

DISEÑO DE CASA BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE. EN ASOCIO CON COLLEGE OF THE CANYONS, SANTA CLARITA, CALIFORNIA, USA Y HÁBITAT PARA LA HUMANIDAD

Eva Margarita Pineda Luna

Arquitecta, Docente Investigadora, Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central.
Correo electrónico: eva.pineda@itca.edu.sv

David Ernesto Chávez Escalante

Técnico en Ingeniería Civil. Docente Coinvestigador de la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central. Correo electrónico: dchavez@itca.edu.sv

Recibido: 26/04/2023 - Aceptado: 25/07/2023

Resumen

Como resultado del proyecto de investigación ejecutado por la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura en asocio con el College of the Canyons y Hábitat para la Humanidad El Salvador, se diseñó una propuesta de vivienda sostenible que incluye planos arquitectónicos y de construcción, así como sistemas de captación de aguas lluvia, tratamiento de aguas negras y grises y un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica. En el diseño se destacan las características principales de una vivienda bioclimática sostenible, tales como la orientación, la forma, techo verde, los materiales de construcción, la ventilación, el aislamiento térmico, la iluminación natural y el uso de energías renovables. El diseño de la vivienda es de 72.00 m² para albergar una familia de 6 miembros. Dispone de tres dormitorios, baño y medio, servicios sanitarios, áreas de convivencia familiar, corredores exteriores y espacio para equipos de energía renovable. Cada espacio interior cuenta con ventilación cruzada para proporcionar un mejor confort; la sala tiene ventilación natural interna a través del efecto chimenea. La capa de vegetación colocada sobre el techo sirve como aislante térmico. Este diseño contribuirá al cuidado del medio ambiente y a la reducción del impacto ambiental.

Palabras clave

Arquitectura sostenible, arquitectura bioclimática, medio ambiente, diseño bioclimático, construcción sostenible, energías renovables, desarrollo sostenible, eficiencia hídrica.

SUSTAINABLE BIOCLIMATIC HOUSE DESIGN. IN COLLABORATION WITH COLLEGE OF THE CANYONS, SANTA CLARITA, CALIFORNIA, USA, AND HÁBITAT PARA LA HUMANIDAD

Abstract

As a result of the research project conducted by the Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura in collaboration with College of the Canyons and Hábitat para la Humanidad El Salvador, a sustainable housing proposal was designed. The proposal includes architectural and construction plans, as well as rainwater collection systems, black and gray water treatment, and a photovoltaic system for electricity generation. The design highlights the main features of a sustainable bioclimatic house, such as orientation, shape, green roof, construction materials, ventilation, thermal insulation, natural lighting, and the use of renewable energy. The housing design is 72 m², intended to accommodate a family of 6 members. It has three bedrooms, one and a half bathrooms, restrooms, family living areas, outdoor corridors, and space for renewable energy equipment. Each interior space incorporates cross-ventilation to provide better comfort, and the living room has internal natural ventilation through the chimney effect. The layer of vegetation placed on the roof serves as thermal insulation. This design will contribute to environmental conservation and the reduction of environmental impact.

Keyword

Sustainable architecture, bioclimatic architecture, environment, bioclimatic design, sustainable construction, renewable energy, sustainable development, water efficiency.

Introducción

La presente investigación muestra el diseño de viviendas bioclimáticas autosostenible teniendo en cuenta la relación con el clima y el entorno, con el objetivo de maximizar la eficiencia energética y minimizar su impacto ambiental.

Las viviendas en El Salvador en su mayoría son construidas con materiales tradicionales, pero las personas de bajas condiciones económicas no poseen una vivienda digna construida con materiales que garanticen su resistencia y confort ante condiciones ambientales. [1]

Este proyecto de investigación hace énfasis en la comodidad interior del diseño residencial, la seguridad estructural, la larga vida útil, bajo mantenimiento, condiciones de confort y auto sostenibilidad. El proyecto proporciona soluciones climáticas cercanas a la realidad considerando el sitio seleccionado.

Se generó una propuesta de vivienda bioclimática amigable con el medio ambiente que cumpla con las necesidades de las familias; se aprovecha al máximo las condiciones ambientales que rodean a la vivienda, realizando estudios de asoleamiento, vientos predominantes y ubicación geográfica, entre otros. [2]

La arquitectura sostenible y la arquitectura bioclimática son diferentes. La sostenible puede ser 'eco-friendly' incorporando elementos de construcción y diseño 'verdes', pero no se basa en un estudio exhaustivo del clima. El clima, la orientación y el uso de materiales adecuados son la base de la actual arquitectura bioclimática.

El confort puede ser definido como el conjunto de condiciones en las que el mayor número de personas manifiestan sentirse bien. El concepto de confort, por tanto, admite varias definiciones, pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. [3]

La importancia de las energías renovables

El crecimiento de las energías renovables es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía AIE [4]. En tal sentido, el uso de energía solar fotovoltaica fue considerado en el diseño de la propuesta de vivienda bioclimática sostenible.

En el diseño bioclimático sostenible fue considerada la estrategia de cubiertas ajardinadas, conocidas como vegetales o techo verde, a las cuales se les añade un sustrato y vegetación. Entre las principales ventajas de esta estrategia bioclimática está que guarda la cubierta de la radiación solar y disminuye el ruido. Se incluyó la ventilación natural, identificando la dirección de los vientos dominantes para utilizarla en el proyecto arquitectónico. [5]

Considerando el alto consumo del agua en el hogar para el uso de electrodomésticos, ducha, inodoros, lavabos, desperdicio y otros [6], se consideró el diseño de un sistema de captación y utilización de aguas lluvias, aguas servidas o grices, así como el tratamiento y disposición sanitaria de aguas negras.

Desarrollo

METODOLOGÍA

La metodología se dividió en tres fases:

Fase 1: Recolección de información técnica y de campo.

Fase 2: Capacitación internacional a estudiantes sobre criterios bioclimáticos.

Fase 3: Desarrollo del diseño de la vivienda bioclimática sostenible.

Fase 4: Difusión del proyecto.

En el diagrama 1 se presenta un esquema básico que muestra el desarrollo metodológico de la investigación.



Diagrama 1. Esquema metodológico de la investigación.
Fuente. Elaboración propia, 2023.

Resultados

A. Análisis de Sitio

El terreno que se tomó para desarrollar la propuesta de diseño está ubicado en el Km. 140, Carretera a Santa Rosa de Lima, San Miguel, las coordenadas del sitio: 13°29'58.7"N 88°09'46.4"W, el clima es clasificado como Tropical, rangos de temperatura: 18° C a 39° C.

Para el desarrollo de la propuesta de diseño se realizó el análisis de sol, viento y precipitación pluvial, para conocer como el movimiento del sol en el día y en algunos meses del año afecta a ciertos espacios interiores y exteriores de la vivienda. Esta información permitió aplicar criterios técnicos de bioclimatismo pasivos.

B. Análisis de recorrido solar

La carta solar es un gráfico que representa la posición y/o recorrido del sol para los diferentes meses y a distintas horas

del día. Trasladando los resultados de las necesidades del diseño de la vivienda al gráfico facilitó identificar los períodos requeridos de sombra para el análisis del tipo de protección necesario para evitar el asoleamiento.

La imagen, pertenece a la Carta Solar para la zona de emplazamiento del diseño, donde se pueden evaluar los períodos que necesitarán sombra y protección solar para prevenir calentamientos excesivos.

En base al gráfico se observa que el recorrido del sol tiene una inclinación más dirigida hacia el lado sur de la carta, lo cual determinó los requerimientos de sombra y protecciones que se deben tener en cuenta para el diseño y el uso de protección horizontal como aleros o verticales como parasoles.

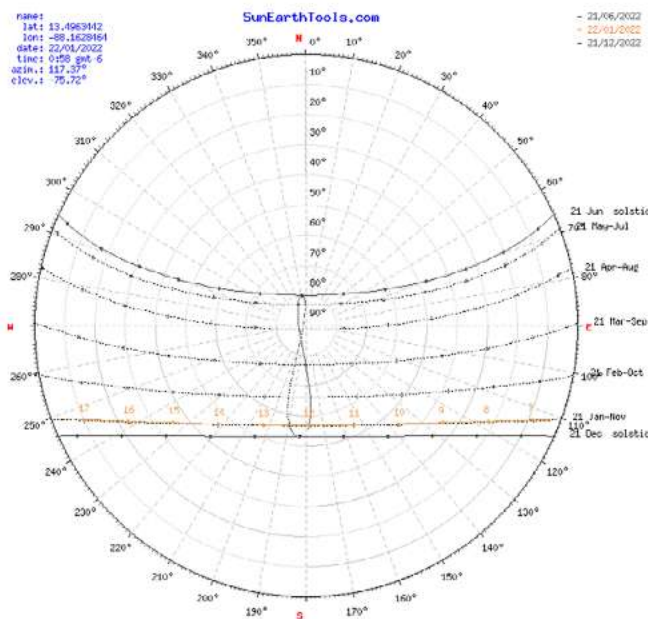


Imagen 1. Carta Solar estereométrica.
Fuente. Elaboración propia, 2022.

C. Análisis de ventilación

El viento es uno de los factores más importantes para tener en cuenta al momento de diseñar, ya que de él depende gran parte de la ventilación, temperatura, sensación térmica, entre otros parámetros de confort interno en los espacios. Para el desarrollo de la propuesta de diseño de la vivienda bioclimática, se ha tomado en consideración el recorrido y rumbos que presenta el viento a lo largo del año para la ubicación de espacios de ventilación y saber cómo aprovechar al máximo las corrientes de vientos, crear una ventilación cruzada y un efecto de chimenea o ventilación convectiva, para un mejor control del aire caliente en el interior.

Como propuesta arquitectónica a la ventilación se plantea generar mayor cantidad de aperturas en la parte inferior de las paredes y en la parte alta para extraer el aire caliente y que

permitan el flujo de aire al interior de la vivienda, evitando el uso de algún artefacto que consuma energía adicional.

D. Análisis de precipitación.

En términos de lluvia se tiene que en el 2021 en san Miguel se tuvo un promedio anual de lluvia acumulada de 1588.9 mm y el normal anual arroja 1544 mm, se tuvieron 44.9 mm más de precipitación en el año 2021. [7] Las cifras de precipitación pluvial serán utilizadas para el diseño de la captación de aguas lluvias, que serán reutilizadas dentro de la vivienda para usos en servicios sanitarios.

E. Vientos

Los rumbos de los vientos son predominantes del norte en la estación seca y del sur en la estación lluviosa. La brisa marina ocurre después del mediodía. Durante la noche se desarrolla el sistema local nocturno del viento con rumbos desde las montañas y colinas cercanas. La velocidad media anual es de 8 kilómetros por hora.

Durante la época seca, noviembre a abril, en El Salvador es típico la influencia de sistemas de alta presión asociados a sistemas frontales que traen consigo la incursión de vientos acelerados del norte sobre el país. Para el año 2021 los eventos registrados de “vientos nortes” en el territorio salvadoreño fueron de enero a abril y de octubre a diciembre.

F. Sistema constructivo de vivienda bioclimática sostenible

El diseño constructivo de la vivienda de una planta consideró la utilización modular de bloques de concreto de 12x20x40 cm. Se utilizó refuerzo vertical de hierro estructural de 3/8” de diámetro y refuerzo horizontal de hierro estructural de 1/4” de diámetro, ambos distribuidos respetando normas de diseño estructural sismo resistente.

Se utilizó además bloque celosía como un elemento de protección solar y de aprovechamiento para la ventilación cruzada considerada en el diseño.

G. Captación de aguas lluvias

Consideraciones de diseño:
Se realizaron los cálculos correspondientes para conocer la capacidad que debe tener el tanque de captación de aguas lluvia a ser utilizados por una familia de 6 personas y para uso exclusivo de 2 servicios sanitarios. Se consideraron 15 días de almacenamiento para un tanque de 1700 lts y suministro por gravedad.

El tanque almacenará agua lluvia durante la época lluviosa para el uso de los 2 sanitarios, y durante la época seca deberá ser suministrado de agua potable para el uso destinado; el tanque servirá como un almacenamiento de agua para ambas épocas del año.

En la imagen 2 correspondiente a la fachada Este de la vivienda se observa la ubicación del sistema de captación de aguas lluvia.

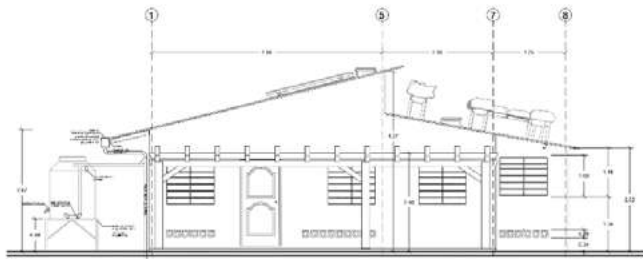


Imagen 2. Fachada Este, acceso principal de la vivienda.
Fuente. Creación propia.

H. Tratamiento de aguas negras

La propuesta presentada para el tratamiento de aguas negras se centra en el diseño de una cámara séptica para recolectar las aguas negras de la vivienda y luego un pozo de absorción para la disposición de los líquidos finales del proceso de tratamiento. El diseño y la ubicación de la cámara séptica y el pozo de absorción respecto a la vivienda, consideró aspectos sanitarios regulados por el Ministerio de Salud de El Salvador.

La ubicación de la cámara séptica respecto a la vivienda se menciona en la Guía constructiva de Aguas de tratamiento, aguas negras y grises de la unidad de salud del El Salvador, que por seguridad y salud de los habitantes no debe ser menor a 5.00 m de distancia, debido a la expulsión de los gases que son liberados por el proceso de sedimentación de los desechos. La cámara séptica será construida de bloque de concreto con impermeabilizante para evitar infiltraciones. Contará con una tapa de entrada para inspección y una varilla para la medición de los lodos, esto para el mantenimiento de la cámara séptica.

I. Tratamiento de aguas grises

El sistema de tratamiento de aguas grises o jabonosas se diseñó considerando una trampa grasa, una batería de filtros naturales y zanjas de infiltración. Este diseño también consideró los lineamientos constructivos y de ubicación respecto a la vivienda.

J. Propuesta del modelo y diseño de vivienda

La forma utilizada en el diseño aplicando figuras simples y simétricas que ayuden a la estabilidad de la edificación.

El sistema constructivo se propone sismo resistente para prevenir colapso de la vivienda en caso de un movimiento telúrico. El sistema constructivo es el de mayor aplicación en el país y su proceso constructivo es de fácil aprendizaje.

Las dimensiones mínimas del espacio para la vivienda son de 9.00 x 10.00 m. y el área de diseño a construir es de 72.00 m².

Está diseñada para una familia de 6 integrantes, tres dormitorios, uno principal y dos compartidos, baño y medio, 2 servicios sanitarios y áreas de convivencia familiar, tales como la sala, comedor, cocina, corredores exteriores y áreas de servicio: pila-lavadero, cuarto de energía fotovoltaica. Los espacios de sala, comedor y cocina están ubicados en una planta de concepto abierto, haciendo que el espacio se perciba de mayor amplitud y que todas las personas que se encuentren en alguno de los espacios puedan interactuar entre ellas, conviviendo en familia.

Cada espacio cuenta con dos o más ventanas para generar el efecto de ventilación cruzada, el aire caliente es desalojado y genera un mejor confort interno. (ver imagen 3)



Imagen 3. Vista en planta de la circulación cruzada del viento.
Fuente. creación propia, 2022.

En la parte superior de la pared de la sala se ubica un grupo de ventanas que ayudaran a la ventilación natural interna a través del efecto chimenea. Posee dos corredores uno en la fachada principal al Oriente y el otro en la fachada posterior al Poniente, ambos cuentan con una pérgola que estará cubierta de una planta enredadera o Bugambilia. Las pérgolas brindarán confort a los espacios interiores y su sombra exterior se convertirán en un espacio de convivencia familiar.

K. Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico propuesto está compuesto por dos paneles solares con capacidad de producción de 450W cada uno, un micro inversor, la estructura que sostendrá los paneles y un sistema de pasillos de inspección para el mantenimiento del sistema.

El consumo energético de la vivienda por las características y la cantidad de usuarios se prevé que sería en un rango de 100-

199 kWh/mes, de acuerdo al Manual de Eficiencia Energética Residencial y Comercial. (Ver imagen 4)

L. Techo Verde

El diseño del techo es a dos aguas, de lámina ondulada recubierta de una aleación de zinc y aluminio en ambas caras fabricada con acero extra rígido que proporciona mayor resistencia estructural entre apoyos y aislación térmica. Se recomienda la aplicación de un sellador de techos de uretano 100% elastomérico. Provee una capa monolítica que impermeabiliza y reduce significativamente la temperatura interior de la estructura.

El techo verde se encuentra ubicado en el lado norte de la vivienda y se instalarán tres estructuras y mallas sobre éste donde estará la plantación base de enredadera.

La capa de vegetación colocada sobre el techo sirve como aislante térmico y reduce el efecto de isla de calor que generan los techos. (Ver imagen 4)



Imagen 4. Vista en planta de techo verde.
Fuente. Creación propia, 2022

DETALLES DE ESTUDIO Y DISEÑO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Para conocer mayores detalles del estudio del sitio geográfico y del diseño bioclimático de la vivienda, podrán consultarse los planos respectivos alojados en el sitio web www.itca.edu.sv, apartado Producción Académica, Informe Final año 2022 denominado "Diseño de Casa Bioclimática Sostenible". Este informe muestra el diseño arquitectónico, estructural, hidráulico, eléctrico, techo verde, captación de aguas lluvia, tratamiento y reutilización de aguas grises, tratamiento y disposición de aguas negras, y otros.

Conclusiones

1. El asocio con el College of the Canyons contribuyó a incrementar la experiencia y conocimiento sobre criterios bioclimáticos y normativas nacionales e internacionales aplicados al diseño de vivienda bioclimática sostenible analizada desde diferentes perspectivas.
2. La aplicación de criterios bioclimáticos pasivos en el diseño de la vivienda reduce el consumo de energía eléctrica y agua necesaria para habitar los espacios.
3. El análisis de la carta solar, dirección de los vientos y el clima en el sitio seleccionado para el diseño de la vivienda, permitirá contar con el confort necesario en los espacios internos habitables.
4. El análisis del recorrido del sol permitió diseñar un sistema de protección solar natural en fachadas, paredes y espacios abiertos de convivencia.
5. La selección del sistema constructivo, los materiales de construcción y el techo verde contribuyen al confort interno y a la disminución de la temperatura.
6. El empleo del sistema fotovoltaico para generación de energía eléctrica de la vivienda, disminuye la dependencia de los sistemas tradicionales contribuyendo en la economía familiar.
7. El sistema de recolección de aguas lluvias disminuirá el consumo de agua para actividades que no son de consumo humano.
8. El espacio para las zanjas de infiltración podría ser aprovechado para la siembra y cultivo de huertos caseros.
9. La aplicación de sistemas complementarios como el sistema fotovoltaico, la captación de aguas lluvias y tratamiento de aguas grises y negras, incrementa el costo de construcción del proyecto, pero contribuye al cuidado del medio ambiente y a la economía familiar.
10. El costo global de la vivienda bioclimática sostenible propuesta, estará en función de los indicadores del "costo por metro cuadrado construido" y de la ubicación al momento de su implementación.

Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones del socio estratégico College of the Canyons, Santa Clarita, California, USA y Hábitat para La Humanidad El Salvador, y agradecen por la ayuda en la fijación de los criterios de diseño bioclimático para la ejecución de este estudio.

Referencias

[1] H. Hernández, "Arquitectura sustentable en El Salvador» 28 septiembre 2020. [En línea]. Disponible en: <https://univonews.com/arquitectura-sustentable-en-el-salvador/> [Accedido: 17-ene-2023]

[2] E. M. Pineda Ávila, «Diseño de vivienda de interés social bioclimática. En vínculo con Habitat El Salvador,» ITCA Editores, Santa Tecla, El Salvador, 2016.

[3] B. Garzón, "Arquitectura bioclimática", Buenos Aires: Voros, 2007.

[4] acciona Business as unusual, «Soluciones a la crisis climática» [En línea]. Disponible en: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894. [Accedido: 18-ene-2023].

[5] I. Ángel Sánchez, «Estrategias bioclimáticas para mejorar la eficiencia energética en edificios » 15 noviembre 2016. [En línea]. Disponible en: <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>. [Accedido: 18-ener-2023]

[6] Organización Mundial de la Salud, «El agua para consumo humano» [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20seguimiento%20de%20la%20meta,contenga%20contaminaci%C3%B3n%20fecal%20ni%20de>. [Accedido: 30-ene-2023]

[7] El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales "Resumen Climatológico anual 2021 (Datos preliminares)» marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/UserFiles/meteorologia/climatologico/ResumenClimatologicoAnual2021.pdf>. [Accedido: 30-ene-2023]

