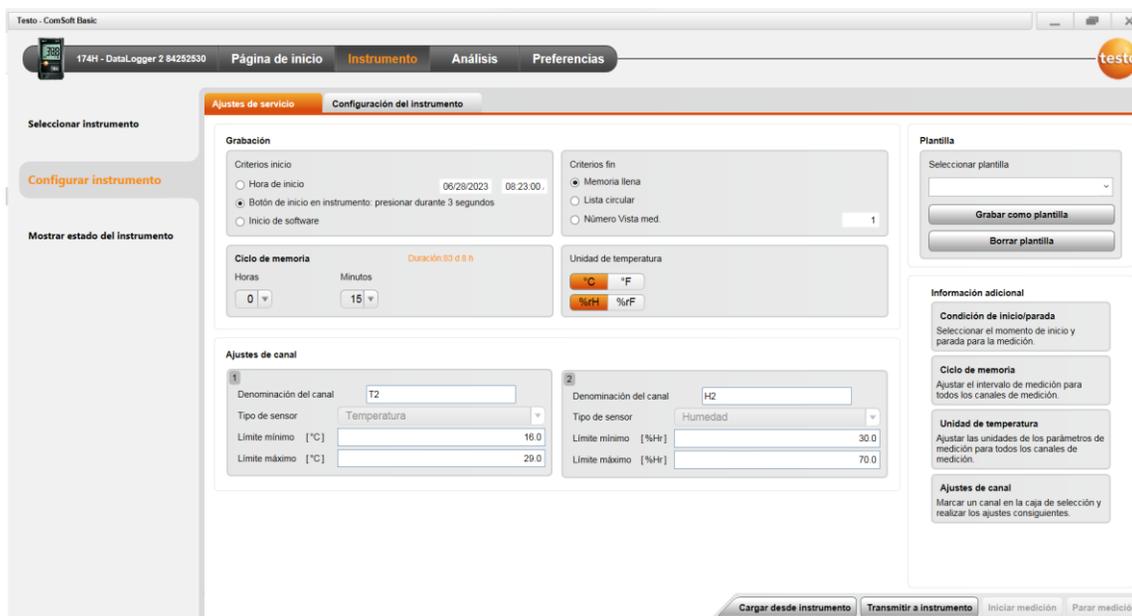


Figura 25. Pantalla configuración de variantes temperatura y humedad.
Fuente. Elaboración propia.

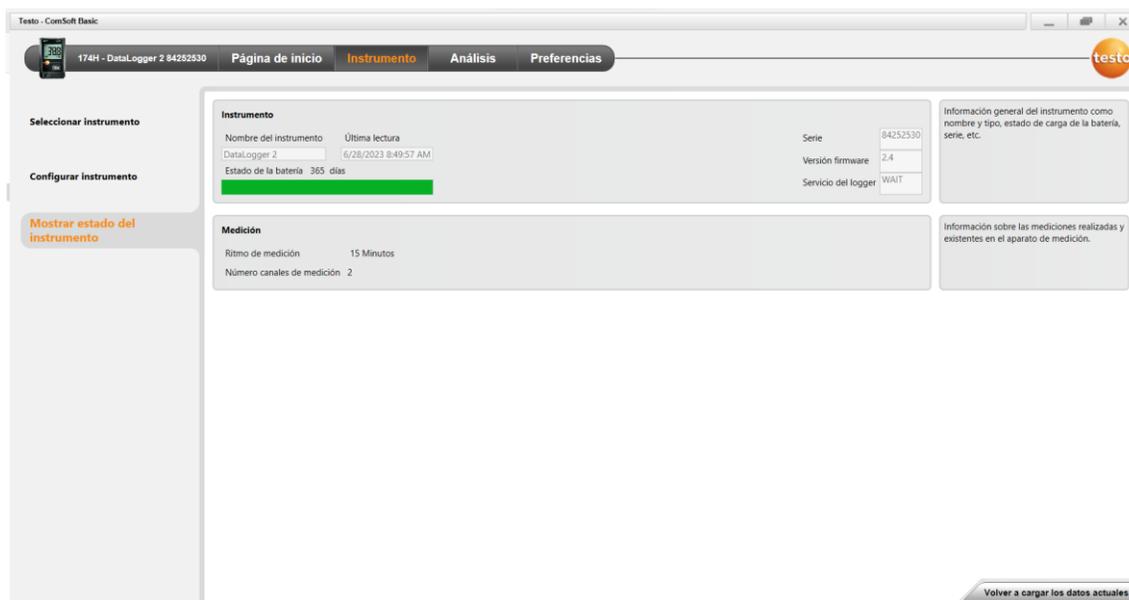


Figura 26. Pantalla de descarga de datos de temperatura y humedad.
Fuente. Elaboración propia.

7.6. DATOS PROCESADOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Se llevaron a cabo mediciones de variables en dos áreas dentro de cada vivienda. Estas áreas seleccionadas fueron un dormitorio y el espacio que abarca la sala, el comedor y la cocina, tanto en la vivienda tradicional como en la vivienda bioclimática.

Los datos recolectados de julio 2023 a enero 2024, se ordenaron a través de tablas, las cuales se clasificaron por mes y por las semanas de cada mes. En las tablas se muestra un número correlativo, fecha y hora de la toma de la lectura, la temperatura en grados Celsius y la humedad relativa.

Cada mes se tenía un total de datos de seis mil datos (lecturas) entre temperatura y humedad. La toma de datos se realizó a través de instrumentos de medición llamados dataloggers que se programaron para captar el dato y almacenarlo cada quince minutos.

La siguiente tabla muestra un ejemplo del trabajo de ordenamiento de datos realizado y se muestra la hora, temperatura y humedad relativa, por cada semana y mes.

Tabla 6. Datos de temperatura y humedad del dormitorio de vivienda tradicional. Octubre 2023.

ID	Fecha-Hora	T3 [°C]	H3 [%Hr]
SEMANA 1			
1	1/10/2023 00:04:00	30.5	73.8
2	1/10/2023 00:19:00	30.3	73.9
3	1/10/2023 00:34:00	30.3	74.1
4	1/10/2023 00:49:00	30.3	74.4
5	1/10/2023 01:04:00	30.3	74.2
6	1/10/2023 01:19:00	30.3	74.4
7	1/10/2023 01:34:00	30.3	74.3
8	1/10/2023 01:49:00	30.2	74.3
9	1/10/2023 02:04:00	30.1	74.5
10	1/10/2023 02:19:00	30.1	74.5
11	1/10/2023 02:34:00	30.0	74.6
12	1/10/2023 02:49:00	30.0	74.7
13	1/10/2023 03:04:00	29.9	74.7
14	1/10/2023 03:19:00	29.9	74.6
15	1/10/2023 03:34:00	29.8	74.5
16	1/10/2023 03:49:00	29.8	74.7
17	1/10/2023 04:04:00	29.7	74.8

Fuente. Elaboración propia.

Gráficas de datos primarios de temperatura y humedad

Luego del ordenamiento de las lecturas de las variables se procedió a analizarlas de forma semanal y mensual. Cada semana se observaba el comportamiento de la temperatura y humedad dentro de los espacios en cada casa.

Para obtener un mejor análisis estadístico se decidió calcular algunas medidas de tendencia central para conocer el valor que representa o resume el conjunto de datos con el cual se está trabajado. Las medidas de dispersión sirven para entender cómo se distribuyen los datos alrededor de la medida de tendencia central y cuán homogéneos o dispersos están. El estudio de los datos nos proporciona información valiosa para la interpretación y el análisis estadístico que es fundamental para tomar decisiones.

Tabla 7. Datos estadísticos de dormitorio de vivienda tradicional. Octubre 2023.

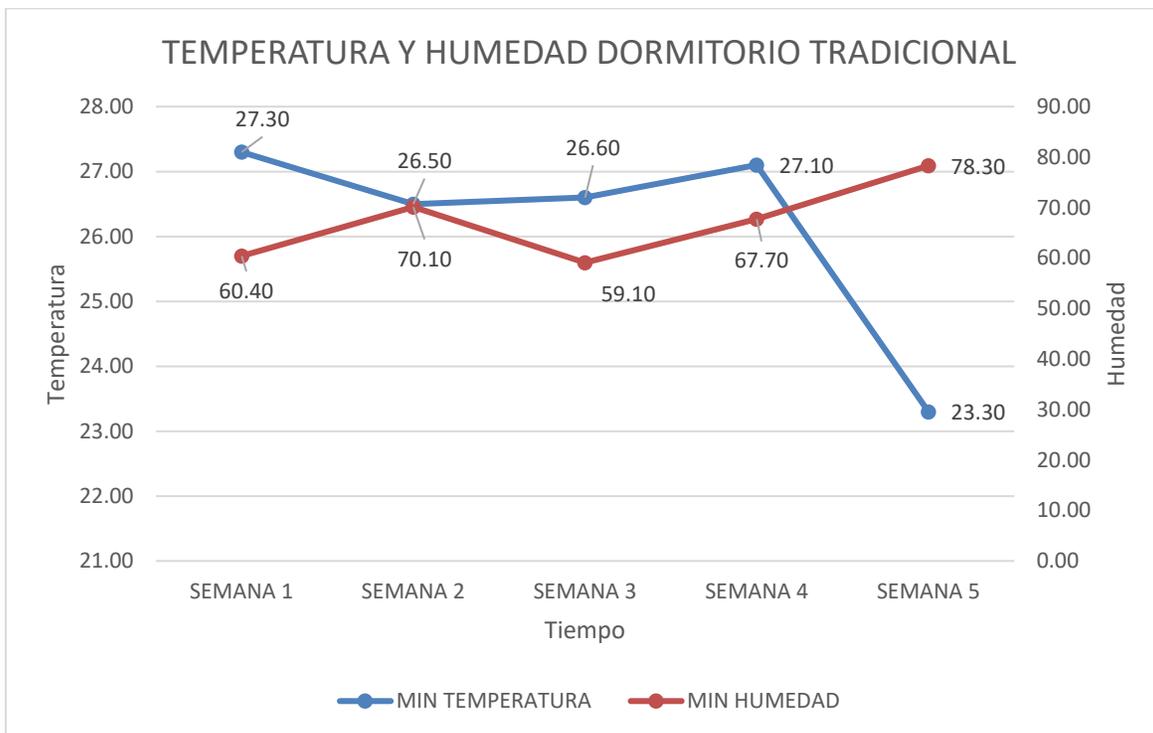
SEMANA 1 01/10/23 AL 08/10/23 OCTUBRE 2023	TEMPERATURA	MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL	MEDIA	30.22
			MODA	28.00
			MEDIANA	30.10
		MEDIDAS DE DISPERSIÓN	MINIMO	27.30
			MAXIMO	34.40
			RANGO	7.10
			VARIANZA	3.17
			DESVIACIÓN ESTANDAR	1.78
			DESVIACIÓN TIPICA	1.78
			COEFICIENTE DE DESVIACIÓN	6%
SEMANA 1 01/10/23 AL 08/10/23 OCTUBRE 2023	HUMEDAD	MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL	MEDIA	73.81
			MODA	74.80
			MEDIANA	74.50
		MEDIDAS DE DISPERSIÓN	MINIMO	60.40
			MAXIMO	82.60
			RANGO	22.20
			VARIANZA	13.23
			DESVIACIÓN ESTANDAR	3.64
			DESVIACIÓN TIPICA	3.63
			COEFICIENTE DE DESVIACIÓN	5%

Fuente. Elaboración propia.

De la información obtenida de las tablas de cada semana se utilizaron tres datos para crear gráficas del mes y visualizar de una manera más eficiente las variaciones de temperatura y humedad, en cada espacio de ambas casas.

A continuación, se describen los 3 datos estadísticos utilizados:

1. Media aritmética o promedio, es la medida de tendencia central más común. Nos muestra un valor típico dentro de un conjunto de datos. Ayuda a entender el valor promedio de una variable.
2. Mínimo, es el valor menor observado en el conjunto de datos. Representa el límite inferior o el valor más bajo dentro de la muestra analizada.
3. Máximo, es el valor más grande observado en el conjunto de datos. Representa el límite superior o el valor más alto dentro de la muestra analizada.



Gráfica 4. Mínimos de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional mes de octubre 2023.
Fuente. Elaboración propia.

En la gráfica se muestra la evolución de la temperatura y la humedad mínimas en el dormitorio de la vivienda tradicional a lo largo de cinco semanas del mes de septiembre.

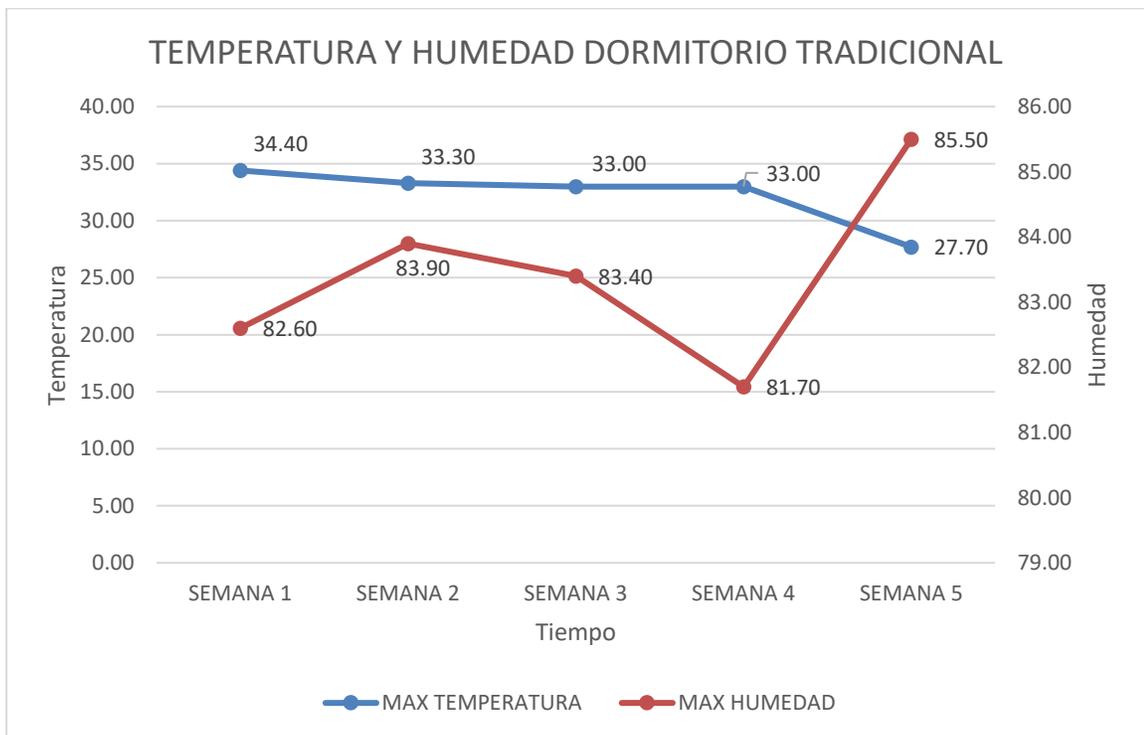
Temperatura mínima (Línea azul):

- Comienza en 27.30°C en la semana 1 y muestra una tendencia general a la baja, alcanzando 23.30°C en la semana 5.
- La disminución es gradual, excepto entre la semana 3 y 4, donde se observa un ligero aumento antes de continuar la tendencia descendente.

Humedad mínima (Línea roja):

- Inicia en 60.40%. En la semana 2 presenta disminución, pero luego una tendencia en aumento, llegando a 78.30% en la semana 5.
- A diferencia de la temperatura, la humedad muestra fluctuaciones más notables, especialmente un aumento significativo entre la semana 4 y 5.

Este análisis sugiere que el dormitorio está experimentando una reducción en la temperatura mínima a lo largo del tiempo, mientras que la humedad mínima, aunque generalmente disminuye, tiene variaciones que podrían estar influenciadas por factores externos o cambios en el uso del espacio.



Gráfica 5. Máximos de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional mes de octubre 2023.
Fuente. Elaboración propia.

La gráfica muestra la evolución de la temperatura y la humedad máximas del dormitorio tradicional a lo largo de cinco semanas. Aquí está el análisis:

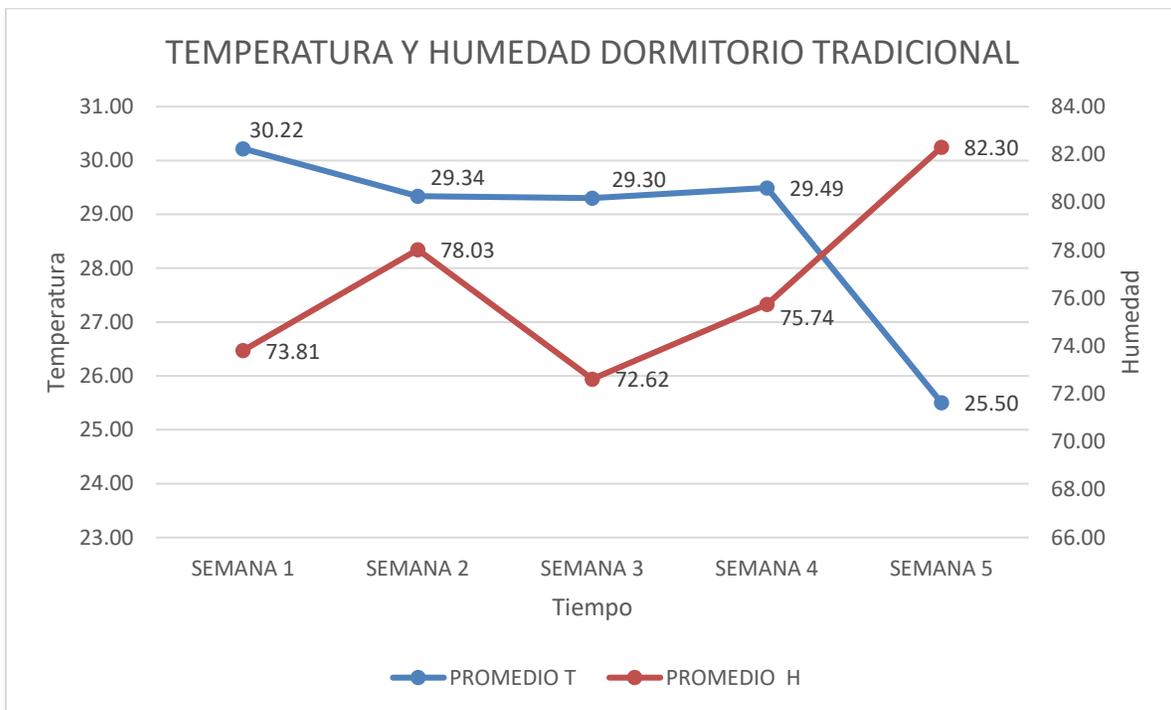
Temperatura máxima (Línea azul):

- El comportamiento de la temperatura en la gráfica muestra una tendencia general de disminución gradual desde la semana 1 hasta la semana 4, estabilizándose en 33.00°C. Sin embargo, en la semana 5 presenta una disminución repentina de 27.70°C. Algo inusual a los rangos normales de temperatura ambiente que se han registrado en el dormitorio tradicional.

Humedad máxima (Línea roja):

- El comportamiento de la humedad en la gráfica indica una tendencia general de disminución desde la semana 1 hasta la semana 4, con valores que bajan de 83.90 a 81.70. Sin embargo, en la semana 5, se observa un aumento drástico a 85.50, lo cual representa un cambio significativo en comparación con las semanas anteriores. Este pico podría sugerir un evento específico o un cambio ambiental que afectó la humedad en el dormitorio tradicional.

Este análisis sugiere que el dormitorio experimentó una disminución leve en la temperatura máxima durante las primeras cuatro semanas, seguida de una disminución inusual en la semana 5. La humedad se mantuvo estable hasta la semana 5, donde hubo un incremento significativo. Estas fluctuaciones podrían deberse a cambios ambientales o ajustes en el sistema de climatización del dormitorio.



Gráfica 6. Promedios de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional mes de octubre 2023.
Fuente. Elaboración propia.

El análisis de la gráfica del promedio de temperatura y humedad en el dormitorio tradicional a lo largo de cinco semanas revela las siguientes tendencias:

Temperatura (PROMEDIO T):

- La temperatura promedio muestra una disminución constante, partiendo de 30.22°C en la semana 1 y descendiendo hasta 25.50°C en la semana 5.
- Este descenso podría indicar una mejora en la eficiencia del sistema de enfriamiento o un cambio estacional.

Humedad (PROMEDIO H):

- La humedad promedio inicialmente aumenta de 73.81% a 78.03%, luego disminuye a 75.74%, y después aumenta a 82.30%.
- Este comportamiento puede ser resultado de variaciones en las condiciones climáticas naturales externas o en un cambio en las condiciones internas de la vivienda.

La gráfica sugiere que se están tomando medidas para mantener condiciones ambientales confortables en el dormitorio o se presentó un cambio en el clima del lugar por el cambio de estación en el país, ajustando la temperatura y la humedad a lo largo del tiempo.

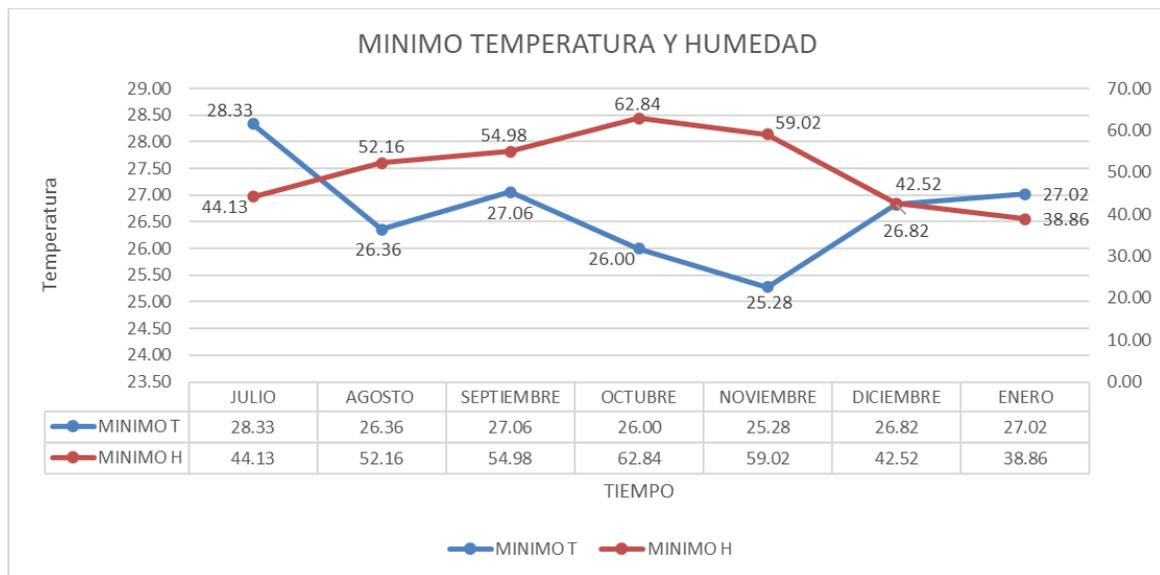
7.7. ANÁLISIS DE DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

A) Vivienda tradicional

Al concluir la elaboración de las tablas y gráficos mensuales para cada vivienda, se logró visualizar el comportamiento de las variables estudiadas a lo largo de los 7 meses en los que se recopilaron los datos. Estas nuevas gráficas nos ofrecen datos más concisos, manejables y fácilmente analizables sobre lo que ocurre en cada espacio.

A continuación, se exhiben las gráficas que muestran las temperaturas máximas, mínimas y promedio, así como la humedad correspondiente a cada vivienda:

GRÁFICAS DE SALA VIVIENDA TRADICIONAL



Gráfica 7. Mínimos de temperatura y humedad de sala casa tradicional.

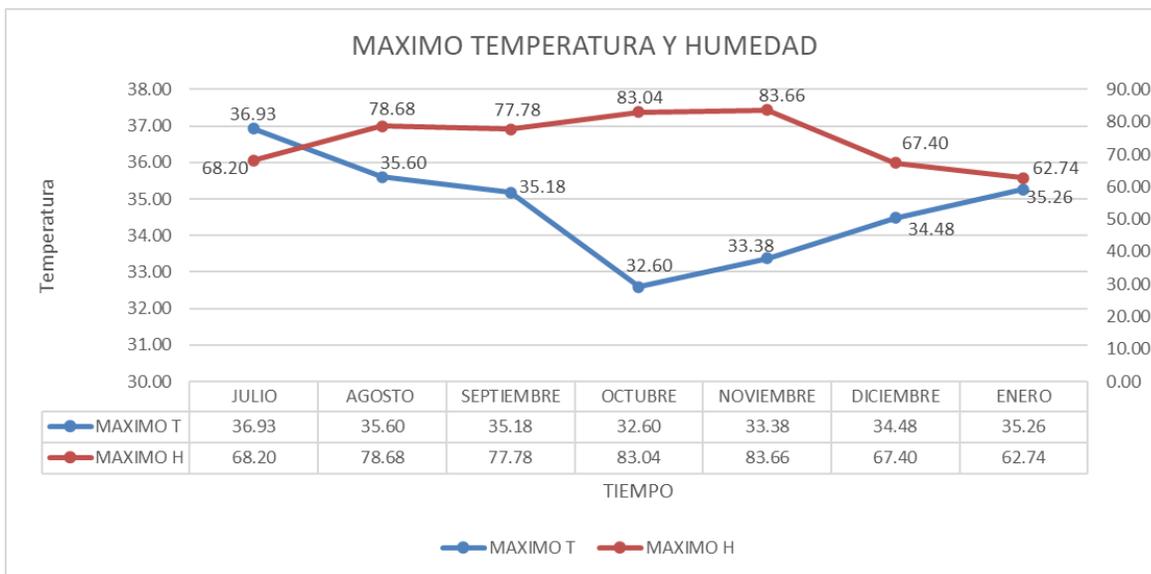
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura mínima (MINIMOT):

- La temperatura mínima comienza en 28.33°C en julio y muestra un descenso gradual hasta 25.28°C en octubre, seguido de un ligero aumento en enero a 27.02°C.
- Este patrón sugiere una tendencia estacional con temperaturas más frescas hacia el final del año.

Humedad mínima (MINIMOH):

- La humedad mínima inicia en 44.13% en julio y aumenta progresivamente hasta alcanzar 62.84% en noviembre, para luego disminuir a 38.86% en enero.
- Este comportamiento indica un incremento en la humedad durante los meses más cálidos, posiblemente debido a la mayor evaporación y precipitación, seguido de una disminución en los meses más fríos.



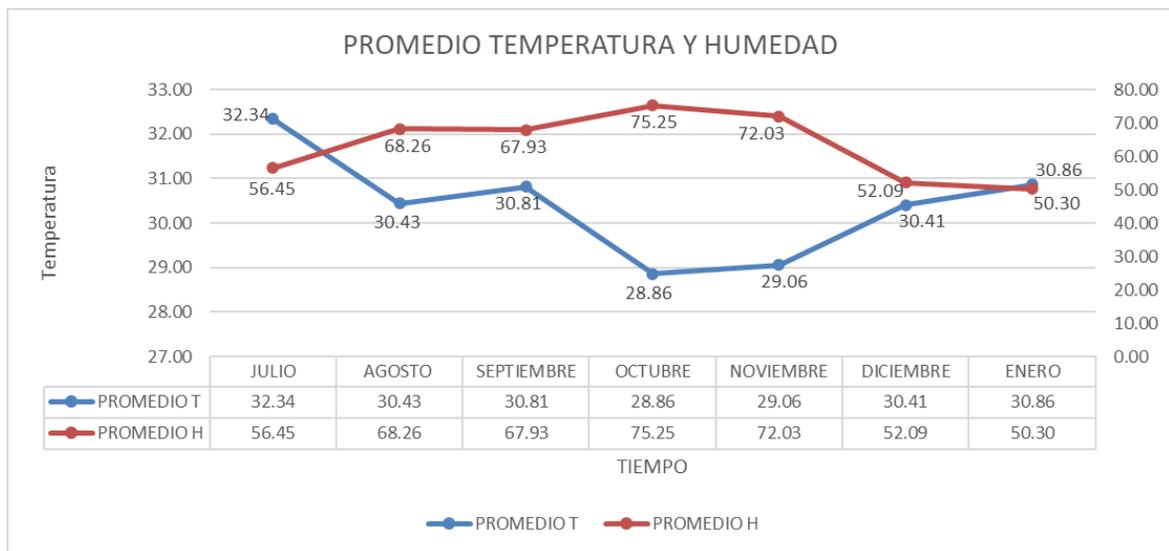
Gráfica 8. Máximos de temperatura y humedad de sala casa tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura máxima (MAXIMO T):

- La temperatura máxima comienza en 36.93°C en julio y muestra una tendencia decreciente hasta noviembre con 33.38°C, seguida de un ligero aumento en diciembre y enero, alcanzando 35.26°C.
- Este patrón puede reflejar las variaciones estacionales típicas o los efectos de un sistema de climatización.

Humedad máxima (MAXIMO H):

- La humedad máxima inicia en 68.20% en julio y aumenta progresivamente hasta 83.66% en noviembre, para luego disminuir drásticamente a 67.40% en diciembre y aumentar ligeramente en enero a 62.74%.
- Este comportamiento indica un incremento en la humedad durante los meses más cálidos, seguido de una caída en diciembre, que podría deberse a condiciones climáticas específicas o cambios en el ambiente interior.

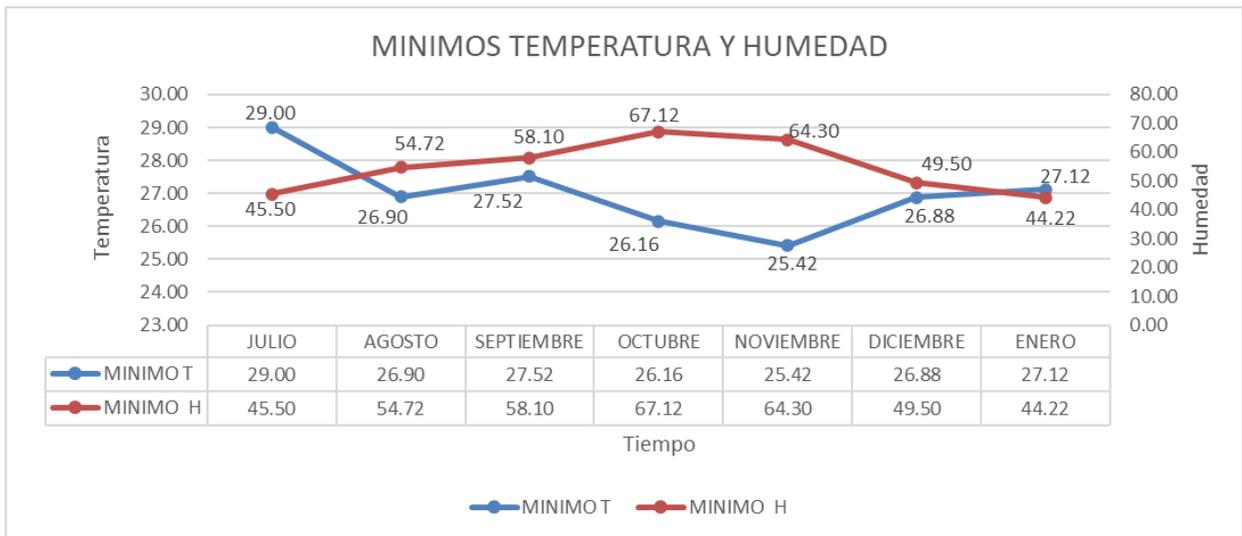


Gráfica 9. Promedios de temperatura y humedad de sala casa tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

La línea azul representa la temperatura promedio. Los valores varían entre 30.41°C y 32.34°C; parece disminuir desde julio hasta octubre, alcanzando la temperatura más baja de 28.86°C, antes de aumentar hacia enero hasta 30.86°C.

La línea roja representa la humedad promedio. Los valores varían entre 50.30% y 75.25%. La humedad alcanza su punto más bajo en julio y alcanza su punto más alto en octubre con 75.25%.

GRÁFICAS DE DORMITORIO VIVIENDA TRADICIONAL



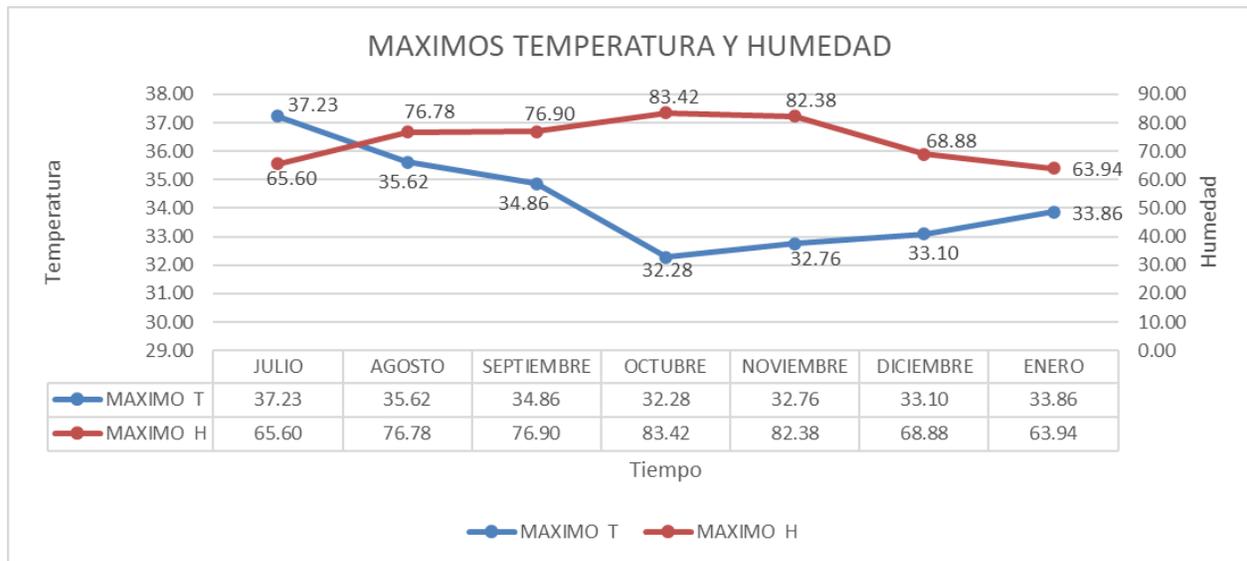
Gráfica 10. Mínimos de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura mínima (MÍNIMO T):

- La temperatura mínima parece disminuir desde julio hasta noviembre, luego presenta una secuencia de aumento que finaliza en enero.

Humedad mínima (MÍNIMO H):

- La humedad mínima sigue un patrón similar pero no idéntico, alcanzando su punto más alto en octubre y el más bajo en enero.



Gráfica 11. Máximos de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional.

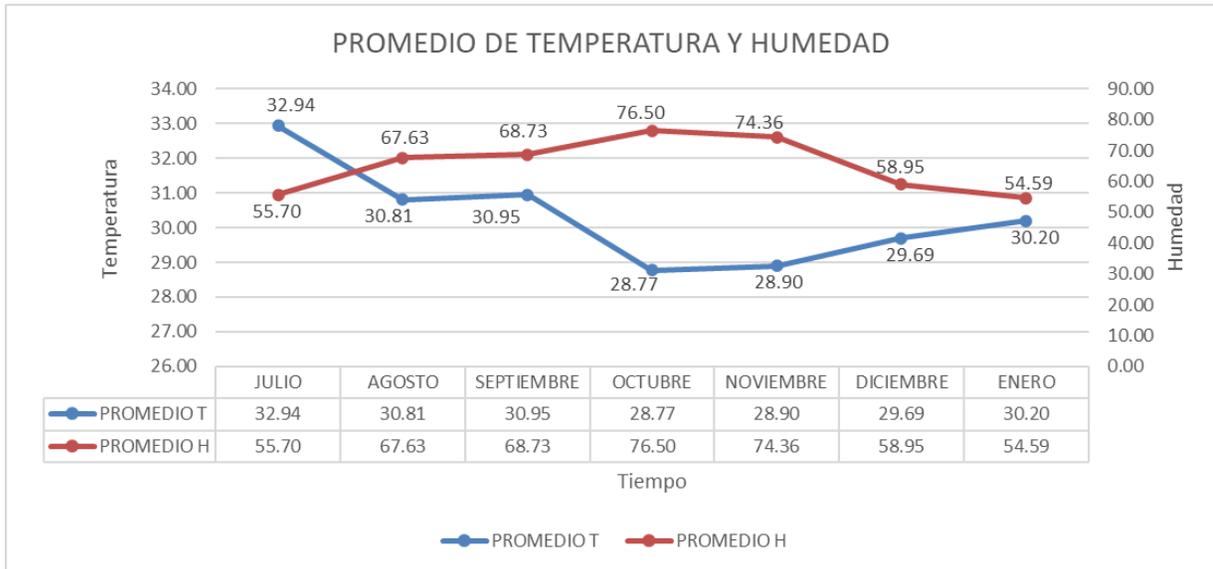
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura máxima (MÁXIMO T):

- Los valores varían entre 33.86°C en enero y 37.23°C en julio. Se observa una tendencia general de disminución en la temperatura desde julio hasta enero.

Humedad máxima (MÁXIMO H):

- Los valores varían entre 63.94% en enero y 83.42% en octubre. La humedad alcanza su punto máximo en octubre antes de disminuir en diciembre y enero.



Gráfica 12. Promedios de temperatura y humedad de dormitorio casa tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

La gráfica muestra el promedio de temperatura y humedad a lo largo de los meses desde julio hasta enero. En el dormitorio de la vivienda tradicional.

Temperatura promedio (PROMEDIOT):

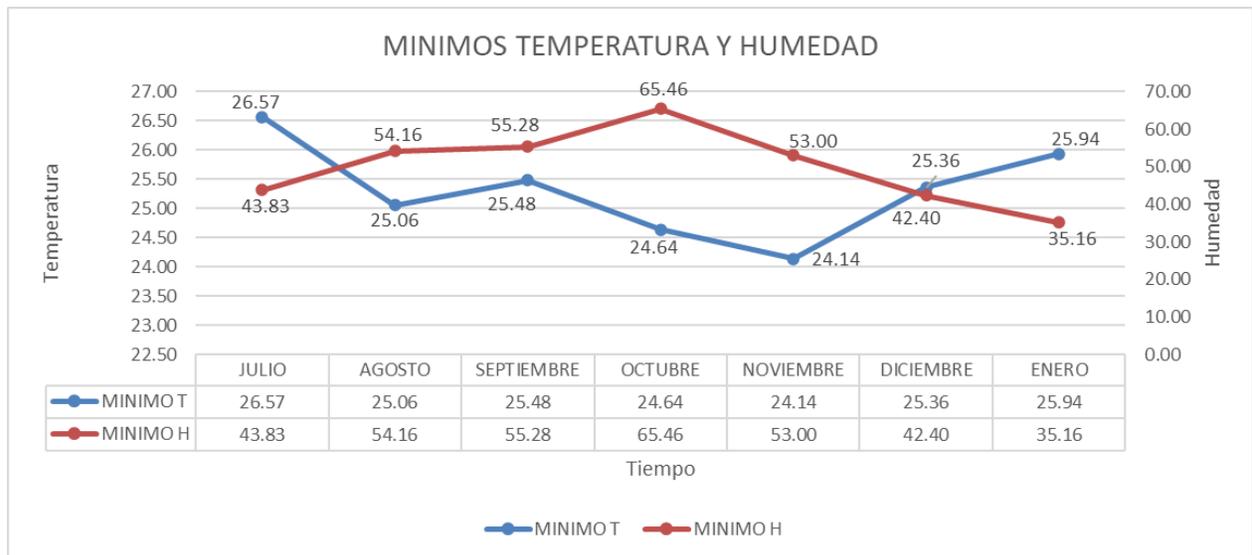
- Los valores varían entre 30.20°C en enero y 32.94°C en julio. Se observa una tendencia general de disminución en la temperatura desde julio hasta octubre y luego una tendencia al aumento de octubre a enero.

Humedad promedio (PROMEDIO H):

- Los valores varían entre 54.59% en enero y 76.50% en octubre. La humedad alcanza su punto máximo en octubre antes de disminuir en diciembre y enero.

B) Vivienda bioclimática

GRÁFICAS DE SALA VIVIENDA BIOCLIMATICA



Gráfica 13. Mínimos de temperatura y humedad de sala casa bioclimática.

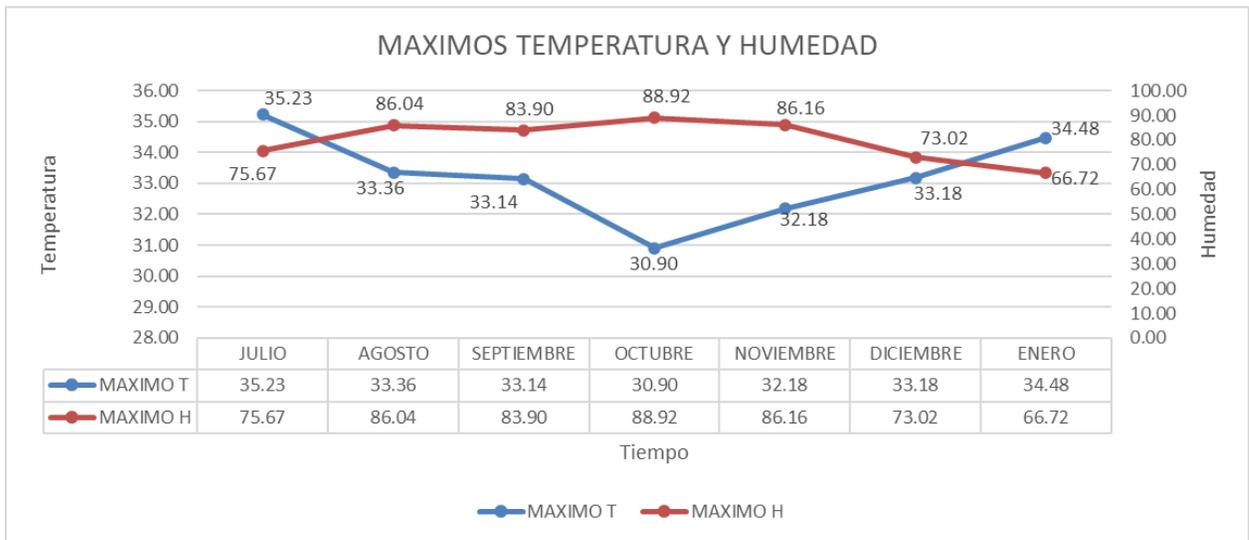
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura mínima (MÍNIMO T):

- Los valores varían entre 25.36°C en enero y 27.00°C en julio. Se observa una tendencia general de disminución en la temperatura desde julio hasta noviembre, seguida de un aumento en diciembre y enero.

Humedad mínima (MÍNIMO H):

- Los valores varían entre 35.16% en enero y 70.00% en octubre. La humedad alcanza su punto máximo en octubre antes de disminuir en noviembre, diciembre y enero.



Gráfica 14. Máximos de temperatura y humedad de sala casa bioclimática.

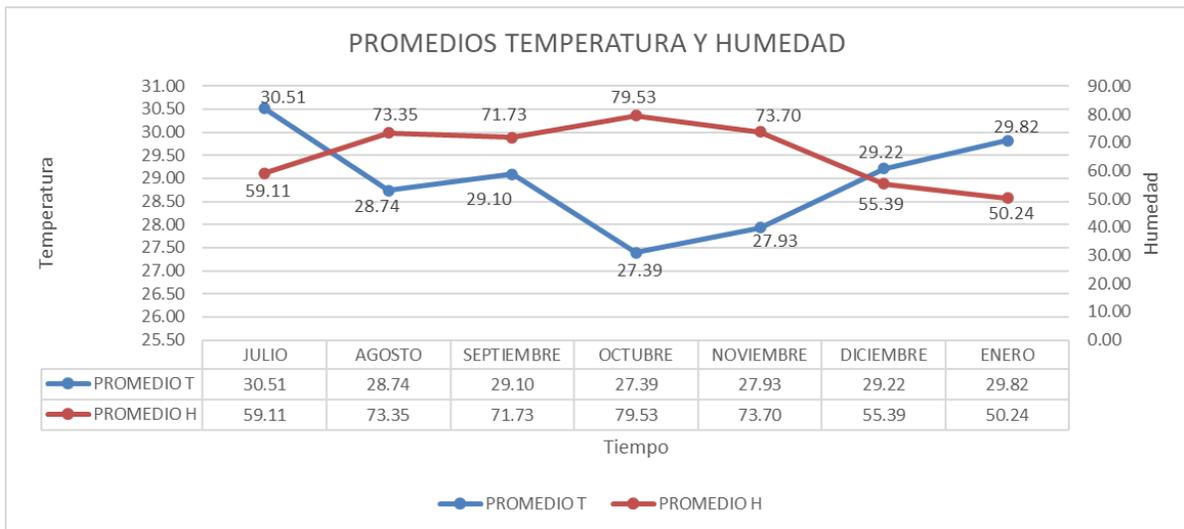
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura máxima (MÁXIMO T):

- Los valores varían entre 30.90°C en octubre y 35.23°C en julio. Se observa una tendencia general de disminución en la temperatura desde julio hasta octubre, y luego presenta un aumento de noviembre a enero.

Humedad máxima (MÁXIMO H):

- Los valores varían entre 66.72% en enero y 88.92% en octubre. La humedad alcanza su punto máximo en octubre antes de disminuir en los meses siguientes.



Gráfica 15. Promedios de temperatura y humedad de sala casa bioclimática.

Fuente. Elaboración propia.

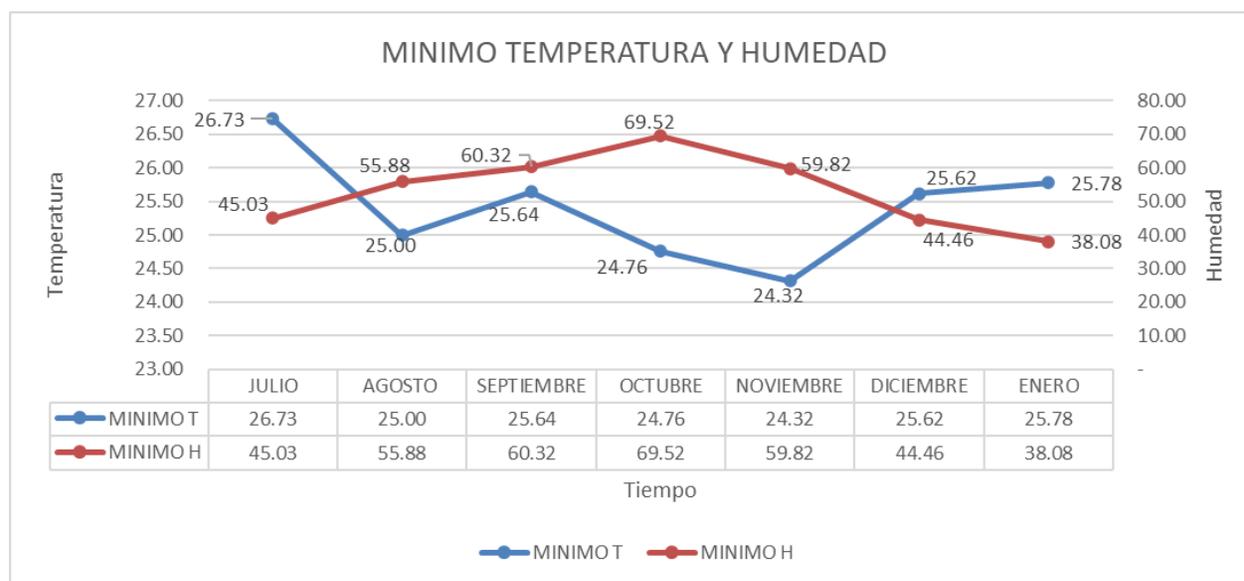
Temperatura promedio (PROMEDIOT):

- Los valores varían entre 27.39°C en octubre y 30.51°C en julio. Se observa una tendencia general de disminución en la temperatura desde julio hasta octubre, luego un ligero aumento en noviembre y una estabilidad hasta enero.

Humedad promedio (PROMEDIOH):

- Los valores varían entre 50.24% en enero y 79.53% en octubre. La humedad aumenta significativamente de julio a agosto, disminuye en septiembre, después muestra un aumento considerable en octubre y luego disminuye continuamente desde noviembre hasta enero.

GRÁFICAS DE DORMITORIO VIVIENDA BIOCLIMATICA



Gráfica 16. Mínimos de temperatura y humedad de dormitorio casa bioclimática.

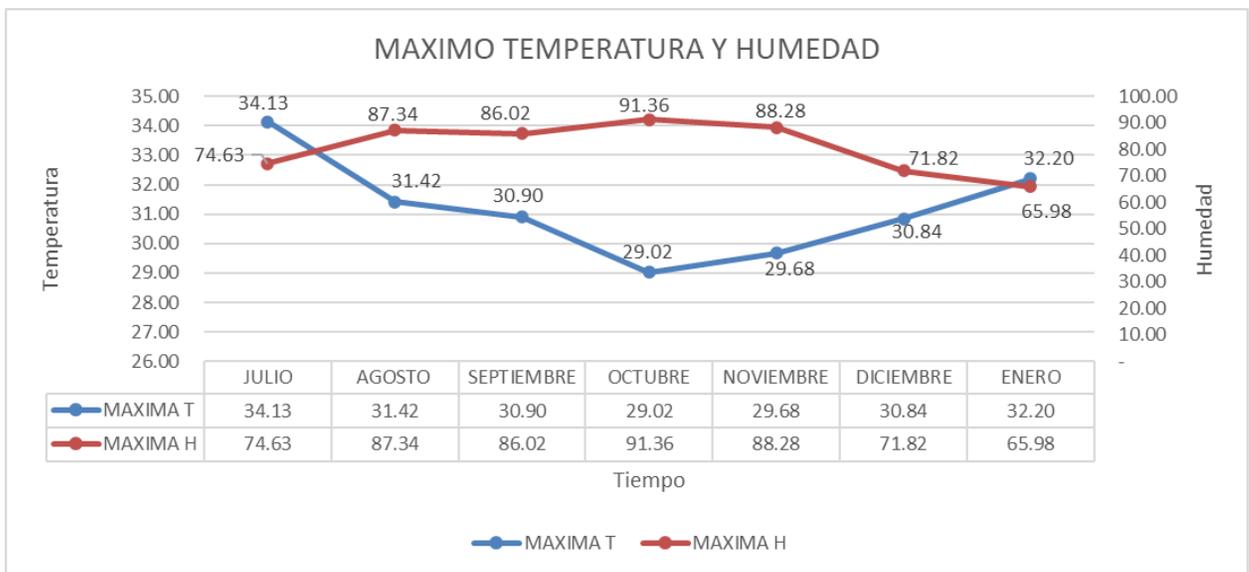
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura mínima (MÍNIMO T):

- Se observa que la temperatura disminuye de julio a noviembre y luego aumenta ligeramente hacia enero.

Humedad mínima (MÍNIMO H):

- La humedad aumenta significativamente de enero a octubre, luego disminuye en noviembre y sigue en disminución hasta enero.



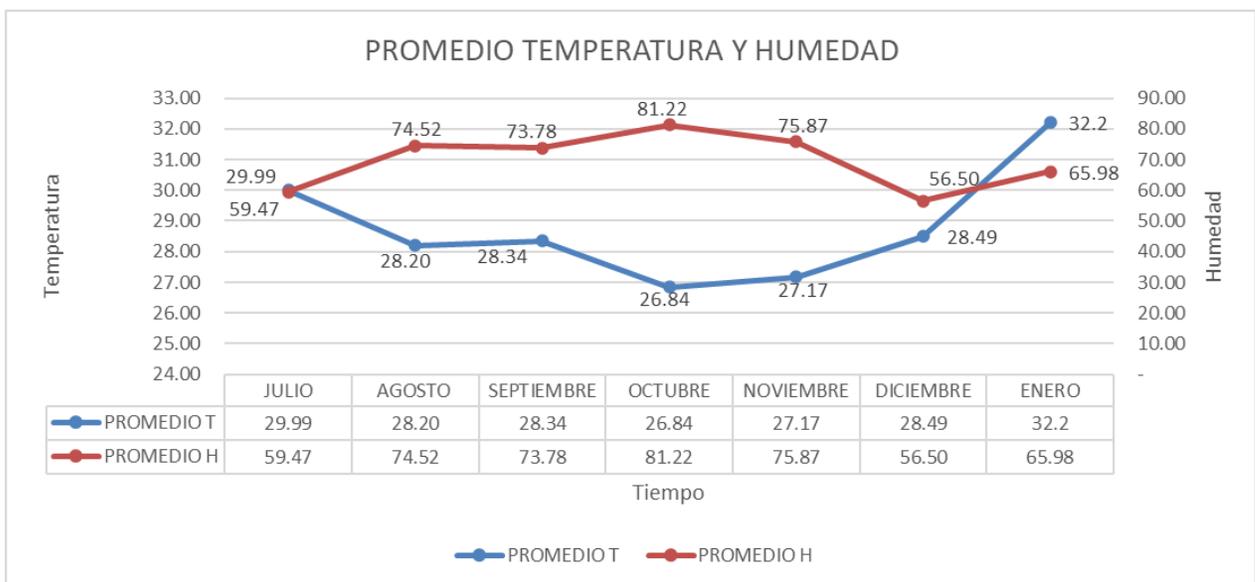
Gráfica 17. Máximos de temperatura y humedad de dormitorio casa bioclimática.
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura máxima (MÁXIMO T):

- Se observa un rango de temperatura desde 34.13°C en julio al 29.02°C de octubre donde es el punto más bajo que la temperatura alcanza y aumenta hacia enero.

Humedad máxima (MÁXIMO H):

- La humedad alcanza su punto máximo en octubre con 91.36 % y disminuye en enero.



Gráfica 18. Promedios de temperatura y humedad de dormitorio casa bioclimática.
Fuente. Elaboración propia.

Temperatura promedio (PROMEDIOT):

- Se observa que la temperatura disminuye de julio a noviembre y luego aumenta ligeramente desde noviembre a enero.

Humedad promedio (PROMEDIOH):

- La humedad aumenta significativamente de julio a octubre y posteriormente disminuye de noviembre a diciembre, para luego aumentar en enero.

En general, se observa en las gráficas que corresponden a la vivienda tradicional y bioclimática que hay una tendencia de disminución en la temperatura desde julio hasta octubre, seguida de un aumento hacia enero. y la humedad presenta un aumento de julio a octubre, para luego disminuir hacia enero. Este tipo de gráficas son útiles para entender las tendencias y patrones en los datos a lo largo del tiempo.

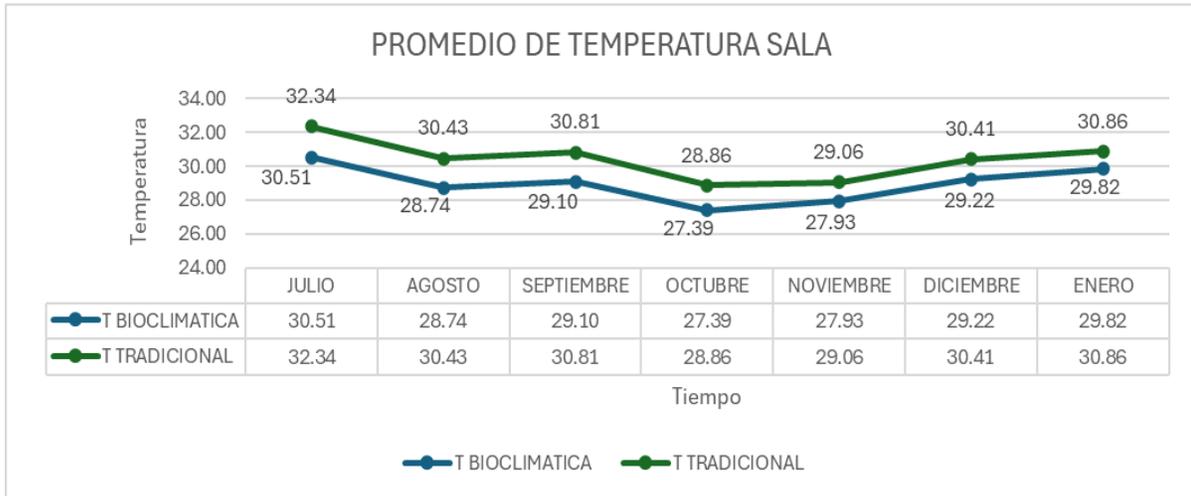
Las gráficas proporcionan una visión clara de cómo las condiciones de temperatura y humedad cambian a lo largo de los meses, lo que puede ser útil para comprender las variaciones climáticas en las viviendas. También se puede indicar un cambio estacional en el clima de la ubicación de la vivienda.

Esto sugiere que la vivienda experimenta un aumento de la humedad en los meses de invierno, mientras que la temperatura es relativamente estable con una ligera disminución en los meses de verano. Estos factores pueden tener un impacto significativo en la comodidad de la vivienda y pueden requerir consideraciones de diseño o ajustes en los sistemas de ventilación.

Las gráficas indican que hay una relación inversa entre la temperatura y la humedad durante este período: cuando la temperatura disminuye, la humedad aumenta, y viceversa. Esta tendencia puede ser importante para considerar en estudios de clima en la construcción.

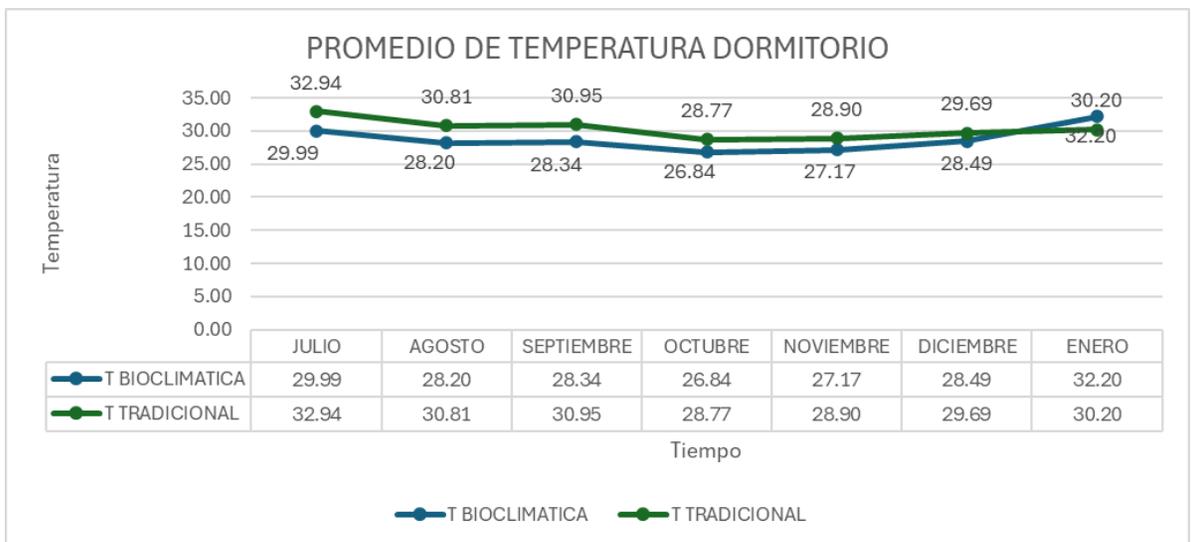
Según información, San Miguel, El Salvador, tiene un clima tropical húmedo y seco o sabana (Clasificación: AW). La temperatura típicamente varía de 23°C a 35°C y rara vez está por debajo de 20°C o por encima de 37°C. El mes más caliente es abril con un promedio de 31°C y el más frío es octubre con un promedio de 28°C. Por lo tanto, los datos de la gráfica pueden ser consistentes con el clima general de San Miguel, El Salvador.

7.8. ANÁLISIS COMPARATIVOS DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD



Gráfica 19. Promedios de temperatura y humedad de sala casa tradicional y bioclimática.

Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 20. Promedios de temperatura y humedad de sala casa tradicional y bioclimática.

Fuente. Elaboración propia.

Las gráficas comparan la temperatura promedio en la sala/comedor/cocina y dormitorio de una vivienda en San Miguel, El Salvador, entre dos tipos de construcción: bioclimática y tradicional, desde julio hasta enero. Se presenta el análisis:

Temperaturas más bajas en bioclimática:

- La vivienda bioclimática mantiene temperaturas más bajas en comparación con la tradicional, lo que indica una mejor eficiencia térmica.

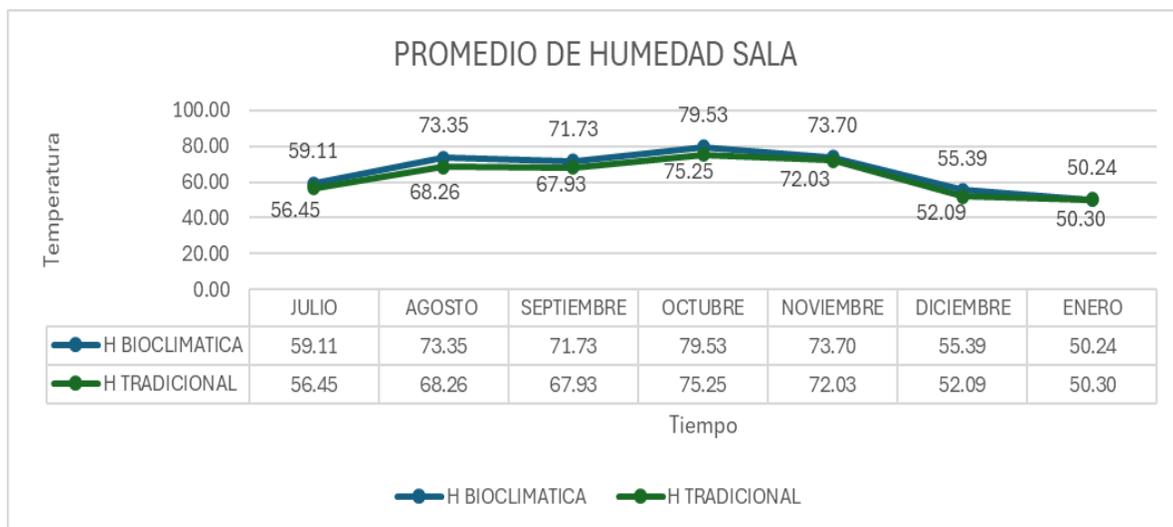
Variación estacional:

- Ambos tipos de construcción muestran un aumento en la temperatura en enero, lo que podría estar relacionado con la estacionalidad climática de la región.

Eficiencia energética:

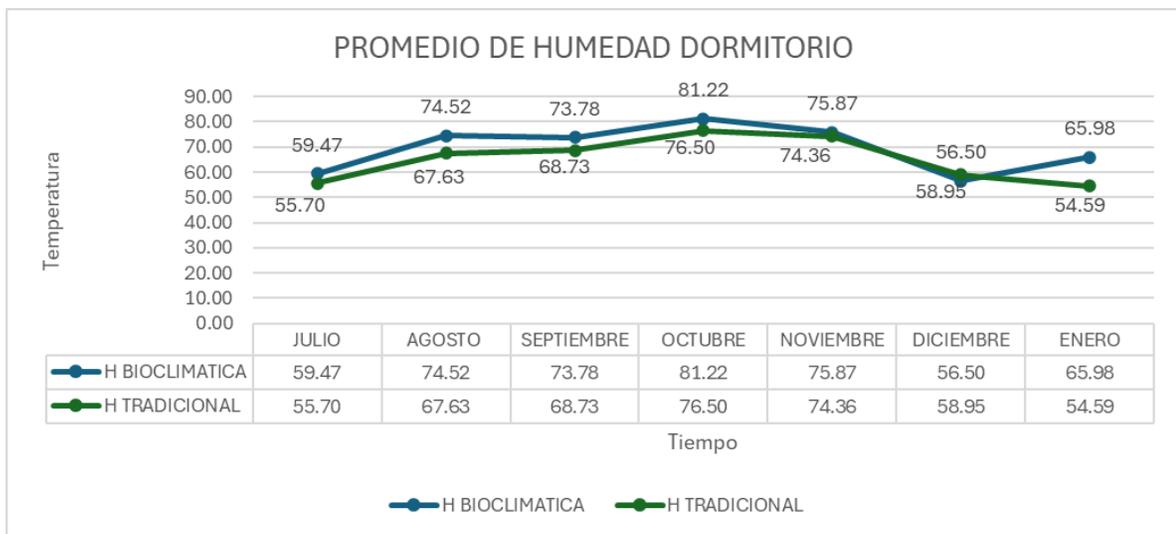
- La construcción bioclimática ofrece una ventaja en términos de eficiencia energética, posiblemente debido a materiales y el diseño estratégico aplicado.

Este análisis sugiere que la implementación de principios bioclimáticos en la construcción puede contribuir significativamente a la comodidad térmica y la sostenibilidad en climas tropicales como el de San Miguel. Además, refleja la importancia de considerar el diseño bioclimático en la planificación arquitectónica para mejorar la habitabilidad en espacios interiores, sostenibilidad y reducir el consumo de energía.



Gráfica 21. Promedios de temperatura y humedad de sala casa tradicional y bioclimática.

Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 22. Promedios de temperatura y humedad de sala casa tradicional y bioclimática.
Fuente. Elaboración propia.

Las gráficas comparan la humedad relativa promedio en los espacios de sala/comedor/cocina y dormitorio de dos viviendas en San Miguel, El Salvador. Una con diseño bioclimático y otra tradicional, desde julio hasta enero. Se describe el análisis a continuación:

Mayor humedad en bioclimática:

- La vivienda bioclimática muestra una humedad relativa generalmente más alta que la tradicional, lo que puede ser indicativo de una mayor retención de humedad debido a diferentes factores como su diseño, materiales, clima, aislamiento deficiente, actividades diarias y cantidad de ocupantes.

Estabilidad de humedad:

- Durante los meses de julio a noviembre (temporada de lluvia), ambas viviendas mantienen niveles similares de humedad relativa, lo que sugiere que las condiciones externas afectan de manera similar a ambos tipos de construcción.

Disminución en verano:

- En diciembre y enero, la humedad en la vivienda bioclimática disminuye en términos generales, lo que podría estar relacionado con cambios estacionales específicos de la región o con la respuesta del diseño bioclimático a las condiciones más secas.

Este análisis resalta la importancia de considerar el diseño bioclimático en la arquitectura para mejorar la regulación de la humedad interior, lo que puede tener un impacto significativo en la comodidad y la salud de los ocupantes, así como en la conservación de energía. Además, sugiere que las viviendas bioclimáticas pueden requerir estrategias adicionales para manejar la humedad durante los meses más húmedos.

7.9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Al examinar los resultados de las gráficas de temperatura y humedad de las viviendas tradicional y bioclimática ubicadas en el departamento de San Miguel, se evidencian tendencias divergentes que reflejan el comportamiento de las variables climáticas en cada tipo de vivienda. A continuación, se describen estas tendencias:

Temperatura:

- La vivienda bioclimática muestra temperaturas más bajas en comparación con la tradicional, excepto en noviembre, diciembre y enero, donde es menor. Esto sugiere que el diseño bioclimático contribuye a un ambiente más fresco, lo cual es especialmente beneficioso en el clima tropical de San Miguel.
- La reducción de la temperatura en una vivienda bioclimática se atribuye a la integración de una mayor cantidad de aberturas para la ventilación, tales como ventanas. Estas fueron incorporadas en el diseño como parte de un criterio de ventilación cruzada, lo que permite una mayor circulación de aire. Además, su ubicación estratégica en el terreno aprovecha el flujo natural del aire, facilitando su captación.
- El clima exterior relacionado a la estacionalidad climática (invierno y verano) influye en el comportamiento de la variable de temperatura interior y esto se ve reflejado en las gráficas. Ambos tipos de construcción muestran un aumento en la temperatura en enero, lo que podría estar relacionado con la estacionalidad climática seca de la región.
- Según los datos históricos (1981-2010) proporcionados por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador) para la estación M-24 de San Miguel UES, la temperatura promedio en San Miguel es de 28.5°C. Utilizando esta información, se comparan los datos obtenidos de las mediciones internas de los espacios. La temperatura promedio en la vivienda bioclimática es de 28.85°C, mientras que en la vivienda tradicional es de 30.36°C. Esto demuestra que, a pesar de ser un espacio cerrado, en la vivienda bioclimática se registra un aumento de temperatura de solo 0.35°C, lo que representa un cambio mínimo en comparación con el exterior. En cambio, en la vivienda tradicional, el aumento de temperatura es de 1.86°C, lo que indica un cambio considerable en la sensación térmica del espacio interno en relación con el exterior.

Humedad:

- La humedad relativa en la vivienda bioclimática es consistentemente mayor que en la tradicional. La disminución significativa de la humedad en diciembre y enero en la vivienda bioclimática podría indicar una mejor adaptación a las condiciones más secas de la temporada.
- El aumento de la humedad relativa en la vivienda bioclimática puede verse afectado por varios factores. En primer lugar, el clima húmedo durante la época de invierno puede contribuir significativamente, especialmente si la vivienda carece de un adecuado sellado. Además, la cantidad de ventanas en la vivienda puede permitir que la humedad exterior penetre en el interior. Durante la temporada de lluvias, es común secar la ropa en el interior, lo que agrega más

humedad al ambiente. Además, la presencia prolongada de los ocupantes en el interior durante la temporada de lluvias también puede aumentar la humedad, ya que las personas liberan vapor de agua a través de la respiración y otras actividades.

- La alta humedad relativa presente en la vivienda bioclimática requiere ser abordada mediante métodos pasivos de ventilación. Durante las visitas, se pudo observar visualmente y confirmar mediante preguntas a los residentes que las ventanas se mantienen cerradas por períodos prolongados debido a la presencia de mosquitos en la zona donde está ubicada la vivienda. Si las ventanas de la casa permanecieran abiertas, la circulación del aire, impulsada por la brisa, renovarían el aire periódicamente, disminuyendo progresivamente la humedad y mejorando la sensación de confort para los habitantes.
- Según los datos históricos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN) para la estación M-24 de San Miguel UES, el promedio de humedad relativa normal al exterior es del 70%. Dentro de la vivienda bioclimática, este promedio alcanza el 67.88%, mientras que en la vivienda tradicional es del 64.20%. Ambas viviendas presentan una humedad menor que la del exterior.
- Es importante tener en cuenta que los estándares de humedad para espacios interiores indican que el máximo debe ser del 60%. Sin embargo, esta cifra también está influenciada por la humedad exterior. En el caso específico de San Miguel, donde la humedad es considerablemente alta, esto afecta el ambiente interior de las viviendas.

7.10. VARIABLE DE ILUMINACIÓN INTERNA

Equipo de medición de iluminación

Se realizaron mediciones de datos en ambas viviendas objeto de estudio, abarcando cada espacio a analizar. Para llevar a cabo estas mediciones, se empleó un luxómetro con las siguientes especificaciones en cada vivienda:

ESPECIFICACIONES GENERALES

Klein Tools ET130 es un medidor de luz preciso fácil de utilizar que mide niveles de iluminación en pie-candela (fc) y lux.

- Rango espectral: 400 nm a 760 nm; norma de la CIE sobre luz blanca
- Rango: 0 fc a 4000 fc; 0 lux a 40.000 lux (1 fc = 10,76 lux)
- Resolución: 0,01 fc/0,1 lux
- Repetibilidad: +/- 3 %
- Precisión: lectura de +/- 5 % +/-10 dígitos a < 10.000 lux lectura de +/- 10 % +/-10 dígitos a > 10.000 lux
- Frecuencia de muestreo: 2 veces por segundo
- Sensor: Fotodiodo de silicio con filtro de respuesta espectral



Figura 27. Modelo de luxómetro Klein tolos.
Fuente. kleintools.com

- Batería: 9 V
- Altitud de funcionamiento: 6562 pies (2000 m)

Se midieron los niveles de iluminación en el centro de cada división de la cuadrícula, obteniendo los datos que se muestran a continuación como muestra de las diferentes tomas realizadas.

Las tomas de datos se realizaron en pie-candela (FC), un pie-candela es equivalente a un lumen por pie cuadrado (lm/ft²). Un pie candela es equivalente a 10.764 lux, estos valores servirán para la conversión de los datos a lux, ya que los estándares de iluminación para espacios están dados en lux.

Las mediciones se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Se midió en cada espacio la cantidad de iluminación natural.
- No se tenían fuentes de iluminación artificial encendidas.
- El tipo de ventanas en ambas casas son celosía de vidrio nevado.
- Las ventanas de los dormitorios en la vivienda tradicional se encontraban tapadas por textiles gruesos que siempre están colocados.
- La altura en la que se mantenía el luxómetro al momento de medir era de 1.00 m del piso aproximadamente.
- La fachada principal de la vivienda bioclimática donde está ubicada la sala tiene un techo de sombra que fue agregado al diseño de la casa, no es parte del diseño original.

Índice del local (K)

El índice de local es un factor representado por una letra (K) obtenida en una tabla y dado por cuatro condiciones, las cuales son largo y ancho de la habitación, altura de montaje y tipo de iluminación (directa o indirecta). Posteriormente, este factor nos sirve para hallar el coeficiente de utilización.

La fórmula por utilizar es la siguiente:

$$k = \frac{A \times l}{MONTAJE \times (A + L)}$$

De cada una de las viviendas analizadas, se utilizaron los planos arquitectónicos para obtener los datos a emplear en la fórmula y así conocer la cantidad mínima de lecturas a realizar por espacio.

Para el desarrollo del estudio de iluminación se tiene los siguientes datos de la sala tradicional:

- Ancho (A): 2.80m
- Largo (L): 5.08 m
- Altura Montaje: 3.12m

$$k = \frac{2.80m \times 5.08m}{3.12m \times (2.80m + 5.08m)}$$

$$k = \frac{14.22}{24.58} = 0.58$$

$$x = 1$$

Para la sala bioclimática se manejaron los siguientes resultados:

- Ancho (A): 2.60m
- Largo (L): 7.00 m
- Altura Montaje: 3.85m

$$k = \frac{2.60m \times 7.00m}{3.85m \times (2.60m + 7.00m)}$$

$$k = \frac{18.20}{36.96} = 0.49$$

$$x = 1$$

Para el dormitorio tradicional se manejaron los siguientes resultados:

- Ancho (A): 2.56m
- Largo (L): 2.80 m
- Altura Montaje: 3.10m

$$k = \frac{2.56m \times 2.80m}{3.10m \times (2.56m + 2.80m)}$$

$$k = \frac{7.17}{16.62} = 0.43$$

$$x = 1$$

Para el dormitorio bioclimático se manejaron los siguientes resultados:

- Ancho (A): 2.50m
- Largo (L): 2.80 m
- Altura Montaje: 2.70m

$$k = \frac{2.50m \times 2.80m}{2.70m \times (2.50m + 2.80m)}$$

$$k = \frac{7.00}{14.31} = 0.49$$

$$x = 1$$

Puntos de muestro

La determinación de la cantidad de los puntos de muestreo es importante para obtener datos ciertos en la investigación, para este cálculo se utilizó el método de la cuadrícula, que consiste en la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada. Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área a la altura de 0.8 metros sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminancia.

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo desarrollado:

$$N = (x + 2)^2$$

N = Número mínimo de puntos de medición

X= es el índice K redondeado

Sala tradicional

$$N = (1 + 1)^2 = 4 \text{ (tomas de puntos min)}$$

Sala bioclimática

$$N = (1 + 1)^2 = 4 \text{ (tomas de puntos min)}$$

Dormitorio tradicional

$$N = (1 + 1)^2 = 4 \text{ (tomas de puntos min)}$$

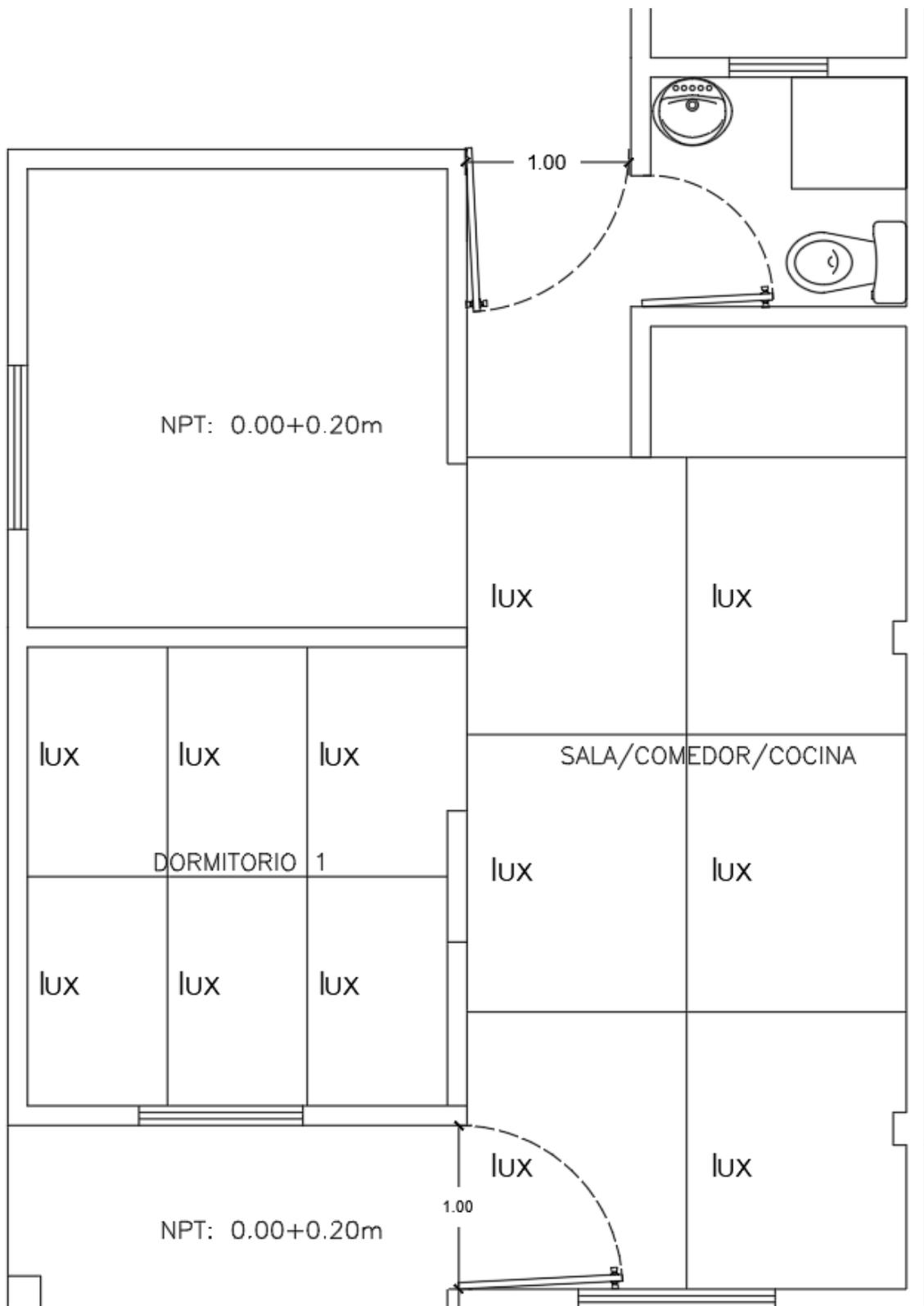
Dormitorio bioclimático

$$N = (1 + 1)^2 = 4 \text{ (tomas de puntos min)}$$

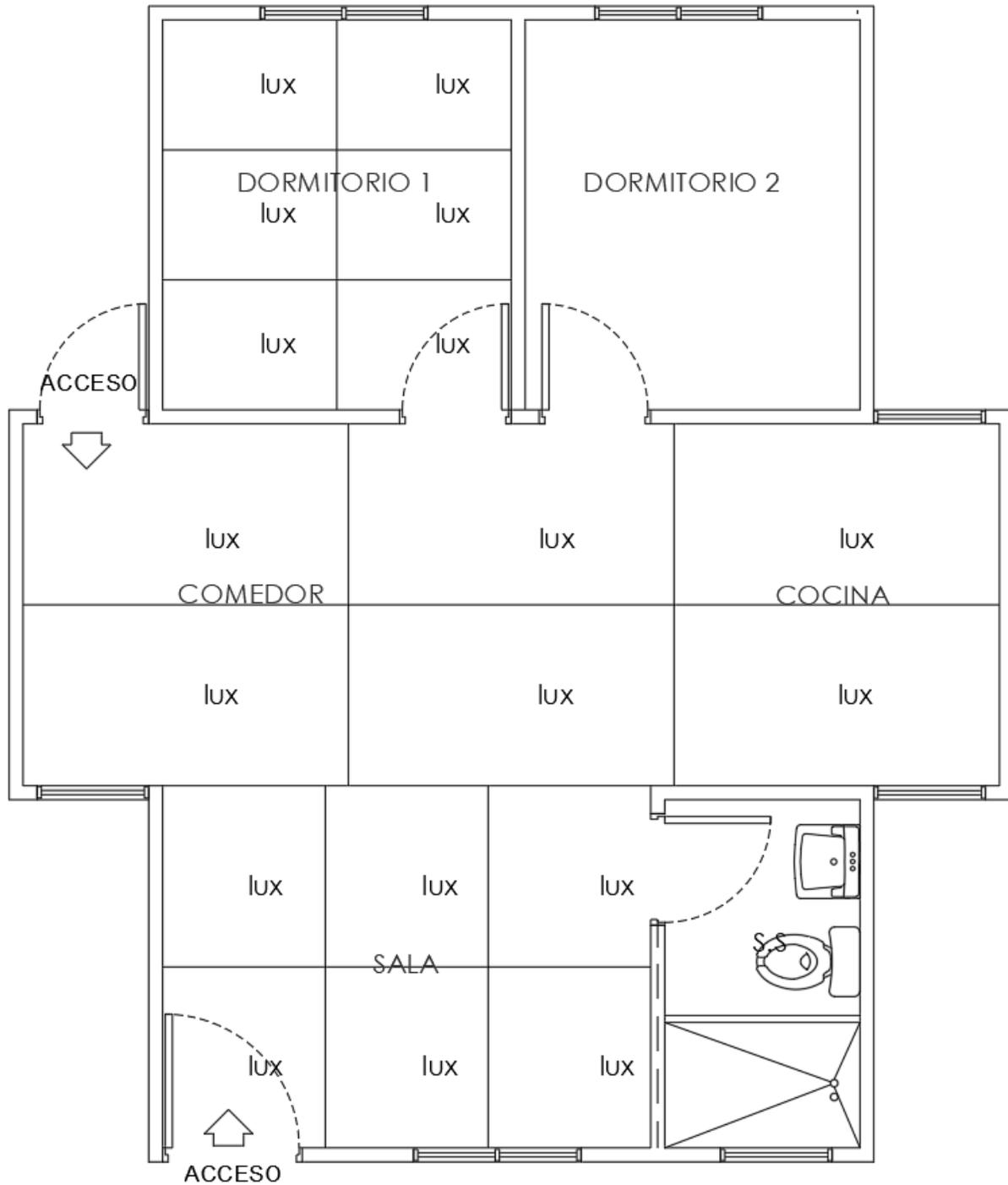
Donde “x” es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores de “Índice de local” iguales o mayores que 3, el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

El resultado obtenido mediante el método de la cuadrícula para conocer la cantidad de puntos de muestreo en ambas salas es un mínimo de 4 puntos de toma; como decisión del equipo de investigación, se optó por tomar 6 puntos para obtener una mayor cantidad de datos para evaluar.

Por lo tanto, se muestra la distribución de los puntos de muestreo marcados en la planta arquitectónica de cada vivienda: las 6 cuadrículas por espacio, sala/comedor/cocina y dormitorio. Se decidió que esa división quede así:



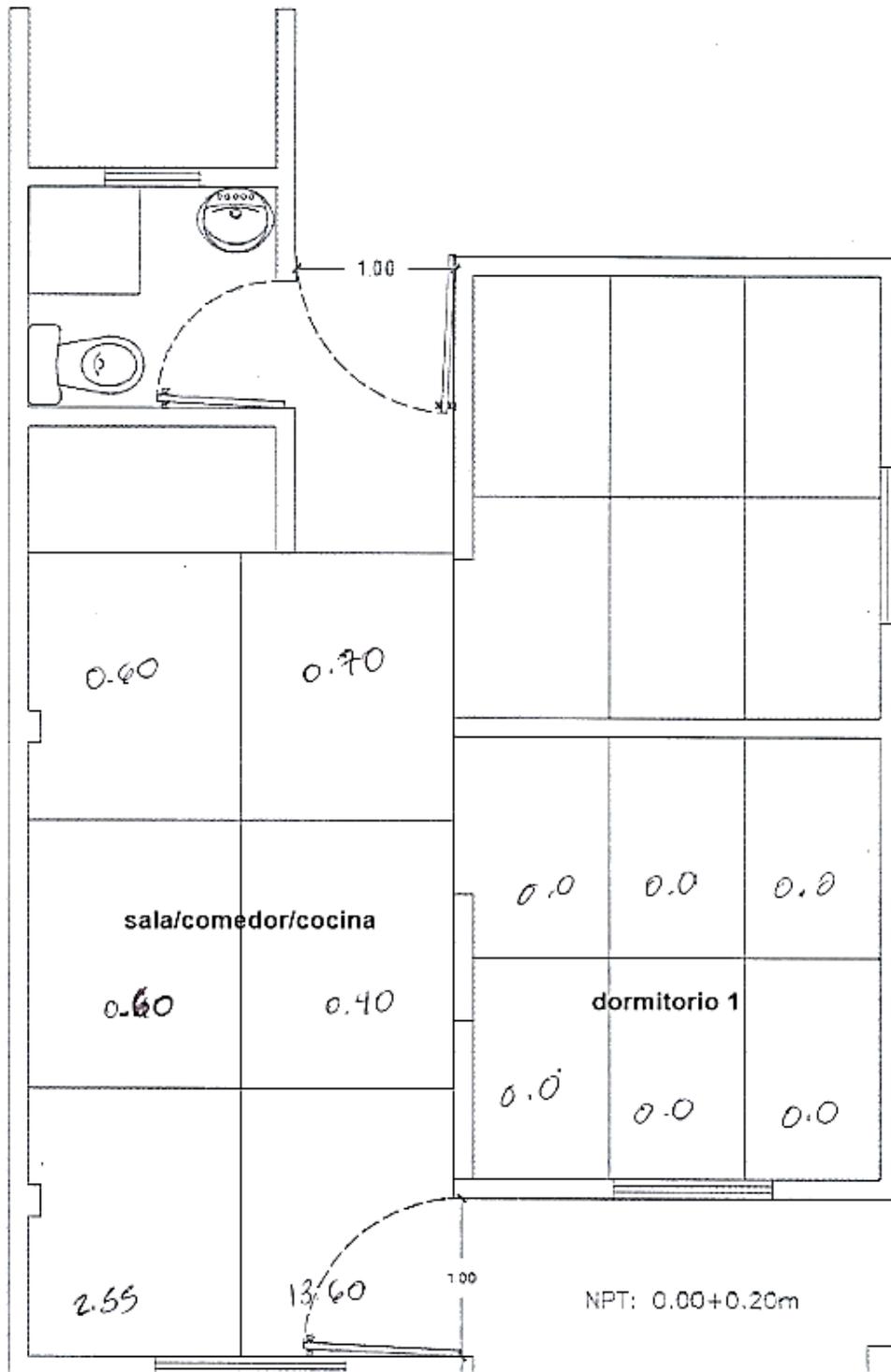
Plano 3. Planta arquitectónica casa tradicional con cuadrícula de puntos de medición de iluminación.
Fuente. Elaboración propia.



Plano 4. Planta arquitectónica casa bioclimática con cuadrícula de puntos de medición de iluminación.
Fuente. Elaboración propia.

MEDICION DE ILUMINACIÓN DE VIVIENDA TRADICIONAL (FC)

Fecha de medición: 15 febrero 2024 Hora: 11:00 am

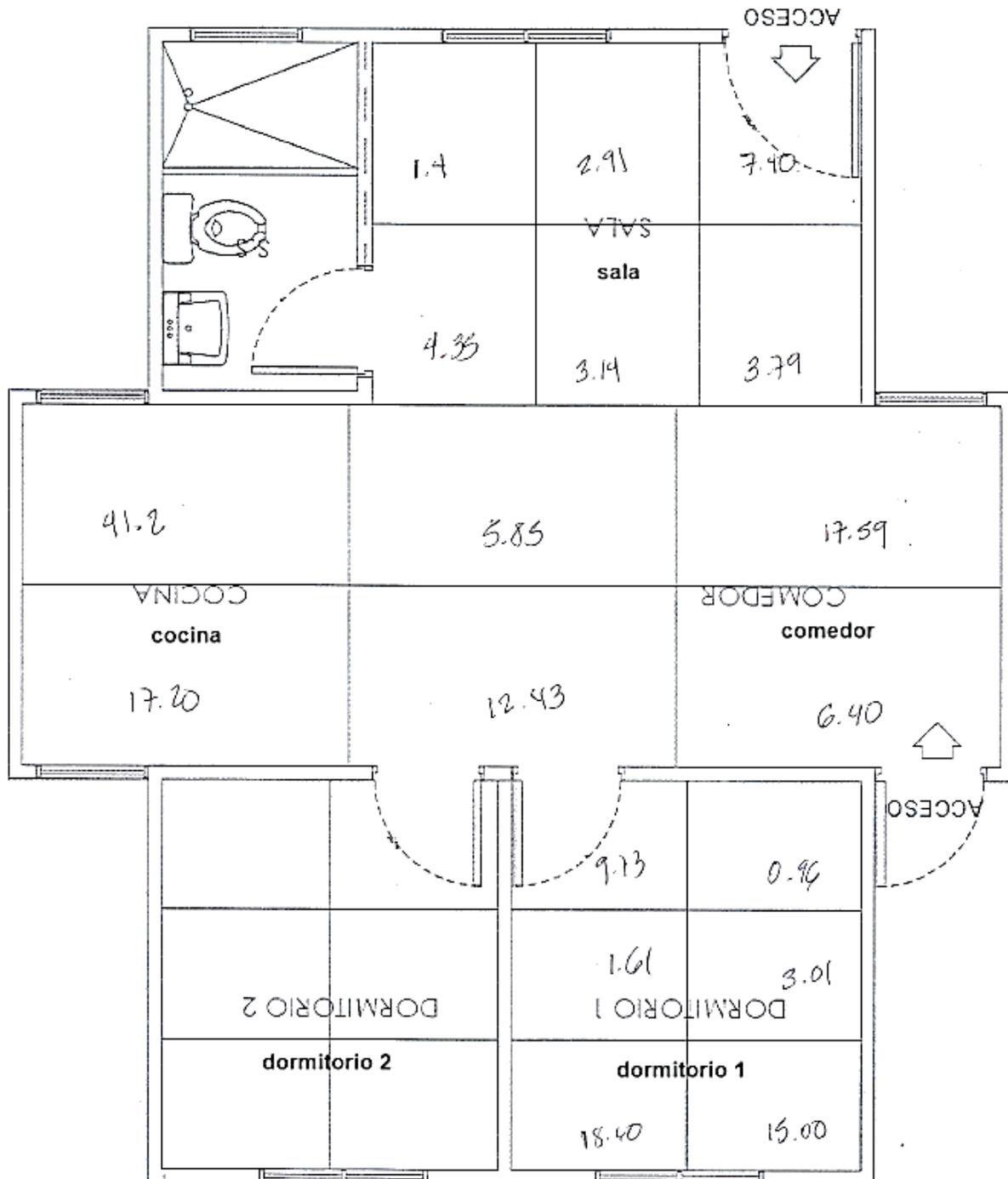


Plano 5. Planta arquitectónica casa tradicional con datos de iluminación en fc.

Fuente. Elaboración propia.

MEDICION DE ILUMINACIÓN DE VIVIENDA TRADICIONAL (FC)

Fecha de medición: 15 febrero 2024 Hora: 11:15 am



Plano 6. Planta arquitectónica casa bioclimática con datos de iluminación en fc.

Fuente. Elaboración propia.

Iluminancia media (E media)

Se calcularon los promedios de los valores obtenidos durante la visita realizada el 22 de noviembre de 2023 y se compararon con los estándares de iluminación para espacios residenciales. Este procedimiento se repitió en cada visita a las viviendas, totalizando tres recopilaciones de datos durante el estudio.

$$E \text{ media} = \frac{\Sigma \text{ valores medios (Lux)}}{\text{cantidad de puntos medios}}$$

Sala tradicional

$$E \text{ media} = \frac{94.05}{6} = 15.67 \text{ Lux}$$

Sala bioclimática

$$E \text{ media} = \frac{4366.30}{12} = 363.85 \text{ Lux}$$

Dormitorio tradicional

$$E \text{ media} = \frac{0.97}{6} = 0.16 \text{ Lux}$$

Dormitorio bioclimático

$$E \text{ media} = \frac{1109.25}{6} = 184.87 \text{ Lux}$$

Todos los datos de las mediciones se ordenaron en tablas como las que se presentan a continuación.

Tabla 8. Datos estadísticos de iluminación vivienda tradicional 2023.

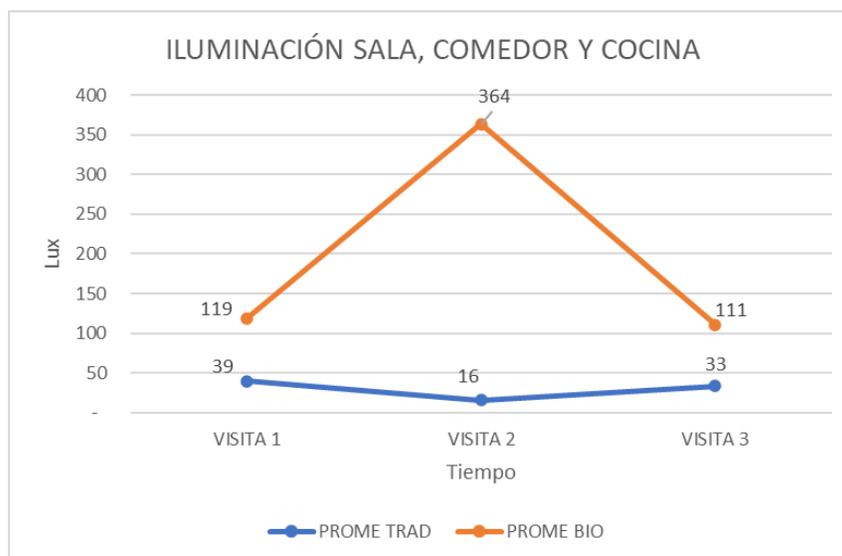
VIVIENDA TRADICIONAL						
AREA	FECHA Y HORA DE MEDICIÓN	MEDICIÓN DE AREA	TIPO DE ILUMINACIÓN	DATOS FC	LUX	PROMEDIO LUX
Sala comedor cocina	22/11/23	Largo	Natural	5.04	54.23	15.67
		5.08 m	Natural	2.68	28.84	
		Ancho	Natural	0.31	3.34	
		2.80m	Natural	0.20	2.15	
		Altura	Natural	0.46	4.95	
		Montaje	Natural	0.05	0.54	
SUMATORIA					94.04	
Habitacion 1	12:00 AM	Largo	Natural	0.02	0.22	0.16
		2.80 m	Natural	0.00	0.00	
		Ancho	Natural	0.00	0.00	
		2.56m	Natural	0.00	0.00	
		Altura	Natural	0.00	0.00	
		Montaje	Natural	0.07	0.75	
SUMATORIA					0.97	

Fuente. Elaboración propia.

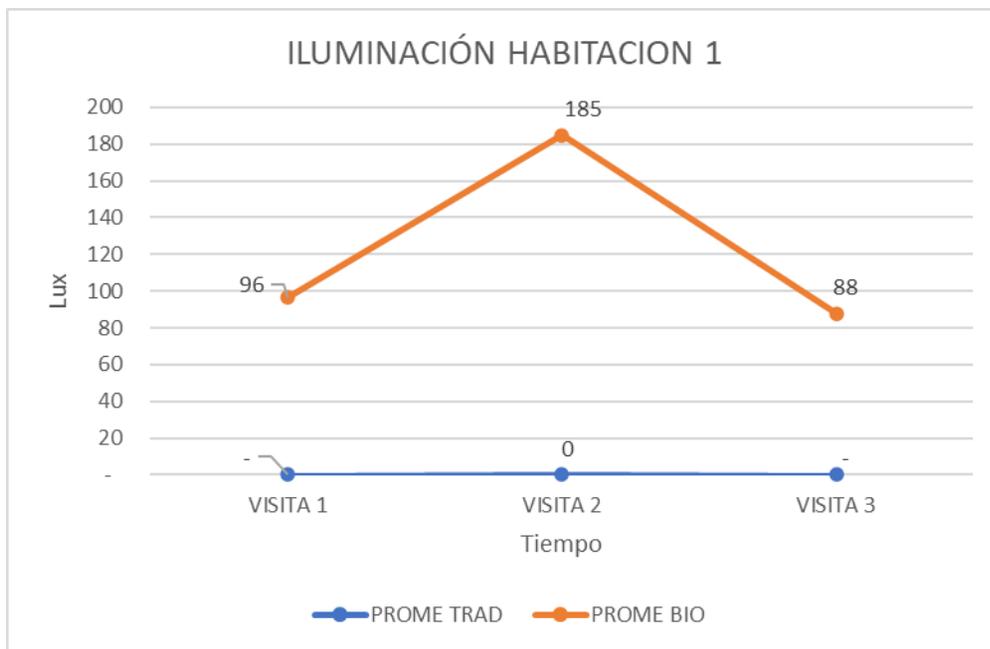
VIVIENDA BIOCLIMATICA									
AREAS	FECHA Y HORA DE MEDICIÓN	MEDICIÓN DE AREA	TIPO DE ILUMINACIÓN	DATOS FC	LUX	PROMEDIO LUX			
Sala comedor cocina	22/11/23	Largo 7.00 m	Natural	1.04	11.19	363.86			
			Natural	1.63	17.54				
			Natural	6.42	69.08				
			Natural	7.93	85.33				
		Ancho 2.60m	Natural	7.60	81.78				
			Natural	4.60	49.50				
			Natural	91.30	982.39				
			Natural	39.07	420.39				
		Altura Montaje 3.85m	Natural	87.70	943.65				
			Natural	63.50	683.26				
			Natural	68.40	735.98				
			Natural	26.60	286.22				
		SUMATORIA					4366.30		
Habitacion 1	12:15 PM	Largo 2.80 m	Natural	1.11	11.94	184.87			
			Natural	29.01	312.15				
		Ancho 2.50m	Natural	64.00	688.64				
			Natural	3.30	35.51				
		Altura Montaje 2.70m	Natural	4.50	48.42				
			Natural	1.17	12.59				
		SUMATORIA					1109.25		

Tabla 9. Datos estadísticos de iluminación vivienda bioclimática 2023
Fuente. Elaboración propia.

A partir de los datos presentados en las tablas anteriores, se han generado gráficos para comparar la iluminación entre ambas casas. Se ha elaborado un gráfico para cada espacio, abarcando la sala comedor cocina y para el dormitorio. Esta visualización facilita la identificación de áreas con deficiencia lumínica, lo cual es crucial para el confort visual de los habitantes de las viviendas. Estos gráficos proporcionan la base necesaria para tomar medidas correctivas en caso de detectar espacios con iluminación insuficiente.



Gráfica 23. Comparación de iluminación en sala, comedor. cocina entre vivienda tradicional y climática.
Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 24. Comparación de iluminación en habitación 1 entre vivienda tradicional y climática.
Fuente. Elaboración propia.

La gráfica de iluminación compara dos viviendas, una tradicional y una bioclimática, a través de tres visitas. Se presenta un análisis de los datos:

Consistencia vs. Variabilidad: la vivienda tradicional (PROME TRAD) muestra una iluminación consistente y baja en las tres visitas, con valores de 39, 16 y 33 lux respectivamente. Por otro lado, la vivienda bioclimática (PROME BIO) exhibe una variabilidad significativa, con un pico de 364 lux en la segunda visita, lo que sugiere una mayor captación de luz natural o una mejor distribución de la iluminación artificial.

Pico de Iluminación: el pico en la vivienda bioclimática durante la segunda visita podría indicar la presencia de sistemas de iluminación eficientes o una orientación favorable de la vivienda que permite la entrada óptima de luz durante ciertas horas del día.

Promedio de Iluminación: aunque la vivienda bioclimática tiene un pico alto, el promedio de las tres visitas es más representativo del desempeño general de iluminación. Este promedio es significativamente mayor en la vivienda bioclimática comparado con la vivienda tradicional, lo que puede contribuir a un mejor ambiente de vida y potencial ahorro energético.

Este análisis sugiere que la vivienda bioclimática ofrece una mejor calidad de iluminación, lo que es beneficioso tanto para el bienestar de los ocupantes como para la eficiencia energética.

En resumen, la iluminancia media de la toma de datos en ambas viviendas se ha colocado en la tabla siguiente, para poder compararla con lo solicitado en tablas de iluminación mínimas para espacios interiores de viviendas y así poder generar recomendaciones si son necesarias para las viviendas.

Tabla 10. Tabla de iluminancia media de la vivienda bioclimática y tradicional.

ILUMINANCIA MEDIA				
Espacio	Sala comedor cocina		Dormitorio 1	
Fecha visita	Prom Tradicional	Prom Bioclimatica	Prom Tradicional	Prom Bioclimatica
9/8/2023	0	119	0	96
22/11/23	16	364	0	185
15/02/24	33	111	0	88

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 11. Tabla de requerimientos mínimos de lux para viviendas.

TABLAS DE MINIMOS (LUX)			
Áreas y clases de local	Mínimo (LUX)	Máximo (LUX)	Óptimo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente. Elaboración propia.

Los datos recabados sugieren que la vivienda bioclimática en el área de la cocina, comedor y sala satisface el requisito mínimo de iluminación al superar consistentemente los 100 lux en las tres visitas realizadas. En el caso del dormitorio, aunque no alcanza los 100 lux exigidos, se aproxima al mínimo requerido para un confort visual adecuado.

Por otro lado, al analizar la iluminación en la vivienda tradicional en los mismos espacios mencionados, tanto la sala-comedor-cocina como el dormitorio, no logran cumplir con el nivel mínimo de iluminación necesaria. Durante las visitas, se evidenció la necesidad de utilizar luz artificial en los dormitorios debido a la ausencia de luz natural, mientras que en la sala-comedor-cocina, la visibilidad se veía mejorada con el uso de luz artificial.

El análisis cuenta de respaldo mediante cálculos y datos específicos sobre la iluminación en ambas viviendas. Por lo tanto, se concluye que la vivienda bioclimática muestra una mejor iluminación en comparación con la vivienda tradicional, lo cual es crucial para garantizar un confort visual adecuado y puede contribuir a la eficiencia energética al reducir la necesidad de iluminación artificial. Además, se destaca que la vivienda tradicional no cumple con los requisitos mínimos en varias áreas, lo que podría afectar negativamente la calidad de vida de sus ocupantes.

7.11. CUADRO RESUMEN DE LAS DOS VIVIENDAS Y DATOS OBTENIDOS

Tabla 12. Tabla de datos promedios de temperatura en vivienda tradicional y bioclimática.

DATOS PROMEDIOS DE TEMPERATURA		
Espacio	T _{Bioclimatica}	T _{tradicional}
Dormitorio	28.75	30.32
Sala	28.96	30.40
Prom. temperatura	28.85	30.36

Fuente. Elaboración propia.

La tabla proporciona una comparación interesante entre las temperaturas promedio de dos tipos de viviendas: una bioclimática y una tradicional.

Menor temperatura en vivienda bioclimática: la vivienda bioclimática muestra temperaturas promedio más bajas tanto en el dormitorio (28.75°C) como en la sala (28.96°C), en comparación con la vivienda tradicional (dormitorio: 30.32°C, sala: 30.40°C). Esto sugiere que las técnicas bioclimáticas son efectivas para mantener un ambiente más fresco.

Diferencia promedio: la diferencia promedio entre las temperaturas de las viviendas bioclimáticas y tradicionales es de aproximadamente 1.5°C. Aunque puede parecer pequeña, esta diferencia puede tener un impacto significativo en el confort térmico y el consumo de energía para climatización.

Eficiencia energética: las viviendas bioclimáticas están diseñadas para aprovechar los recursos naturales y minimizar el uso de energía para calefacción o refrigeración. Los datos reflejan que estas viviendas pueden ofrecer un ambiente confortable sin depender excesivamente de sistemas de climatización artificial.

Implicaciones para el diseño: los resultados destacan la importancia de considerar estrategias bioclimáticas en el diseño de viviendas de interés social. Esto no solo mejora la calidad de vida de los habitantes, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental.

En resumen, la tabla muestra la efectividad de las viviendas bioclimáticas para mantener temperaturas más bajas, lo que implica beneficios tanto en confort como en eficiencia energética. Es un claro ejemplo de cómo el diseño arquitectónico puede influir positivamente en el bienestar y el medio ambiente.

Tabla 13. Tabla de datos promedios de humedad en vivienda tradicional y bioclimática.

DATOS PROMEDIOS DE HUMEDAD		
Espacio	H _{Bioclimatica}	H _{tradicional}
Dormitorio	69.62	65.21
Sala	66.15	63.19
Prom. Humedad	67.88	64.20

Fuente. Elaboración propia.

Se muestra un análisis y comentarios sobre los datos presentados de una vivienda bioclimática y una tradicional.

Mayor humedad en vivienda bioclimática: la vivienda bioclimática registra un nivel de humedad promedio más alto tanto en el dormitorio (69.62%) como en la sala (66.15%), en comparación con la vivienda tradicional (dormitorio: 65.21%, sala: 63.19%). Esto puede indicar una mejor regulación de la humedad en las viviendas bioclimáticas.

Diferencia de humedad: la diferencia promedio de humedad entre las viviendas bioclimáticas y tradicionales es de aproximadamente 3.68%. Esta diferencia puede contribuir a un ambiente más confortable y saludable en las viviendas bioclimáticas, especialmente en climas donde la humedad relativa juega un papel importante en el confort térmico.

Beneficios para la salud: niveles adecuados de humedad pueden reducir la incidencia de problemas respiratorios y alergias. Las viviendas bioclimáticas, al mantener una humedad más alta, podrían ofrecer un ambiente más beneficioso para la salud de sus habitantes.

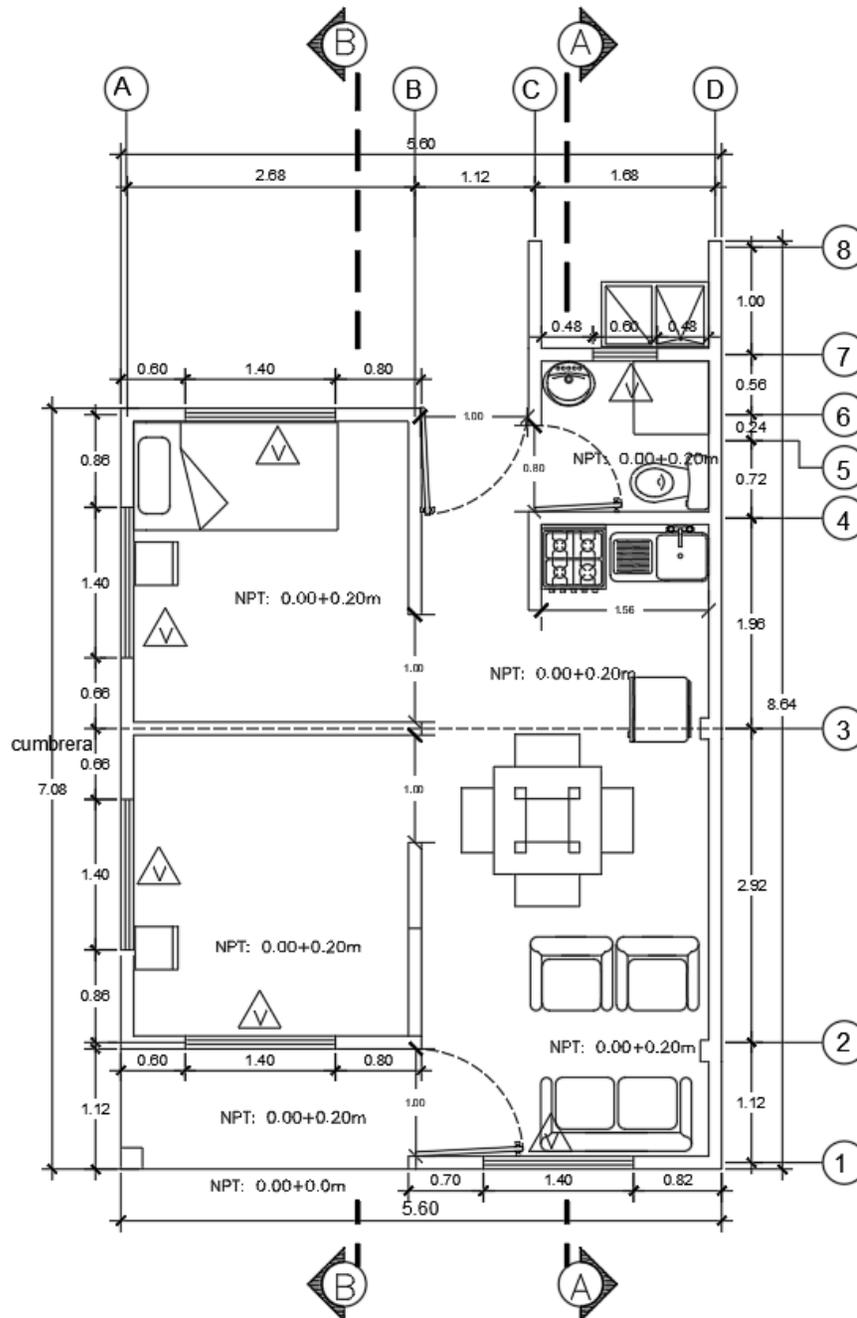
Sostenibilidad y confort: el diseño bioclimático busca crear espacios que se adapten al clima local y reduzcan la necesidad de sistemas de climatización artificial. Los datos sugieren que las viviendas bioclimáticas logran un equilibrio entre sostenibilidad y confort al mantener niveles óptimos de humedad.

La tabla muestra cómo las viviendas bioclimáticas pueden ofrecer un ambiente más confortable y saludable mediante la regulación natural de la humedad, lo que destaca la importancia de incorporar principios bioclimáticos en el diseño de viviendas de interés social.

7.12. PROPUESTAS DE MEJORAS AL DISEÑO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL

Tras realizar los análisis en la vivienda tradicional, se propone implementar mejoras en la infraestructura de la edificación, con el fin de aumentar el confort térmico interno y mejorar la iluminación. Estas propuestas se desarrollan considerando la ubicación actual de la vivienda en el terreno. A continuación, se presentan las modificaciones sugeridas.

La planta arquitectónica muestra las modificaciones propuestas. En los espacios de sala y dormitorios, se plantea agregar una ventana adicional en los dormitorios y ampliar el tamaño de las ventanas a 1.40m de ancho, en sala, comedor, cocina y los dormitorios. Esto permitirá lograr una circulación cruzada, donde el aire pueda entrar por una ventana y salir por el extremo opuesto, promoviendo un flujo constante que contribuirá a reducir la temperatura interna

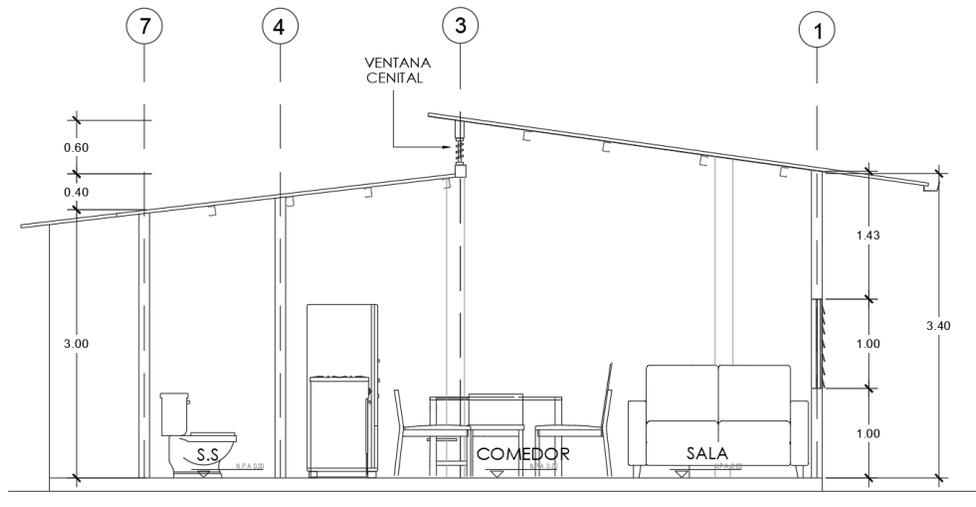


PLANTA ARQUITECTONICA VIVIENDA TRADICIONAL SIN ESCALA

Plano 7. Propuesta planta arquitectónica, vivienda tradicional.

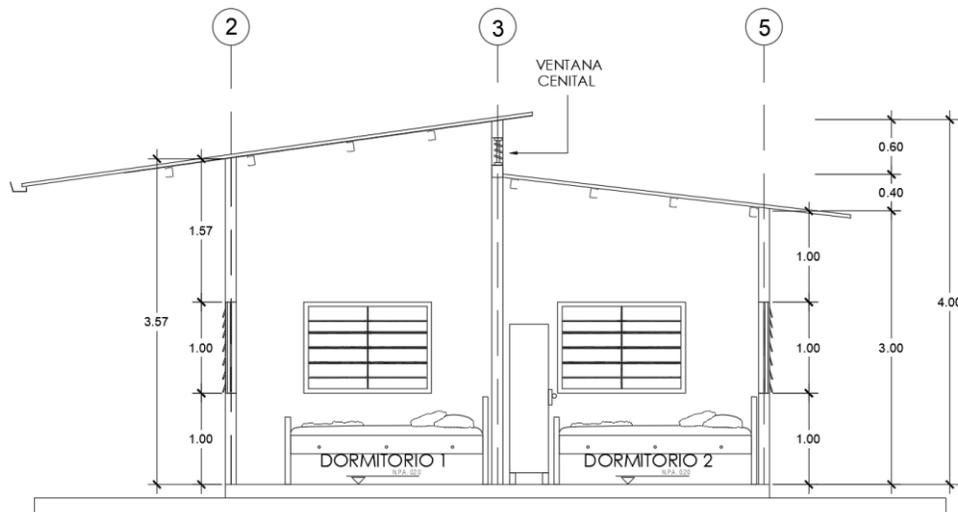
Fuente. Elaboración propia.

Con relación al techo, se proyecta elevar la altura en la posición de la cumbreira actual en 0.60 m. Esto facilitará la instalación de ventanas en dicho cambio de nivel, con el propósito de obtener una iluminación cenital. Esta medida busca aumentar la entrada de luz a la vivienda y, simultáneamente, facilitar la salida del aire caliente. Estos cambios se describen detalladamente en las secciones que muestran las variaciones de alturas.



SECCION LONGITUDINAL CORTE A-A
SIN ESCALA

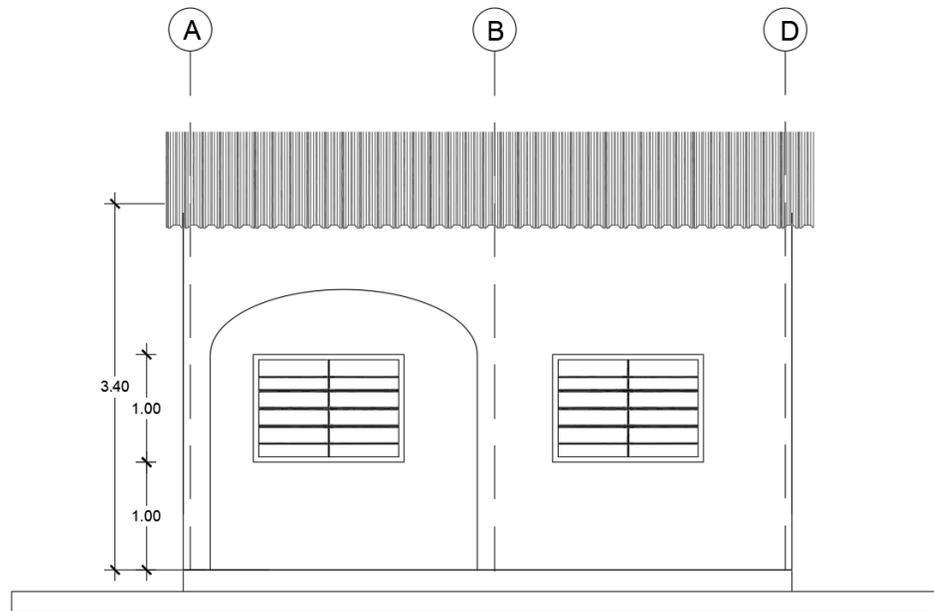
Plano 8. Sección longitudinal sala comedor cocina, vivienda tradicional.
Fuente. Elaboración propia.



SECCION LONGITUDINAL CORTE B-B
SIN ESCALA

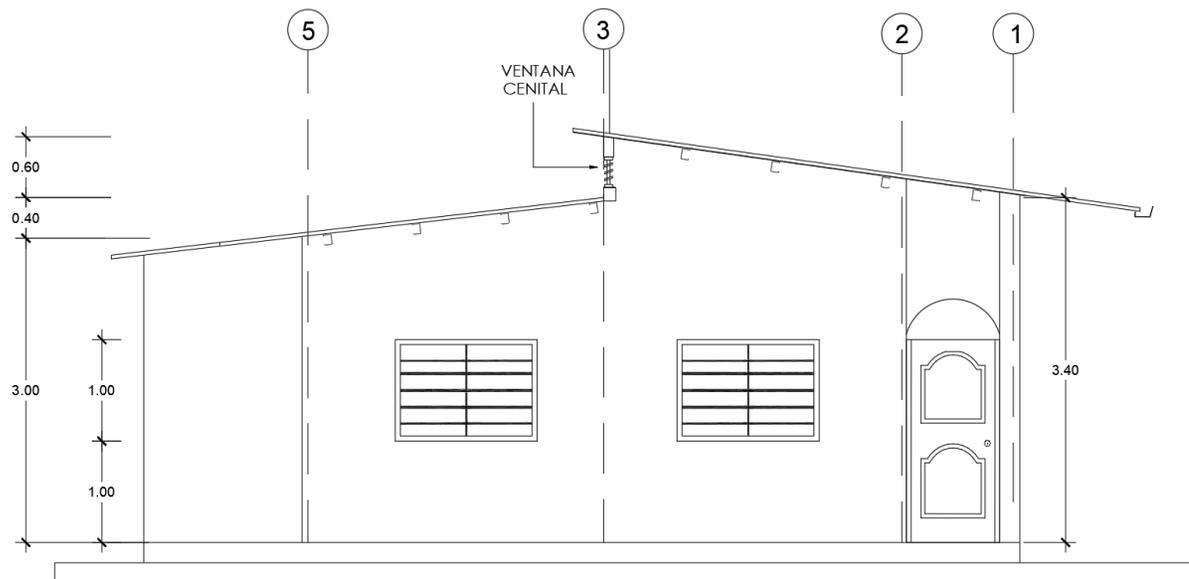
Plano 9. Sección longitudinal dormitorios, vivienda tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

En la fachada principal y este, se aprecia la ampliación de la ventana del dormitorio 1 y la ventana situada en la sala, comedor y cocina. Se conserva la altura de la repisa y la altura total de la ventana para reducir al mínimo el impacto en la estructura de la vivienda, ampliándose horizontalmente. También se sugiere la instalación de malla mosquitera para prevenir la entrada de zancudos. Debido a este problema, los habitantes no suelen abrir las ventanas.



FACHADA PRINCIPAL
SIN ESCALA

Plano 10. Fachada principal, vivienda tradicional.
Fuente. Elaboración propia.



FACHADA ESTE
SIN ESCALA

Plano 11. Fachada Este, vivienda tradicional.
Fuente. Elaboración propia.

7.13. PROPUESTAS DE MEJORAS A LA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Sobre la base de los resultados de las tablas de temperatura, humedad e iluminancia, se presentan algunas recomendaciones para mejorar la vivienda bioclimática:

Optimización de la ventilación: aunque la vivienda bioclimática mantiene temperaturas más bajas, se podría mejorar la ventilación para reducir aún más la temperatura durante los picos de calor, esto a través de concientizar a los habitantes de la vivienda bioclimática sobre la importancia y relevancia de mantener las ventanas abiertas para que el aire caliente salga, así también colocar malla mosquitero para evitar que al abrir las ventanas se introduzcan los mosquitos a la vivienda.

Control de humedad: la humedad es más alta en la vivienda bioclimática, lo cual es beneficioso hasta cierto punto. Sin embargo, sería ideal implementar sistemas de control de humedad para evitar que sea excesiva y cause molestias o problemas de salud. Una forma de controlar la humedad es con la circulación del viento en el espacio interior, que va de la mano del punto anterior.

Mejora de iluminación natural: los datos de iluminancia sugieren que hay margen de mejora en la iluminación natural. Se podrían utilizar tragaluces o tubos solares para aumentar la luz natural en áreas menos iluminadas.

Aislamiento térmico: para mantener la eficiencia energética, sería conveniente revisar y mejorar el aislamiento térmico de la vivienda, especialmente en el techo y las paredes expuestas al sol. Se recomienda aplicar un aislante térmico elastomérico en ambas superficies, por la parte exterior.

Estas mejoras no solo aumentarán el confort de la vivienda bioclimática, sino que también contribuirán a su sostenibilidad y eficiencia energética.

8. CONCLUSIONES

1. La automatización en la toma de datos proporcionó una base de datos extensa, precisa, constante y organizada, facilitando un procesamiento eficiente y la generación de gráficas y tablas de alta calidad.
2. Las mediciones de las variables climáticas de temperatura y humedad relativa realizadas dentro de las viviendas bioclimática y tradicional revelan que los criterios bioclimáticos pasivos, como la ventilación cruzada, la iluminación y la ventilación cenital, junto con la ubicación estratégica de las ventanas según el análisis del sitio y climático, aplicados en el diseño de la vivienda bioclimática, contribuyen significativamente al confort interno de esta última.
3. Según los análisis realizados a los datos obtenidos de las mediciones de temperatura interna de ambas viviendas, se observó una diferencia en promedio de 1.50°C menos de temperatura en la vivienda bioclimática. Esto indica que se cumple el criterio bioclimático de la disminución de temperatura en el diseño.
4. La observación de la variable de humedad relativa arroja, en el caso de la vivienda bioclimática, una diferencia más alta que en la vivienda convencional. Lo anterior es debido a que la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura: la humedad relativa es más alta al momento de disminuir la temperatura.

5. La elevada humedad relativa de la vivienda bioclimática se disminuirá al abrir las ventanas que ya posee la construcción para renovar el aire húmedo de la vivienda.
6. La iluminación natural en la vivienda bioclimática presenta una distribución más uniforme y una intensidad lumínica superior en comparación con la vivienda tradicional, según los datos obtenidos con el luxómetro.
7. La variante de iluminación natural interior de la vivienda tradicional no cumple con los requerimientos mínimos solicitados (100lux) en los estándares de confort visual, lo que causa un mayor uso de energía eléctrica para lograr confort visual.
8. El diseño bioclimático ofrece un mejor control térmico y de humedad, lo que resulta en una mayor comodidad y eficiencia energética.
9. La similitud en las variables climáticas durante noviembre y diciembre sugiere que ciertos factores estacionales pueden afectar ambas viviendas de manera similar.

9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar utilizando esta metodología de toma de datos automatizados en futuros estudios para garantizar la disponibilidad de datos de calidad, facilitando así un procesamiento eficiente y la generación de gráficas y tablas.
2. Se sugiere considerar los criterios de arquitectura bioclimática pasiva en el diseño y construcción de nuevas viviendas para mejorar las condiciones térmicas comfortable y las de habitabilidad.
3. Para abordar la elevada humedad relativa en la vivienda bioclimática, se sugiere promover la ventilación natural mediante la apertura de ventanas para renovar el aire húmedo del interior.
4. Se recomienda optimizar la distribución de la luz natural en el diseño de viviendas para reducir la dependencia de la iluminación artificial.
5. Se insta a considerar los factores de las variables climáticas externas estacionales en futuros diseños y estudios.
6. En la vivienda tradicional para mejorar el confort interno y lograr una mejor eficiencia energéticas se recomienda colocar una mayor cantidad de ventanas, de dimensiones más amplias, así como de la instalación de ventanas en la parte superior del techo para mejorar la ventilación e iluminación de tipo cenital.
7. Para mejorar el confort interno y la eficiencia energética de la vivienda tradicional, se recomienda aumentar el número y tamaño de las ventanas, así como instalar ventanas en la parte superior del techo para mejorar la ventilación e iluminación cenital. Estas mejoras pueden contribuir significativamente al bienestar de los ocupantes y al ahorro de energía.
8. Se alienta a seguir explorando y promoviendo el diseño y construcción de viviendas bioclimáticas.
9. La construcción de viviendas bioclimáticas ofrece mayor confort a los habitantes, por lo tanto, es necesario promover este tipo de construcción a instituciones públicas y privadas.

10. GLOSARIO

Altitud. Elevación o altura sobre el nivel del mar.

Bioclimatismo. es un criterio que busca que los diseños de espacios habitables estén en concordancia con las condiciones climáticas del lugar.

Confort. Es el bienestar físico o material que proporcionan determinadas condiciones, circunstancias u objetos.

Confort térmico. es la sensación favorable de un usuario referente a las condiciones de temperatura y humedad al realizar una actividad.

Crepúsculo civil. altura del centro del Sol entre 0° y 6° debajo del horizonte- donde dicha iluminación, en presencia de buenas condiciones meteorológicas, permite realizar actividades al aire libre sin requerir luz artificial.

Distribución de la luz. Se refiere a cómo se distribuye la luz en la habitación. Esto incluye aspectos como la uniformidad de la iluminación en diferentes áreas de la habitación y la presencia de sombras.

Hondonada. Área de terreno plano que se encuentra hundido en comparación con su alrededor.

Humedad relativa. es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua

Inercia térmica. La inercia térmica es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con la que cede o absorbe.

Intensidad lumínica. Se refiere a la cantidad total de luz emitida por las fuentes de iluminación en la habitación. Esto puede variar dependiendo del tipo de luminarias utilizadas y su potencia.

Latitud. es la distancia angular que hay entre un punto cualquiera de nuestro planeta Tierra y la línea que lo divide al medio, o sea, el ecuador.

Sistemas de climatización. dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos que se instalan en un edificio para proporcionar control ambiental en los espacios interiores.

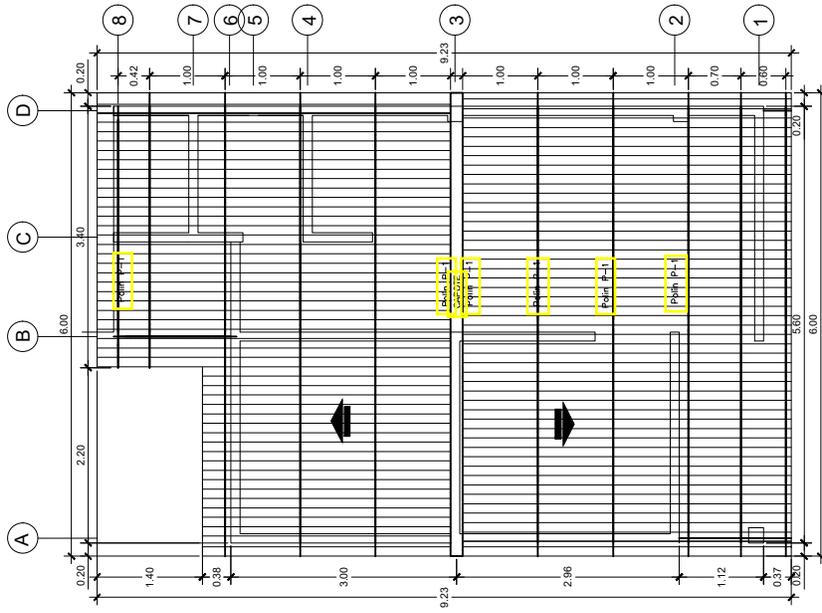
Temperatura. Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente.

Temperatura radiante. Se define como la temperatura única y uniforme de sus cerramientos con la cual la transferencia de calor por radiación desde o hacia una persona situada en el interior de este.

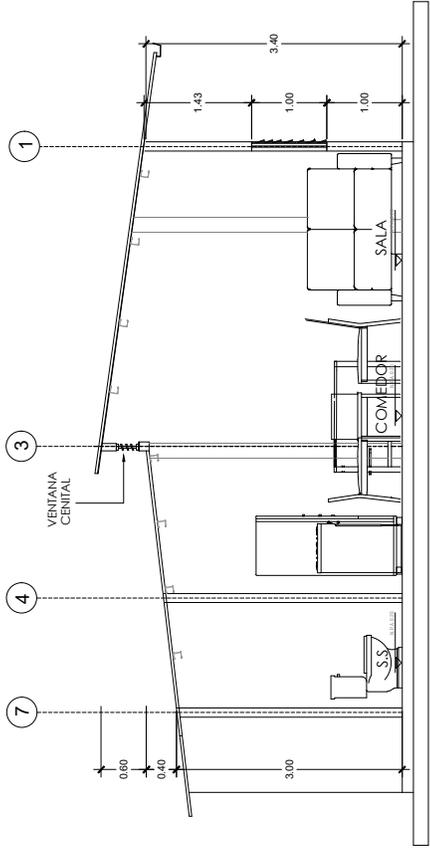
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INDUANALISIS LABORATORIO AMBIENTAL, «INDUANALISIS LABORATORIO AMBIENTAL,» 03 abril 2019. [En línea]. Available: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/variables_climaticas_23. [Último acceso: 23 enero 2023].
- [2] B. F. Paats, «Columbia,» 02 marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.columbia.edu.py/presencial/arquitectura/revista-cientifica/articulos-de-investigacion/224-variables-climatologicas-y-los-elementos-constructivos-y-paisajisticos#:~:text=Los%20elementos%20del%20clima%20son,entre%2010%20y%2020%20a%20C%20B1os..> [Último acceso: 23 enero 2023].
- [3] R. A. F. CARDOZA, «Univerdidad de El Salvador,» mayo 2008. [En línea]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4194/1/Clasificaci%C3%B3n%20de%20zonas%20bioclim%C3%A1ticas%20de%20El%20Salvador%20sus%20herramientas%20y%20estrategias%20para%20dise%C3%B1o%20urbano-arquitect%C3%B3nico.p>. [Último acceso: 5 diciembre 2023].
- [4] Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, «Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales,» [En línea]. Available: <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>. [Último acceso: 8 diciembre 2023].
- [5] SNET, «snet.gob.sv,» [En línea]. Available: <https://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>.
- [6] ClimateData, «ClimateData,» Climate-Data.org, [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/info/sources/>. [Último acceso: 12 mayo 2023].
- [7] R. A. F. CARDOZA, «Clasificación de Zonas Bioclimáticas de El Salvador, sus Herramientas y Estrategias para Diseño Urbano-Arquitectónico,» San Salvador, 2008.
- [8] W. M. S. González, «Universidad Rafael Landivar,» marzo 2006. [En línea]. Available: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/publiilppm/2014/Tesis/2006/03/06/Sagastume-Wendy.pdf>. [Último acceso: 20 enero 2023].
- [9] INE Instituto Nacional de Estadística, «INE Instituto Nacional de Estadística,» [En línea]. Available: <https://www.ine.es/DEFIne/es/concepto.htm?c=5012&op=30242&p=1&n=20#:~:text=Definici%C3%B3n,residencia%20habitual%20de%20sus%20componentes..> [Último acceso: 18 enero 2023].
- [10] eadic, «EADIC Engineering, Training & Development Solutions,» 2020. [En línea]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Tema-3-Confort-Ambiental.pdf>. [Último acceso: 9 diciembre 2023].
- [11] Hábitat para la Humanidad Internacional, «Cartillas Técnicas: reparaciones mayores y ampliaciones: Paredes de Bloques de Concreto,» 2008. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitat.org/lc/lac/pdf/cartilla_paredes.pdf. [Último acceso: 17 noviembre 2023].
- [12] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, «Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales,» marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/resumen+climatologico+anual/>. [Último acceso: 16 octubre 2022].
- [13] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, «Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales,» [En línea]. Available: http://srt.marn.gob.sv/indices_clima.html. [Último acceso: 18 septiembre 2022].
- [14] WeatherSpark, «WeatherSpark.com,» 2022. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/h/y/12889/2022/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2022-en-San-Miguel-El-Salvador#Figures-WindSpeed>. [Último acceso: 18 octubre 2023].

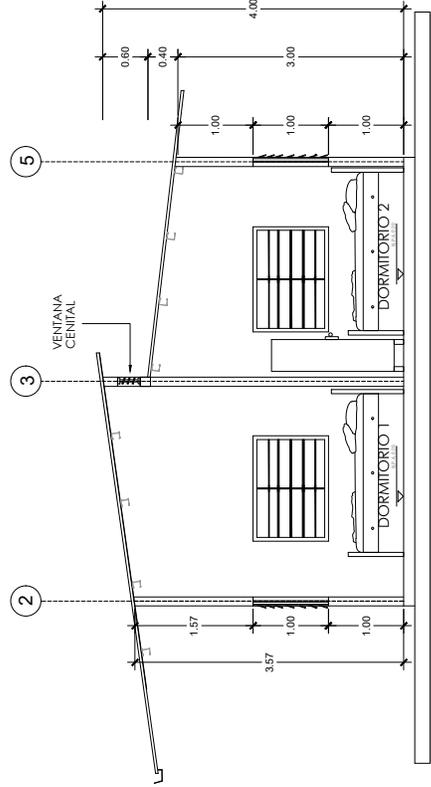
12. ANEXOS - PLANOS



PLANTA DE TECHOS VIVIENDA TRADICIONAL
ESC: 1:100



SECCION LONGITUDINAL CORTE A-A
Escala 1:100



SECCION LONGITUDINAL CORTE B-B
Escala 1:100

<p>PROYECTO: Análisis comparativo de variables climáticas entre vivienda bioclimática y vivienda convencional de interés social, construidas en el departamento de San Miguel, El Salvador</p>	<p>MATRÍCULA:</p>	<p>DIBUJO: TEC. DAVID CHAVEZ</p>	<p>PRESENTA: ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</p> <p>ITCA FEPADE TÉCNICOS E INGENIEROS</p>
<p>CONTENIDO: PLANO DE TECHO Y SECCIONES</p>	<p>AREA DE VIVIENDA: 43.00 M²</p>	<p>DATOS CNR: SECTOR PARCELA</p>	<p>FECHA: ABRIL 2024</p> <p>HOJA: 2/2</p>
<p>UBICACION: CASERIO CHAPARRASTIQUE, CANTÓN EL NIÑO, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR</p>	<p>ESCALA: INDICADAS</p>		

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Proavía.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700