



Universidad Tecnológica

Nuestro Compromiso es la Innovación

Título de la investigación

Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible.

Fase II

Investigadores:

Ana Cristina Vidal Vidales

Guillermo Francisco Vásquez Cromeyer

La presente investigación fue subvencionada por la Universidad Tecnológica de El Salvador y contó con la colaboración de los estudiantes Madeline Recinos Hidalgo y José Roberto Galeano, de la carrera de Diseño Gráfico; y Víctor Ernesto Castro Martínez, de la carrera de Arquitectura. Las solicitudes de información, separatas y otros documentos relativos al presente estudio pueden hacerse a la dirección postal: calle Arce, 1020, Universidad Tecnológica de El Salvador, Vicerrectoría de Investigación, Dirección de Investigaciones, calle Arce y 17ª. avenida Norte, edificio *José Martí*, 2ª. planta, o al correo electrónico: ana.vidal@utec.edu.sv

San Salvador, 2011

ISBN 978-99923-21-75-1

Derechos Reservados

© Copyright

Universidad Tecnológica de El Salvador

Tabla de contenido

Resumen.....	4
Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible. Fase II	5
Planteamiento del problema.....	6
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos	6
Marco teórico	7
Diseño conceptual.....	7
Determinación de espacios necesarios en una vivienda	7
Modelo conceptual.....	12
El entorno.....	13
Programa arquitectónico	19
Sostenibilidad y bioclimatización.....	24
Método	40
Participantes (objeto de estudio).....	40
Madera	41
Placas de fibrocemento	42
Sistema constructivo Covintec.....	44
Instrumentos.....	47
Procedimiento	47
Resultados	48
Discusión.....	65
Conclusiones y recomendaciones	69
Propuesta.....	71

Factibilidad de las estrategias propuestas	85
Fuentes alternativas de energía eléctrica.....	85
Suministro de agua.....	85
Aguas residuales	86
Bibliografía	92
Anexos	96
Comportamiento climático en El Salvador	96
Macroclima	96
Elementos climáticos	97
Marco legal	99
Recomendaciones a la legislación	100
Vivienda de interés social	102
Antecedentes de la vivienda de interés social.....	103
Tecnologías aplicables a la vivienda de interés social.....	106
Presupuesto preliminar aproximado de la propuesta de vivienda.....	108

Resumen

El presente documento busca retroalimentar la propuesta de vivienda planteada en la primera fase de la investigación, por medio de un experimento en el cual se midieron datos de temperatura y humedad relativa en modelos a escala hechos con tres sistemas constructivos livianos diferentes. De esta forma es posible determinar cuál sistema constructivo es más apto para las distintas condiciones climáticas que se presentan en el país, de acuerdo con las características propias de cada sitio. La investigación se complementa con una profundización de los elementos que deben ser tomados en cuenta en el diseño de una vivienda que satisfaga las necesidades básicas y la aplicación del diseño bioclimático, proponiendo modelos conceptuales que contienen alternativas tecnológicas y se analiza su factibilidad de aplicación. Se presentan, además, un breve análisis de la legislación salvadoreña en cuanto a la construcción de viviendas y aspectos básicos de la vivienda de interés social en el país, planteando un análisis que pretende superar la visión economicista para resaltar la importancia de la participación de las personas para la contextualización de las propuestas y satisfacción de necesidades.

Introducción.

Desde principios del siglo pasado, se ha considerado de suma importancia el pensar en el futuro más que el presente al tratarse de construcciones. Unwin(1902) nos recuerda esto en lo que podría interpretarse como una manifestación temprana del concepto de la sostenibilidad, cuando dice que una vivienda que deba durar cien años o más debe tener características tales que le permitan realmente existir y ser funcional por ese período de tiempo, pues es lógico asumir que como tal será una vivienda valiosa durante su vida útil. Esto es fundamental, no solo como un tema de justicia financiera para las generaciones venideras en vista de sus necesidades futuras, sino también porque estas construcciones deben basarse en las condiciones permanentes y esenciales de la vida y la salud, y no en modas pasajeras o convencionalismos establecidos por un constructor con base en la especulación.

Es lógico asumir que el ser humano en sus inicios decidió construir viviendas para protegerse de las inclemencias del tiempo, los depredadores y para proveerse de comodidades y privacidad familiar. Probablemente estas necesidades sigan presentes, pero esos elementos constructivos—tales como paredes y techos—que sirven para proteger a las personas de las fuertes lluvias, los potentes vientos y vecinos curiosos, al mismo tiempo impiden la entrada del aire fresco y la luz del sol, condiciones necesarias para una vida saludable (Unwin, 1902).

Vitruvio lo dijo desde la época de Augusto: “Los edificios privados estarán correctamente ubicados si se tiene en cuenta, en primer lugar, la latitud y la orientación donde van a levantarse [...] se debe orientar la disposición de los edificios atendiendo a las peculiaridades de cada región y las diferencias del clima[...] Así, por medio del arte se deben paliar las incomodidades que provoca la misma naturaleza” (Vitruvio Polión, 2006).

Sin embargo, la costumbre dicta que las viviendas construidas en masa se rigen por un plano o diseño específico, que es repetido calle tras calle dentro de las urbanizaciones, sin importar la orientación. Para Unwin, ya en 1902, es imposible imaginar una práctica más absurda y despectiva. Cada casa debe de ser diseñada para el sitio donde estará ubicada y sus aspectos, y esto es precisamente más relevante cuando se trata de casas pequeñas que se construyen en filas.

Planteamiento del problema

¿Cuáles son los criterios arquitectónicos y ambientales, y las técnicas apropiadas, que podrían volver eficiente el diseño de la vivienda, en cuanto a las condicionantes climáticas imperantes en El Salvador?

Objetivos

Objetivo general

Retroalimentar el diseño de vivienda planteado en la Fase I de la investigación, formulando una base científica para cada uno de los componentes de esta, de manera que puedan sentarse las bases para la construcción de una vivienda a escala real que pueda ser presentada a distintas instituciones u organizaciones, de manera que el modelo pueda establecerse como una nueva solución habitacional en el país.

Objetivos específicos

1. Determinar nuevos materiales o sistemas constructivos ideales —en términos de aspectos bioclimáticos, sostenibilidad, aislamiento térmico, durabilidad, resistencia, etc.— para la vivienda propuesta.
2. Retroalimentar el diseño actual para las mejoras e innovaciones de los diseños que se puedan proponer a lo largo de la investigación.
3. Estudiar las soluciones tecnológicas y de acondicionamiento pasivo propuestas en el diseño en la Fase I para determinar los planos constructivos finales de la vivienda.
4. Establecer un esquema que reúna las características que debe contener el modelo conceptual de una vivienda bioclimática y sostenible.

Marco teórico

Diseño conceptual

Para Unwin(1902), el diseño de cualquier edificación se facilita cuando se definen los requerimientos principales y se piensa el problema desde el principio, eliminando cualquier juicio o conexión que pudiera haberse creado en torno a él. Esto permite distinguir entre los elementos y condiciones esenciales y los que han surgido de los convencionalismos. Posteriormente, deben identificarse las relaciones existentes entre estos elementos y condiciones.

Determinación de espacios necesarios en una vivienda

Siguiendo la clasificación de las necesidades humanas planteado por Max-Neef, Elizalde & Hopenhayn(1986), es posible determinar los espacios necesarios en una vivienda para el contexto nacional, de la forma como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Espacios de una vivienda, funciones y áreas a las que pertenecen con base en las necesidades humanas establecidas por Max-Neef

Espacio	Necesidad que se debe satisfacer	Área
Vestíbulo	Adaptabilidad, espacios de encuentro.	Social
Sala	Descansar, cooperar, solidaridad, receptividad, humor, familia, acariciar, expresar, emociones, compartir, apreciar, cultivar, espacios de encuentro, dialogar, opinar, acordar, fiestas, juegos, discrepar, optar, diferenciarse, arriesgar, conocerse, asumirse.	Social
Comedor	Alimentación, familia, expresar, emociones, compartir, espacios de encuentro, fiestas.	Social
Cocina	Alimentación.	Social
Jardín	Equilibrio, plantas, jardines, animales domésticos, espacios de encuentro, tranquilidad, juegos, espectáculos, fiestas, calma, divagar, abstraerse, soñar, añorar, fantasear, evocar, relajarse, divertirse, jugar, meditar.	Social
Servicio	Cuidado, curar, salud física, limpieza.	Privada /

sanitario		social
Área de oficios	Cuidado, limpieza.	Privada
Dormitorios	Descansar, procrear, cuidado, autonomía, autoestima, respeto, pasión, sensualidad, parejas, hacer el amor, acariciar, expresar, emociones, privacidad, intimidad, espacios de encuentro, dialogar, acordar, sensualidad, espacios de encuentro.	Privada
Estar	Descansar, familia, espacios de encuentro, curiosidad, receptividad, imaginación, despreocupación, humor, tranquilidad, juegos, espectáculos, fiestas, calma, divagar, abstraerse, soñar, añorar, fantasear, evocar, relajarse, divertirse, jugar.	Semiprivada
Estudio	Trabajo, cooperar, planificar, conciencia crítica, receptividad, curiosidad, asombro, disciplina, intuición, racionalidad, literatura, método, investigar, estudiar, experimentar, educar, analizar, meditar, interpretar, imaginación, trabajar, inventar, construir, idear, componer, diseñar, interpretar.	Semiprivada
Conjunto habitacional	Salud mental, equilibrio, solidaridad, humor, abrigo, entorno vital, entorno social, familia, defender, contorno vital, contorno social, morada, generosidad, ámbitos de interacción participativa, pertenencia, coherencia, diferenciación, autoestima, asertividad, valores, normas, roles, memoria histórica, crecer, socio-ritmos, entornos de la cotidianeidad, ámbitos de pertenencia, etapas madurativas, conocerse, reconocerse, integrarse, plasticidad espacio-temporal.	

Nota. Elaboración propia.

De la abstracción presentada en el cuadro anterior, es posible concluir que, además de los espacios que funcionan para satisfacer las necesidades consideradas tradicionalmente como básicas (dormir/descansar, asearse, y comer), es necesario que una vivienda capaz de satisfacer integralmente las necesidades del ser humano tenga espacios donde pueda socializar y relacionarse con otras personas, donde pueda desarrollar su conocimiento y llevar a cabo actividades educativas.

Priorización de espacios

1. Sala de estar: es donde habitualmente se llevan a cabo las diferentes actividades dentro de un ambiente íntimo y familiar. Su función es de convivencia familiar, más que social y ornamental, por lo que idealmente debe ser lo suficientemente amplia y versátil, así como tener una estrecha vinculación con otros espacios de convivencia familiar como el comedor y la cocina. Es un espacio que permite fomentar los valores familiares, y las actividades que en ella se realizan dependen de distintos aspectos culturales. Por ejemplo, en las áreas rurales las familias acostumbran estar la mayor parte del tiempo en el

corredor, que cumple la función de un espacio funcional y a la vez permite que se lleven a cabo diversas actividades.

2. Dormitorios: su relevancia radica en que son espacios que se utilizan durante toda la noche, y por ello deben de tener todas las condiciones necesarias para permitir un buen descanso, un ambiente relajante e íntimo, así como otras actividades de entretenimiento y ocio, como por ejemplo, leer un libro.
3. Servicios sanitarios: son el lugar destinado a la limpieza del cuerpo humano, y, por lo tanto, existe una fuerte relación con la salud de los integrantes de la familia, la unidad habitacional y el entorno. De la calidad de los servicios que se disponen dependen ciertos elementos de comodidad, así como de salud e higiene.
4. Cocina, con espacio de despensa: debe proveer las condiciones adecuadas y equipo necesario para el almacenamiento, preparación y cocción de los alimentos, así como para llevar a cabo una correcta limpieza y desinfección de alimentos y utensilios.
5. Comedor: es un espacio que fomenta la convivencia familiar, así como un lugar apropiado para la función de alimentarse. Muchas veces este espacio puede cumplir otras funciones, por lo que puede estar relacionado con la sala de estar sin ninguna división. De esta manera, el tamaño del espacio puede variar de acuerdo con las necesidades de la ocasión.
6. Jardín: es el área que permite la introducción de elementos naturales dentro de la propiedad, alimentando y sosteniendo a la vegetación que contribuirá a climatizar la edificación. De igual forma, es un espacio indispensable para los niños pequeños y los animales domésticos.
7. Área de oficios: es el área donde se conservan todos los implementos necesarios para el cuidado y mantenimiento del resto de la vivienda y pertenencias de los habitantes de ella, por lo tanto, se convierte en un área de soporte básico para su buen estado y funcionamiento.
8. Sala social: no se trata de un espacio vital en una vivienda, pues su función en la actualidad se considera como meramente social, y es por ello que—dependiendo de los hábitos de cada familia—puede llegar a ser uno de los espacios menos utilizados. Puede llegar a prescindirse de su existencia si se considera una sala de estar lo suficientemente

amplia y versátil; pero nunca debe de sacrificarse espacio de la sala de estar para tener una sala social.

9. Estudio o despacho: generalmente no se considera en un programa arquitectónico habitual; y se utilizan los dormitorios, el comedor e incluso el estar para realizar las actividades que allí se realizarían. Sin embargo, es recomendable incluir este espacio porque permite un ambiente adecuado para el desarrollo del trabajo intelectual.

Tabla 2.

Programa arquitectónico con requerimientos mínimos

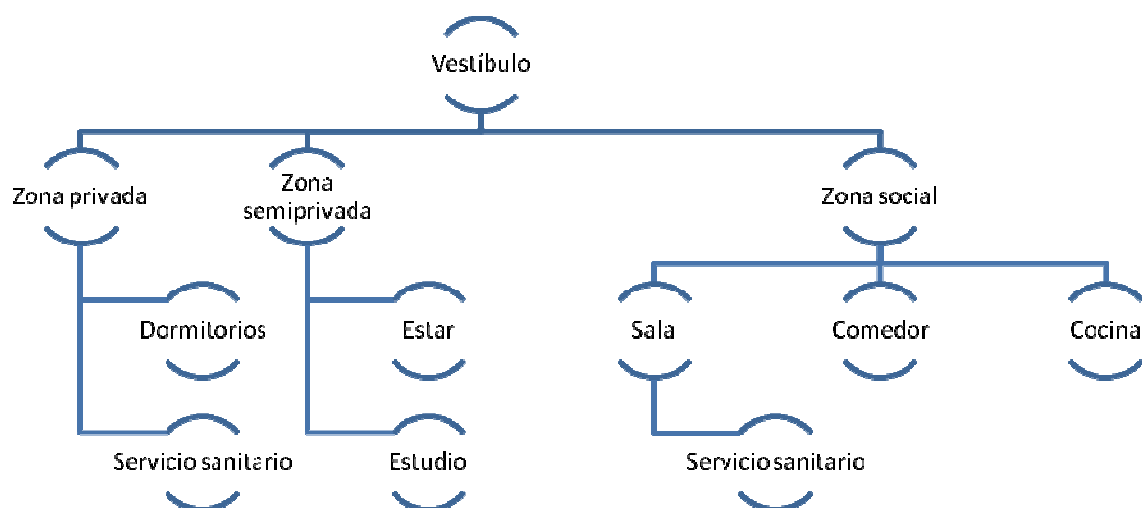
Espacio	Uso	Mobiliario básico	Área mínima en planta	Condiciones	Relaciones
Vestíbulo	Transición entre el exterior y el interior	-	1.00 m ²	Accesibilidad	Sala o estar, cocina (cuando se tiene un único acceso)
Sala o estar	Socialización, ocio	Un sofá, dos sillones pequeños, una mesa, equipo de sonido, TV, librero y artículos de decoración	9.00 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural	Comedor, servicio sanitario
Comedor	Alimentación	Comedor, aparador (para guardar la vajilla, mantelería y cubiertos)	7.30 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural, colores claros	Cocina, sala o estar
Cocina	Almacenamiento, preparación, lavado y cocimiento de alimentos y utensilios	Estufa con horno, mesa de trabajo, gabinetes, lavaplatos, refrigerador	13.70 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural, colores claros, uso de superficies lisas, impermeables y de fácil limpieza, pisos antideslizantes	Comedor, oficinas
Jardín	Esparcimiento	-	-	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural, vegetación	Unidad habitacional
Servicio sanitario	Necesidades fisiológicas e higiene	Inodoro, lavamanos, ducha	2.50 m ²	Ventilación natural, uso de superficies lisas, impermeables y	Dormitorios, sala o estar

Área de oficios	Aseo del hogar y ropa	Lavadora, lavadero, tendedero, planchador, espacio para colgar ropa, almacenaje de artículos de limpieza	10.00 m ²	de fácil limpieza, pisos antideslizantes Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural	Cocina
Dormitorios para pareja	Descanso, dormir	Cama, tocador con espejo, silla y guardarropa.	12.00 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural	Servicio sanitario
Dormitorios individuales	Descanso, dormir	Cama, tocador con espejo, silla guardarropa, escritorio.	5.25 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural	Servicio sanitario
Estudio o despacho	Estudio y lectura	Librero, escritorio, sillas	6.25 m ²	Asoleamiento, ventilación natural, iluminación natural	Servicio sanitario
Garaje	Guardar vehículo	-	14.10 m ²	-	Vestíbulo

Nota. Elaboración propia con base en Plazola Cisneros & Plazola Anguiano(1977).

Figura 1.

Diagrama de relaciones de los espacios en una vivienda



Nota. Elaboración propia.

Modelo conceptual

No existe una sola vivienda bioclimática, sino “viviendas bioclimáticas” que se adaptan de manera específica a las particularidades de cada uno de los sitios donde se ubican (Da Casa Martín, 2007). Sin embargo, sí pueden establecerse una serie de lineamientos o elementos que deben estudiarse, analizarse y aplicarse al momento de diseñar una vivienda bioclimática.

Partiendo de la premisa de que una vivienda bioclimática “favorece una relación armónica entre los ocupantes, el hábitat y el medio” y que se trata de una vivienda que se adapta al clima en todos sus aspectos (temperatura, soleamiento, régimen de lluvias y vientos dominantes) con la finalidad de conseguir un ambiente confortable durante todo el año, tanto en los ambientes interiores como exteriores (Ruiz, 2006), puede decirse que la vivienda bioclimática es un sistema, compuesto por los elementos generales presentados en la tabla 3.

Tabla 3.

Componentes propuestos para el modelo conceptual de una vivienda bioclimática y su proceso de diseño

Aspecto	Componente	Descripción	Características
El entorno	Referencias cardinales	Primer paso del análisis territorial.	- Comportamiento climático • Elementos climáticos • Factores climáticos
	Naturaleza elemental	Georreferencias del sitio	- Puntos focales - Recursos naturales disponibles
Programa arquitectónico	Acondicionamiento ambiental	Determinación de condiciones de la vivienda y las características para cumplir con estas condiciones	- Orientación - Forma de la edificación - Ventilación natural - Iluminación natural - Control acústico - Masa térmica
	Distribución interna	Disposición de los espacios al interior de la edificación	- Planta abierta - Versatilidad de los espacios - Integración al entorno -Relación materiales-naturaleza

Sostenibilidad y bioclimatización	Requerimientos térmicos	Estrategias de uso de los recursos y mecanismos para su control	Sistemas de control solar: - Aprovechamiento del sol (iluminación y aporte térmico) - Mecanismos de protección solar Sistemas de control eólico: - Sistemas de enfriamiento pasivo - Protección contra el viento - Sistemas reguladores de masa térmica <ul style="list-style-type: none"> • Materiales • Aislantes térmicos • Colores • Sombras Tecnologías alternativas para la dotación de servicios básicos
-----------------------------------	-------------------------	---	---

Nota. Elaboración propia con base en La Roche; Mustieles & De Oteiza (2006).

El entorno

El estudio del entorno es el primer paso del proceso de diseño. De él depende la manera en que las respuestas se adaptan y contextualizan al entorno en distintos ámbitos, tales como el social, el económico, el político, y sobre todo el ambiental; todo esto con base en las características y necesidades de las personas que hacen uso de las edificaciones.

Referencias cardinales

Las referencias cardinales permiten la ubicación dentro de un territorio, y son por lo tanto el primer paso para su comprensión (La Roche; Mustieles & De Oteiza, 2006). Partiendo de la identificación de la ubicación con respecto a puntos conocidos es posible identificar y estudiar los demás elementos relevantes para el diseño de edificaciones funcionales y confortables.

Comportamiento climático

Como se dijo en el documento de la Fase I, el análisis arquitectónico del comportamiento climático debe hacerse tanto a nivel macroclimatológico o regional como a nivel microclimatológico. Cornoldi y Los (citados en Simancas, 2003) afirman que el clima

condiciona la forma de los edificios debido a la influencia que tiene en las formas de vida de las sociedades y las necesidades de los diferentes espacios que se derivan de ellas. De esta influencia del clima surgen las características de las manifestaciones arquitectónicas propias de los lugares, como respuesta de adaptación.

El comportamiento climático, en general, se trata de una serie de elementos o fenómenos atmosféricos y meteorológicos periódicos que se dan en un lugar determinado y que están relacionados a una serie de factores (Simancas, 2003).

1. Elementos climáticos y diseño

- a. *Radiación solar.* Depende de la constante solar, la latitud, la estación del año, las partículas suspendidas en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). La radiación puede producir un incremento en la temperatura de las superficies envolventes, que posteriormente se transfiere al interior de las edificaciones y genera movimientos de masas de aire por diferencia de temperaturas entre las zonas expuestas al sol y las que se encuentran en la sombra. De su incidencia depende la ubicación, posición y tamaño de las aberturas, así como los elementos de protección (Simancas, 2003), y la distribución interna de los espacios, materiales y colocación y espesor de muros (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).
- b. *Humedad.* Es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, resultado del proceso de evaporación del agua por el calentamiento de la radiación solar y del proceso de evapotranspiración, por lo que es variable en el tiempo y lugar. Su importancia en el diseño radica en la determinación de las medidas de corrección, y aunque la humedad relativa—el valor más utilizado—es un factor macroclimático, puede modificarse debido a las variaciones microclimáticas.
- c. *Precipitación.* Puede darse en forma de lluvia, granizo, llovizna, rocío o niebla. También influye en otros factores y elementos como humedad relativa, vegetación, contaminación, etc. (Simancas, 2003). Condiciona la forma y extensión de las cubiertas, así como su grado de inclinación y materiales (Rodríguez Viqueira y otros, 2005; y Simancas, 2003).

- d. *Viento*. Caracterizado por su dirección (orientación de la que proviene el viento), frecuencia (porcentaje en que se presentó el viento de cada una de las orientaciones) y velocidad (distancia recorrida por unidad de tiempo). Se comporta como un fluido muy sensible a los obstáculos en su trayectoria, pudiendo volverse turbulento con facilidad, pero en los climas cálidos y húmedos es una de las principales formas de climatización, pues su uso adecuado puede contribuir a la sensación de *confort* al interior de los espacios habitables (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). El viento es el que transporta el calor, la humedad y los contaminantes (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala, s.f.).
- e. *Temperatura*. Condicionada básicamente por los demás factores y elementos climáticos, es básicamente el estado de transmisión de calor o su ausencia. En el diseño arquitectónico, es el parámetro que ayuda a determinar el sistema constructivo que se debe utilizar, si se ofrecen o no las condiciones de *confort*, así como las medidas de corrección para alcanzarlo (Simancas, 2003).

2. Factores climáticos y diseño

- a. *Latitud*. Determina la temperatura y—dependiendo de las condiciones del cielo—la cantidad de radiación que recibe un sitio. Condiciona la forma, color, textura, proporción y relación de vanos y muros ciegos debido a la incidencia del sol y, por lo tanto, su temperatura. Por otro lado, es un factor determinante en la colocación de sistemas solares activos y pasivos (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).
- b. *Altitud*. Se refiere a la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar, y se mide en metros sobre el nivel del mar (msnm). Al aumentar la altitud, la temperatura de la atmósfera desciende; pero debe recordarse que este no es un factor que funciona de manera aislada. Condiciona el diseño, determinando el tamaño de los vanos y el grosor de los muros, así como la forma de las cubiertas (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).
- c. *Continentalidad*. Se trata de la relación entre tierra y agua, pues las masas de agua, por su capacidad de almacenamiento de energía (Rodríguez Viqueira y otros,

2005), condicionan las variaciones de temperatura y humedad, actuando como reguladores térmicos según la hora del día. Por otro lado, influyen también en el movimiento de las masas de aire que generan brisas o vientos (Simancas, 2003).

- d. *Relieve*. Es la configuración superficial de la tierra, por lo que determina la influencia de las corrientes de aire, la insolación que recibe el lugar, su vegetación, el contenido de humedad en el aire, entre otros. Debido a esto, es al mismo tiempo uno de los determinantes del microclima (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).
- e. *Vegetación y fauna*. Son considerados como factores biológicos del clima, ya que de sus características y presencia en determinada región se puede determinar el tipo climático. La vegetación es una excelente estrategia de control climático, pues influye directamente en la temperatura, humedad, radiación solar y porcentaje de energía reflejada (Simancas, 2003). Sin embargo, es muy importante la utilización de especies vegetales nativas, ya que son las que se han adaptado naturalmente al clima y suelo de la zona (Lacomba, 2004).
La vegetación puede contribuir a mejorar, reducir y subsanar problemas concretos ocasionados por el ser humano, tales como: a) la contaminación del aire para permitir un mejor paso de los rayos solares y evitar la alteración de las condiciones climáticas; b) las variaciones de temperatura en las áreas urbanas; c) la erosión del suelo y la contaminación de los ríos por deslave; d) el deterioro de los suelos debido a usos intensivos; e) la deforestación y el inadecuado uso de los suelos según su aptitud; f) la contaminación acústica, y g) la contaminación visual (García & Fuentes, 2005).
- f. *Corrientes marinas*. Surgen del movimiento de rotación de la Tierra y la insolación sobre su superficie, y son en el movimiento continuo y permanente de las aguas del mar en determinada dirección. Según su origen, pueden ser cálidas o frías, y tienden a variar la temperatura y la humedad del aire (Rodríguez Viqueira y otros, 2005), por lo que de su análisis y conocimiento depende la utilización de diversas estrategias y criterios de diseño.
- g. *Modificaciones al entorno*. Pueden ser de origen natural o antrópico. Las de origen natural son parte de los procesos dinámicos del planeta, y consisten en

alteraciones o modificaciones en la morfología, hidrología, topografía, etc. Sin embargo, las de origen antrópico son las que ocasionan cambios más dramáticos, pues pueden llegar a modificar de manera más sensible los ecosistemas, ocasionando cambios en el clima, temperatura, humedad en el aire, además de generar todo tipo de contaminación (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). De acuerdo con Simancas (2003), esta es probablemente una de las variables que más afectan las condiciones climáticas de un vivienda. Es también uno de los condicionantes del microclima de determinada localidad.

Naturaleza elemental

De acuerdo con lo planteado por Holahan(2005:72), cuando analiza el trabajo sobre el conocimiento ambiental y creación de mapas mentales de Lynch, las personas tienden a referirse a las características naturales del entorno urbano en el que se desenvuelven con cierta sensación de bienestar. El estudio de Lynch se basó en dos estrategias, una de las cuales consistió en entrevistas donde se le pidió a los sujetos que describieran detalladamente varios recorridos que hacían dentro de las ciudades donde habitaban. Las referencias más comunes de las personas entrevistadas eran sobre los espacios abiertos, áreas verdes dentro de las ciudades, parques, plantas, flores y agua.

De este estudio es posible concluir que las personas, aunque se desenvuelvan en una zona urbanizada, siempre tienden a “buscar” los elementos de la naturaleza a su alrededor, lo que subraya la importancia que el contacto con estos tiene para el bienestar de los seres humanos.

Puntos focales

Los puntos focales, en este caso, se refieren a elementos naturales que presentan un gran atractivo y beneficios psicológicos para el ser humano debido a que representan un contacto más cercano con el medio ambiente natural y poseen un alto valor estético. Su aprovechamiento puede incluso llegar a aumentar el valor de un inmueble.

1. El agua

Constituye un elemento de gran atractivo visual y auditivo, al ser asociada con sensaciones de tranquilidad y relajación (Koppel, 2001:221). Cuando no se cuenta con cuerpos

de agua naturales, es posible crearlos artificialmente por medio de estanques, espejos de agua, fuentes, entre otros, que pueden llegar a cambiar las condiciones microclimáticas y de *comfort* de una edificación (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).

2. Relieve

Generalmente, debido a sus características físicas y a los altos costos que implicaría, las construcciones se limitan en los terrenos con pendientes pronunciadas, por lo que el relieve natural y sus recursos naturales constituyen un espacio idealmente inalterado que evoca a espacios más tranquilos y relajantes que la ciudad.

Además de ser un atractivo punto focal, incide en la dirección y velocidad de los vientos a escala local (García & Fuentes, 2005).

Recursos naturales disponibles

Algunos arquitectos, como Ruiz(2006), han comprobado y experimentado que los medios naturales disponibles en determinado lugar, utilizados adecuadamente, son capaces de proporcionar mayor *comfort* que los artificiales, y que son eficaces para conseguir un ahorro energético comprobado y garantizable.

1. El agua

En forma de precipitación, el agua también puede convertirse en un suministro de agua no potable para usos de limpieza y de riego (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). Es por ello —como se dijo anteriormente— que determina aspectos constructivos como tipos de cubierta, inclinación y materiales que se deben utilizar para lograr una recolección eficiente del recurso.

2. Radiación solar

Los elementos más significativos para la arquitectura son el terreno, la vegetación y el clima, de donde se estudia el asoleamiento y su incidencia en la arquitectura (Cruz, 2003).

El estudio de la geometría solar es uno de los elementos más importantes en el proceso de diseño arquitectónico, ya que a partir de él se logra una orientación óptima de la edificación, un mejor diseño de los espacios al interior de acuerdo con su uso, así como el diseño adecuado de

las aberturas y dispositivos de control solar, dando como resultado el confort de los ocupantes (Fuentes, s.f.).

La radiación solar es, además, la forma más abundante de energía disponible, por lo que representa un recurso, ya sea para calentar el aire o el agua, así como fuente alternativa de energía eléctrica (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). Debido a esto, es necesario estudiar su incidencia sobre la superficie para poder determinar la mejor orientación de los equipos colectores de energía solar.

Un elemento climático que es de mucha importancia analizar para el diseño y colocación de los equipos colectores de energía solar, para determinar su capacidad de recolección de energía, es el estado del cielo en cuanto a la nubosidad (ya sea de origen natural o antrópico), pues de ello depende la incidencia solar sobre las viviendas (Simancas, 2003).

3. Viento

El viento puede llegar a ser una herramienta para la climatización de las edificaciones, especialmente en climas cálidos y húmedos. Manejado adecuadamente, puede llegar a provocar sensaciones agradables (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). Su control es importante para evitar sensaciones de malestar que puedan percibir los ocupantes del espacio, así como para asegurar la estabilidad de las edificaciones (Simancas, 2003).

Programa arquitectónico

Otros aspectos, no necesariamente relacionados con el *confort* térmico, pero de los que depende el *confort* general de las personas que utilizan los diversos espacios de la vivienda, se convierten en características, condiciones y estrategias que, en conjunto, pueden llegar a producir una edificación bioclimática y sostenible. Es la forma en cómo el diseño responde al entorno y a las necesidades de los habitantes.

Acondicionamiento ambiental

Para este propósito, se refiere a todas aquellas condiciones espaciales y estrategias necesarias para llegar a cumplirlas, que son necesarias para adaptar la edificación al lugar en el que se emplaza y su entorno, de manera que provea al usuario de un espacio capaz de satisfacer sus necesidades que surgen de la ocupación del espacio.

Orientación de la edificación

Del relieve del terreno depende la orientación de las edificaciones, pues las condiciones del relieve pueden alterar a los elementos como el viento, el soleamiento, el ruido, etc. (Rodríguez Viqueira y otros, 2005).

La orientación óptima de una edificación debe considerar y aprovechar, según los requerimientos específicos de acuerdo con su naturaleza, la incidencia solar y los vientos y brisas predominantes, de manera que permitan la ventilación cruzada a través de los espacios abiertos de la edificación.

Forma de la edificación

Se refiere a las características geométricas y volumétricas de la edificación, y, de acuerdo con López de Asiain (2003), se define por las siguientes características:

1. Compacidad: grado de concentración de las masas que componen al edificio.
2. Porosidad: proporción entre el volumen lleno y el vacío del edificio.
3. Esbeltez: alargamiento sobre la vertical.

La forma de la edificación depende, en parte, de los elementos naturales que deseen aprovecharse, ya que esta determina la superficie de exposición a los diferentes elementos climáticos. Por ejemplo, para aprovechar adecuadamente las fuentes de energía solar y fuentes de brisa. Tanto Olgyay (2002) como Ruiz (2006) recomiendan el uso de formas alargadas con un eje este-oeste para climas cálidos-húmedos, ya que con esta forma se reduce el área de exposición al soleamiento en las direcciones que reciben mayor incidencia por la trayectoria del Sol, y se exponen las fachadas Norte y Sur a las brisas predominantes.

Ventilación natural

La ventilación natural adecuada contribuye al *comfort* dentro de las edificaciones, sin tener que recurrir a sistemas mecánicos. Para poder utilizar eficientemente este recurso es necesario conocer el régimen y comportamiento del viento y sus características propias en el sitio donde se ubicará la edificación, así como los requerimientos de *comfort* térmico de esta (García & Fuentes, 2005).

En cuanto al aspecto constructivo y de diseño, es necesario tomar en cuenta cómo se va a aprovechar el recurso por medio de un análisis de la trayectoria que tendrá al interior de la edificación. Para ellos es necesario estudiar la ubicación, la forma, el tipo, el tamaño y los

accesorios de las aberturas de entrada y de salida, de acuerdo con los cambios de presión del viento (García & Fuentes, 2005).

La ventilación cruzada es una estrategia para proveer a los espacios de ventilación natural, y para ello se aprovechan los vientos y brisas predominantes. Para lograr un flujo constante de aire por medio de la ventilación cruzada, es necesario colocar una abertura de entrada en la zona de alta presión y una de salida en la zona de baja presión. Con el uso de dispositivos de control manual (como persianas movibles), el usuario puede acomodarse al ambiente de acuerdo con sus necesidades.

Otra estrategia que contribuye a la ventilación natural son las chimeneas de efecto Venturi, que ayudan a forzar el aire caliente hacia afuera. El efecto Venturi se logra colocando aberturas de entrada de mayor tamaño que las de salida, ya que consiste en aumentar la velocidad del viento al ser comprimido en su paso (García & Fuentes, 2005).

Iluminación natural

Para Vitruvio, todos los espacios debían estar perfectamente iluminados. La iluminación natural es una condición básica para el desempeño de cualquier actividad humana (Simancas, 2003), y se ha demostrado por medio de estudios médicos, psicológicos y arquitectónicos que es la más sana y conveniente (Lacomba, 2004). Por otro lado, el aprovechamiento de la iluminación natural ayuda a reducir costos en energía (López de Asiain, 2003).

Control acústico

El control acústico permite proteger de sonidos no deseados, o ruidos, a las personas usuarias de las edificaciones. Las fuentes de ruidos son generalmente, en las áreas urbanas, de carácter tecnológico (Simancas, 2003); pero también son fuentes de ruido los seres humanos y sus actividades (caminar, conversar, etc.), los instrumentos musicales, las instalaciones, entre otros (Sancho, Llinares & Llopis, 2008).

Estos agentes generadores son capaces de producir sonidos, o ruidos, constantes o periódicos que afectan directamente a las viviendas o a sus ocupantes. Para el diseño, debe analizarse su procedencia, su regularidad, los vientos y la presencia de barreras de acústicas (Simancas, 2003).

El control de los sonidos, a pesar de que forma parte del *confort* en general, es uno de los aspectos que menos se toman en cuenta en las edificaciones. Se convierte, además, en un

elemento de la bioclimatización porque la temperatura y el viento son factores que afectan sensiblemente a la propagación del sonido: la velocidad del sonido aumenta con la temperatura. Del mismo modo, los elementos naturales, según sus características, pueden funcionar como barreras para el sonido (Sancho, Llinares & Llopis, 2008).

De este parámetro depende también la selección de los materiales constructivos, ya que de sus características físicas depende la absorción, reverberación o transmisión de sonido al interior de una vivienda (Simancas, 2003). Sin embargo, el control de ruidos permite distintas estrategias que dependen de cada uno de los casos, pudiéndose actuar sobre las fuentes de ruido, el espacio donde se produce el ruido, las vías de transmisión, el local receptor o las personas o elementos receptores (Sancho, Llinares & Llopis, 2008).

Estrategias que sirven para alcanzar un control acústico incluyen la distribución y ubicación de las habitaciones de una vivienda, según las fuentes de sonido y usos correspondientes de las habitaciones; utilización de cerramientos dobles con material elástico entre ambas capas de material; cuidar la ubicación de rendijas y aberturas porque estas no tienen propiedades aislantes; uso de superficies blandas o recubrimientos elásticos para reducir los ruidos de impacto y vibraciones (Sancho, Llinares & Llopis, 2008). El uso de barreras vegetales es también una estrategia para amortiguar los ruidos.

Masa térmica

Se refiere a la capacidad de un material para almacenar energía calórica; cuanto mayor es la masa, mayor es la capacidad de acumular energía calórica (El Paso Solar Energy Association, 2011). Esta característica puede ser aprovechada como estrategia para regular la temperatura al interior de una edificación (Lacomba, 2004), ya que permite evitar o retardar las ganancias o pérdidas de calor, según su capacidad de conductividad térmica y del espesor del elemento constructivo de la envolvente de la edificación (Deffis, 1989).

Tabla 4.**Capacidad y conductividad térmica de algunos materiales**

Material	Capacidad térmica (kJ/m³)	Conductividad térmica (W/m²)
Metal	3.430	165
Mármol	2.160	9
Concreto	1.870	6
Tabique	1.530	2,5
Yeso	1.290	1,5
Adobe	1.250	2,2
Madera blanda	1.150	0,38
Madera dura	807	0,60
Espuma de poliestireno	19	0,14

Nota. Tomado de Deffis, (1989). Capacidad térmica es el coeficiente de absorción del material, y conductividad térmica la propiedad que tienen los materiales de transmitir el calor intermolecularmente.

A pesar de sus propiedades, la utilización de la masa térmica en climas cálidos-húmedos donde se presenta una baja oscilación térmica diaria pierde sentido, por lo que la mejor estrategia es garantizar el movimiento del aire al interior y el control de la radiación, ya sea directa o difusa (Morillón, 2003).

Distribución interna

Se refiere a las características físicas de la edificación que permiten satisfacer las necesidades de los usuarios, al mismo tiempo que propician la adaptación de la edificación a una realidad bioclimática.

Planta abierta

Una planta abierta contribuye a una eficiente distribución de la ventilación y de la iluminación, pues estos elementos pueden aprovecharse mejor cuando se estudia la ubicación o se reducen los obstáculos (especialmente los que contienen ángulos rectos) en su trayectoria. Esta característica incluye también las alturas al interior de las edificaciones.

Versatilidad de los espacios

La versatilidad de los espacios permite que estos puedan ser utilizados para diversas actividades, según la necesidad de los usuarios en un momento determinado, pues si se supone

que una vivienda es una edificación que será utilizada por una familia por un plazo largo, esta debe adaptarse a las necesidades nuevas que puedan ir surgiendo conforme pasa el tiempo y la familia crece o se modifica.

Integración al entorno

La integración al entorno está directamente relacionada con la contextualización de la edificación a su entorno económico, social y medioambiental. Esto quiere decir que esta edificación es capaz de satisfacer las necesidades de sus ocupantes sin recurrir a la necesidad de un exceso de recursos o sacrificando la calidad de algún elemento satisfactor.

Relación materiales-naturaleza

Por medio de una estrecha vinculación entre los materiales utilizados en la construcción de edificaciones de todo tipo y la naturaleza, se busca preservar el medio ambiente dentro del concepto de sostenibilidad. De esta forma, se pretende lograr fines u objetivos por medio de la utilización o consumo de menos medios (Ramírez & Huete, 2008).

Dentro de los criterios que establecen Ramírez & Huete(2008) que deben tener los materiales de construcción de viviendas, se incluye que no deben de tener efectos nocivos ni tóxicos para la salud de los humanos y del ambiente, desde un punto de vista integral que incluye desde su proceso de fabricación hasta su transporte al sitio de la construcción y su disposición final cuando la edificación termine su vida útil o sus posibilidades de reciclaje y reutilización.

Sostenibilidad y bioclimatización

Los conceptos de bioclimatización y sostenibilidad están ligados entre sí desde el punto de vista que una vivienda bioclimatizada estará en armonía con su entorno, y, por lo tanto, se comportará de manera sostenible, tanto económica como ambientalmente.

De acuerdo con (Morillón, 2003), los beneficios de la aplicación de la arquitectura bioclimática son directos en cuanto a la optimización de recursos energéticos y económicos en el manejo de los edificios por medio del ahorro y uso eficiente de la energía, dando valor agregado a los espacios, al mismo tiempo que se busca la sustentabilidad del medio ambiente natural y urbano al retomar el principio de diseñar con la naturaleza y no en contra de ella.

Por otro lado, como la idea fundamental de la arquitectura bioclimática es el aprovechamiento de los recursos naturales, propone la utilización de los recursos locales, bajo la

premisa de que la cultura constructiva de una zona permite un mejor aprovechamiento de estos, así como de los materiales y sistemas constructivos del contexto, garantizando de esta forma un mejor funcionamiento.

Requerimientos térmicos

Por un lado, el manejo y control del conjunto de parámetros ambientales externos, como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación solar y los niveles de ruido son factores relacionados con el *comfort*. Pero, por otro lado, es importante también evaluar y considerar aspectos relacionados más directamente con las construcciones, como el movimiento del aire y la temperatura de las superficies envolventes de las edificaciones (o temperatura radiante) (Simancas, 2003).

De acuerdo con lo expresado por Morillón en el prólogo de Lacomba(2004), los sistemas pasivos forman parte de la estructura de la edificación—muros, techos, ventanas—y contribuyen en el aspecto térmico al funcionamiento eficiente del edificio dentro de los parámetros de *comfort*. Estos pueden captar, bloquear, transferir almacenar o descargar energía de forma natural y casi siempre autorregulable, de acuerdo con el proceso de climatización del que se trate.

Sistemas de control solar

Las instalaciones necesarias para el diseño de un hábitat solar inteligente pueden implicar una inversión elevada al momento de la compra, pero sus ventajas a largo plazo—como ahorros en el pago de servicios básicos, mayor plusvalía y seguridad, etc.—permiten el retorno de esta inversión. De acuerdo con Lacomba (2004), estas instalaciones, así como las estrategias de aprovechamiento y protección solar, presentan las siguientes ventajas:

- i. Proveen iluminación natural y sus ventajas sobre el cuerpo y salud de los seres humanos.
- ii. Permiten ahorros en el consumo de energía eléctrica y de gas.
- iii. Permiten conservar y utilizar eficientemente el agua.
- iv. No emiten gas a la atmósfera.
- v. Permiten la sostenibilidad intergeneracional de los recursos naturales, así como la conservación y convivencia con la naturaleza.
- vi. Implican una mejora en la calidad de vida.

- vii. Contribuyen a mejorar la economía y salud familiar al proveer de alimentos orgánicos, fertilizados de manera natural y sin contaminantes.

1. Aprovechamiento del Sol

La orientación de las edificaciones es crucial para el aprovechamiento de este recurso. Para ello, es de vital importancia conocer el recorrido del Sol, que proviene del Este en la mañana, del sur a mediodía y del oeste por la tarde (Lacomba, 2004). Sin embargo, es necesario recalcar que la salida y la puesta del Sol no siempre coinciden exactamente con el este y el oeste, respectivamente, excepto dos veces al año, en los equinoccios. La trayectoria del Sol está sobre el horizonte sur, con una declinación entre los 23.5° y -23.5° , y su altura varía con las estaciones (Ros, s.f.).

Una vez conocido su recorrido, es posible tomar las ventajas de este en dos aspectos:

a. Aporte de iluminación natural y artificial

En cuanto a la iluminación natural, deben estudiarse las áreas donde es una condición necesaria la iluminación natural, y recurrir a estrategias sencillas para su captación, como uso de ventanas y colores claros.

Las tecnologías actuales pueden convertir la luz solar en electricidad por medio de celdas fotovoltaicas, que luego se almacena en baterías por medio de un controlador de corriente (Lacomba, 2004). Esta es una alternativa que puede complementarse con la energía eléctrica proveniente de la red de servicio, o incluso llegar a sustituirla por completo, dependiendo del sistema de que se disponga.

b. Aporte térmico

En el prototipo propuesto por Ruiz (2006), se utiliza la fachada sur para captar la energía solar, donde se encuentran todos los espacios habitables, mientras que los espacios de almacenamiento se encuentran en la fachada norte. De esta manera, estas últimas sirven de protección térmica para las habitaciones que más se utilizan; es decir, deben ubicarse espacios de amortiguación en las áreas que recibirán mayor incidencia del Sol (espacios de almacenamiento, baños y áreas de oficinas). De esta manera se aprovecha el recurso para reducir la humedad en zonas que por su naturaleza involucran grandes cantidades de humedad. Por otro

lado, en las áreas más frescas deben ubicarse las áreas que necesiten mayor ventilación y *comfort* térmico (cocina—por su generación de calor y olores—, áreas de estar y dormitorios).

Otro aporte térmico de la radiación solar es para el calentamiento de agua, que se hace a través de un sistema compuesto por paneles captadores de calor y una cisterna o contenedor térmico de almacenamiento para el agua una vez calentada.

2. Mecanismos de protección solar

El uso de dispositivos de control solar puede impactar de manera importante a la sensación térmica dentro de las edificaciones (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). En las zonas cálidas húmedas—como El Salvador—, Lacomba (2004) recomienda tener espacios orientados hacia en Norte, con protección solar en el poniente y el Sur.

Los dispositivos de control solar pueden ser horizontales, verticales o combinar ambas formas (Rodríguez Viqueira y otros, 2005). Estas protecciones pueden ser enramadas o vegetación, pérgolas, aleros, detalles constructivos o arremetimiento de los espacios abiertos. Otras posibilidades incluyen las persianas y toldos enrollables y plegables de funcionamiento mecánico o manual y las cortinas internas elaboradas con materiales aislantes. Por otro lado, pueden utilizarse vidrios dobles o incluso triples, que contengan una cámara de aire entre las capas (López de Asiain, 2003).

El tipo y ubicación de los dispositivos depende de las necesidades de protección y criterios estéticos y de funcionalidad de cada edificación.

Sistemas de control eólico

Los sistemas de control eólico permiten modificar las condiciones en el ambiente interior de las edificaciones, transmitiendo la energía desde el interior hacia el exterior (La Roche, Mustieles & De Oteiza, 2006).

1. Sistemas de enfriamiento pasivo

Los sistemas de enfriamiento pasivo, que generalmente aprovechan el movimiento del aire, permiten reducir el uso de sistemas convencionales de enfriamiento de espacios, como el aire acondicionado, que consumen grandes cantidades de energía. La finalidad de los sistemas de enfriamiento pasivo es reducir la temperatura del aire dentro de una habitación o de los

componentes de su envolvente con respecto a la temperatura del exterior, ya sea aprovechando el enfriamiento radiativo nocturno, el enfriamiento evaporativo indirecto por medio de la utilización de agua y la ventilación natural continua y el enfriamiento convectivo (González, 2002).

2. Protección contra el viento

El análisis del tipo y ubicación de los mecanismos de protección contra el viento depende de sus características. De acuerdo con Rodríguez Viqueira y otros (2005), un viento puede ser indeseable cuando es muy frío, muy cálido, cuando está contaminado y cuando es muy fuerte (superior a 2 m/s), incluidas las situaciones de eventos climáticos extremos.

En general, el grado de control que puede tenerse sobre el viento depende de las características de la orientación de las edificaciones o de las barreras que se utilicen, entre las cuales se puede mencionar su altura, anchura, longitud, densidad y forma (García & Fuentes, 2005).

Sistemas reguladores de masa térmica

Por medio de distintos elementos relacionados con la masa térmica, es posible regular las oscilaciones extremas de temperatura. Dependen, principalmente, de la masa térmica y los materiales aislantes utilizados, así como de las estrategias para la construcción y localización de elementos.

1. Materiales

La conductividad térmica se refiere a la cantidad de calor que pasa por una superficie en determinada unidad de tiempo y por cada grado de temperatura (Deffis, 1989). Mientras menor sea el coeficiente de conductividad, el material es mejor aislante (Morillón, 2003).

Por otro lado, la inercia térmica indica la velocidad a la cual un material transmite el calor. Depende del nivel de conductividad de un material (si el material es de elevada conductividad, la velocidad será mayor) y de su densidad (si se trata de un material denso y de elevado calor específico, la velocidad será menor porque se absorbe gran parte del calor) (Morillón, 2003).

Tabla 5.**Conductividad e inercia térmica de algunos materiales**

Material	Conductividad (W/m °C)	Inercia(J m ⁻¹ s ⁻¹ K ⁻¹)
Aire	0.021	5.45
Agua	0.50	61.6
Ladrillo	0.63	31.5
Piedra	1.56	21.8
Concreto	1.3-1.5	30.1
Adobe	0.50-0.70	-
Tierra seca	0.50	1.54
Madera seca	0.50	58.0
Madera prensada	0.07	72
Vidrio	1.25	46

Nota. tomado de (Deffis, 1989).

2. Aislantes térmicos

Regulan el intercambio energético con el ambiente (López de Asiain, 2003), permitiendo complementar o mejorar la masa térmica de los materiales utilizados en la construcción de edificaciones, modificando sus propiedades de conductividad térmica (Turégano, Hernández & García, 2003).

Su efectividad depende no únicamente del material y sus características, sino también de su ubicación en relación con la variable climática.

3. Colores

El color, aparte de influenciar el estado anímico y las respuestas fisiológicas del ser humano, contribuye a diversos factores de *comfort*, tales como la iluminación dentro de las habitaciones—o *comfort* lumínico y visual— (Simancas, 2003).

Por ejemplo, el color blanco, por sus propiedades reflexivas, reduce la necesidad de utilizar iluminación artificial (Lacomba, 2004); pero deben usarse tonalidades adecuadas porque también puede causar deslumbramiento (Deffis, 1989).

El color también afecta desde el punto de vista térmico porque puede reducir o aumentar las ganancias de calor solar; psicológico porque puede causar sensación de depresión o motivación, y de reflexión porque puede causar deslumbramiento (Deffis, 1989).

Tabla 6.

Reflexión de la radiación solar en función del color de una superficie

Color	% reflejado
Blanco cal	80
Amarillo limón	70
Amarillo oro	60
Azul claro	40-50
Rosa salmón	40
Gris cemento	32
Anaranjado	25-30
Beige	25
Verde vegetal	20
Ladrillo	18
Rojo	16
Negro	5

Nota. Tomado de Deffis(1989).

4. Sombras

Se obtienen por medio de elementos sólidos que impiden el paso de la radiación solar. Pueden ser dispositivos de control solar o estrategias naturales para obtener sombras protectoras, especialmente en las fachadas sur y poniente; es el uso de árboles frondosos, plantas y enredaderas (Lacomba, 2004).

Tecnologías alternativas para la dotación de servicios básicos

1. Generación de electricidad: celdas fotovoltaicas

La energía eléctrica se genera en un panel solar a través de mono cristales de silicio, que tiene propiedades semiconductoras, las que al exponerse a la radiación solar producen una carga eléctrica. Los módulos solares deben colocarse orientados al sur para aprovechar mejor la radiación solar. Si, de acuerdo con (Deffis, 1989), el ángulo de inclinación debe coincidir con el

de la latitud del lugar donde se instala (con una variación máxima de 10°), en El Salvador los paneles deben tener una inclinación óptima entre 13 y 14°.

Los componentes de un generador de energía por medio de celdas fotovoltaicas son (Deffis, 1989):

- a. Panel de celdas fotovoltaicas.
- b. Regulador: evita la sobrecarga de la batería.
- c. Batería: es donde se almacena la energía producida por los paneles. Deben estar colocadas en un lugar ventilado y protegidas de los cambios bruscos de temperatura y de las inclemencias del tiempo.
- d. Alternador: evita descargas profundas de la batería e interrumpe la conexión antes de que se alcancen valores críticos que puedan dañarla.
- e. Cables: el tendido de cables debe de ser lo más corto posible para reducir las pérdidas de energía debido a fluctuaciones de tensión.

Tabla 7.
Componentes básicos de un sistema fotovoltaico

No.	Componentes	Descripción	Costo aproximado	Observaciones
1	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles fotovoltaicos de silicio • Metraje de cable de cobre según el tamaño el modelo de vivienda • Focos ahorradores • Baterías • Sistema de regulación de voltaje • Conectores de energía categorizados como cargas de ups • Cajas de fusibles 	Este proyecto tiene como objetivo determinar la posibilidad de la generación de energía para la vivienda, mediante un panel fotovoltaico amarrado a un sistema de baterías y su regulación, en las cuales la energía fotovoltaica se convierte en el sustituto de la acometida de energía tradicional.	\$ 950.00- \$ 2.200.00	Este modelo plantea la generación de energía mediante la captación de la luminosidad solar, utilizando fotoceldas solares de silicio, suspendiendo de manera total o parcial la utilización de la acometida tradicional de energía eléctrica pública. La utilización de un modelo de captación de energía alternativa y la utilización de baterías aseguran de manera eficiente el mantenimiento de una carga de energía de forma constante y suplir la necesidad de consumo familiar, además que mediante el módulo de regulación de carga se asegura un consumo necesario y no sobrecargado de la energía suministrada, además del cuidado de los diferentes elementos conectados a la red de este proyecto.

Nota. Elaboración propia con base en Bazant (2009).

2. Sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias

Provee de agua no necesariamente apta para el consumo humano—dependiendo del tratamiento que se le dé posterior a su recolección—pero de mucha utilidad para actividades de limpieza y riego.

El agua recolectada por los techos puede ser conducida hacia una cisterna, donde se almacena hasta el momento en que se utilizará. Para ello, el agua debe ser previamente filtrada, pudiendo utilizar filtros naturales de arena y grava antes de almacenarla (Lacomba, 2004).

El consumo diario de agua por persona varía dependiendo de sus necesidades, costumbres y rutinas. Depende, además, de las condiciones climáticas; pero puede variar entre 100 y 200 litros diarios. Sin embargo, es importante establecer un límite de consumo que contribuya a modificar hábitos negativos y concientice al grupo familiar sobre cómo utilizar eficientemente el recurso (Bazant, 2009).

El uso de distintos dispositivos ahorradores de agua disponibles comercialmente puede contribuir a un mejor manejo del agua disponible. Esta es otra de las consideraciones que deben hacerse al inicio de la construcción del proyecto para evitar el costo de cambios de mobiliario hidráulico debido a posibles incompatibilidades.

Por otro lado, la capacidad de recolección de agua lluvia depende, en primer lugar, de la ubicación o zona geográfica y el promedio de precipitación. Es debido a esta variabilidad—situación agravada por el cambio climático—que esta estrategia se recomienda para ser utilizada con el respaldo del servicio tradicional para evitar una situación de desabastecimiento. La determinación de la manera más eficiente de recolección del recurso disponible está directamente relacionada con el diseño de la edificación, en cuanto a la capacidad de recolección de la superficie seleccionada para ello y sus características. Sin embargo, es necesario considerar factores como la evaporación y la absorción de los materiales, que, según Bazant (2009), representa una pérdida de 10 a 25%.

Para el cálculo de la capacidad de recolección de agua, es necesario tomar los datos de precipitación mensuales, lo que permitirá generar proyecciones con base en datos históricos, así como una programación tanto presupuestal como de contingencia de los meses en los que será necesario recurrir al servicio tradicional.

Tabla 8.**Componentes básicos de un sistema de recolección de aguas lluvias**

No.	Componentes	Alternativas	Descripción	Costo aproximado	Observaciones
1	Superficie de recolección	Techo	Se recomienda el uso de materiales lisos, como láminas de zinc y/o acrílicas.	\$6.19/m ² (Lámina cal. 26) + \$4.56/m ² (aislante térmico 10 mm)	Deben evitarse las láminas de asbesto y el uso de compuestos asfálticos como impermeabilizantes. Las altas temperaturas que alcanza el material durante el día ayuda a la esterilización de bacterias.
		Patio pavimentado o losas de concreto	Debido a las características de la superficie, incrementan el riesgo de contaminación del agua recolectada, por lo que se recomienda que sean de concreto pulido o recubiertas con losetas de barro vidriado (azulejos), colocadas sin juntas.	\$20.00/m ²	Debe considerarse una pendiente mínima del 2%.
2	Canaletas de recolección y tuberías	Lámina galvanizada	Canaletas galvanizadas de 4" con una bajada de 6" en tramos que varían de 3 a 6 m.	\$10.00/ml	
		PVC	Bajada pluvial de 4" para cubrir un máximo de 100 m ² .	\$4.90/ml (canal para aguas lluvias, alto caudal) + \$3.84/ml (tubo para bajante)	Deben colocarse donde no reciban luz de sol directa.
3	Filtración inicial	Rejilla metálica o malla	Realiza el primer filtrado de materiales gruesos	\$1.20/yda.	Se coloca en la unión de los canales con las tuberías.
4	Filtración primaria	Filtro de cartucho	Reduce la cantidad de sedimentos	\$450.00	Mejora la calidad del agua y reduce costos de operación y mantenimiento.

		Filtro de arena y grava	Capas subsecuentes de: 5 cm de grava #3 (8-12 mm) en el fondo, luego una de 5 cm de grava #5 (3.3-6.3 mm), y finalmente una de 20 cm de arena sílica.	\$25.00	Puede fabricarse artesanalmente. Debe lavarse periódicamente, derivando suavemente agua desinfectada en sentido inverso al de filtrado.
5	Tanque de almacenamiento	Cisterna enterrada	Mantiene el agua fresca durante todo el año. Las superficies interiores deben de ser lisas y sin pintura; la tapadera debe de ser hermética y sellada con una junta no tóxica para prevenir la evaporación.	\$250.00/m ³	Es importante considerar desde el principio su ubicación, capacidad y mantenimiento. Debe considerarse el suministro de agua del servicio nacional.
		Tanque de almacenamiento de fibra de vidrio o polietileno	Se evita el costo de excavación y remoción de escombros, pero absorbe la radiación solar.	\$1,240.00- \$2,700.00	Debe ubicarse en la sombra, o puede enterrarse para evitar el contacto del agua con la luz del sol.
6	Bomba	Bomba de ½ caballo de fuerza	Para subir el agua al tanque aéreo	\$48.00- \$330.00	-
7	Tanque aéreo	Tanque de almacenamiento de fibra de vidrio o polietileno	Hace más eficiente al sistema y ayuda al ahorro de energía al aprovechar la fuerza de gravedad para distribuir el agua al interior de la vivienda.	\$122.00- \$2,700.00	Se pueden usar como recipientes de almacenamiento complementario a la cisterna.
8	Desinfección	Luz ultravioleta	Proceso físico que elimina a casi todos los microorganismos que pasan a través de la luz UV.	\$475.00- \$675.00	Las partículas suspendidas en el agua pueden provocar sombras que limitan su acción, por lo que se requiere un proceso previo de filtrado. No debe de confundirse con los rayos ultravioleta del Sol.
		Ozono	Consiste en producir oxígeno (O ₂) al pasar el aire a través de un campo eléctrico intenso, oxidando la materia orgánica disuelta en el agua, convirtiéndola en bióxido de carbono y agua.	\$299.00- \$350.00	Su único insumo es la electricidad, evitando el uso de químicos, pero eleva el consumo de energía eléctrica.

Sodio o cloro	La más recomendada para la desinfección del agua es la presentación líquida (hipoclorito de sodio). Se recomienda 1lt de cloro para 10 m ³ de agua, y luego revolver suavemente el agua, cuidando de no remover los posibles sedimentos que estén al fondo de la cisterna.	\$2.00	Es la utilizada por los sistemas públicos de potabilización de agua. Tiene mal sabor, pero es barato, confiable, de bajo costo y fácil de adquirir. Es recomendable medir el nivel de cloración del agua almacenada.
---------------	---	--------	--

Nota. Elaboración propia con base en Bazant (2009) y Lacomba (2004).

Para la implantación de esta tecnología se recomienda:

- a. No recolectar las primeras lluvias de la temporada y mantener limpias las superficies de recolección y almacenamiento.
- b. El agua almacenada nunca debe de entrar en contacto con la luz solar para evitar el crecimiento de algas y bacterias.
- c. Limpiar la cisterna una vez al año.
- d. Es necesario analizar el agua de la localidad para determinar qué tipo de procedimiento de tratamiento se requiere y qué tan potable puede llegar a ser.

3. Tratamiento y reciclaje de aguas grises

Se conocen también como aguas jabonosas. Son las que resultan del uso de la regadera, el lavamanos y la lavadora, por lo que tienen menor calidad que el agua potable, pero mayor que las aguas negras. Estas últimas son las que tienen un alto contenido de materia orgánica, como las resultantes del uso del inodoro y el lavaplatos (Bazant, 2009).

Las aguas grises pueden ser utilizadas, luego de un tratamiento adecuado, para actividades de riego de jardines o de hortalizas y limpieza de baños. Para ello, deben ser conducidas por una red separada que facilite su reutilización. A través de esta red, deben pasar por un retenedor de grasas y un tratamiento depurador (Lacomba, 2004). Una estrategia natural de depuración son algunas plantas acuáticas, como lirios o juncos (Lacomba, 2004 y Deffis, 1989).

De acuerdo con Bazant (2009), el aprovechamiento de las aguas grises puede representar hasta el 50% del consumo de agua de una familia, porcentaje similar al que puede obtenerse de la recolección de aguas lluvias. Utilizando las aguas grises, es posible aprovechar mejor el agua potable. Como cabe la posibilidad de que la familia genere más aguas grises de las que utiliza, es necesario prever el desalojo del excedente al sistema de alcantarillado sanitario.

Pero esta práctica no es muy utilizada porque implica un sistema completo independiente, similar al utilizado para la recolección de aguas lluvias. Sin embargo, es posible afirmar que ese costo es retornable en un mediano plazo, en vista de los ahorros en consumo de agua que puede implicar.

Las aguas grises tienen contaminación por materias orgánicas que pueden desprenderse del cuerpo durante las actividades de aseo personal, residuos químicos de productos de limpieza, y restos de jabón, pasta de dientes, aceites, etc. Por eso, entre sus características físicas y químicas están la turbidez, putrescibilidad, dureza, toxicidad y patogenicidad. A pesar de que no se busca potabilizarlas, las aguas grises deben de ser tratadas para eliminar estas características, garantizando que sean cristalinas, sin sabor ni olor, blandas, bajas en sales, seguras en cuanto a microbios y parásitos y no putrescibles. Lo importante es que esta agua, aún luego del tratamiento, no entre en contacto con el cuerpo humano (Bazant, 2009).

Para su uso adecuado es importante la modificación de ciertos patrones de conducta y mantener un cierto control sobre el uso del mobiliario hidráulico para evitar que contaminantes más nocivos para el ser humano y que, por lo tanto, requieran un tratamiento más complejo, ingresen al sistema. Por ello, es recomendable el conocimiento y práctica de ciertas actitudes, como no drenar en las tuberías dedicadas para este fin agua en la que se han lavado ropa con restos fecales, pinturas y solventes, o tintes para cabello; utilizar productos de limpieza biodegradables y detergentes con un contenido bajo de sales de sodio, magnesio y calcio (Bazant, 2009).

Tabla 9.**Componentes básicos de un sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises**

No.	Componentes	Alternativas	Descripción	Costo aproximado	Observaciones
9	Tratamiento preliminar (filtrado grueso)	Membrana de plástico	Remueve las partículas gruesas de materia orgánica acarreadas por el agua para evitar que se obstruya el siguiente filtro. Este filtro debe limpiarse al menos una vez por semana, y debe reemplazarse cuando esté impregnado.	\$0.50	Puede ser un costal de plástico amarrado a la salida del tubo de aguas grises. Este filtro debe de estar colocado de manera accesible para su mantenimiento, pero nunca expuesto al aire libre.
10	Filtración primaria	Filtro de arena y grava	Capas subsecuentes de: 5 cm de grava #3 (8-12 mm) en el fondo, luego una de 5 cm de grava #5 (3.3-6.3 mm), y finalmente una de 30 cm de arena sílica.	\$25.00	Puede fabricarse artesanalmente. Debe lavarse periódicamente (una vez por semana), derivando suavemente agua desinfectada en sentido inverso al de filtrado. Cuando los componentes del filtro están saturados o la filtración tarde más de lo usual habrá que reemplazarlos.
11	Cartucho de eliminación de malos olores	Cartucho de eliminación de malos olores	Cilindro de plástico transparente con dos tapas laterales con rosca, donde se coloca una capa de lana de vidrio, una de carbón activado y otra de lana de vidrio.	\$20.00	Puede fabricarse artesanalmente. Los materiales se consiguen en tiendas de mascotas donde venden peces de ornato. Los materiales del filtro deben ser reemplazados cuando comiencen a oler mal.
12	Tanque de almacenamiento	Tanque de almacenamiento de polietileno	Como no es recomendable almacenar aguas grises tratadas por más de 24 horas, debe tener la capacidad adecuada para almacenar las aguas de un solo día.	\$122.00	Es importante considerar desde el principio su ubicación, capacidad y mantenimiento. Debe lavarse periódicamente. Debe de mantenerse a la sombra para evitar la activación de

					microorganismos.
13	Bomba	Bomba de ½ caballo de fuerza	Para subir el agua al tanque aéreo.	\$48.00- \$330.00	-
14	Tanque aéreo	Tanque de almacenamiento de fibra de vidrio o polietileno	Hace más eficiente al sistema y ayuda al ahorro de energía al aprovechar la fuerza de gravedad para distribuir el agua al interior de la vivienda.	\$122.00	Debe de mantenerse a la sombra para evitar la activación de microorganismos. Debe lavarse periódicamente.
15	Desinfección	Luz ultravioleta	Proceso físico que elimina a casi todos los microorganismos que pasan a través de la luz UV.	\$475.00- \$675.00	Las partículas suspendidas en el agua pueden provocar sombras que limitan su acción, por lo que se requiere un proceso previo de filtrado. No debe de confundirse con los rayos ultravioleta del Sol.
		Ozono	Consiste en producir oxígeno (O ₂) al pasar el aire a través de un campo eléctrico intenso, oxidando la materia orgánica disuelta en el agua, convirtiéndola en bióxido de carbono y agua.	\$299.00- \$350.00	Su único insumo es la electricidad, evitando el uso de químicos, pero eleva el consumo de energía eléctrica.
		Sodio o cloro	La más recomendada para la desinfección del agua es la presentación líquida (hipoclorito de sodio). Se recomienda 1lt de cloro para 10 m ³ de agua y luego revolver suavemente el agua, cuidando de no remover los posibles sedimentos que estén al fondo de la cisterna.	\$2.00	Es la utilizada por los sistemas públicos de potabilización de agua. Tiene mal sabor, pero es barato, confiable, de bajo costo y fácil de adquirir. Es recomendable medir el nivel de cloración del agua almacenada.

Nota. Elaboración propia con base en Bazant (2009).

Para la implantación de esta tecnología se recomienda:

- a. El reciclaje de aguas grises es una solución viable, pero el sistema de tratamiento requiere de un mantenimiento constante del cual dependen la salud y el bienestar de los integrantes de la familia, por lo que representa un compromiso que se debe adquirir.
- b. El manejo y la limpieza de los componentes del sistema debe de ser consciente para evitar que se contamine el sistema de agua potable.
- c. El sistema de reciclaje de aguas grises no debe de conectarse con el de agua potable para evitar la contaminación de la última. Se trata de sistemas independientes.

Método

La investigación, en general, consistió en dos etapas, una de revisión bibliográfica y otra experimental. Productos de la etapa de revisión bibliográfica son la recuperación de datos e información sobre los espacios necesarios en una vivienda (ver figura 1), así como un modelo conceptual de los componentes de una vivienda que cumple con criterios bioclimáticos y sostenibles (ver tabla 3), que sirvieron para retroalimentar el diseño de vivienda propuesto en la Fase I.

El objetivo de la fase experimental era determinar el comportamiento térmico de tres materiales o sistemas constructivos ligeros para determinar cómo se adaptan a las condiciones climáticas urbanas de la ciudad de San Salvador, y cuál es el más adecuado para otras condiciones climáticas urbanas. Esto se hizo por medio de tomas de medición de temperatura y humedad relativa exteriores y al interior de cada uno de los modelos construidos con los sistemas constructivos seleccionados.

Cabe recalcar que en ningún momento se considera que un material es mejor que otro, pues se sostiene la premisa de que cada uno tiene sus propiedades y puede adaptarse mejor a determinadas condiciones climáticas.

Para la obtención de los materiales y asesoría técnica y constructiva, se contactó a distribuidores especialistas de los materiales seleccionados, quienes colaboraron grandemente previo al proceso de inicio de los experimentos.

Participantes (objeto de estudio)

El objeto de estudio fueron tres maquetas o modelos a escala del diseño de vivienda propuesto en la Fase I de la investigación. La escala utilizada fue 1:10, y para ello se seleccionaron materiales de construcción ligeros, cuyas especificaciones técnicas les adjudican propiedades aislantes, tanto térmicas como acústicas, y que pudieran aplicarse tanto en la escala real como en la de los modelos.

Los materiales seleccionados para la construcción de paredes (interiores y exteriores) y entresijos fueron madera, placas de fibrocemento y el sistema constructivo conocido como Covintec. La finalidad era mantener la escala del grosor de las paredes, por eso se utilizaron materiales que no sobrepasaran los 15 mm de espesor.

Figura 2.***Objeto de estudio***

Nota. Maquetas de prueba utilizadas en el estudio antes de ser colocadas en la orientación propuesta en el diseño. Fotografía propia.

Madera

La madera es un material de construcción vernáculo ampliamente utilizado por sus propiedades térmicas y de resistencia estructural.

La madera es la porción leñosa y rígida que se encuentra dentro de la corteza de los tallos, que tiene crecimiento secundario en grosor. La madera está formada por moléculas de celulosa unidas entre sí, que están impregnadas de lignina. Las moléculas de celulosa le confieren su resistencia a la tensión y a ser dobladas, mientras que la lignina le confiere su dureza. Como la madera está compuesta por fibras huecas que contienen aire, es un material aislante, pues es poco conductora del calor y del sonido. Cuando el contenido de humedad es inferior al punto de saturación de la fibra, la madera es un aislante eléctrico eficiente (Vidal, 2007).

Además, se trata de un material reciclable por ser de origen orgánico. Sin embargo, El Salvador no es un país maderero, por lo que no es un sistema constructivo muy difundido y se encuentra principalmente en las áreas rurales y en arquitectura turística, o arquitectura habitacional pero de sectores poblacionales con mayor poder adquisitivo. En referencia a esto,

existe también la polémica sobre la obtención de la materia prima para construir por la potencial degradación al medio ambiente que esto implica.

A pesar de ello, se consideró para el estudio por sus propiedades térmicas y de resistencia, como un referente ampliamente estudiado y como elemento comparativo para analizar el comportamiento de los otros materiales.

Se utilizó *Plywood* de 14 mm de espesor, se cortaron las piezas permitiendo uniones a 45° y se unieron con pegamento para madera, y posteriormente se clavaron entre sí. Los espacios entre las uniones y posibles defectos se cubrieron con masilla plástica para madera.

Figura 3

Maqueta de madera



Nota. Maqueta de madera en proceso de construcción. Fotografía propia.

Placas de fibrocemento

Según la literatura informativa de (Plycem, 2009), las placas de fibrocemento son láminas de cemento reforzado que cumplen con requisitos de resistencia, seguridad y durabilidad para la construcción de edificios, y están hechas con cemento Portland, carbonato de calcio, fibras celulósicas y otros agregados menores. Posteriormente, se trata la superficie de las placas con una emulsión impregnante que le confiere propiedades impermeabilizantes, por lo que además son resistentes a los insectos y hongos. El proceso de fabricación de este sistema constructivo está normado, y la planta de fabricación está certificada en las normas ISO 9001:2004, ISO

14001:2004 y OHSAS 18001:2007. De acuerdo con la norma ASTM C 1186-07, las láminas son de Tipo B Grado I, y con la norma INTE/ISO 8336:2007 son de Tipo B Categoría 2.

Estas láminas pueden utilizarse tanto en interiores como exteriores, y según su espesor sirven como bases para techos, losas de entrepisos, paredes y fachadas. Se trata de un material liviano que puede cortarse, lijarse, clavarse, perforarse y atornillarse con herramientas convencionales.

Los componentes del sistema constructivo, además de las placas de fibrocemento son:

1. Estructuras de soporte, que consisten en perfiles de acero galvanizado, con perforaciones para el paso de tuberías.
2. Fijaciones, tornillos LH para ensamble de estructura galvanizada en sistemas de muro seco y tornillos PH para la fijación de láminas a estructura de acero.
3. Masillas y pegantes para solucionar las uniones y acabados.

Para la construcción de la maqueta se utilizó el material llamado *Plystone* de 14 mm de espesor. El material fue donado por la empresa *Plycem Construsistemas* de El Salvador, y para su construcción se trató igual que las piezas de madera: las piezas fueron cortadas con ángulos de 45° en los extremos de unión, atornilladas entre sí y las juntas se rellenaron con masilla para paredes de cemento para formar una unión hermética.

Figura 4

Maqueta de fibrocemento



Nota. Maqueta de fibrocemento en proceso de construcción, previo a actividades de limpieza y de detalle. Fotografía propia.

Sistema constructivo Covintec

De acuerdo con el manual de instalación (Sistema constructivo Covintec, 2010), este sistema constructivo consiste en una estructura tridimensional de alambre de acero calibre 14, formado por armaduras verticales continuas de 76 mm de peralte, separadas a cada 51 mm con tiras de espuma de poliestireno expandido de 57 mm de espesor. Las armaduras se unen a lo ancho del panel por medio de alambres horizontales de calibre 14, electrosoldado a cada 51 mm.

Para permitir el agarre de un repello de mortero de concreto, la retícula de alambre tiene una separación de 9.5 mm del poliestireno. Este mortero se aplica cuando el panel ya está colocado en su posición final.

Los paneles se fabrican en dimensiones de 1.22 m de ancho y 2.44 m de largo. Es posible realizar cortes en el panel a cada 51 mm en ambos sentidos, y se unen entre sí reforzando las juntas con malla de alambre y sujetándolas con grapas o alambre, permitiendo la formación de muros, techos, entrepisos y otros elementos arquitectónicos.

El muro terminado tiene 100 mm o más de espesor, consistiendo en el panel con un peralte de 76 mm recubierto en ambas caras con una capa de 22 mm de mortero de cemento con arena. Esto da como resultado elementos de concreto reforzado con propiedades estructurales y aislantes, tanto térmicas como acústicas.

Los materiales que se utilizan en el sistema constructivo son los siguientes:

- a. Alambre de acero al bajo carbono (1008) de 2mm de diámetro nominal, de acuerdo con ASTM A-82 y ASTM A-85 para malla electrosoldada.
- b. Espuma de poliestireno expandido autoextinguible, con densidad de 12 a 15 kg/m³ y coeficiente de conductividad térmica de 0,545 kcal/Hm² °C.
- c. Malla de unión de alambre de acero calibre 14.
- d. Clips de sujeción fabricados en acero calibre 20, 11 cm de ancho.
- e. Mortero de cemento y arena con una resistencia mínima a la compresión de 70 kg/cm² a los 28 días, generalmente se obtiene con proporción de 3 a 3 ½ partes de arena por una de cemento.
- f. Concreto de F'c = 150 kg/cm² con agregado máximo de ½".

Para la construcción de la maqueta se contó con la asesoría del arquitecto Dagoberto Rodríguez Arias, representante vendedor del Sistema Constructivo Covintec en el país. El Arq. Rodríguez envió información técnica sobre el sistema constructivo y asesoró en la construcción

del modelo a escala construido con él. Debido a que el material original posee dimensiones que sobrepasaban el propósito de la investigación, recomendó la sustitución por dos alternativas.

La primera consistía en utilizar placas de poliestireno expandido cubiertas con malla de trama pequeña, que posteriormente debían ser repelladas con una mezcla de cemento similar a la de escala real. Para esta alternativa habría que recurrir al dominio técnico de un albañil, de manera que el acabado fuera lo más realista posible.

La segunda alternativa consistía en utilizar placas de poliestireno expandido cubierto a ambos lados con placas delgadas de fibrocemento, que hipotéticamente se comportaría de la misma manera.

Se seleccionó la primera alternativa, ya que es la que más se asemeja al sistema constructivo real, utilizándose placas de poliestireno expandido de ½" de ancho cortado en la forma de las piezas, envuelto con cedazo metálico de 16x16". La cobertura de cedazo y las piezas se sujetaron entre sí con alambre de amarre calibre 22, y, posteriormente, una vez armada la maqueta, se repelló con una capa de DecoBlock gris fino ($\leq 0.25\text{mm}$). Este último consiste en un repello decorativo compuesto de cemento Portland, arenas de tamaño controlado, fibras reforzadoras y químicos.

Figura 5.

Maqueta de concreto simulando el sistema constructivo Covintec



Nota. Maqueta de simulación del sistema constructivo Covintec en proceso de construcción. Repellado. Fotografía propia.

Figura 6.

Maqueta de concreto simulando el sistema constructivo Covintec



Nota. Maqueta de simulación del sistema constructivo Covintec en proceso de construcción. Detalle del proceso de repellado. Fotografía propia.

Figura 7.

Maqueta de concreto simulando el sistema constructivo Covintec



Nota. Maqueta de simulación del sistema constructivo Covintec en proceso de construcción. Proceso de detallado y acabados. Al fondo las maquetas de fibrocemento y madera terminadas. Fotografía propia.

El resto de los materiales son comunes a todas las maquetas, simulando los reales propuestos para el diseño de la Fase I, utilizando lámina calibre 26 para la cubierta de techos, con una inclinación de 15%; cielos falsos de poliestireno expandido de ½"; y ventanas de vidrio claro de 2 mm de espesor, sujetadas con silicón transparente. Las paredes se pintaron de color blanco y el terreno se simuló con capas de poliestireno expandido pintado de color verde. Las celosías en forma de "S" se construyeron con madera, para la maqueta de madera, y con cartón de ilustración base 80 color blanco en las otras dos maquetas.

Instrumentos

Para las mediciones de temperatura se utilizaron termómetros digitales que arrojan datos simultáneos de la temperatura y humedad interna y externa. Se colocó uno dentro de cada maqueta terminada para obtener datos de su temperatura interior.

Los datos recolectados fueron organizados en tablas, en Excel de Office 2010, para poder sacar un promedio simple diario y semanal que permitiera compararlos. También se realizaron cálculos de las diferencias de temperatura y humedad diarias.

Procedimiento

Las maquetas o modelos se colocaron dentro de unas bases de madera de 1.20x1.20mx0.20 cm de altura, con la misma orientación propuesta para el diseño original y se sometieron a la radiación solar. Las mediciones de temperatura, tanto del ambiente como del interior de las maquetas, se hicieron a la sombra, tres veces diarias: a las 10:30, 13:30 y 16:30 hrs.

Los datos recolectados se vaciaron en matrices semanales, se distinguieron la temperatura y la humedad exterior, en el modelo de madera, en el de fibrocemento y en el que simula el sistema constructivo Covintec, etiquetado como "Concreto". Por medio de estas matrices se pueden observar las variaciones entre horas en un mismo día, así como el promedio diario y semanal. Finalmente, se colocaron en una nueva matriz los promedios semanales. Toda esta información se presentó además en forma de gráficos de líneas para poder apreciar las tendencias de ambos elementos medidos.

En caso de que, por cualquier motivo, un dato no haya podido ser recolectado, se duplicaron los datos de la hora siguiente.

Nota. El experimento contemplaba inicialmente la recolección de datos a partir de la transición de la época seca a la lluviosa, hasta la transición de la época lluviosa a la seca del año 2011. Sin embargo, se pudo disponer de un espacio para la construcción y prueba de las maquetas hasta el mes de diciembre 2011.

Resultados

Las siguientes tablas (14-21) y figuras (8-23) muestran los datos recolectados en las maquetas durante las primeras cuatro semanas del experimento.

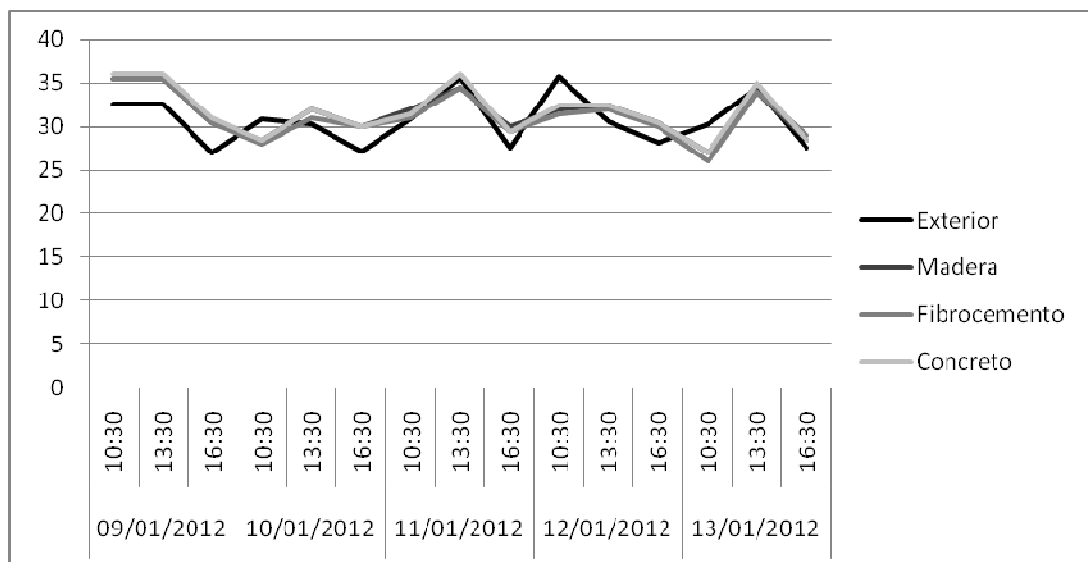
Cabe mencionar que los datos pueden haber sido afectados por las sombras provocadas por los edificios cercanos al área donde se colocaron las maquetas, por alteraciones hechas sobre los modelos por personas externas, y finalmente por error humano al momento de realizar la lectura de datos.

Tabla 10.

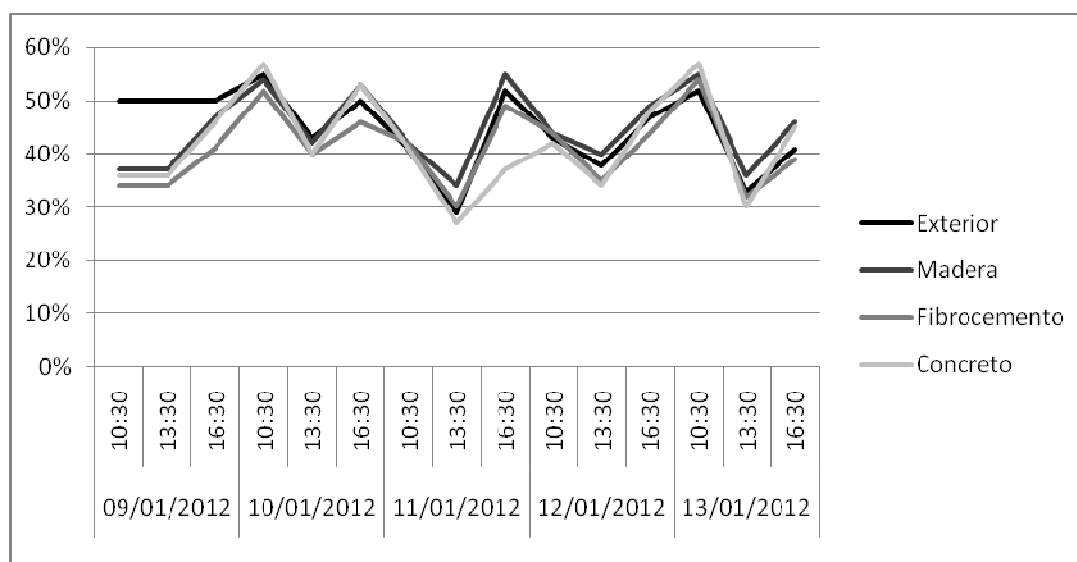
Datos de temperatura y humedad a las 10:30 hrs, 13:30 hrs y 16:30 hrs recolectados en la primera semana

Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)
09/01/2012	10:30	32.5	50	35.5	37	35.5	34	36	36
	13:30	32.5	50	35.5	37	35.5	34	36	36
	16:30	27	50	30.5	47	30.5	41	31	46
10/01/2012	10:30	30.8	55	28.5	54	28	52	28.5	57
	13:30	30.3	43	32	42	31	40	32	40
	16:30	27.2	50	30	53	30	46	30	53
11/01/2012	10:30	30.9	41	32	42	31	42	31.5	41
	13:30	35.5	29	34.5	34	34.5	30	36	27
	16:30	27.5	52	30	55	29.5	49	29.5	37
12/01/2012	10:30	35.7	43	32	44	31.5	44	32.5	42
	13:30	30.6	38	32.5	40	32	35	32.5	34
	16:30	28.1	47	30.5	49	30	44	30.5	48
13/01/2012	10:30	30.3	52	27	55	26	54	27	57
	13:30	34.4	33	34	36	34	32	35	30
	16:30	27.5	41	28.5	46	29	39	28.5	45

Nota. Datos recolectados durante la primera semana, donde los días fueron en su mayoría soleados, por lo que las temperaturas exteriores fueron siempre mayores a 27 °C. La temperatura al interior de las maquetas fue siempre mayor a la del ambiente (excepto en las mañanas), mientras que la humedad variaba en cada uno de los materiales.

Figura 8.**Gráfico de tendencias de temperatura diaria (°C). Primera semana**

Nota. Temperatura a lo largo de los días de la primera semana de recolección de datos. La temperatura al interior de las maquetas fue menor a la exterior durante las mañanas y aumentó conforme pasaba el día, aunque la exterior disminuía por las tardes.

Figura 9**Gráfico de tendencias de humedad diaria Primera semana**

Nota. Datos de humedad relativa diarios recolectados durante la primera semana. La humedad dentro de las maquetas es generalmente menor que la exterior, excepto en el caso de la maqueta de madera.

Tabla 11.

Variaciones de temperatura y humedad entre las 10:30, 13:30 y 16:30 hrs en la primera semana

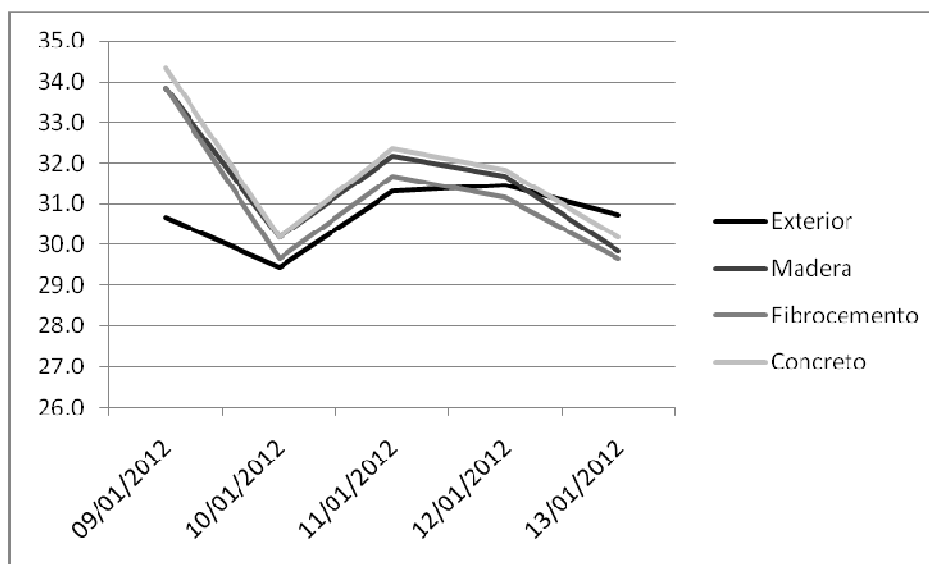
Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)
09/01/2012	10:30-								
	13:30	0	0	0	0	0	0	0	0
	13:30-								
10/01/2012	16:30	-5.5	0	-5	0,10	-5	0,07	-5	0,10
	10:30-								
	13:30	-0.5	-0,12	3.5	-0,12	3	-0,12	3.5	-0,17
11/01/2012	13:30-								
	16:30	-3.1	0,07	-2	0,11	-1	0,06	-2	0,13
	10:30-								
12/01/2012	13:30	4.6	-0,12	2.5	-0,08	3.5	-0,12	4.5	-0,14
	13:30-								
	16:30	-8	0,23	-4.5	0,21	-5	0,19	-6.5	0,10
13/01/2012	10:30-								
	13:30	-5.1	-0,05	0.5	-0,04	0.5	-0,09	0	-0,08
	13:30-								
Promedio	16:30	-2.5	0,09	-2	0,09	-2	0,09	-2	0,14
	10:30-								
	13:30	4.1	-0,19	7	-0,19	8	-0,22	8	-0,27
	13:30-								
	16:30	-6.9	0,08	-5.5	0,10	-5	0,07	-6.5	0,15
Promedio		-2.29	-0,001	-0.55	0,018	-0.3	-0,007	-0.6	-0,004

Nota. Variaciones de temperatura y humedad durante la primera semana. En general, puede observarse un aumento de temperatura, tanto exterior como dentro de las maquetas desde las 10:30 hasta las 13:30 hrs, y una disminución de las 13:30 a las 16:30hrs. La maqueta de fibrocemento presenta menores variaciones en su interior, y, por lo tanto, mayor estabilidad ante los cambios de temperatura, y su variación en relación con la temperatura exterior es de 0.71 °C. Por su parte, el porcentaje de humedad aumentó conforme la temperatura disminuía, presentando menor variación en la humedad la maqueta de concreto, que se aproxima más a la humedad exterior. Se presentó una irregularidad durante la recolección de datos el primer día, por lo que no se obtuvo la medición de las 10:30 hrs.

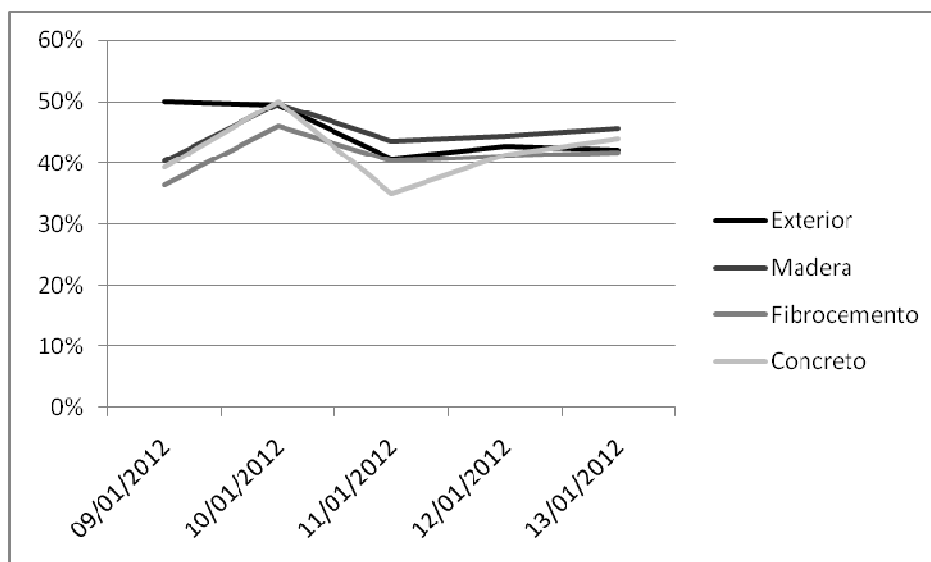
Tabla 12.***Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la primera semana***

Fecha	Exterior		Madera		Fibroceemento		Concreto	
	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
09/01/2012	30.7	50	33.8	40	33.8	36	34.3	39
10/01/2012	29.4	49	30.2	50	29.7	46	30.2	50
11/01/2012	31.3	41	32.2	44	31.7	40	32.3	35
12/01/2012	31.5	43	31.7	44	31.2	41	31.8	41
13/01/2012	30.7	42	29.8	46	29.7	42	30.2	44
Promedio semanal	30.7	45	31.5	45	31.2	41	31.8	42

Nota. Promedios diarios y semanal para la primera semana. La maqueta de fibrocemento presenta menor variación con respecto a la temperatura exterior. Sin embargo, la maqueta de madera presentó un promedio de humedad relativa igual al promedio exterior, mientras que la de fibrocemento presentó la menor humedad relativa en su interior.

Figura 10.***Gráfico de tendencias de temperatura semanal (°C). Primera semana***

Nota. Tendencias de la temperatura semanal para la primera semana. Aunque la variación de temperatura en promedio no sobrepasa los dos grados, la temperatura menor la registró la maqueta de fibrocemento, seguida de la de madera. La irregularidad al inicio de la semana se debe a la duplicación de datos. Nótese que las temperaturas tienden a disminuir al final de la semana.

Figura 11.*Gráfico de tendencias de humedad semanal. Primera semana*

Nota. Humedad relativa semanal para la semana 1. Las maquetas de fibrocemento y concreto tienden a tener menor humedad relativa en su interior comparada con la exterior, mientras que la de madera mantiene valores superiores.

Tabla 13.

Datos de temperatura y humedad a las 10:30, 13:30 y 16:30 hrs recolectados en la segunda semana

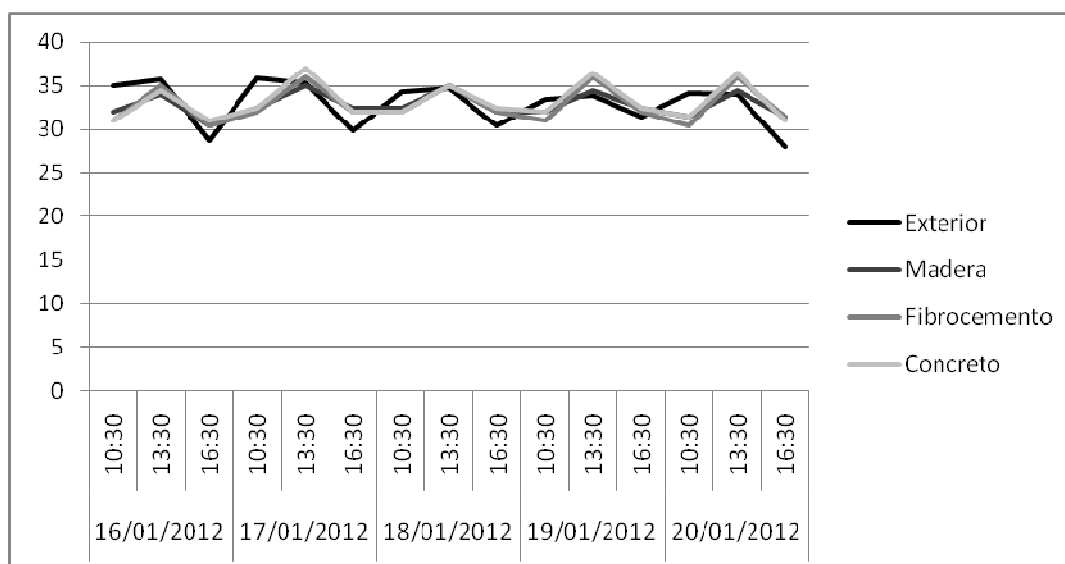
Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
16/01/2012	10:30	35	38	32	44	31	42	31	42
	13:30	35.7	30	34	35	35	28	34.5	29
	16:30	28.7	37	30.5	42	30.5	34	31	37
17/01/2012	10:30	35.8	39	32.5	44	32	42	32.5	42
	13:30	35.2	27	35	36	36	29	37	28
	16:30	29.8	36	32.5	40	32	32	32	35
18/01/2012	10:30	34.3	39	32.5	44	32	42	32	42
	13:30	34.6	32	35	37	35	34	35	33
	16:30	30.4	34	32	39	32	35	32.5	34
19/01/2012	10:30	33.4	28	32	38	31	35	32	34

	13:30	33.8	20	34.5	30	36	24	36.5	23
	16:30	31.4	21	32.5	31	32	24	32.5	23
20/01/2012	10:30	34.1	38	31.5	42	30.5	41	31.5	40
	13:30	33.9	25	34.5	33	36	27	36.5	26
	16:30	28	36	31.5	40	31.5	34	31	38

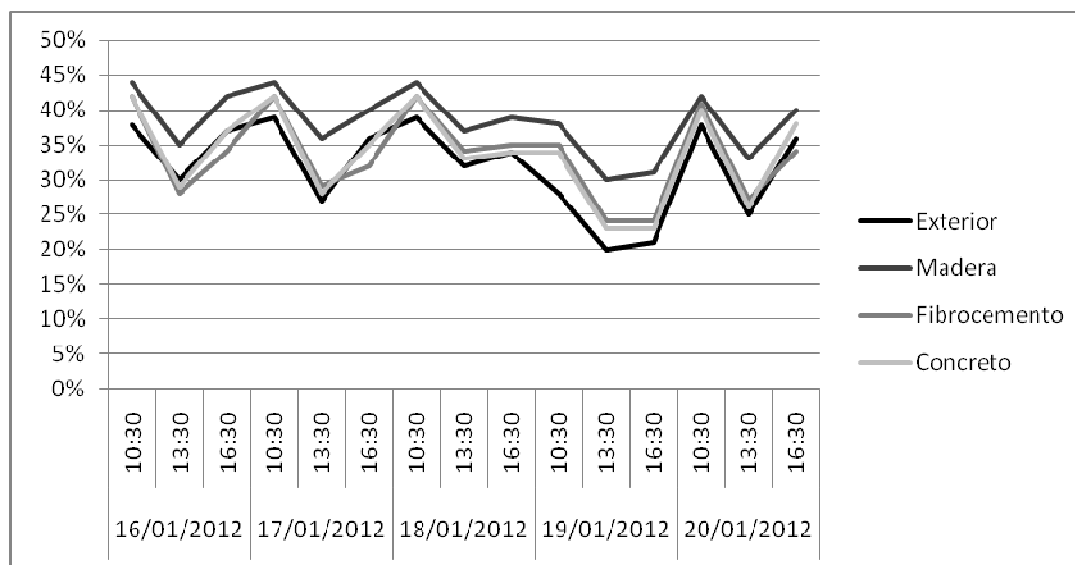
Nota. Datos de temperatura y humedad para la segunda semana. Semana soleada y calurosa con temperaturas exteriores mayores a 28 °C.

Figura 12.

Gráfico de tendencias de temperatura diaria (°C). Segunda semana



Nota. Datos de tendencias diarias de la temperatura para la segunda semana. Nuevamente, las menores temperaturas se registran por la mañana y por la tarde, mientras que las más altas se registran a las 13:30 hrs. Las temperaturas al interior de las maquetas son menores que la exterior durante la mañana, más por la tarde, aunque sí menores que las de mediodía.

Figura 13.*Gráfico de tendencias de humedad diaria. Segunda semana*

Nota. Tendencias de la humedad relativa diaria para la segunda semana. La maqueta de madera sigue presentando mayor humedad relativa que el exterior, pero esta vez los demás materiales también en determinados momentos, aunque en menor porcentaje.

Tabla 14.

Variaciones de temperatura y humedad entre las 10:30, 13:30 y 16:30 hrs en la segunda semana

Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)
16/01/2012	10:30-								
	13:30	0.7	-0,08	2	-0,09	4	-0,14	3.5	-0,13
	13:30-								
17/01/2012	16:30	-7	0,07	-3.5	0,07	-4.5	0,06	-3.5	0,08
	10:30-								
	13:30	-0.6	-0,12	2.5	-0,08	4	-0,13	4.5	-0,14
18/01/2012	13:30-								
	16:30	-5.4	0,09	-2.5	0,04	-4	0,03	-5	0,07
	10:30-								
18/01/2012	13:30	0.3	-0,07	2.5	-0,07	3	-0,08	3	-0,09
	13:30-								
	16:30	-4.2	0,02	-3	0,02	-3	0,01	-2.5	0,01

19/01/2012	10:30- 13:30	0.4	-0,08	2.5	-0,08	5	-0,11	4.5	-0,11
	13:30- 16:30	-2.4	0,01	-2	0,01	-4	0	-4	0
20/01/2012	10:30- 13:30	-0.2	-0,13	3	-0,09	5.5	-0,14	5	-0,14
	13:30- 16:30	-5.9	0,11	-3	0,07	-4.5	0,07	-5.5	0,12
Promedio		-2.29	-2,43	-0.018	-0,15	-0.02	0,15	-0.043	-0,033

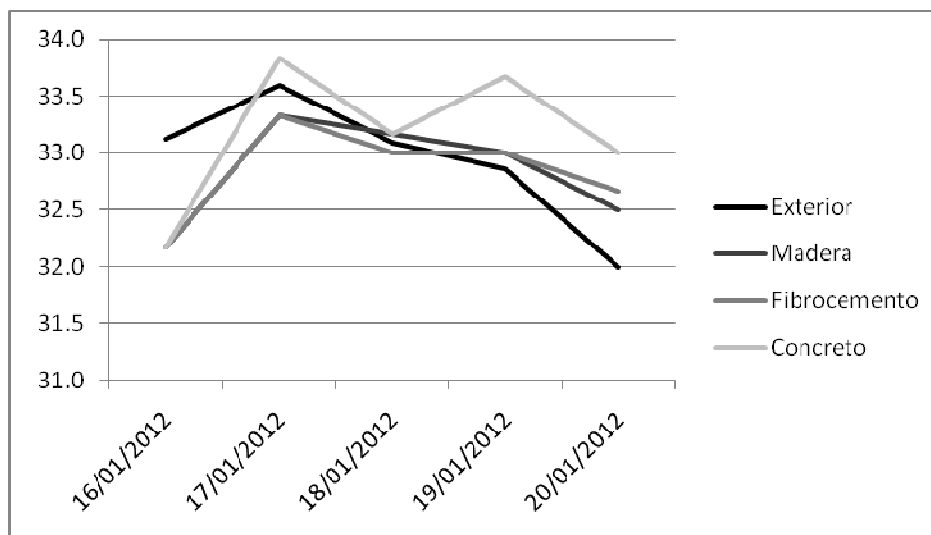
Nota. Variaciones de temperatura y humedad para la segunda semana. La mayor variación de ambos parámetros se da en el exterior, pero esta vez la madera presentó mayor estabilidad ante los cambios de temperatura a lo largo del día, seguida del fibrocemento con una variación mínima respecto de la madera. El concreto presenta menor variación con respecto a la humedad a lo largo del día. A medida que aumentaba la temperatura, disminuyó el porcentaje de humedad.

Tabla 15.

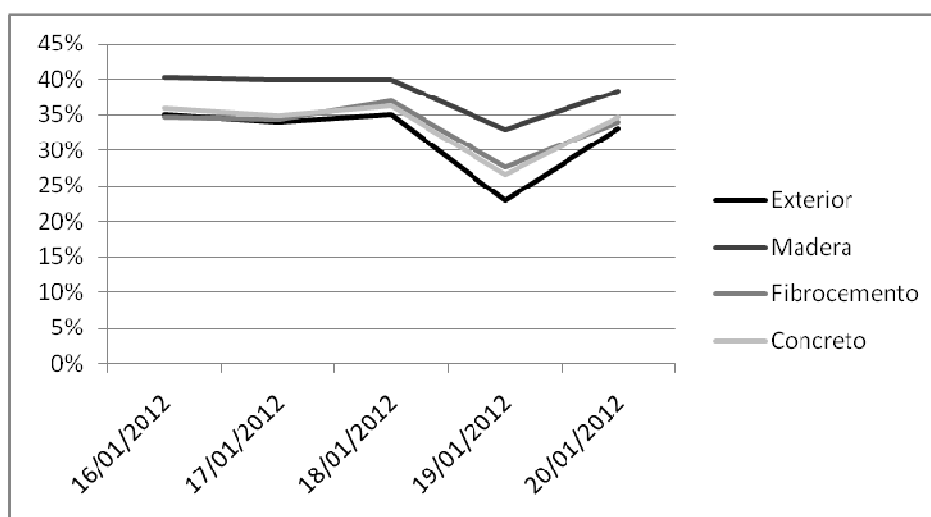
Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la segunda semana

Fecha	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
16/01/2012	33.1	35	32.2	40	32.2	35	32.2	36
17/01/2012	33.6	34	33.3	40	33.3	34	33.8	35
18/01/2012	33.1	35	33.2	40	33.0	37	33.2	36
19/01/2012	32.9	23	33.0	33	33.0	28	33.7	27
20/01/2012	32.0	33	32.5	38	32.7	34	33.0	35
Promedio semanal	32.9	32	32.8	38	32.8	34	33.2	34

Nota. Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la segunda semana. La madera y el fibrocemento presentan el mismo promedio de temperatura, que esta vez es 0.1 °C menor que la exterior, pero la madera sigue presentando mayor humedad relativa en su interior. Hay una diferencia de 0.4 °C en la maqueta de concreto, que presenta la mayor temperatura, aunque su humedad relativa es igual a la de la maqueta de fibrocemento.

Figura 14.**Gráfico de tendencias de temperatura semanal. Segunda semana**

Nota. Tendencias de temperatura semanal para la segunda semana. La maqueta de concreto presenta mayores temperaturas con respecto al ambiente, así como a las otras dos maquetas. La de fibrocemento presenta en general temperaturas menores a lo largo de la semana, pero la de madera presenta menos variaciones. Nuevamente la temperatura tiende a disminuir al final de la semana.

Figura 15.**Gráfico de tendencias de humedad semanal. Segunda semana**

Nota. Tendencias de humedad semanal para la segunda semana. La madera sigue manteniendo el mayor porcentaje de humedad, seguida del fibrocemento y finalmente el concreto. Las humedades al interior de las maquetas siempre fueron mayores que la exterior.

Tabla 16.

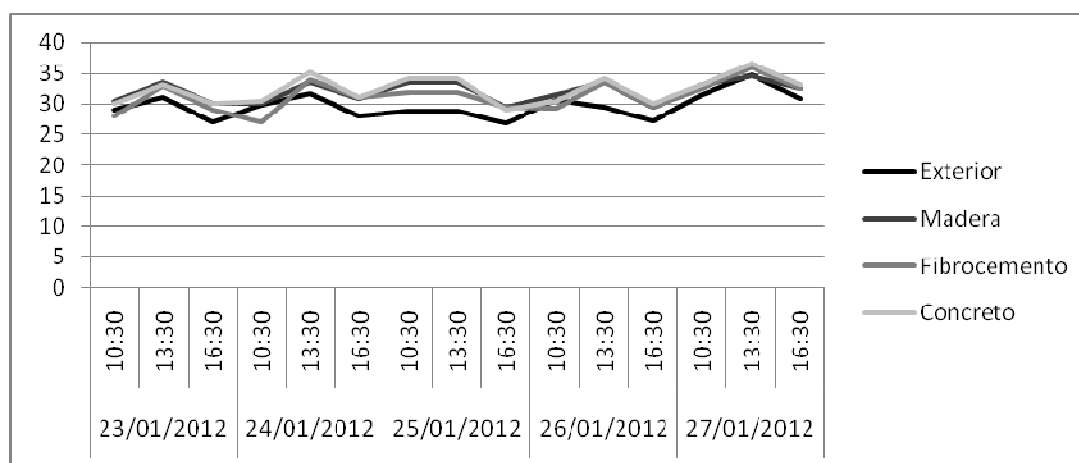
Datos de temperatura y humedad a las 10:30, 13:30 y 16:30hrs recolectados en la tercera semana

Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
23/01/2012	10:30	29.2	48	30.5	48	28	48	30	48
	13:30	31.1	40	33.5	40	33	38	33	36
	16:30	27.1	47	30	52	29	44	30	50
24/01/2012	10:30	30	53	30	52	27	58	30.5	53
	13:30	31.8	37	33.5	39	34	36	35	33
	16:30	28.2	46	31	49	31	43	31	52
25/01/2012	10:30	29	35	33.5	38	32	34	34	33
	13:30	29	35	33.5	38	32	34	34	33
	16:30	26.9	49	29.5	54	29.5	48	29	56
26/01/2012	10:30	30.7	47	31.5	50	29.3	50	30.5	51
	13:30	29.5	39	33.5	41	33.5	35	34	35
	16:30	27.4	50	29.5	52	29.5	45	30	52
27/01/2012	10:30	31.5	44	33	44	32.5	44	33	42
	13:30	34.8	35	34.5	38	36	32	36.5	31
	16:30	31	33	32.5	39	32.5	32	33	34

Nota. Datos de temperatura y humedad para la tercera semana. Se presentó una semana soleada y calurosa, con una temperatura mínima de 26.9 °C.

Figura 16.

Gráfico de tendencias de temperatura diaria (°C). Tercera semana



Nota. Tendencias de temperatura diaria para la tercera semana. La maqueta de fibrocemento presenta las menores temperaturas, y en algunos casos incluso menos que la exterior. Las maquetas de madera y concreto presentan poca variación entre sí, y siempre mayores que la temperatura exterior.

	13:30-								
	16:30	-2.1	0,14	-4	0,16	-2.5	0,14	-5	0,23
26/01/2012	10:30-								
	13:30	-1.2	-0,08	2	-0,09	4.2	-0,15	3.5	-0,16
	13:30-								
	16:30	-2.1	0,11	-4	0,11	-4	0,1	-4	0,17
27/01/2012	10:30-								
	13:30	3.3	-0,09	1.5	-0,06	3.5	-0,12	3.5	-0,11
	13:30-								
	16:30	-3.8	-0,02	-2	0,01	-3.5	0	-3.5	0,03
Promedio		-0.98	-0,002	-0.6	0,014	0.27	-0,022	-0.5	0,017

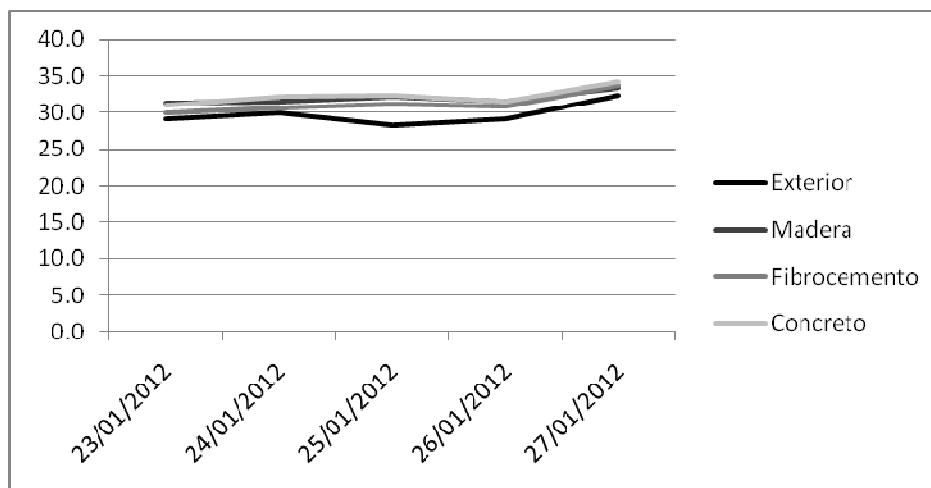
Nota. Variaciones de temperatura y humedad para la tercera semana. La temperatura y humedad exteriores presentaron mayor estabilidad durante esta semana, así como la temperatura al interior de la maqueta de fibrocemento fue más estable. Nuevamente el mayor porcentaje de humedad se presenta al disminuir la temperatura. Hubo una irregularidad en la recolección de datos el día 25 de enero, por lo que se duplicaron los datos y no se muestra una variación.

Tabla 18.

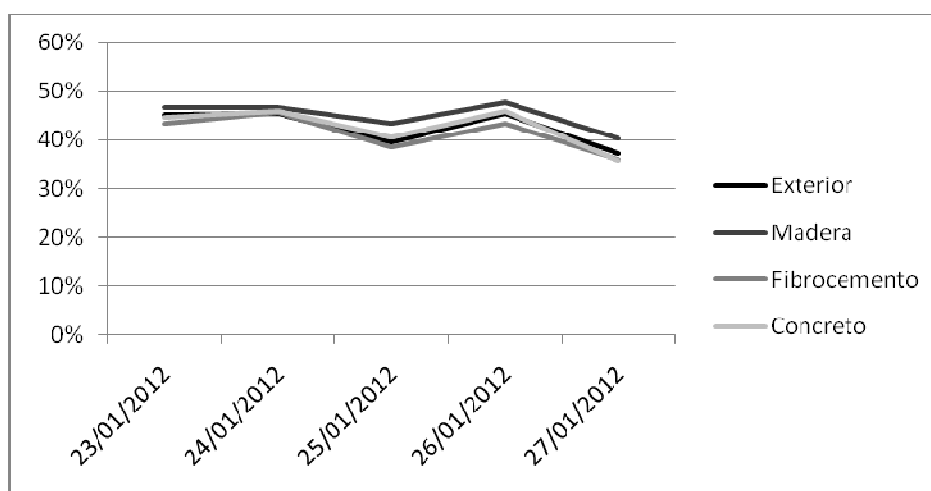
Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la tercera semana

Fecha	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)
23/01/2012	29.1	45	31.3	47	30.0	43	31.0	45
24/01/2012	30.0	45	31.5	47	30.7	46	32.2	46
25/01/2012	28.3	40	32.2	43	31.2	39	32.3	41
26/01/2012	29.2	45	31.5	48	30.8	43	31.5	46
27/01/2012	32.4	37	33.3	40	33.7	36	34.2	36
Promedio semanal	29.8	43	32.0	45	31.3	41	32.2	43

Nota. Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad para la tercera semana. La maqueta de fibrocemento presenta una menor temperatura, seguida de la de madera y luego la de concreto.

Figura 18.**Gráfico de tendencias de temperatura (°C) semanal. Tercera semana**

Nota Tendencias de temperatura para la tercera semana. Las temperaturas mayores durante toda la semana las registra la maqueta de concreto; las temperaturas más bajas las registra la de fibrocemento, excepto al final de la semana, cuando se observa un incremento promedio de casi 3 °C con respecto al día anterior. La maqueta de madera presenta un comportamiento similar a la de concreto. En todos los casos, la temperatura interior siempre fue mayor a la exterior.

Figura 19.**Gráfico de tendencias de humedad semanal. Tercera semana**

Nota. Tendencias de la humedad relativa para la tercera semana 3. Continúa siendo la maqueta de madera la que presenta mayores porcentajes de humedad relativa, mientras la que presenta menores porcentajes es la de fibrocemento. La de concreto presenta porcentajes muy similares a los del exterior.

Tabla 19.

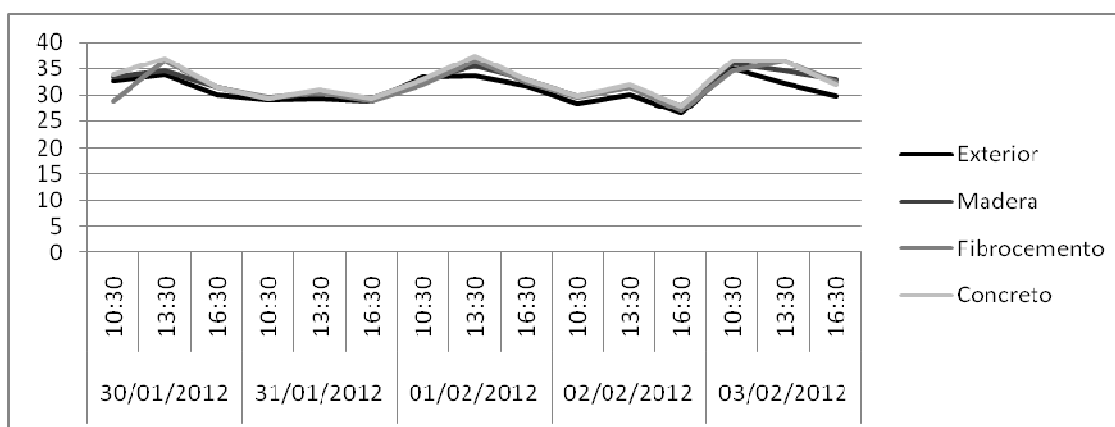
Datos de temperatura y humedad a las 10:30, 13:30 y 16:30hrs recolectados en la cuarta semana

Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
30/01/2012	10:30	32.7	37	33.5	40	29	48	34	34
	13:30	33.9	27	34.5	33	36.5	25	37	25
	16:30	30	30	31.5	36	31.5	28	31.5	30
31/01/2012	10:30	29.1	43	29.5	45	29.5	40	29.5	42
	13:30	29.4	41	30.5	45	30.5	40	31	41
	16:30	28.9	41	29.5	45	29	38	29.5	43
01/02/2012	10:30	33.3	38	33	42	32	43	33	40
	13:30	33.7	28	35.5	35	36.5	30	37.5	28
	16:30	31.6	29	33	38	32.5	28	33	30
02/02/2012	10:30	28.4	47	30	51	29.5	50	30	52
	13:30	30	42	31.5	42	31.5	41	32	41
	16:30	26.4	46	28	50	27	42	28	48
03/02/2012	10:30	35.1	37	36	40	34.5	41	36.5	36
	13:30	32.1	27	34.7	35	36.5	28	36.5	25
	16:30	29.9	37	33	42	32.5	34	32	39

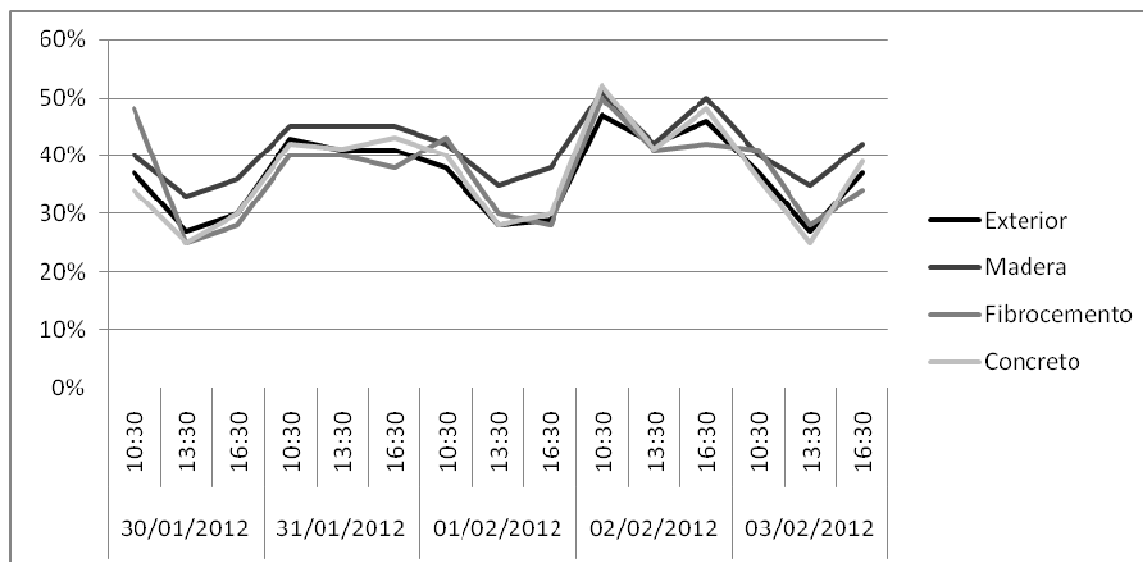
Nota. Datos de temperatura y humedad relativa diarios para la cuarta semana. La semana presentó días soleados y calurosos con una temperatura mínima de 26.4 °C por la tarde.

Figura 20.

Gráfico de tendencias de temperatura (°C) diaria. Cuarta semana



Nota. Tendencias de la temperatura diaria para la cuarta semana. Se presentan varios momentos donde las temperaturas son superiores a los 35 °C al interior de las maquetas, aunque esto se da únicamente a mediodía, lo que muestra las temperaturas que se alcanzaron en la semana.

Figura 21.**Gráfico de tendencias de humedad diaria. Cuarta semana**

Nota. Tendencias de la humedad relativa diaria para la cuarta semana. Se repite el patrón de mayores porcentajes para la maqueta de madera, y la que presenta mayor estabilidad con respecto al ambiente es la maqueta de concreto. La maqueta de fibrocemento presenta menores porcentajes de humedad que el exterior en algunos momentos del día a lo largo de la semana, sin que pueda establecerse un patrón específico.

Tabla 20.**Variaciones de temperatura y humedad entre las 10:30, 13:30 y 16:30 hrs en la cuarta semana**

Fecha	Hora	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
		Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)	Temp. (° C)	Hum. (%)
30/01/2012	10:30-								
	13:30	1.2	-0,1	1	-0,07	7.5	-0,23	3	-0,09
	13:30-								
31/01/2012	16:30	-3.9	0,03	-3	0,03	-5	0,03	-5.5	0,05
	10:30-								
	13:30	0.3	-0,02	1	0	1	0	1.5	-0,01
1/02/2012	13:30-								
	16:30	-0.5	0	-1	0	-1.5	-0,02	-1.5	0,02
	10:30-								
2/02/2012	13:30	0.4	-0,1	2.5	-0,07	4.5	-0,13	4.5	-0,12
	13:30-								
	16:30	-2.1	0,01	-2.5	0,03	-4	-0,02	-4.5	0,02
2/02/2012	10:30-								
	13:30	1.6	-0,05	1.5	-0,09	2	-0,09	2	-0,11

3/02/2012	13:30-16:30	-3.6	0,04	-3.5	0,08	-4.5	0,01	-4	0,07
	10:30-13:30	-3	-0,1	-1.3	-0,05	2	-0,13	0	-0,11
	13:30-16:30	-2.2	0,1	-1.7	0,07	-4	0,06	-4.5	0,14
	Promedio	-1.18	-0,019	-0.7	-0,007	-0.2	-0,052	-0.9	-0,014

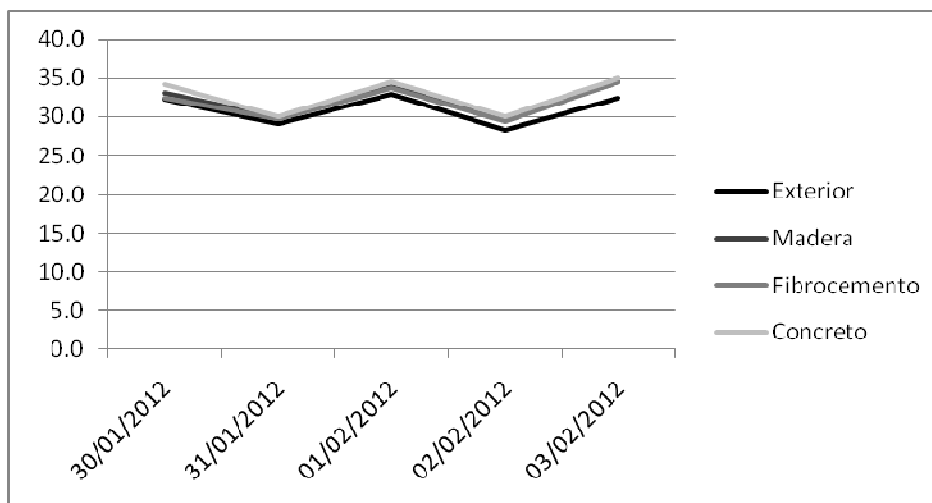
Nota. Variaciones de temperatura diaria para la cuarta semana. Los valores promedio negativos indican que en general las temperaturas tienden a disminuir más de lo que aumentan a lo largo del día; sin embargo, los valores positivos se siguen presentando en las variaciones de la mañana al mediodía—lo que indica un aumento en la temperatura—, y los negativos del mediodía a la tarde —lo que indica una disminución en la temperatura—. La humedad presenta la tendencia opuesta, tanto en el exterior como al interior de las maquetas; es decir, si la temperatura incrementa, disminuye la humedad, y si la temperatura decrece, aumenta la humedad.

Tabla 21.

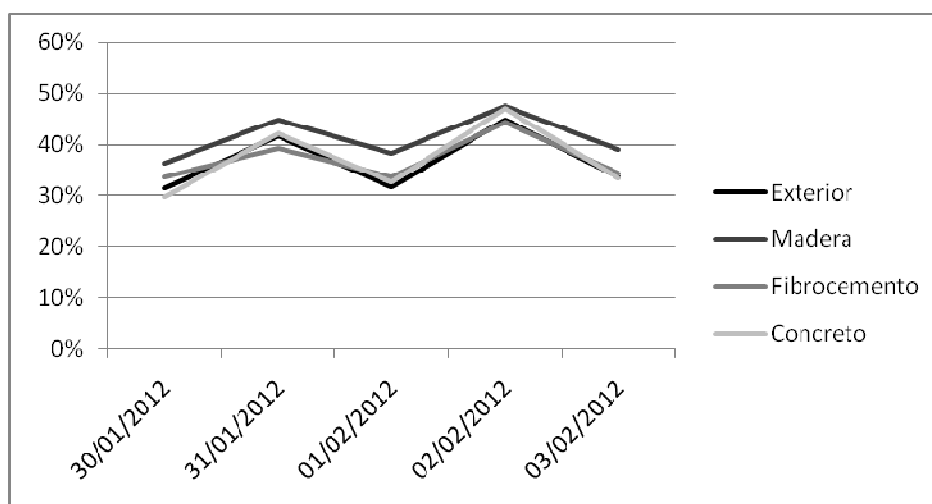
Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la cuarta semana

Fecha	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
30/01/2012	32.2	31	33.2	36	32.3	34	34.2	30
31/01/2012	29.1	42	29.8	45	29.7	39	30.0	42
1/02/2012	32.9	32	33.8	38	33.7	34	34.5	33
2/02/2012	28.3	45	29.8	48	29.3	44	30.0	47
3/02/2012	32.4	34	34.6	39	34.5	34	35.0	33
Promedio semanal	31.0	37	32.2	41	31.9	37	32.7	37

Nota. Promedios diarios y semanal de temperatura y humedad en la semana 4. La maqueta de fibrocemento presenta menores temperaturas que las demás, con una diferencia al incremento de 0.9 °C con respecto al exterior. Le sigue la maqueta de madera y finalmente la de cemento. Los mayores porcentajes de humedad los presenta nuevamente la maqueta de madera, y las de fibrocemento y concreto mantienen los mismos porcentajes, que en promedio son iguales también a los del exterior.

Figura 22.**Gráfico de tendencias de temperatura semanal. Cuarta semana**

Nota. Tendencias de la temperatura para la cuarta semana. En el patrón que siguen se puede observar que hay cierto paralelismo en el comportamiento de las temperaturas interiores en las maquetas con respecto a la temperatura exterior. Sin embargo, hay momentos en los que las temperaturas internas de las maquetas presentan variaciones más reducidas. Las temperaturas aumentaron al final de la semana.

Figura 23.**Gráfico de tendencias de humedad semanal. Cuarta semana**

Nota. Tendencias de la humedad para la cuarta semana. Los mayores porcentajes de humedad los presenta siempre la maqueta de madera, y los más bajos casi siempre la de fibrocemento. La maqueta de concreto presenta porcentajes similares a los del exterior.

Discusión

Para la primera etapa de la recolección de datos, de la primera semana a la cuarta semana, las temperaturas más bajas se registran en horas de la tarde (16:30), seguido de las 10:30, y finalmente las 13:30 con las temperaturas más altas durante un día. Esto indica que el momento de día en el que se necesita mayor protección de la radiación solar y mayor ventilación es por la mañana, independientemente de la rutina de la familia que habite la edificación, ya que entre mayor circulación y renovación de aire haya al interior de la vivienda, se reducen las probabilidades de que por la tarde y la noche las viviendas tengan una temperatura interior alta.

Los promedios de diferencias de temperatura y humedad relativa exteriores y al interior de las maquetas para el período de recolección de datos casi siempre presentaron una tendencia negativa, planteando una posible afirmación: para los primeros dos meses del año, las temperaturas disminuyen más de lo que aumentan, al igual que los porcentajes de humedad relativa. Sin embargo, es necesario observar este comportamiento por un período más prolongado, así como en distintas estaciones del año.

Otra tendencia de comportamiento de elementos climáticos que pudo observarse es que a mayor temperatura menor porcentaje de humedad relativa, tanto en el exterior como al interior de las maquetas.

Hasta el momento, se ha observado una variación de temperatura promedio en el exterior va desde -2.43 hasta -0.98 °C. Para la madera, se observa una variación de -0.7 a -0.15 °C; para el fibrocemento, de -0.3 a 0.27 °C; y para el concreto, de -0.9 a 0 °C (ver tablas 11, 14, 17 y 20). Con base en estos resultados, podría decirse que la madera tiene un comportamiento más estable ante los cambios de temperatura, pues su variación con respecto a los otros materiales es menor; incluso representa prácticamente la mitad de la variación de temperatura en el exterior. Le sigue el fibrocemento y finalmente el concreto, que presenta una variación de temperatura mayor a lo largo del período de monitoreo. Como la variación en ningún caso es mayor a la del exterior, podría decirse que todos los materiales, al menos para el período estudiado, pueden proporcionar un ambiente interior relativamente estable en cuanto a temperatura.

Por otro lado, se observa una variación de humedad relativa promedio en el exterior que va desde -2 hasta 0 %. Para la madera, se observa una variación de -2 a 2 %; para el fibrocemento, de -5 a -1 %; y para el concreto, de -3 a 2 % (ver tablas 11, 14, 17 y 20). De aquí

puede decirse que los materiales con mayor capacidad de proveer mayor estabilidad en cuanto a valores de humedad son la madera y el fibrocemento. En todos los casos la variación de humedad relativa al interior de las maquetas es mayor que la exterior.

Sin embargo, la capacidad de los materiales de mantener un ambiente interior estable debe complementarse con la capacidad de mantener temperaturas lo más cercano posible, o en su defecto, más abajo que la del ambiente exterior, porque en el país el clima suele ser caluroso (ver tabla 22). Se aclara que esta premisa es únicamente aplicable para el período en el que se recolectaron los datos.

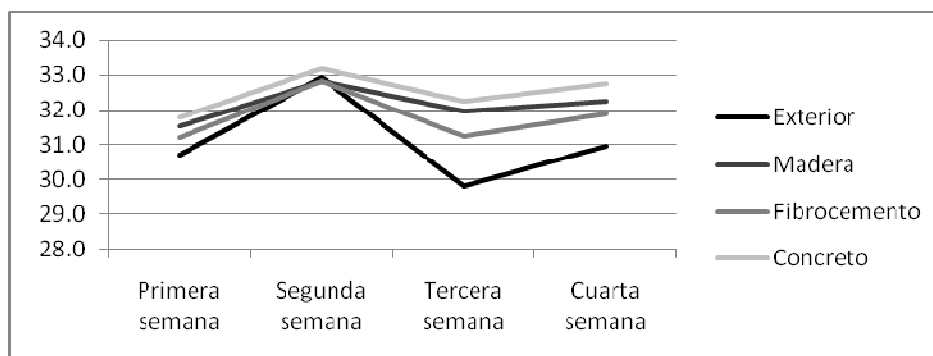
Tabla 22.

Promedio semanal de temperatura (°C) y humedad (%)

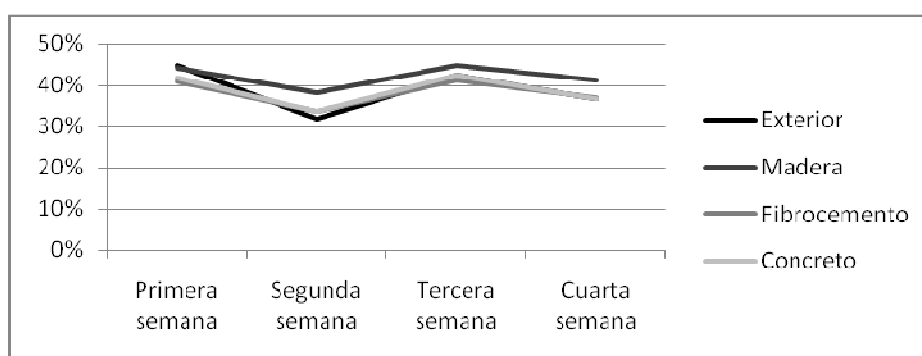
Fecha	Exterior		Madera		Fibrocemento		Concreto	
	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)	Temp. (°C)	Hum. (%)
Semana 1	30.7	45	31.5	44	31.2	41	31.8	42
Semana 2	32.9	32	32.8	38	32.8	34	33.2	34
Semana 3	29.8	43	32.0	45	31.3	41	32.2	43
Semana 4	31.0	37	32.2	41	31.9	37	32.7	37
Promedio	31.1	39	32.1	42	31.8	38	32.5	39

Nota. Promedio de los datos obtenidos durante las primeras cuatro semanas.

De acuerdo con los datos recolectados, para el período analizado, el fibrocemento es el material cuyos datos para temperatura y humedad relativa se aproximan más a la temperatura del exterior.

Figura 24.**Gráfico de tendencias de temperatura (°C) semanal**

Nota. Tendencias de los promedios generales de temperatura por semana, desde la primera semana hasta la cuarta semana. La temperatura no muestra una tendencia definitiva hacia el incremento o la disminución; sin embargo, puede mantenerse la afirmación de que la temperatura exterior siempre es menor que la interior de las maquetas. Aunque en la segunda semana puede verse que la temperatura exterior es mayor que la del fibrocemento, la diferencia es de fracciones de grado centígrado. La tendencia general de los materiales es que el fibrocemento presenta menores temperaturas, relativamente más cercanas a la exterior, seguida de la madera y luego el concreto.

Figura 25.**Gráfico de tendencias de humedad semanal**

Nota. Tendencias de los promedios generales de humedad relativa por semana, desde la primera semana hasta la cuarta semana. Los porcentajes de humedad más altos los presenta la maqueta de madera. Las maquetas de concreto y fibrocemento, por su parte, presentan porcentajes más similares a los del exterior.

Por otro lado, debe recordarse que el grado de humedad es una condicionante de la percepción de la temperatura. De acuerdo con la gráfica bioclimática de Olgay (2002), el cuerpo

humano se encuentra más cerca del *confortantes* del 50% de humedad relativa. Si la humedad relativa es mayor, la temperatura debe reducirse.

Sin embargo, varios autores que presentan sus rangos de *comfort* para climas como el de El Salvador (ver tabla 23) presentan datos distintos. Cabe mencionar que los datos de humedad recolectados en el experimento están dentro de ambos parámetros, pero los de temperatura son mayores.

Tabla 23.

Rangos de temperatura y humedad óptimas o aceptables en climas tropical-húmedos, de acuerdo con dos autores

Bazant (2009)		C.E.P. Brooks	
Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad
23-29 °C	50%-85%	23.3-26.7 °C	30%-70%

Nota. Datos tomados de Bazant (2009) y Olgyay(2002).

Conclusiones y recomendaciones

1. Los elementos y los factores climáticos funcionan como un sistema, cuyos elementos se interrelacionan y en general determinan mutuamente. Debido a esto, deben de ser estudiados y tratados como tal. Es esta otra de las razones por la cual la aplicación de elementos bioclimáticos en una edificación demanda un análisis integral de las condiciones particulares de cada sitio. Por lo tanto, cada caso será diferente.
2. Debido a que los experimentos se realizaron únicamente para parte de enero y febrero 2012, se recomienda continuar las mediciones para identificar el comportamiento climático a lo largo del año y cómo este afecta la temperatura interior de las maquetas de cada uno de los distintos materiales. Sin embargo, por el momento puede concluirse que para el período analizado, el fibrocemento funciona donde se presentan altas temperaturas y altos porcentajes de humedad relativa, ya que la humedad al interior de la maqueta tiende a ser un poco menor que la del ambiente y el material logra mantener temperaturas cercanas a la del exterior. La madera puede funcionar en lugares donde se presentan bajos porcentajes de humedad relativa y altas temperaturas, porque la temperatura interior tiende a ser moderada y los porcentajes de humedad muy altos. El concreto puede funcionar mejor en climas frescos, porque logra acumular calor y mantener una humedad cercana a la del ambiente. Es necesario recordar que, como las temperaturas siempre fueron más altas al interior de las maquetas que la del exterior, las edificaciones construidas con estos materiales deben contar con una ventilación adecuada y eficiente, así como una orientación óptima, que permita el mejor aprovechamiento de las corrientes de aire.
3. Debido a los resultados del experimento, para el diseño propuesto inicialmente y analizado, se propone cambiar las dimensiones de las paletas tipo sifón, haciéndolas simétricas por medio de la prolongación del elemento de traslape exterior, con lo que se prolonga el espacio de entrada en la zona de alta presión de aire (fachada este) y se hace más eficiente el efecto de enfriamiento y circulación al interior de la vivienda, por medio del incremento de la velocidad del aire. Se recomienda también la colocación de malla entre las celosías para proteger el interior de la vivienda de insectos y roedores.
4. Debido a los datos recolectados en el experimento, en los cuales se pudo observar que las temperaturas al interior de las maquetas son mayores que la exterior, se propone ubicar

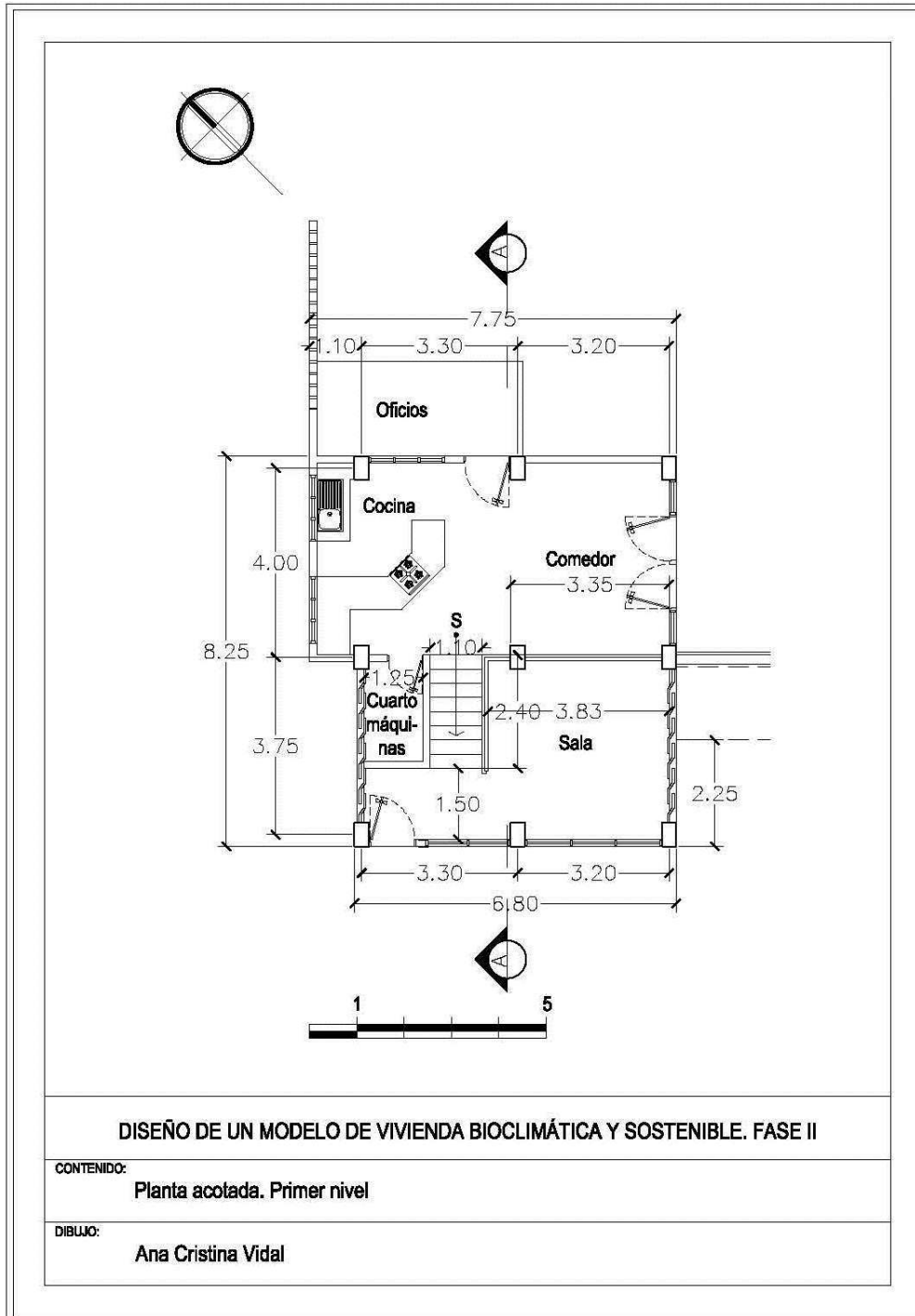
una abertura más en la parte superior del pasillo de la segunda planta, que comunique con la losa del techo verde. El grado de esta abertura podrá controlarse por medio de una celosía de madera. Esto provocará el efecto Venturi, permitiendo que el aire caliente salga por la parte superior de la vivienda, contribuyendo a mantener un ambiente fresco en su interior.

5. Los árboles que se recomiendan para la fachada sur son de hoja perenne, de una altura máxima de 5 metros, ubicados a una distancia entre los 1.50 y 3.00 m, dependiendo de la forma y dimensiones del follaje y la ubicación final de la cisterna enterrada. De esta manera producirán sombra, trabajando junto con el alero, al mismo tiempo que aportan humedad al aire y refrescan el ambiente.
6. Independientemente del material constructivo que se utilice, se recomienda, siempre que sea posible, usar dos capas de material (una interior y otra exterior) permitiendo una cámara de aire entre ambas capas. Bajo este principio, es posible además agregar otra estrategia de ventilación y renovación del aire dentro de las habitaciones, aprovechando las presiones del aire, dejando aberturas en las partes superior e inferior de los muros.
7. Haciendo uso de los principios de la masa térmica, y tomando en consideración que la tierra tiene poca conductividad térmica, se utiliza un desnivel en el terreno para contribuir a la estabilidad térmica al interior de la vivienda propuesta, aportando además un porcentaje de humedad relativa.
8. El modelo de vivienda propuesta se recomienda para zonas de carácter semiurbano donde la temperatura del ambiente oscile entre los 28 y 32 °C, ubicadas en terrenos relativamente planos, y dispuestas de tal manera que se permita la circulación libre del aire entre las fachadas este y oeste. Esto implica que, en caso de que su producción sea masificada, la organización del conjunto será dispersa, por lo que la densidad habitacional deberá ser baja, dando como resultado un mayor espacio para la integración con el medio ambiente, y a la vez permitirá mayor interacción entre los habitantes del conjunto. Sin embargo, el diseño propuesto puede adaptarse a áreas urbanas, como vivienda independiente (es decir, sin ser construida como producto de un conjunto de viviendas), siempre y cuando el tamaño y características del lote permitan las condiciones necesarias para el funcionamiento adecuado del diseño.

Propuesta

Figura 26.

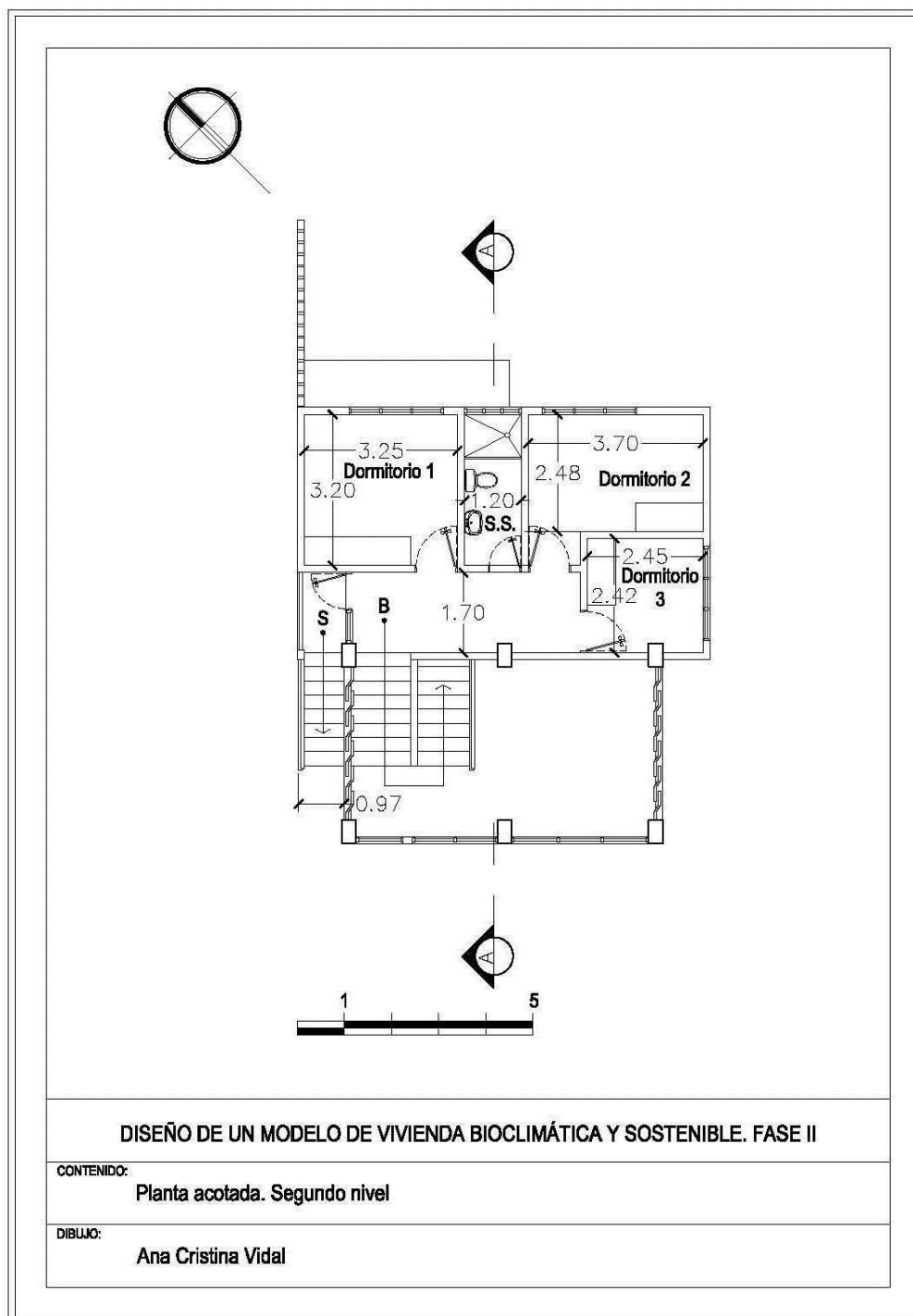
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta acotada, primer nivel



Nota. Elaboración propia.

Figura 27.

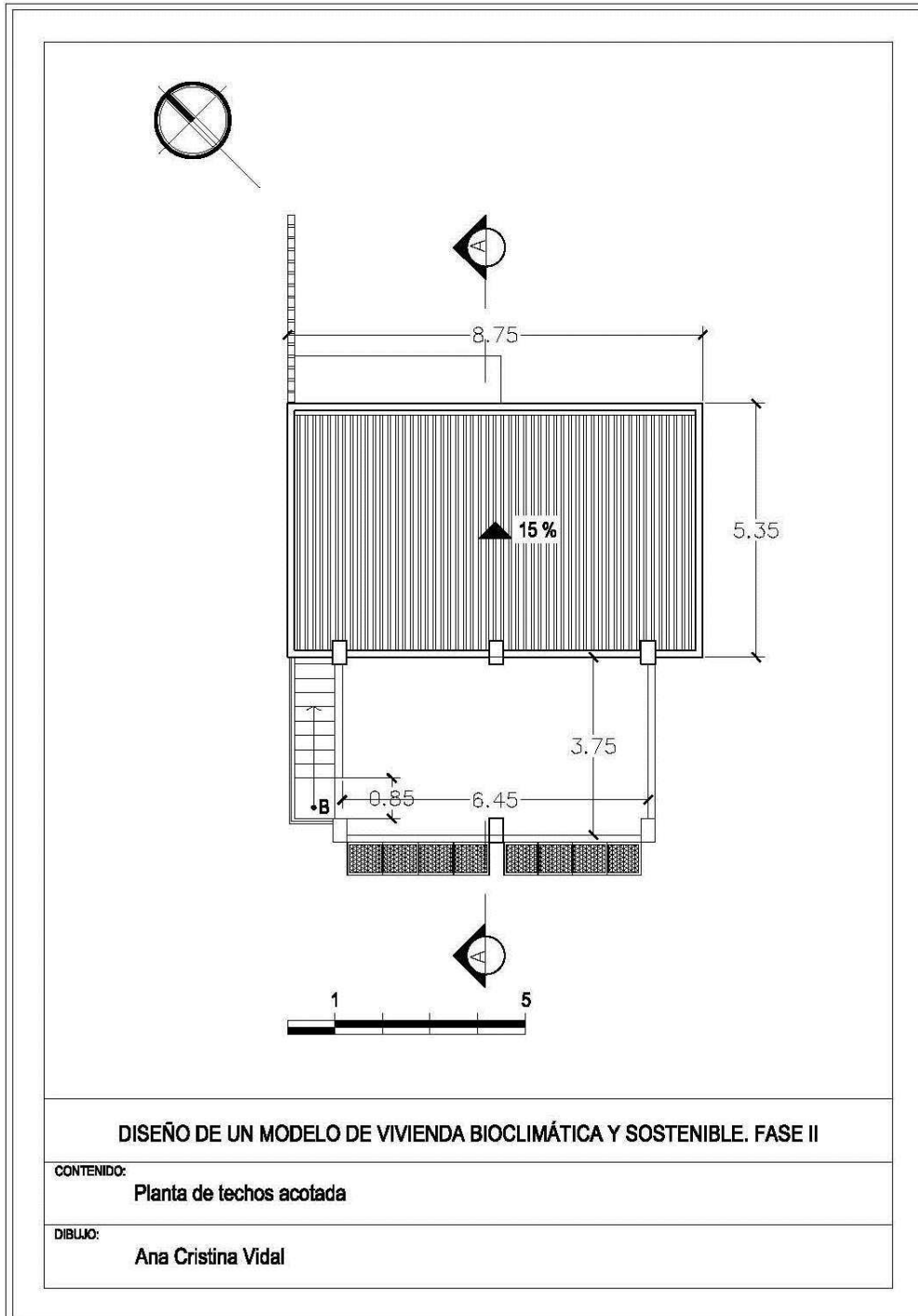
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta acotada, segundo nivel



Nota. Elaboración propia.

Figura 28.

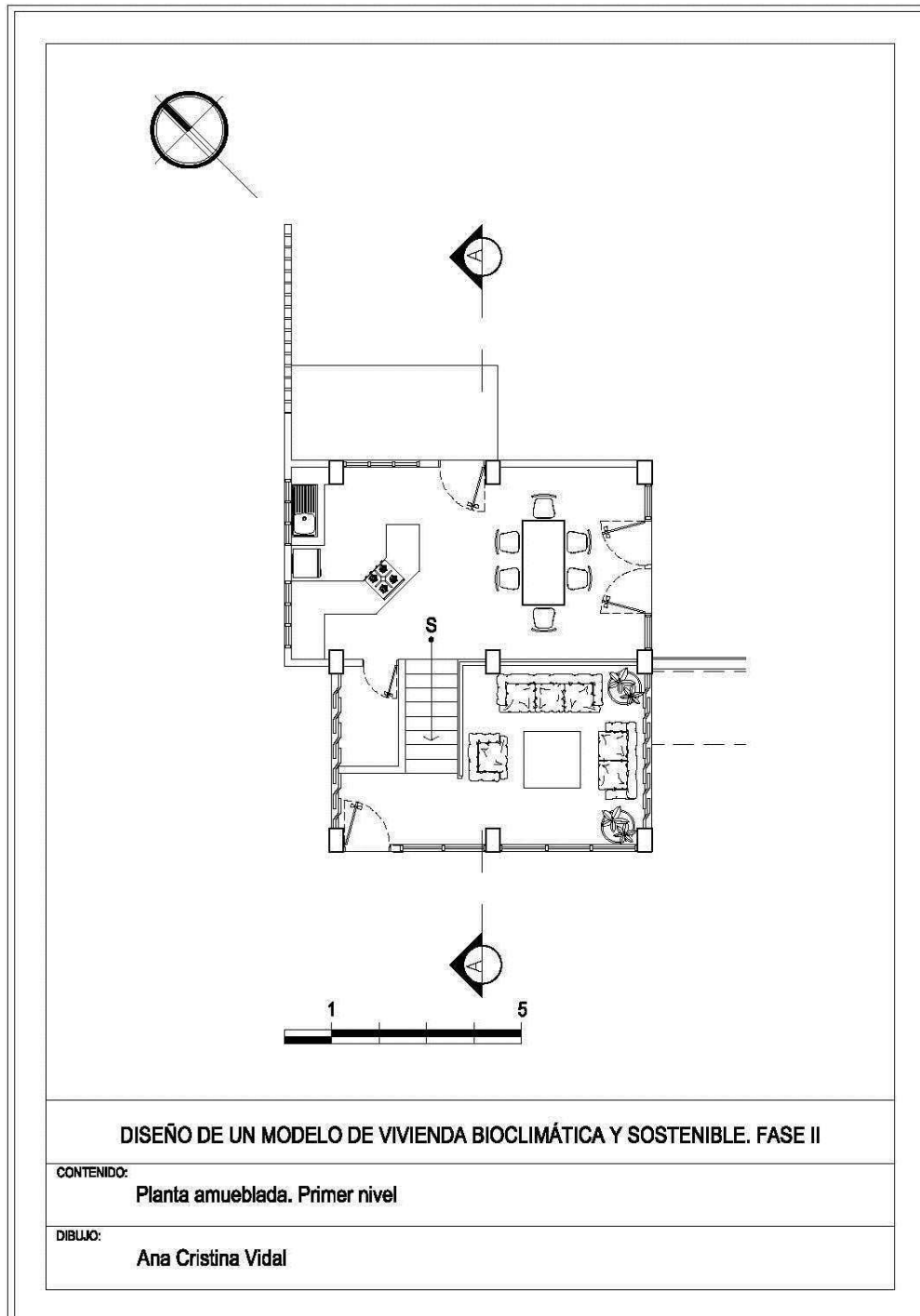
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta de techos, acotada



Nota. Elaboración propia.

Figura 29.

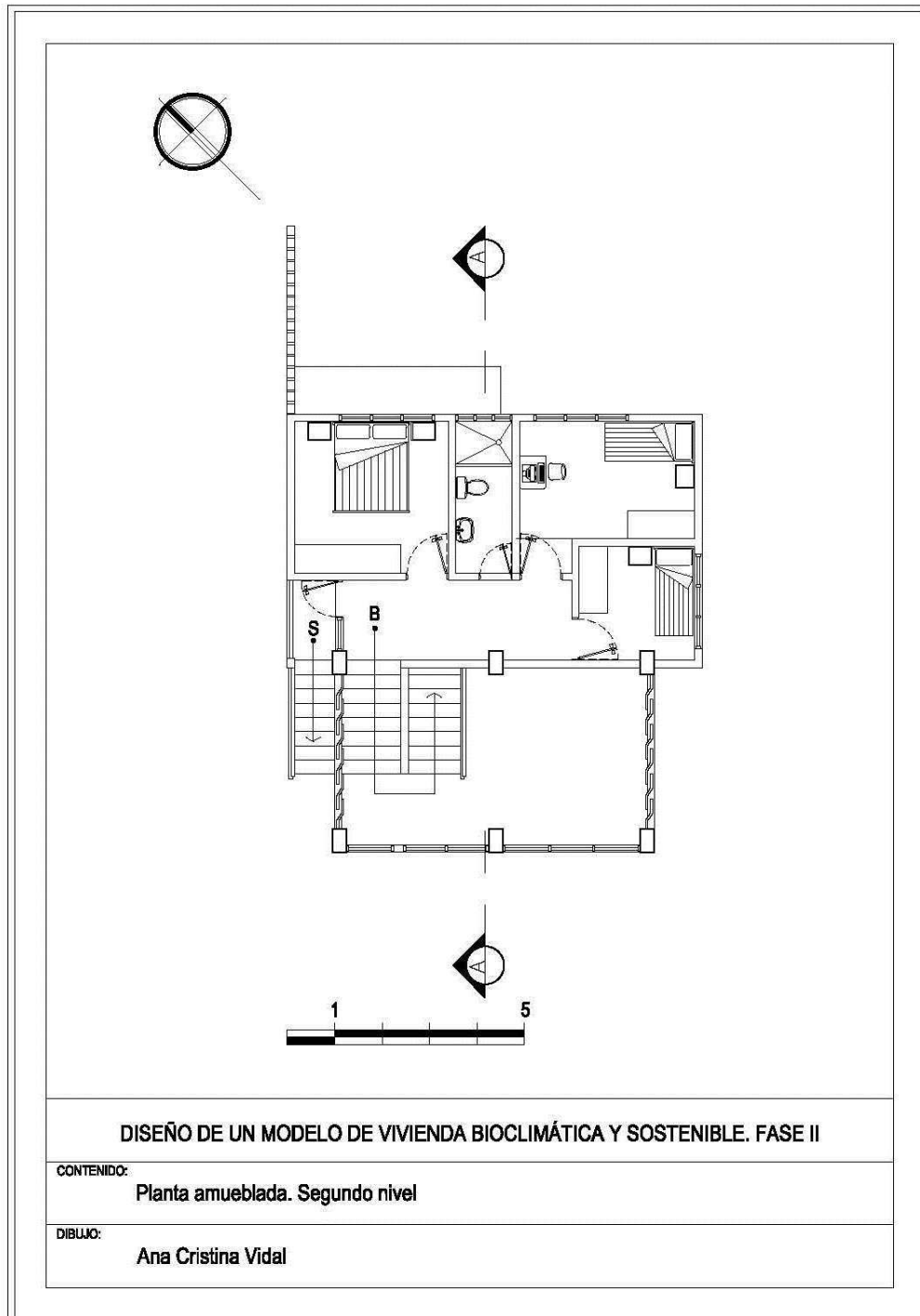
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta amueblada, primer nivel



Nota. Elaboración propia.

Figura 30.

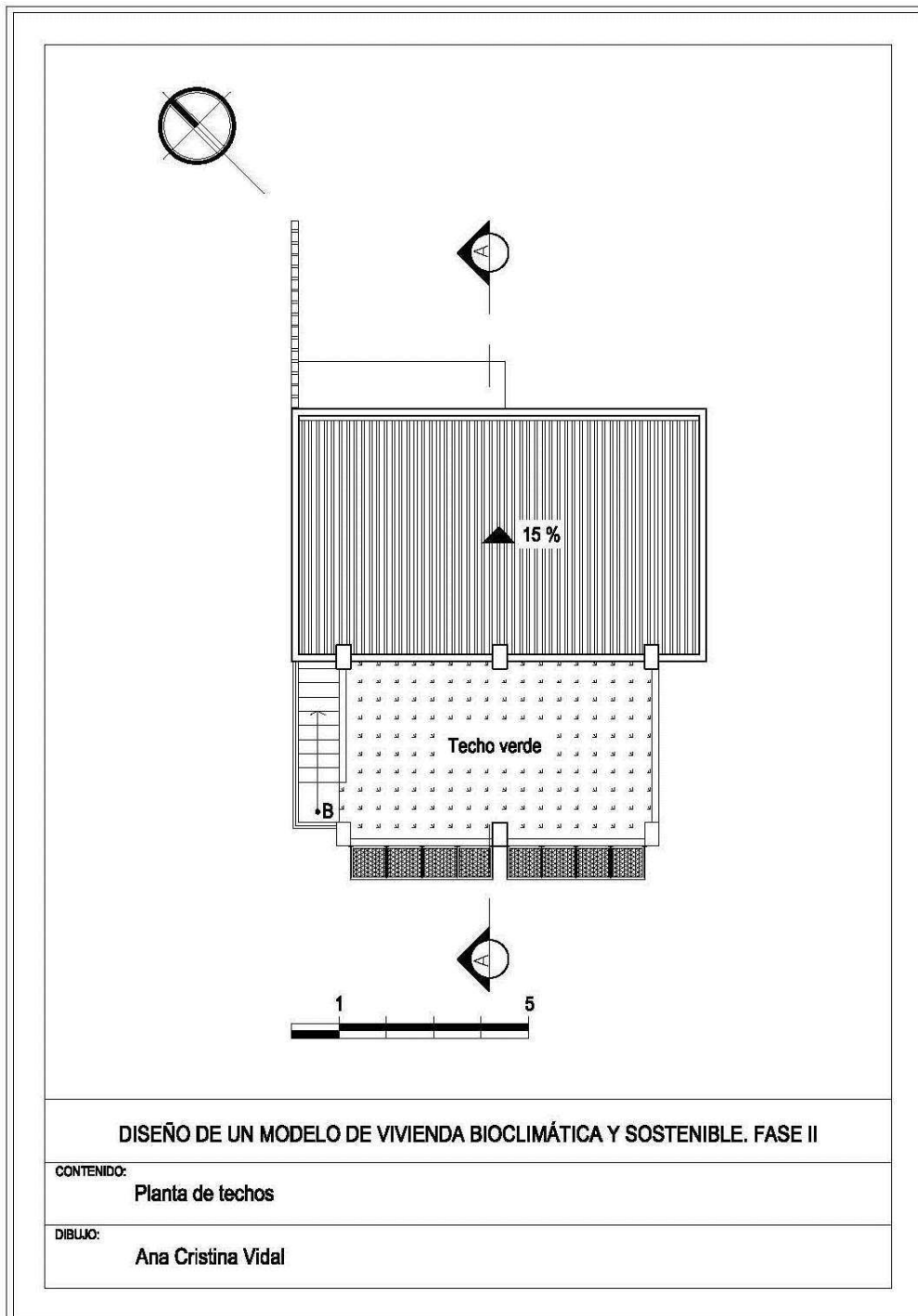
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta amueblada, segundo nivel



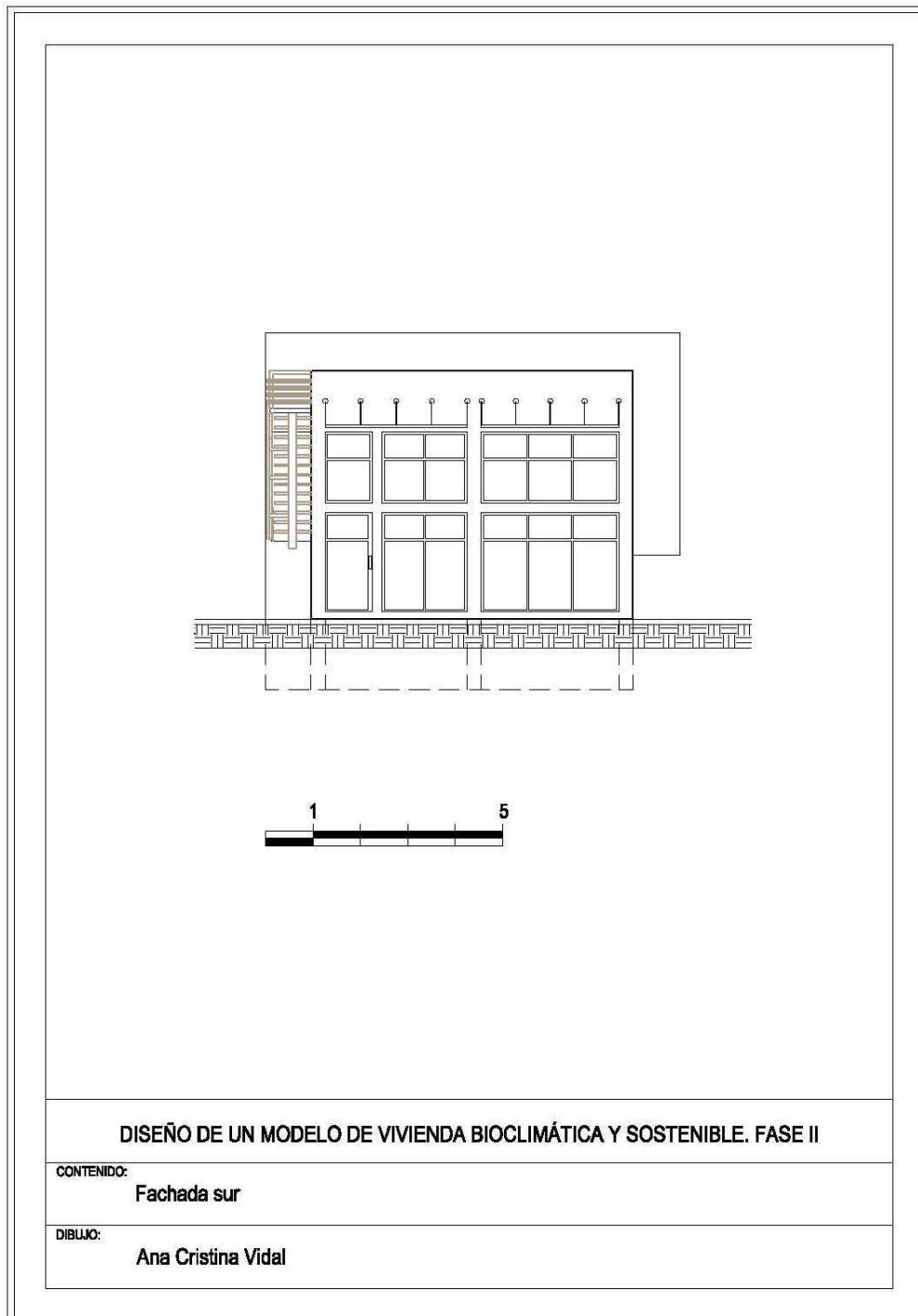
Nota. Elaboración propia.

Figura 31.

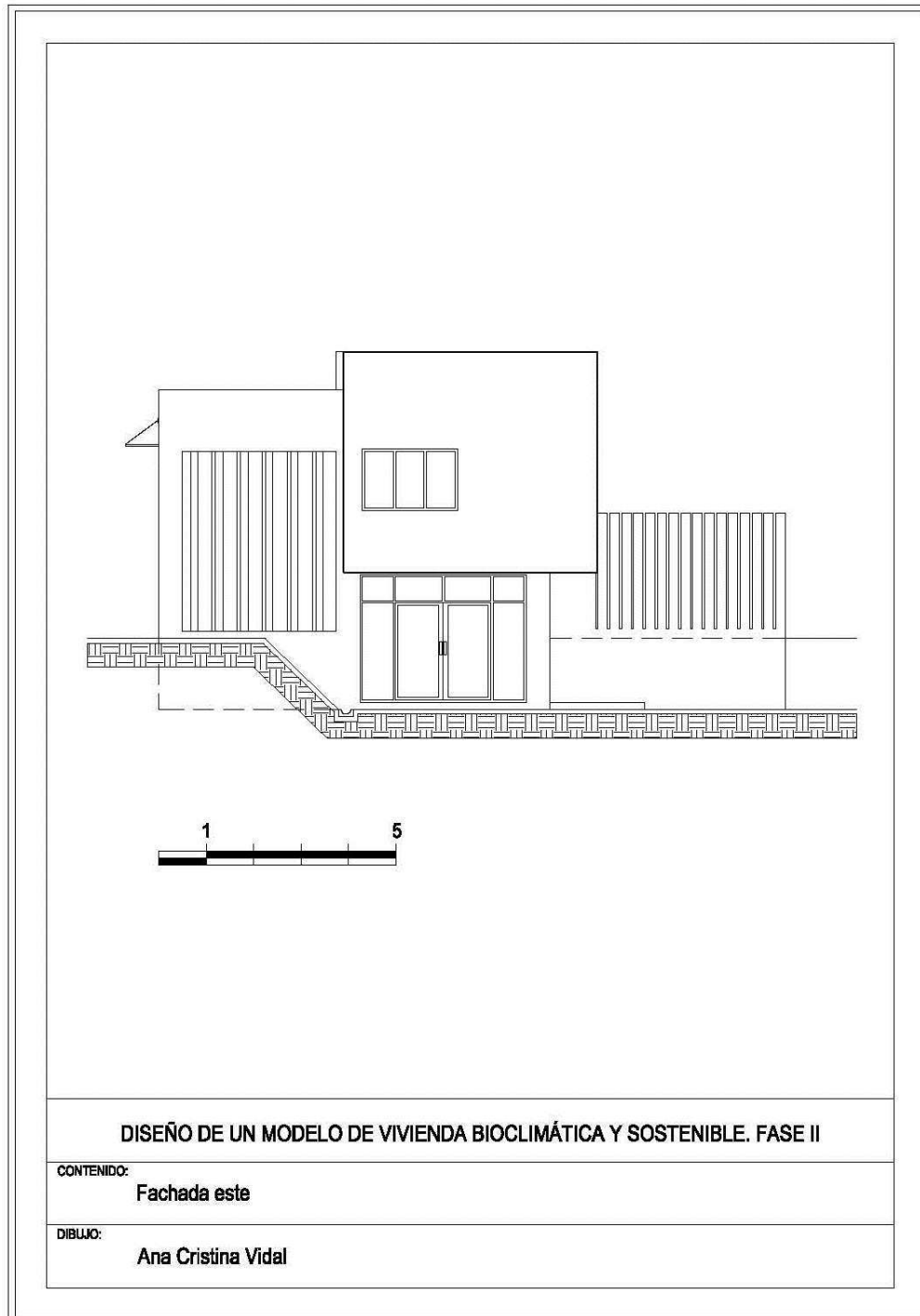
Planos arquitectónicos de la vivienda propuesta. Planta de techos



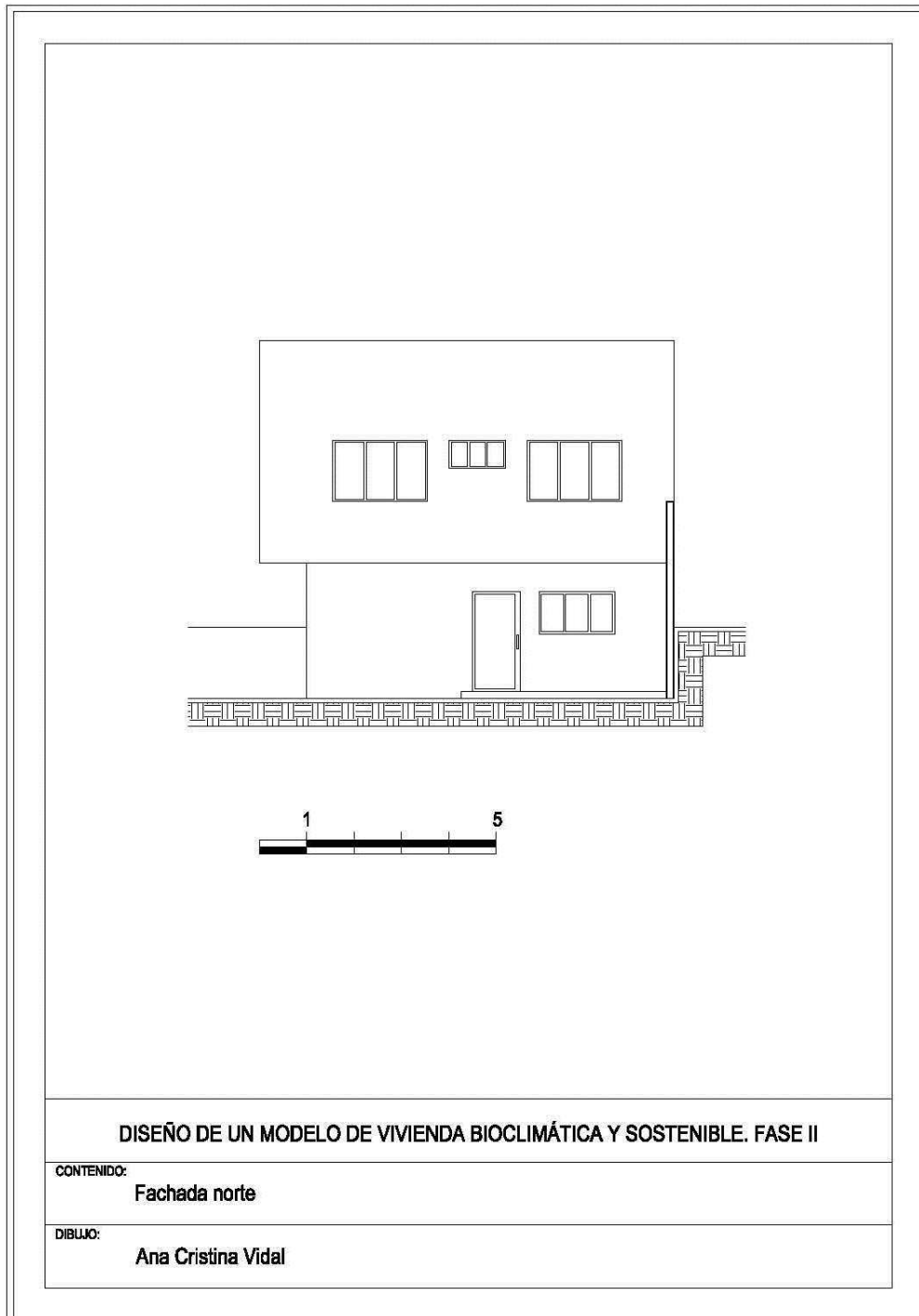
Nota. Elaboración propia.

Figura 32.***Fachada sur de la vivienda propuesta***

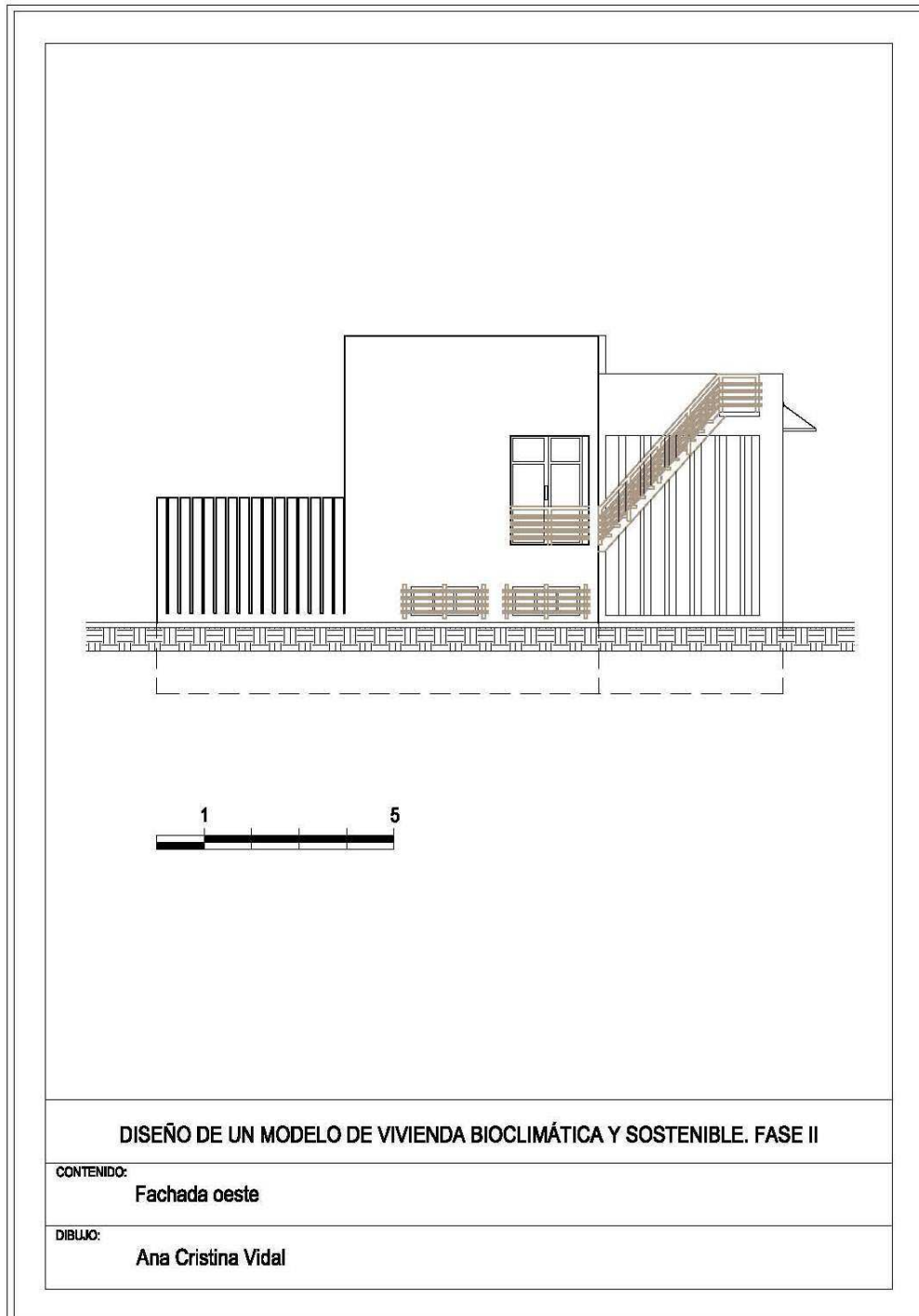
Nota. Elaboración propia.

Figura 33.***Fachada este de la vivienda propuesta***

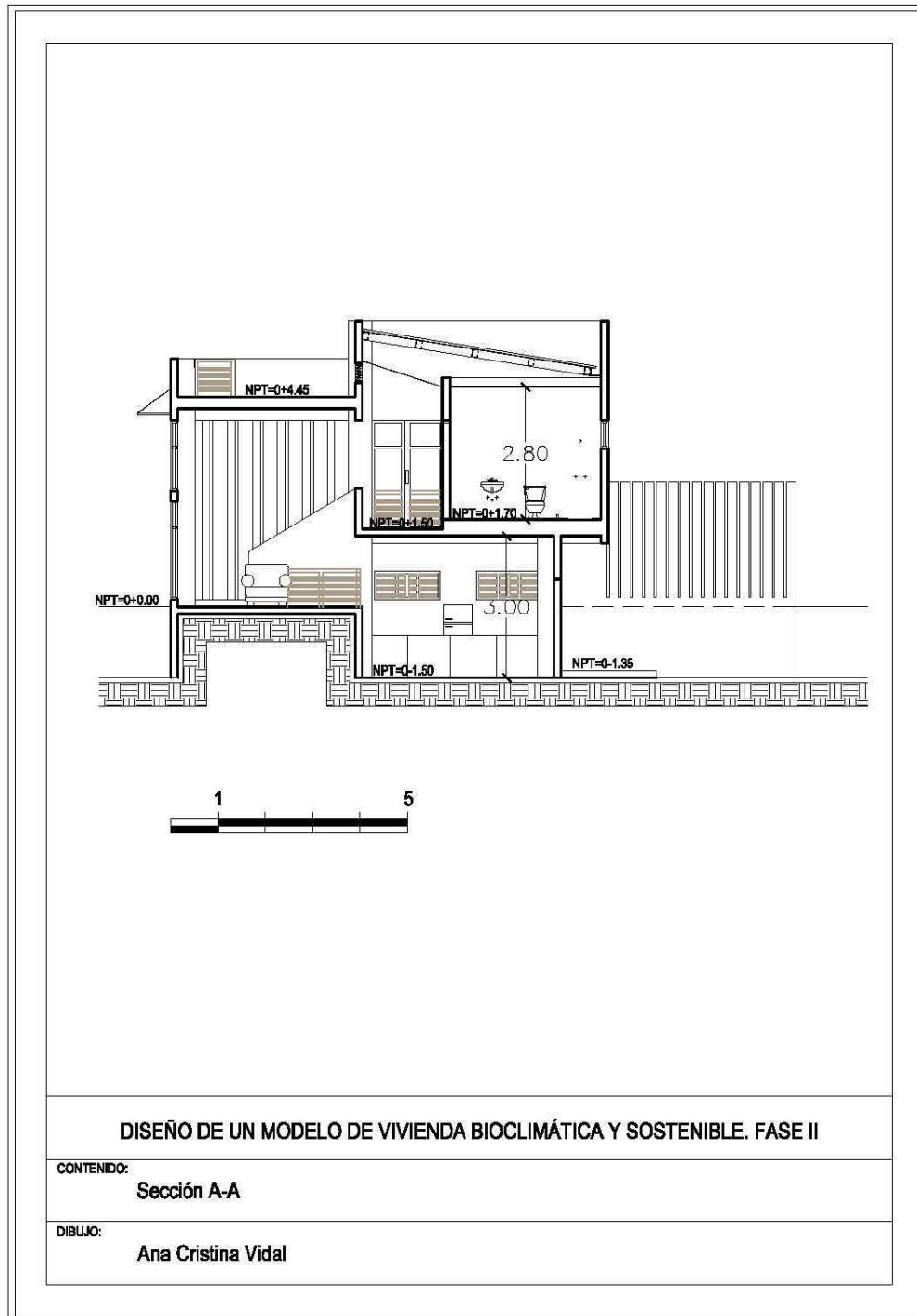
Nota. Elaboración propia.

Figura 34.***Fachada norte de la vivienda propuesta***

Nota. Elaboración propia.

Figura 35.***Fachada oeste de la vivienda propuesta***

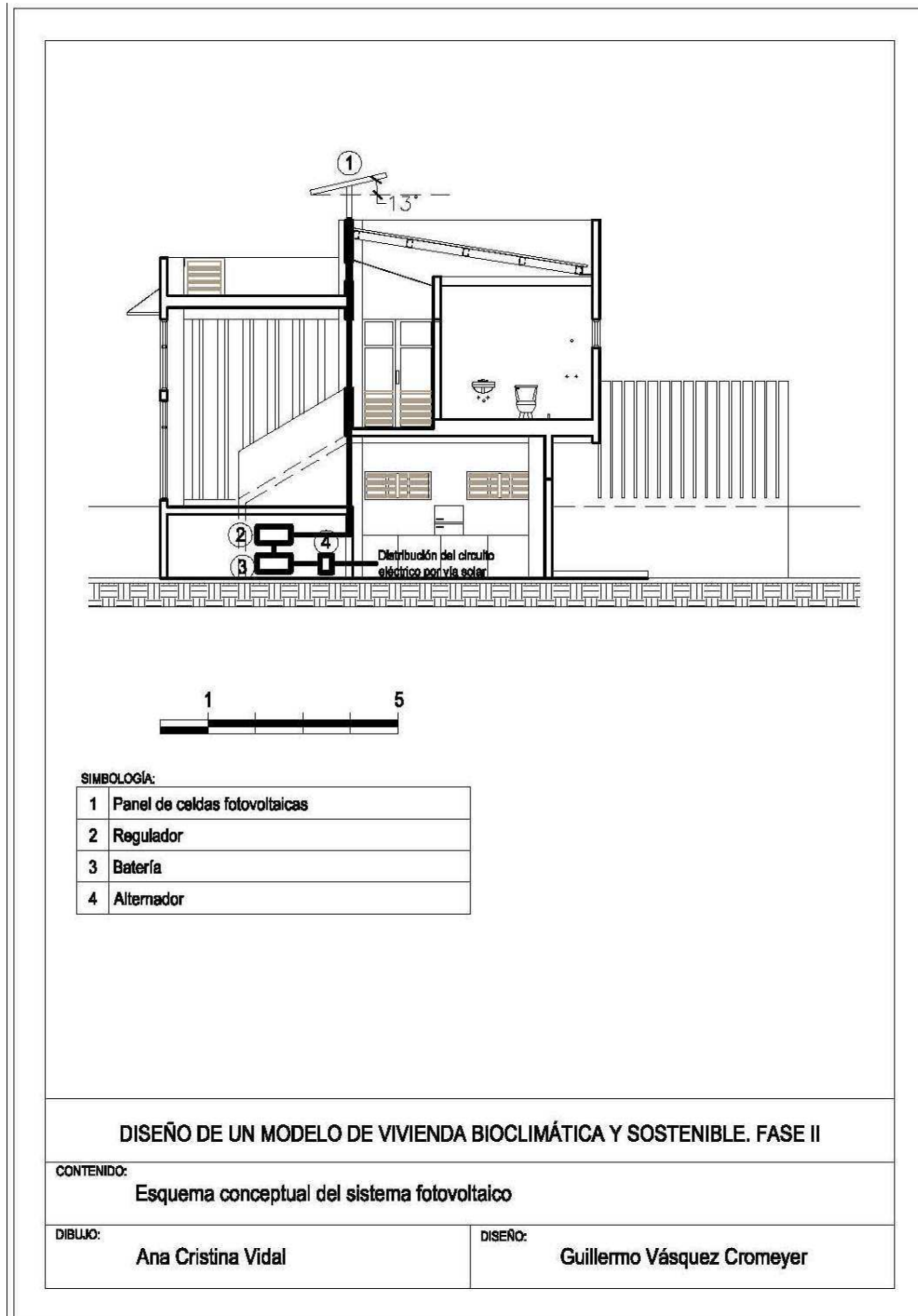
Nota. Elaboración propia.

Figura 36.***Sección de la vivienda propuesta***

Nota. Elaboración propia.

Figura 37.

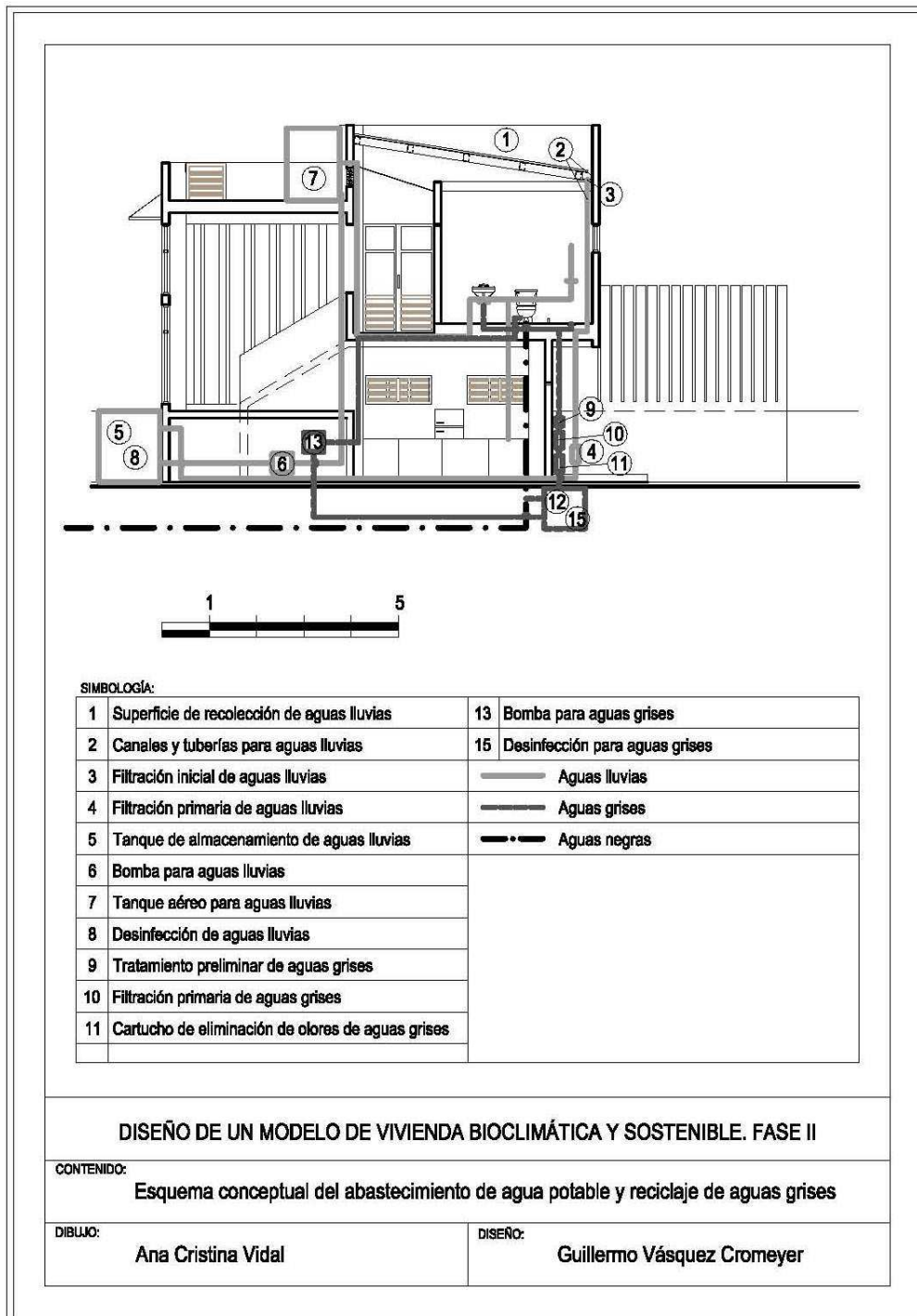
Esquema conceptual del sistema de celdas fotovoltaicas para la vivienda propuesta



Nota. Elaboración propia.

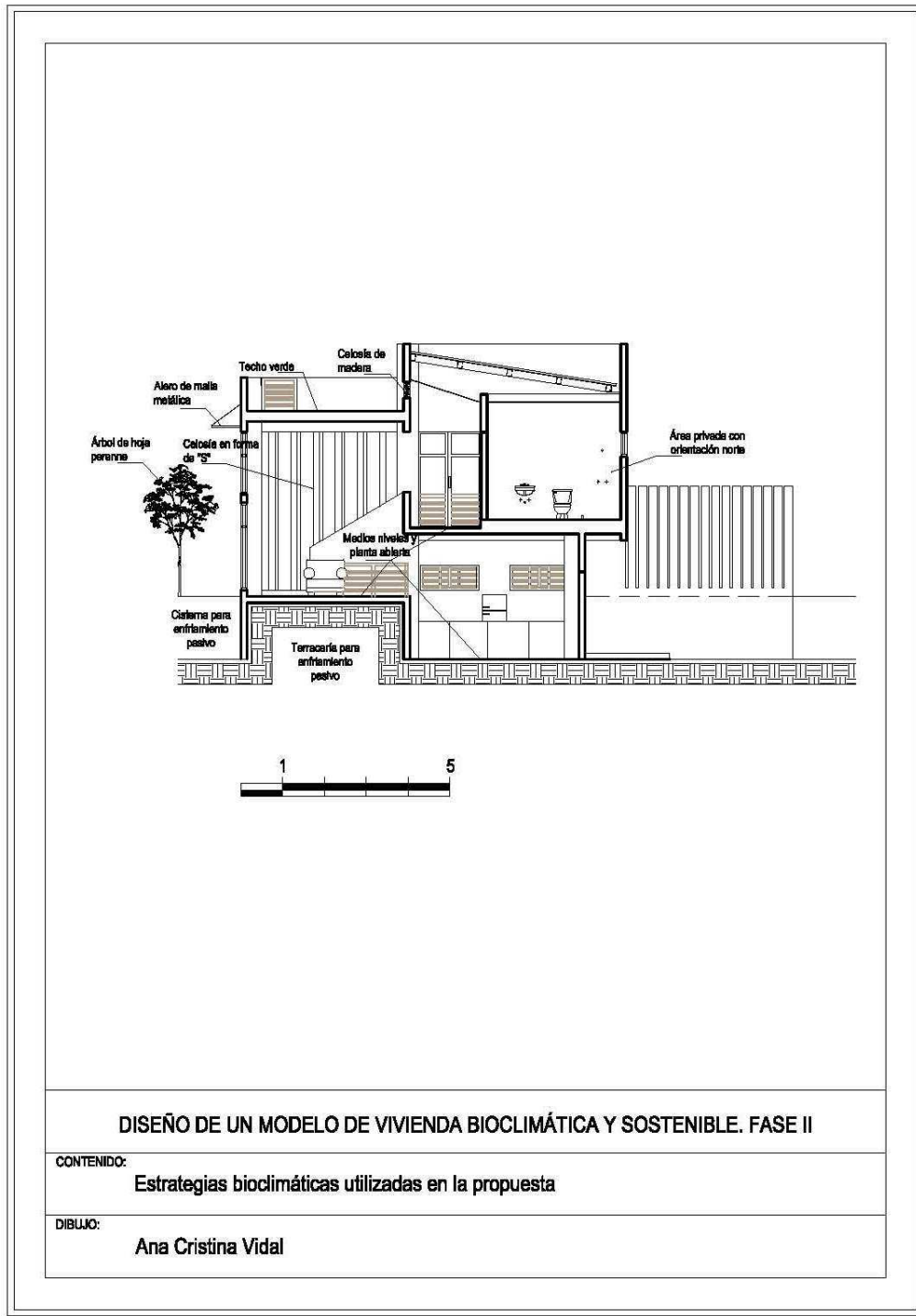
Figura 38.

Esquema conceptual del sistema de abastecimiento de aguas lluvias y reciclaje de aguas negras para la vivienda propuesta



Nota. Elaboración propia.

Figura 39

Estrategias bioclimáticas utilizadas en la vivienda propuesta

Nota. Elaboración propia.

Factibilidad de las estrategias propuestas

Fuentes alternativas de energía eléctrica

La energía solar es la menos aprovechada, aunque constituye una fuente inagotable, disponible, no contaminante y gratuita de energía. Además no es sujeto de presiones geopolíticas, como el petróleo (Deffis, 1989).

El Salvador cuenta con radiación solar abundante en la mayor parte del territorio, por lo que potenciar su aprovechamiento podría convertirse en una alternativa viable a los sistemas tradicionales de provisión de energía eléctrica.

Suministro de agua

De acuerdo con Bazant (2009), “la disponibilidad natural de agua es el resultado del balance entre la precipitación, la evapotranspiración, el escurrimiento superficial y la infiltración que recarga los acuíferos”. Esto también debe considerar las diferentes dinámicas del ciclo del agua conforme a las particularidades naturales y antrópicas de cada región de un país (precipitación en cada región geográfica, distribución poblacional, cuencas hidrográficas, porcentaje de suelos impermeabilizados, etc.), por lo que satisfacer las necesidades de este recurso para los distintos asentamientos puede implicar una mayor demanda de infraestructura y, por lo tanto, un traslado económico proporcional en el costo del servicio.

Tabla 24.

Disponibilidad natural de agua en El Salvador, 2005

Componente del ciclo hidrológico	Promedio anual (mm)	Porcentaje
Precipitación media	1.783.66	100,00
Evaporación de cuerpos de agua	29.99	1,69
Evapotranspiración real	1.009.95	56,67
Evaporación de áreas urbanas	4.15	0,23
Escurrecimiento superficial	573.00	32,56
Cambio de almacenamiento	170.07	8,85

Nota. Tomado de SNET, 2005. El cambio de almacenamiento representa el flujo subsuperficial que se genera en las cuencas, la recarga de los acuíferos y las variaciones de los cuerpos de agua.

Según datos del *Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador* (2005), es posible observar que casi el 60% del promedio de precipitaciones se pierde por evaporación, por lo que volver a la práctica del aprovechamiento directo de las aguas lluvias (ver tabla 13 de *Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible. Fase I*) podría ser una alternativa viable al servicio tradicional de abastecimiento de agua potable para satisfacer el abastecimiento de agua para determinadas actividades cotidianas.

Aguas residuales

De acuerdo con la *Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario* (2005), el agua residual es aquella que resulta de cualquier uso, proceso u operación de tipo agropecuario, doméstico, comercial e industrial. Según dicha norma, se clasifican en dos tipos, ordinario y especial. Las de tipo ordinario son producto del uso humano, o tienen un “origen doméstico”. Las de tipo especial son “producto de procesos agropecuarios, químicos, minerales, orgánicos, comerciales e industriales”.

Esta última definición puede resultar un poco ambigua si se toma en cuenta que los seres humanos realizan procesos orgánicos, por lo tanto, los productos de los usos humanos son de origen orgánico. Por otro lado, es necesario tomar en cuenta que, aunque no en igual magnitud a la del sector agrícola o industrial, por ejemplo, no existe ningún tipo de ejercicio de control que trascienda el nivel teórico de los productos o elementos que se vierten en los desagües domésticos, por lo que también puede ser posible encontrar vertidos químicos (de los abonos utilizados en las plantas o jardines) o cualquier otra sustancia (aceites, gasolina, cenizas, basura, cemento, plásticos, etc.) que resulte contaminante o que requiera de un tratamiento más complejo.

Por esta razón, parte importante de un tratamiento ecológico de las aguas residuales es el de implantar una nueva cultura en la que se distinga qué sustancias pueden utilizarse y verterse en el sistema hidráulico de disposición o tratamiento de aguas residuales de una vivienda.

Tabla 25.

Análisis de los recursos y servicios básicos tradicionales

Servicio básico domiciliario	Marco legal	Marco institucional	Fuente tradicional/actual	Impacto ambiental	Costo mensual
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de la República (1983) • Ley de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (1948) • Ley general de electricidad (1996) • Ley de constitución de servidumbres para las obras de electrificación nacional (1997) 	<ul style="list-style-type: none"> • Siget • Empresas distribuidoras del servicio • Dirección de energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Hidroeléctrica Geotérmica Térmica 	Desequilibrios en los niveles naturales del agua en las presas hidroeléctricas. Uso de combustibles fósiles.	\$0.207 (1)
Suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de la República (1983) • Código de salud • Ley de Anda • Normas técnicas para abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas negras (1998) • Norma técnica para la perforación de pozos profundos • Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental (2000) • Política de agua 	Anda	Sistema de abastecimiento domiciliario	Explotación de fuentes naturales de agua, con costos altos en la construcción de infraestructura.	\$0.319m ³ (2)
Disposición de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de la República (1983) • Código municipal • Código de salud • Ley de Anda • Normas técnicas para abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas negras (1998) • Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario (2004) • Reglamento especial de aguas residuales (2000) • Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental (2000) • Política de agua 	Anda MARN	Sistema de alcantarillado y aguas Superficiales	Contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea.	\$1.80 (2)

Nota .Elaboración propia. Tarifas de los meses finales del año 2011. (1) Costo de la distribuidora Caess, no incluye el cargo por distribución de \$8.99, tasa municipal por uso de poste \$0.15 ni cargo por comercialización de \$1.00. (2) Por consumo mensual de hasta 30 m³. Las tarifas diferenciadas varían entre \$0.21y \$1.960m³ por servicio de agua potable, y \$0.10 a \$5.00 por servicio de alcantarillado.

Tabla 26.

Análisis de los recursos y servicios básicos propuestos

Servicio básico domiciliario	Recurso	Estrategia propuesta	Usos recomendados	Impacto ambiental	Costo del recurso*
Electricidad	Luz solar	Mantenimiento de energía por medio de paneles fotovoltaicos	Luminarias, electrodomésticos pequeños	• Ayuda a reducir la demanda al servicio tradicional, produciendo un ahorro a los usuarios	\$0.00
Suministro de agua	Agua de lluvia	Almacenamiento de aguas pluviales	<ul style="list-style-type: none"> • Sin proceso de desinfección: riego, inodoro, limpieza general del hogar. • Con proceso de desinfección: duchas, lavamanos, cocinar, beber. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acorta el proceso de abastecimiento en comparación con la red nacional de abastecimiento, ahorrando recursos. • El agua no ha pasado por procesos de purificación que pueden dañar tuberías. • Sustituye parcialmente al servicio tradicional de abastecimiento, favoreciendo al ahorro familiar y conservación de los recursos hídricos, por lo que contribuye al equilibrio medioambiental. 	\$0.00
Disposición de aguas residuales	Aguas grises domésticas	Tratamiento doméstico de aguas grises para su reutilización	Riego, inodoro, limpieza general de hogar.	• Contribuye a hacer un uso más eficiente del recurso al reutilizar agua que no contiene un alto grado de residuos orgánicos.	\$0.00

Nota. Elaboración propia. *No incluye el costo de las instalaciones necesarias para su tratamiento/procesamiento, así como el costo de la provisión tradicional del servicio no incluye el de los materiales para su distribución dentro de la edificación.

Tabla 27.

Otras alternativas tecnológicas aplicables

Dispositivo o tecnología	Descripción	Componentes	Especificaciones técnicas
Sistemas relacionados a energía fotovoltaica			
Sistema de control de energía solar térmica en	Sistema de control con uncableado sencillo de soporte de la comunicación entre la unidad de control del sistema (central solar) y	<ul style="list-style-type: none"> • Central solar • Terminal solar • Sistema de comunicaciones 	• El sistema supone una red de comunicación soportada sobre tres hilos comunes a todos los elementos del sistema (central y terminales).

viviendas plurifamiliares	los elementos de control individuales ubicados en las viviendas (terminal solar).	(cableado) <ul style="list-style-type: none"> • Bomba de circulación • Vaso de expansión • Purgadores de aire • Válvulas de corte • Válvulas de equilibrado • Válvulas anti-retorno • Válvulas de vaciado • Válvulas de seguridad • Filtros 	<p>En cada planta se ubicaría un distribuidor de conexiones, todo ello formando una red de comunicaciones RS-485 o RJ-11.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe utilizarse una red longitudinal de cable trenzado 24AWG (cable telefónico) de tres hilos, (o cable apantallado de dos hilos). • La norma EIA-485 permite longitudes extremo a extremo (de terminación a terminación) de 1.200 metros y 32 terminales. Sin embargo en esta red se utilizan circuitos de interfaz con 1/4 de carga que permiten conectar hasta 256 terminales. <p>Por encima de estos valores, hay que utilizar repetidores ópticos aislados para crear redes separadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El conector estándar que se debe utilizar en los equipos (Centralita y Terminales solares) es el RJ11. • En cada planta se colocará una caja Terminal y un Multi RJ11 estándar de una entrada y cuatro salidas, o de cinco salidas.
Sistema de energía fotovoltaica para energizar viviendas	Este proyecto tiene como objetivo determinar la posibilidad de la generación de energía para la vivienda, mediante un panel fotovoltaico amarrado a un sistema de baterías y su regulación, en las cuales la energía fotovoltaica se convierte en el sustituto de la acometida de energía tradicional.	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles fotovoltaicos de silicio • Metraje de cable de cobre según el tamaño del modelo de vivienda • Focos ahorradores • Baterías • Sistema de regulación de voltaje • Conectores de energía categorizados como cargas de UPS • Cajas de fusibles 	<p>Este modelo plantea la generación de energía mediante la captación de la luminosidad solar, utilizando fotoceldas solares de silicio, suspendiendo de manera total o parcial la utilización de la acometida tradicional de energía eléctrica pública.</p> <p>La utilización de un modelo de captación de energía alternativa y la utilización de baterías asegura de manera eficiente el mantenimiento de una carga de energía de forma constante y suplir la necesidad de consumo familiar, además de que, mediante el módulo de regulación de carga, se asegura un consumo necesario y no sobrecargado de la energía suministrada, además del cuidado de los diferentes elementos conectados a la red de este proyecto.</p>
Sistemas relacionados al enfriamiento pasivo			
Enfriamiento radiativo	Este proyecto tiene como objetivo, en una primera etapa, evaluar el comportamiento térmico de un sistema basado en el	<ul style="list-style-type: none"> - Lámina metálica - Lámina de poliestireno 	El sistema radiativo utiliza un radiador metálico colocado sobre una losa prefabricada de concreto que se encuentra aislada por su

	aprovechamiento del enfriamiento radiativo nocturno	<ul style="list-style-type: none"> - Losa de concreto prefabricado - Extractor de aire eólico - Losas individuales como cielo falso móviles 	<p>parte superior con una lámina de poliestireno expandido. La lámina metálica de color blanco representa una buena protección solar para el techo, al tiempo que presenta una excelente propiedad emisiva en el espectro de onda larga. Se parte del criterio de crear un techo de concreto, aislado y “frío” sin utilización de partes móviles, a no ser por un pequeño extractor de aire que se utilizará para provocar la circulación de aire desde su ingreso.</p>
Enfriamiento evaporativo	<p>Es de utilización en el diseño de viviendas únicamente climatizadas por medios naturales. Provisto de un estanque de agua con la superficie libre, ventilado de manera natural y protegido de la bóveda celeste durante todo el día. En este caso, gracias a la ventilación natural continua, se aprovecha el enfriamiento evaporativo las 24 horas del día.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cubierta ligera aislada de alta reflectividad - Cubierta ligera de alta reflectividad de onda larga - Conductos de agua - Láminas de acero galvanizado - Extractor de aire - Láminas de polietileno - Vigas de concreto - Poliestireno expandido - Losas individuales como cielo falso móviles 	<p>Sistema pasivo de enfriamiento evaporativo indirecto (SPEEI), instalado en el techo de la zona de dormitorios (zona de menor generación de calor). En este sistema, el agua, expuesta a un flujo de aire, controlado con un pequeño extractor, reduce su temperatura hasta acercarse a la temperatura de bulbo húmedo (TBH) del ambiente durante las 24 horas del día. Una lámina metálica cubierta por una película de polietileno sirve de soporte al agua y permite una rápida transmisión del calor desde el interior de la habitación hacia el agua. El estanque de agua contempla una doble cubierta. La primera, consistente de un material plástico que limita el acceso de insectos, polvo y suciedad, al mismo tiempo que limita el ingreso del aire únicamente a través de los conductos de entrada debidamente protegidos con malla mosquitero. Sobre esta cubierta se encuentra otra liviana, aislante y reflectiva, que tiene como finalidad proteger del sol y de la lluvia el agua del estanque y el espacio interior.</p>
Enfriamiento convectivo	<p>En este proyecto se trata de monitorear las condiciones de ventilación diurna y nocturna, bajo condiciones de viento exterior y de calma, para evaluar la eficiencia de las estrategias de diseño manejadas en el proyecto y la performance del canal de ventilación implantado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Losas individuales móviles de forma lateral en una composición de celosías • Generadores de corriente de aire. 	<p>El enfriamiento convectivo (fisiológico y estructural), aplicación en climas calientes y húmedos como el nuestro. Estudios que contribuyan con el desarrollo de criterios de diseño y técnicas que favorezcan la ventilación natural y el enfriamiento convectivo</p>

como mecanismo inductor de movimiento del aire. Los criterios de máxima permeabilidad al viento en los cerramientos, creación de un patio central, disposición de un canal de ventilación, etc., utilizados en el diseño de la zona “generadora de calor”. Esto es, la cocina, comedor, salón familiar y el espacio de uso semipúblico son revisados en su efectividad para permitir la ventilación y mejorar las condiciones microclimáticas de la vivienda.

- Extractores de aire nocturno.
- Métodos y modelos constructivos

Nota. Elaboración propia con base en (Proat, 2006) y (González, 2002).

Bibliografía

- Arias, S. (2010). *Proceso de selección de las ecotecnologías en las comunidades rurales*. Obtenido de sitio web de la Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente: http://perusolar.org/17-spes-ponencias/12-CambioClimatico/AriasOrozcoSilvia/Arias_Orozco_Silvia.pdf
- Bazant, J. (2009). *Hacia un desarrollo urbano sustentable*. México, D.F.: Limusa.
- Comisión Nacional de Pobladores. (11 de noviembre de 2010). *Propuesta de Ley Especial de Vivienda de Interés Social*. San Salvador: Fundasal.
- Cruz, C. (2003). *Simulación solar*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas: <http://www.tapic.info/arquitectura.medioambiental/chiapas/documentos/simulacion%20solar.pdf>
- Da Casa Martín, F. (10 de julio de 2007). *El desarrollo de la arquitectura bioclimática en la Universidad de Alcalá*. Obtenido de sitio web de la Revista Digital Universitaria: http://www.revista.unam.mx/vol.8/num7/art55/jul_art55.pdf
- Deffis, A. (1989). *La casa ecológica autosuficiente para climas cálido y tropical*. México, D.F.: Editorial Concepto.
- El Paso Solar Energy Association. (2011). *Construyendo con adobe*. Recuperado el 6 de junio de 2011, de sitio web de El Paso Solar Energy Association: <http://www.epsea.org/esp/pdf2/adobe.pdf>
- Fuentes, V. (s.f.). *Geometría solar*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de Arquitectura bioclimática: http://arq-bioclimatica.com/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1:clima-cursos&Itemid=1
- García, J., & Fuentes, V. (2005). *Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico* (Tercera ed.). México D.F.: Trillas.
- García, L. (2009). Régimen de lluvia y caudales en El Salvador, su relación con la variabilidad climática (forzantes oceánicos-atmosféricos) para la construcción de mapas de amenazas por déficit o exceso de lluvias. *Tesis sometida a consideración de la Comisión del Programa de*

Estudios de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera para optar al grado de Magister Scientiae en Hidrología. San José, Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

García, L., Zimmermann, R., Soriano, L., Pérez, C., & Ayala, P. (s.f.). *Caracterización de condiciones meteorológicas en El Salvador*. Recuperado el 21 de mayo de 2011, de sitio web de Snet: <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00252/doc00252.htm>

González, E. (octubre de 2002). *Sobre el enfriamiento pasivo de edificaciones: proyectos en desarrollo en el IFAD-LUZ*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de sitio web de Red Iberoamericana de Refrigeración y Aire Acondicionado Solar: http://www.riraas.net/documentacion/CD_05/Sobre%20el%20EPE-proyectos%20en%20desarrollo.pdf

Holahan, C. (2005). *Psicología ambiental. Un enfoque general*. México, D.F.: Limusa.

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Fondo de Vivienda. (1976). *El módulo social de vivienda*. México, D.F.: ISSSTE.

Koppel, M. (2002). *Ambientes especiales con Feng Shui*. México: Alamah.

La Roche, P., Mustieles, F., & De Oteiza, I. (Octubre de 2006). *Vivienda bioclimática como dispositivo habitable*. Recuperado el 23 de marzo de 2011, de IAT Editorial On Line: <http://es.scribd.com/doc/7330117/Conforto-VIVIENDA-BIOCLIMATICA-COMO-DISPOSITIVO-HABITABLE-ARTIGO>

Lacomba, R. (2004). *Las casas vivas. Proyectos de arquitectura sustentable*. México D.F.: Editorial Trillas, S.A. de C.V.

López de Asiain, M. (27 de enero de 2003). Estrategias bioclimáticas en la arquitectura. *Diplomado internacional "Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas"*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas.

Max-Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. (1986). *Desarrollo a escala humana, una opción para el futuro*. Santiago: Cepaur.

Morillón, D. (febrero de 2003). Comportamiento bioclimático en la arquitectura. *Diplomado en Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas.

Olgay. (2002). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (Segunda ed.). Barcelona: Gustavo Gili.

Plazola Cisneros, A., & Plazola Anguiano, A. (1977). *Arquitectura habitacional*. México, D.F.: Limusa.

Plycem. (2009). *Guía de aplicaciones*. Recuperado el 25 de mayo de 2011, de sitio web de Plycem:

http://www.plycem.com/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=73&lang=es

Proat. (19 de mayo de 2006). *Sistema de control de energía solar térmica en viviendas plurifamiliares*. Recuperado el 14 de junio de 2011, de sitio web de Anpasol: <http://www.anpasol-energiasolar.com/main/default.aspx>

Ramírez, C., & Huete, R. (diciembre de 2008). *Evaluación de la ecoeficiencia constructiva de un prototipo de vivienda bioclimática desarrollada para el clima tropical cálido húmedo en Venezuela. "Análisis de los recursos materiales consumidos en la vivienda bioclimática VBP-1"*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de sitio web del Congreso Nacional del Medio Ambiente : http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/2699_LRam%EDrez.pdf

Rodríguez, M., Figueroa, A., Fuentes, V., Castorena, G., Huerta, V., García, J., y otros. (2005). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México, D.F.: Editorial Limusa.

Ros, R. (s.f.). *Laboratorio de astronomía: dentro y fuera*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de Relojes de sol en tierra de campos: <http://relojesdesolentierradecampos.org/images/a/a0/Taller.pdf>

Ruiz, L. (Marzo-Junio de 2006). *Viviendas bioclimáticas. Sistemas pasivos de captación de energía solar*. Recuperado el 10 de enero de 2011, de sitio web de Ecoconstrucción: <http://www.factoria3.com/documentos/viviendabioclimatica.pdf>

Sancho, F., Llinares, J., & Llopis, A. (2008). *Acústica arquitectónica y urbanística*. México, D.F.: Limusa.

Simancas, K. (15 de diciembre de 2003). Tesis doctoral: *Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo*. Barcelona, Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.

Sistema constructivo Covintec. (2010). Manual de instalación. San Salvador.

Turégano, J., Hernández, M., & García, F. (junio de 2003). *La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter*

pasivo. Recuperado el 6 de junio de 2011, de sitio web de Conarquitectura Ediciones:
<http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/08.pdf>

Unwin, R. (1902). *Cottage Plans and Common Sense*. Londres: The Fabian Society.

Vidal, A. (septiembre de 2007). Arquitectura vernácula habitacional en El Salvador: Identificación de tipologías según zonas climáticas. *Trabajo de graduación para optar al título de Arquitecta*. Antigua Cuscatlán: Universidad Albert Einstein.

Vitruvio Polión, M. (2006). *Los diez libros de la arquitectura* (Primera ed.). (J. Oliver Domingo, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.

Anexos

Comportamiento climático en El Salvador

El Salvador se encuentra ubicado entre las latitudes 13° 10' N y 14° 30' N, longitudes 87° 40' O y 90° 10' O.

Macroclima

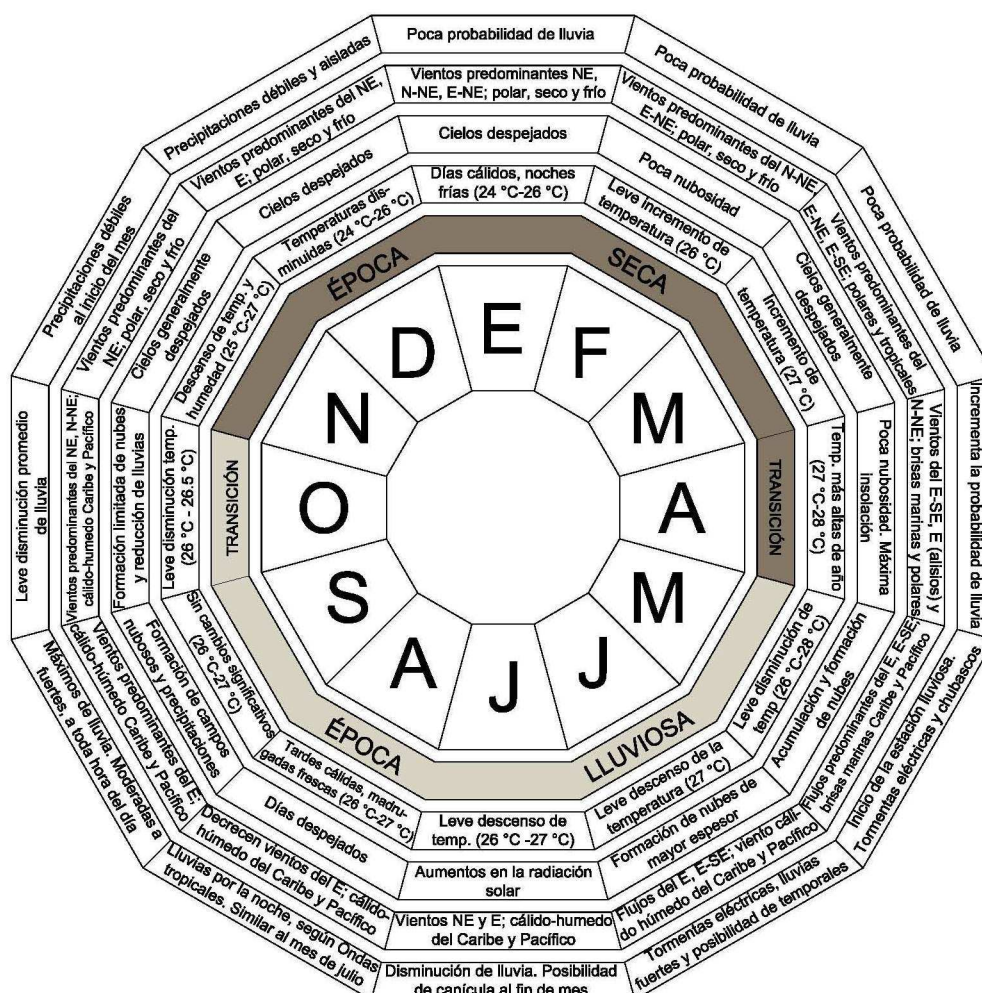
De acuerdo con García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala (s.f.), en El Salvador, los cambios de temperatura entre estaciones son pequeños. Sin embargo, situaciones que condicionan los elementos climáticos son los cambios en la posición e intensidad de los sistemas de masas de aire, que dan lugar al régimen de lluvias, o la situación orográfica, que eventualmente coloca al país en una posición ventajosa con respecto de la humedad proveniente del Caribe, disminuyendo así las lluvias en el territorio, en comparación con los países que tienen costas hacia el Caribe.

Se presenta un régimen de lluvia con una estación seca que generalmente comprende los meses entre noviembre y abril, donde marzo y abril son los meses más calurosos del año. Luego de este período, se presenta una estación lluviosa entre los meses de mayo a octubre, donde se experimenta una disminución en las precipitaciones entre los meses de julio y agosto, conocida como “canícula”. Los máximos de lluvias se dan en el mes de septiembre, y un segundo máximo en el mes de junio (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala y García, 2009).

La transición de la época lluviosa a la seca está definida por el ingreso de los vientos del norte, y dura un aproximado de tres semanas (García, 2009).

Figura A-1

Comportamiento climático en El Salvador de acuerdo a las estaciones del año



Nota. Elaboración propia con base en García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala (s.f.). Desde el centro hacia afuera: 1. Estación del año; 2. Temperatura: los datos de temperatura son promedios a escala nacional, por lo que no aplican para una región específica. Son únicamente un dato ilustrativo del comportamiento de la temperatura en el país a lo largo del año; 3. Radiación; 4. Vientos; 5. Precipitación.

Elementos climáticos

1. **Radiación solar.** De acuerdo con García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala (s.f.), los máximos de energía en El Salvador se registran el 16 de agosto y el 26 de abril, que es cuando el Sol para por el zenit.

2. *Humedad*. Los rangos más bajos de humedad (80-70%) se dan entre los meses de enero y abril, pero en los meses de mayo a inicios de diciembre, la humedad se incrementa hasta un 90%, en concordancia con la época de lluvia (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala, s.f.).
3. *Precipitación*. Las lluvias dispersas comienzan en el mes de abril, incrementando su intensidad y frecuencia en los meses de mayo y junio. En los meses de julio y agosto, se presenta una disminución en las lluvias, fenómeno conocido como “canícula”, que está asociado a los cambios en las circulaciones atmosféricas que se dan en gran parte de Mesoamérica (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala, s.f.).
4. *Viento*. Los vientos predominantes durante la mayor parte del año en Centroamérica son los vientos alisios del noreste, provenientes del mar Caribe. Sin embargo, el clima del país también puede ser afectado por los alisios del suroeste, provenientes del océano Pacífico. En los meses secos, los vientos cerca de la superficie vienen desde el noroeste, trayendo aire relativamente frío desde latitudes medias, que originan vientos con componente norte (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala, s.f.).
5. *Temperatura*. Los valores más altos de temperatura se presentan en el mes de abril, y los más bajos en los meses de noviembre, diciembre, enero y parte de febrero. En general, a un nivel de 500 msnm; y partiendo desde el mes de enero, la temperatura en el país aumenta a medida que pasan los meses. A partir de la segunda semana de febrero hasta el final del mes, la temperatura aumenta de manera pronunciada, al igual que en el mes de marzo. El resto del año, la variabilidad es baja (García, Zimmermann, Soriano, Pérez & Ayala, s.f.).

Es de suma importancia recalcar que en el país se observan diferencias climáticas debido a sus diversas características. El estudio del microclima es complementario al del macroclima, y sus distintas variables pueden dar como resultado particularidades territoriales que sería imposible generalizar.

Es importante recordar que el estudio de las condiciones climáticas requiere de la recolección de series de datos por períodos determinados.

Marco legal

En El Salvador no existe una normativa específica sobre las características térmicas o físicas en busca de los criterios de *confort* que deben tener las edificaciones, especialmente las de carácter habitacional. De hecho, la desactualización de la legislación salvadoreña¹ en general hace que ella se convierta en un instrumento obsoleto, poco funcional y descontextualizado, que muchas veces no está acorde a las necesidades poblacionales y tendencias de desarrollo, económicas, sociales, medioambientales, etc.

La tabla A-1 resume algunos de los instrumentos legales disponibles en El Salvador que están relacionados con los aspectos constructivos de vivienda, ordenamiento territorial, utilización de los recursos. Algunas de las leyes de provisión de servicios básicos se muestran en la tabla 25.

Tabla A-1.

Algunos instrumentos legales en el país acerca de la construcción de viviendas, ordenamiento territorial y conservación del medio ambiente

Instrumento jurídico	Año	Última reforma	Objetivo	Contenido
Constitución de la República	1983	2003	Hacer valer los derechos de las personas y sus obligaciones. Fomentar una sociedad organizada en la consecución de la justicia, implantar una base de normas o disposiciones para la seguridad jurídica, junto con la organización de un Estado soberano para el bien común, haciendo valer los fundamentos de la convivencia humana, respeto a la dignidad de la persona y la construcción de una sociedad más justa.	<ul style="list-style-type: none"> • Art. 2: Derecho a la vida, a la integridad física y moral, a la libertad, a la seguridad, al trabajo, a la propiedad y posesión. Se garantiza el derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y a la propia imagen. • Art 119: Se declara de interés social la construcción de viviendas. El Estado procurará que el mayor número de familias salvadoreñas sean propietarias de su vivienda.
Ley de medio ambiente	1998	-	Desarrollar las disposiciones de la Constitución, que se refiere a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones, así como también normar la gestión	Política nacional de medio ambiente y sus instrumentos, conceptos y definiciones básicas, institucionalidad, disposiciones sobre la dimensión ambiental en los planes de desarrollo y ordenamiento del territorio; sistema de evaluación ambiental, prevención y control de la contaminación; establecimiento

¹Por ejemplo, la Ley de Urbanismo y Construcción data de 1951, y fue reformada por última vez en 1991.

			ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados y convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.	de normas técnicas de calidad ambiental, protección de los recursos, prevención y mitigación; disposiciones para el aprovechamiento sostenible de los recursos renovables.
Ley de urbanismo y construcción	1951	1991	Regula la institución gubernamental encargada de la elaboración, aprobación y ejecución de planes de desarrollo urbano y rural en forma conjunta con las municipalidades.	Disposiciones para la regulación de las urbanizaciones y ordenamiento ante el incremento poblacional en las urbanizaciones.
Ley de desarrollo y ordenamiento territorial del área metropolitana de San Salvador y de los municipios aledaños	1994	2009	Regular el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano y rural del área metropolitana de San Salvador y municipios aledaños mediante el mejor aprovechamiento de las distintas zonas y la plena utilización de los instrumentos de planeación.	<ul style="list-style-type: none"> • Art 6: Comprende el marco institucional que define los organismos responsables de la planificación, coordinación y control del desarrollo territorial; el marco técnico que define el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del AMSS, con su esquema director y planes sectoriales, así como las normas técnicas para el manejo del medio ambiente; el control del desarrollo urbano y de las construcciones, que define reglas para la obtención de permisos de parcelación y construcción, inspección y recepción de obras, así como el señalamiento de la competencia y responsabilidades en las actuaciones relacionadas con la ejecución de los planes y de los proyectos. Su límite de acción es el AMSS.
Reglamento de emergencia de diseño sísmico	1989	-	Establecer requisitos mínimos que regirán el diseño sísmico de las nuevas construcciones, así como el de las reparaciones de aquellas que hayan sido dañadas por un sismo.	Establece un carácter transitorio mientras se elabora el reglamento de diseño sísmico definitivo, que aún no existe. Contiene las normas de diseño antisísmicas mínimas para la construcción y reparación de edificaciones dañadas por sismos.

Nota. Elaboración propia.

Recomendaciones a la legislación

La normativa del país relacionada con la construcción, específicamente de viviendas y de eficiencia energética, no se encuentra actualizada o es inexistente. A partir de una revisión, incluso superficial, de los instrumentos legales disponibles en el país, es posible concluir que las

estrategias bioclimáticas no tienen un respaldo legal. Aunque esto no quita el hecho de que las posibilidades, en cuanto a respuestas bioclimáticas, no se limitan. Es más difícil que estas puedan difundirse y aplicarse en ámbitos fuera del privado, mientras no exista una legislación que contextualice las construcciones al medio en el que se emplazan.

Aunque la Ley de Medio Ambiente sí contempla el uso racional de los recursos naturales renovables, cabe mencionar que muchas de las disposiciones de dicha ley aún no se han establecido ni han sido apropiadas en su totalidad por la ciudadanía e instituciones públicas y privadas, lo que puede ser una de las razones por las que las tecnologías que aprovechan estos recursos no se practiquen ampliamente en el país.

Por lo tanto, se hace necesario sugerir:

1. La actualización, ampliación y divulgación de instrumentos que regulen la industria de la construcción, fundamentada en un enfoque integral (social, económico, político, ambiental y cultural), así como la ampliación de sus ámbitos territoriales de actuación, que sobrepase las ordenanzas municipales.
2. La creación de una normativa que establezca disposiciones para la construcción bioclimática, con base en estudios científicos contextualizados con el país y con el apoyo de instituciones como el SNET.
3. El fortalecimiento de la normativa y la institucionalidad ya existente, con miras a fomentar, regular y priorizar las construcciones hechas con materiales amigables con el medio ambiente.
4. El fomento al estudio científico e innovación en las construcciones hechas con materiales vernáculos que ya están adaptados al medio en el país, en lugar de fomentar el uso de materiales y técnicas constructivas extranjeras.
5. La creación de una normativa e institucionalidad que fomente el reciclaje de materiales para fomentar en la población una cultura viable de reciclaje.
6. La consideración de criterios de optimización energética en todo tipo de construcción en todos los ámbitos y en todos los sectores.
7. El establecimiento y autorización de venta de materiales, aparatos y dispositivos que cumplan con un rendimiento energético mínimo.

Vivienda de interés social

El Salvador carece de una legislación aprobada para la vivienda de interés social en cuanto a elemento conceptual se refiere. Se habla de su financiamiento, se cuenta con la institucionalidad financiera y constructora, y sin embargo el derecho a tener vivienda no está al alcance de todos debido a las políticas restrictivas. Esto se ve materializado en las cifras de déficit habitacional cuantitativo y cualitativo.

El artículo 119 de la Constitución de la República “declara de interés social la construcción de viviendas”, adjudicando al Estado la competencia de asegurarse de que la mayoría posible de familias salvadoreñas sean propietarias de su vivienda. También son de interés social la alfabetización (Art. 59) y la protección, conservación y aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales (Art. 117).

Ante esta situación, ha surgido una propuesta de ley especial para el sector de la vivienda de interés social que, con base en el reconocimiento de que la vivienda es un derecho humano fundamental, busca la sostenibilidad de una política de vivienda sustentada en un marco legal y el apoyo del Estado por medio de la dedicación un porcentaje del Presupuesto General de la Nación (2%) y el establecimiento de los mecanismo necesarios para que las familias de escasos recursos tengan garantizado el acceso al suelo (Comisión Nacional de Pobladores, 2010).

Dicha propuesta de ley se fundamenta en los principios de que es un derecho humano el poseer una vivienda adecuada; que las instituciones públicas deben contribuir al acceso a la vivienda de las familias de escasos recursos; reconoce el derecho tanto al hábitat rural como a la ciudad, la producción social del hábitat, así como su progresividad y el uso racional del suelo urbano.

La propuesta de ley, entonces, define a la vivienda de interés social como “aquella destinada a las familias de bajos ingresos de las áreas urbanas y rurales, cuyos ingresos familiares mensuales sean inferiores o iguales al monto de cuatro salarios mínimos para el comercio y la industria” (Comisión Nacional de Pobladores, 2010).

Como características de la vivienda de interés social se mencionan la seguridad, salubridad, higiene, comodidad, y el mínimo cumplimiento de las siguientes condiciones:

- a. Debe de estar ubicada en zonas consideradas como habitables.

- b. No debe promover el hacinamiento y la promiscuidad, contando con el número de dormitorios necesarios de acuerdo con las características del grupo familiar, así como un área mínima que se establecerá en la respectiva reglamentación.
- c. Debe contar con espacios adecuados para el desarrollo humano y la convivencia familiar, tales como espacio de usos de convivencia múltiples, preparación de alimentos e higiene familiar.
- d. Los materiales con los que esté construida deben de garantizar la seguridad estructural, la impermeabilidad y el aislamiento térmico y acústico necesarios.
- e. Contar con iluminación y ventilación natural adecuadas en todos sus espacios, y sus dimensiones, tanto en planta como en altura, deben favorecer un adecuado comportamiento térmico.
- f. Debe contar con los servicios básicos de agua potable, drenaje de aguas lluvias, evacuación de aguas negras y residuales, y energía eléctrica de acuerdo con la reglamentación pertinente.
- g. Debe tener acceso, tanto peatonal como vehicular, y encontrarse cerca de servicios urbanos y sociales mínimos necesarios.

La propuesta de ley, a su vez, plantea que las posibilidades de acceso a la vivienda son múltiples; el régimen de tenencia puede ser individual o colectivo, y pueden autoconstruirse, comprarse, arrendarse o mejorarse las ya existentes.

Antecedentes de la vivienda de interés social

El desarrollo de teorías y propuestas de vivienda y urbanizaciones para responder a la demanda de la creciente población urbana tiene sus orígenes en Europa a principios del siglo XIX, con Ebenezer Howard, en Inglaterra, y Le Corbusier, en Francia. Sin embargo, estos planteamientos pertenecían más bien a corrientes de pensamiento que no tenían base en teorías psicosociales, por lo que no tuvieron mucho éxito en sus contextos. Mucho menos lo tendrían fuera de él (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Fondo de Vivienda, 1976).

El ser humano siempre ha necesitado de la protección de los elementos y de tener una sensación de seguridad y resguardo. Además, el entorno modificado y construido es la materialización de las decisiones políticas, económicas, sociales y culturales de determinado

grupo social. Por ello, es lógico pensar que la vivienda en sí ha evolucionado, adaptándose—posiblemente de una manera paulatina y progresiva—a las necesidades—básicas y socialmente construidas—de quienes la habitan.

Por otro lado, las mismas decisiones políticas, económicas, sociales y culturales de los grupos sociales determinan, incrementan o reducen la existencia de desequilibrios territoriales, que se materializan, a su vez, en la pobreza y sus distintas manifestaciones físicas, psicológicas y sociales. Estos desequilibrios conllevan a la exclusión, que según varios teóricos se manifiestan en la violencia e inseguridad social, generando círculos viciosos o mayores situaciones de exclusión.

El Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Fondo de Vivienda (ISSSTE) propuso en 1976 un módulo de vivienda que se basa en modelos teóricos psicosociales, para dar un producto con las siguientes características:

1. Es un hábitat “humanizante”, que le da a sus habitantes los elementos necesarios para satisfacer sus necesidades sociales.
2. Propicia seguridad, identidad e interacción social de sus habitantes.
3. Sus dimensiones permiten la identificación mutua, participación eficiente y organización social de sus habitantes.
4. Se integra al medio urbano de forma armónica.
5. Posee un equipamiento urbano adecuado para satisfacer las necesidades sociales de sus habitantes cuando este no es proporcionado por el entorno urbano.
6. Permite el desarrollo personal, familiar y comunitario.

De esta forma, y con base en teorías desarrolladas por John Turner para el análisis habitacional en algunos países latinoamericanos, el medio habitacional debe proporcionar calidad, accesibilidad física y tenencia segura, al tiempo que satisface las necesidades de identidad (organización cívica, plazas, festejos, culto religioso, señalamientos, información, comunicación), seguridad (vigilancia, salud pública, eliminación de basura, circulación peatonal, estacionamientos y protección contra incendios), y de estímulos y oportunidades (escuelas, áreas deportivas, descanso público, jardines, juegos infantiles, transporte, comercios).

Con base en la premisa de que la configuración espacial puede influenciar a las conductas humanas, parte importante de una solución de vivienda social debe de incluir, tanto en la unidad habitacional como en el conjunto, un estudio de las siguientes variables contextualizadoras

(Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Fondo de Vivienda, 1976):

1. Variables de tipo psicológico; como por ejemplo, la percepción ambiental,² conocimiento ambiental,³ y actitudes con respecto al ambiente.⁴
2. Variables de tipo social, es decir, análisis de la organización de los grupos humanos.
3. Variables de tipo cultural, que incluyen las creencias, valores, costumbres, normas, etc.

Si esto es así, los habitantes de esos espacios pueden sentirse cómodos dentro del ambiente, desenvolverse adecuadamente y socializar, así como apropiarse de su espacio en una manera positiva, generando al mismo tiempo un sentido de comunidad, que puede contribuir a reforzar valores.

Este análisis implica, como para todo diseño, de un esquema metodológico que permita seguir los lineamientos necesarios para contextualizar la respuesta de diseño a los habitantes.

El esquema metodológico propuesto por el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Fondo de Vivienda(1976) consiste en las siguientes etapas:

1. Recolección de información
 - a. Características socioeconómicas y culturales de la población
 - i. Vivienda: ubicación, especificaciones, uso y distribución de los espacios, materiales.
 - ii. Familia: composición, edades, ocupación, ingresos y gastos, costumbres y comportamientos.

² Proceso de conocer el ambiente físico inmediato a través de los sentidos. Proporciona la información básica que determina las ideas que el individuo se forma del ambiente, así como sus actitudes hacia él. A partir de esas ideas y conocimientos, surge una serie de expectativas con respecto al ambiente de que se trata y estas modelan la percepción (Holahan, 2005).

³ Comprende el almacenamiento, la organización, la reconstrucción y la evocación de imágenes de las características ambientales que no están a la vista en el momento, es decir, la creación de mapas mentales o cognoscitivos que cada individuo relaciona con un ambiente específico, como una ciudad, un edificio, etc. Este conocimiento del ambiente se trata de un proceso complejo y activo que incluye tanto información visual como no visual (Holahan, 2005).

⁴ Sentimientos favorables o desfavorables que las personas tienen hacia las características del ambiente físico (Holahan, 2005).

- iii. Comunidad: características etáreas y composición por sexo, actividades sociales, culturales y de ocio colectivas, relaciones entre vecinos, actitudes hacia el espacio colectivo, nivel educativo, prácticas religiosas, etc.
 - b. Aspectos urbanísticos donde se ubicará el proyecto
 - i. Ubicación en relación con la ciudad y con los servicios urbanos, uso de tierras, densidades poblacionales, equipamiento, vialidad, transporte, etc.
 - ii. Características particulares del terreno.
2. Análisis de la información
- a. Establecimiento de necesidades de la comunidad en cuanto a infraestructura social, en relación con la cantidad de usuarios y las necesidades de identidad, seguridad y estímulos y oportunidades.
 - b. Identificación de las limitaciones económicas de acuerdo con el nivel de ingresos de la población y el sistema de financiamiento.
 - c. Identificación de la infraestructura social existente en el sistema para evitar la duplicidad.
3. Caracterización de los subsistemas de la infraestructura social con base en el marco legal existente.

Tecnologías aplicables a la vivienda de interés social

Una alternativa a la tecnología tradicional es la ecotecnología, que incorpora conocimientos ambientales y culturales que por lo general son subestimados por la tecnología y el diseño tradicionales. Por esta razón, se encuentra referida a un lugar y tiempo determinado, o a un conjunto de lugares y situaciones que comparten una serie de características (Arias, 2010).

A fin de identificar la tecnología apropiada para el contexto, es necesario identificar en primer lugar un conjunto de técnicas alternativas, que deben ser examinadas sistemáticamente para determinar si realmente podrán insertarse en los sistemas reales de producción y dar resultados satisfactorios. Este examen de las tecnologías adecuadas debe tomar en cuenta el desarrollo económico del sitio, la participación de la colectividad y la calidad del hábitat humano (Arias, 2010).

De acuerdo con la autora antes citada, la revisión, especificación y ponderación de las condiciones propias de cada lugar, de ciertos criterios generales propuestos, debe de hacerse con un enfoque territorial y político. Entre ellos están:

1. Satisfacción de necesidades básicas
2. Desarrollo y utilización de recursos locales.
3. Desarrollo de la sociedad en su conjunto.
4. Impacto de las tecnologías en el aspecto cultural.
5. Impacto de las tecnologías sobre las personas.
6. Conservación y desarrollo del medio ambiente.

Dentro de estos criterios generales se incluye también una serie de criterios particulares que se relacionan con la adaptación geográfica de las tecnologías, el *confort* térmico, la utilización de materiales locales, análisis de los efectos sobre el ecosistema local, el efecto sobre las culturas locales, la participación de la comunidad, posibilidades de ampliación y mejoramiento y la viabilidad financiera.

Al incorporar los productos tecnológicos en las unidades y conjuntos habitacionales, el aspecto bioclimático y vernáculo es de suma importancia, pues son la materialización de la adaptación al entorno y al medio ambiente sociocultural.

En América Latina, la innovación tecnológica se ha presentado en la producción de nuevos materiales de construcción, más que en los procedimientos constructivos en sí (Arias, 2010). Esto ha conllevado a una descontextualización, contenida en un marco globalizado que contribuye a la transculturación y desterritorialización de las sociedades, dando como resultado la pérdida de la identidad. El mismo principio podría aplicarse a la solución de dotación de servicios, tales como el abastecimiento de agua potable, aprovechamiento de desechos, obtención de gas y reciclaje de aguas negras y grises.

Presupuesto preliminar aproximado de la propuesta de vivienda

No.	Partida	Costo total
1	Obras preliminares	\$ 276.95
2	Cimentaciones	\$ 2,857.12
3	Fundaciones	\$ 1,765.43
4	Columnas	\$ 3,157.55
5	Paredes	\$ 13,768.37
6	Entrepisos	\$ 2,306.90
7	Techos	\$ 2,776.43
8	Instalaciones hidráulicas	\$ 571.43
9	Instalaciones eléctricas	\$ 2,026.87
10	Piso	\$ 2,244.36
11	Puertas	\$ 529.20
12	Ventanas	\$ 5,726.10
13	Aparatos y equipos sanitarios	\$ 470.22
14	Estructuras metálicas	\$ 1,096.71
15	Jardines	\$ 543.78
TOTAL		\$ 40,117.42

Nota. Elaboración propia. Se considera un terreno de 202.33 m², costo no incluido debido la variabilidad de precios. Costo aproximado por m² de construcción: \$ 343.71, variará de acuerdo con las condiciones, características, ubicación y topografía del terreno; tipo de suelo; material seleccionado para las paredes, que determinará además el sistema estructural; tipo de vidrio para las ventanas; tipo de acabados seleccionados; transporte de materiales y otros factores exógenos. No incluye los costos de las tecnologías para el suministro alternativo de energía eléctrica, suministro de agua y reciclaje de aguas residuales (ver tablas 7, 8 y 9). Es necesario tener una ubicación y condicionantes específicas determinadas para establecer un presupuesto definitivo.