

Intercambiador de Calor Tierra Aire y Otros Sistemas Sostenibles en Vivienda Social Integrada a un Paisaje Rural Bajo Condiciones de Arquitectura Vernacular

Mag. Arq. Juan Gabriel Carbajal Rodriguez¹

juan.carbajal@upn.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4883-6491>

Investigador Independiente

Maria del Rosario Espinoza Paz

N00078719@upn.pe

<https://orcid.org/0009-0003-8610-8492>

Investigador Independiente

RESUMEN

Usualmente las viviendas en zona rural lejos de los centros de la ciudad presentan ciertas deficiencias en la conformación de su estructura básica, en consecuencia, las instalaciones realizadas en la vivienda tampoco cumplen con las expectativas del usuario ocasionando muchas veces que el habitante no presente confort dentro de su propia vivienda. Es por eso que se pretende incluir elementos que causen efectos sustentables además de sostenibles en la implementación y diseño de electrodomésticos y aparatos sanitarios a fin de solucionar dichas deficiencias estratégicamente. Para ello se reúnen datos fiables de la zona en la que se pretende acondicionar la vivienda, determinando características del lugar respecto a las energías renovables, solar, eólica y pluvial, que servirán para el desarrollo de los métodos a implementar más adelante. Dichos métodos permitirán al usuario reducir su consumo energético, en conjunto del presupuesto familiar, mermar su impacto ambiental y generar la producción de alimentos desde el hogar. Todo ello bajo la expectativa de dar paso a futuras investigaciones en el ámbito además de implementar dichas estrategias en un panorama real.

Palabras clave: sostenible; energías renovables; sustentabilidad; net zero energy building NZET y construcción vernácula

¹ Autor principal

Correspondencia: juan.carbajal@upn.edu.pe

Earth air Heat Exchanger and Other Sustainable Systems in Housing Integrated to a Rural Landscape

ABSTRACT

Usually houses in rural areas far from urban centers present certain deficiencies in the conformation of their basic structure, consequently the installations carried out in the house do not meet the user's expectations, often causing the inhabitant not to present comfort within their own. House. That is why it intends to include both sustainable and sustainable effects in the implementation and design of household appliances and sanitary devices in order to strategically solve the deficiencies. For this, reliable data are collected from the area in which the house is going to be conditioned, determining the characteristics of the place with respect to renewable energies, solar, wind and rain, which will serve for the development of methods to be implemented later . These methods will allow the user to reduce their energy consumption, along with the family budget, reduce their environmental impact and generate food production from home. All this under the expectation of giving way to future research in the field in addition to implementing these strategies in a real scenario.

Keywords: *sustainable; renewable energy; sustainability; NET zero energy building NZET and vernacular construction*

*Artículo recibido 14 setiembre 2023
Aceptado para publicación: 26 octubre 2023*

INTRODUCCIÓN

El avance significativo en términos de ciencia y tecnología, y por ende en una mayor demanda de bienes y servicios por el incremento constante de la población humana o explosión demográfica global, han generado el deterioro del ambiente, desde la revolución hasta los momentos actuales [1]. Esto se ha manifestado de muchas formas hoy en día, y cada vez es más notorio, ya que la mayoría de la población en el mundo entero solo se enfoca en agotar los recursos naturales del planeta, más no planificar ni ejecutar su conservación [2].

Este análisis nos expresa el efecto que tiene el crecimiento demográfico en la contaminación ambiental, ya que a mayor número de personas se genera mayor cantidad de residuos, los cuales si no son tratados adecuadamente producirán contaminación ambiental y riesgo en la salud de la población. A ello se aúna la vulnerabilidad de los territorios a nivel mundial por el tema del cambio climático, generando climas extremos, y una gran diferencia de temperatura entre las horas de sol y las horas nocturnas; perjudicando a la población en general en cuanto al riesgo de perder bienes y servicios, así como la propia vida [3].

Se abordan indicadores sostenibles los cuales serán de suma importancia a la hora de realizar estrategias bioclimáticas para la incorporación de estos mismos en construcciones de carácter vernácula con sistemas pasivos en viviendas de un entorno rural [4]. Por otra parte, el desarrollo sostenible está asociado a la armonía entre el medio ambiente y la economía, son criterios que se deben de adoptar si queremos una construcción con energía más limpia, aprovechando de esta manera las energías renovables que nos ofrece la naturaleza, como alternativas para contrarrestar esta problemática. Considerando principalmente tres enfoques, social, económico y ecológico, y así reducir el impacto ambiental [5].

METODOLOGÍA

Edificaciones sostenibles y el NZEB

En el presente documento, nos habla de la importante relación que hay entre la energía sostenible, la agricultura y el desarrollo rural sostenible.

Teniendo una metodología cualitativa, descriptiva y aplicativa

La energía renovable es un insumo fundamental para saciar las necesidades humanas básicas y suministrar los servicios primordiales, se usa para proporcionar agua, electricidad, servicios de salud,

en las comunicaciones y la enseñanza. Además, es un componente importante para mejorar la producción rural y la estabilidad alimentaria por medio de la preparación de las tierras, su fertilización, para el riego, productividad agrícola y calidad de vida.

Indicadores sostenibles en edificaciones

Optimización de recursos y materiales

Se evalúa la implementación de los recursos, contemplando todo el periodo de vida del proceso constructivo. Los recursos se clasifican en 2 aspectos: naturales (agua, sol, viento, barro, tierra, etc), como artificiales (materiales constructivos fabricados por el hombre). Se busca que la actividad constructiva humana tenga el menor impacto posible en el ecosistema natural, por eso la mejor garantía para el menor impacto es la utilización de materiales naturales y energía natural. Sin embargo, la generación de materiales en la naturaleza es deficiente para satisfacer nuestras necesidades. Por ello estos materiales deben ser manipulados con el fin de fabricar nuevos materiales de construcción. Para optimizar al máximo los materiales manipulados, estos deben tener una duración alargada adecuada para su función, además de poder ser reutilizados en otras edificaciones, con el fin de consumir la menor cantidad de energía, al concluir su tiempo de vida estos deben ser reciclados generando la menor cantidad de residuos.

Disminución del consumo energético

Busca proteger el medio ambiente, por medio de la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a consumir lo necesario, siendo capaz con este mínimo saciar cada una de sus necesidades, además busca abastecerse, si no por completo, con la mayor cantidad posible de energía renovables (energía eólica, energía fotovoltaica) teniendo un menor impacto económico y ambiental [6]. Las emisiones de CO₂ que enviamos a la atmósfera son cada vez más grandes ocasionando el efecto invernadero, otros compuestos causantes de la lluvia ácida, contaminando el aire que respiramos y necesitamos para sobrevivir. Por esa razón, la eficiencia energética se convirtió en una forma de cuidar al planeta debido a que, no solo está en utilizar electrodomésticos que consuman menos, sino en que seamos nosotros quienes consumamos menos y de manera más sostenible.

Disminución de residuos y emisiones.

Según este indicador, debemos tener en cuenta tres procesos: la fabricación de los materiales, la construcción del edificio y la demolición de este. Se debe de hacer uso de materiales, los cuales en el momento de su fabricación generan en lo posible la menor cantidad de residuos y emisiones, asimismo en el proceso de la construcción de la edificación deberíamos observar que todas las piezas del material a emplear sean hechas en fábrica de preferencia. En particular, tenemos un material que puede cumplir con este indicador, el cual es la quincha con revestimiento en barro o tierra. Por último, tenemos que diseñar de una manera bioclimática, así se podrá reducir al máximo la cantidad de residuos y emisiones generadas. Por ejemplo, empezar a utilizar equipamientos tales como sistemas de recogida y tratamiento de agua de lluvia o sistemas de tratamiento de aguas residuales

Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios.

Partiendo de este indicador se debe procurar ahorrar energía para no generar un impacto ambiental masivo. Concretamente emplear sistemas que te permitan generar energía limpia como los paneles fotovoltaicos o también tenemos otra solución para evitar el uso excesivo de ventiladores o iluminación artificial que serían las teatinas [7]. Por lo tanto, el uso de estos dos sistemas disminuye en gran medida el mantenimiento general de cualquier edificación, ya que su fuente de emanar energía o distribuir la iluminación y ventilación es de forma natural.

NET Zero Energy Building

La intención del balance energético o “Zero Energy Building” consiste en el logro de un bajo consumo energético debido a la eficiencia de instalaciones realizadas por lo cual logra su sostenibilidad mediante el empleo de recursos renovables del entorno, dicho de otro modo, la edificación logra producir la misma cantidad de energía que emplea y por tanto su consumo de energía global es igual a cero.

De igual forma, los edificios siguen conectados a la red de energía eléctrica, por lo cual permite que la energía que se produce por fuentes tradicionales sea utilizada cuando la energía producida por la edificación no abastezca con la carga de energía demandada por esta. En cambio, si la energía que se produce excede los requerimientos de energía del edificio, esta se debe exportar a la red eléctrica, cuando esto sucede, resulta en Net Zero Energy.

Relación de indicadores sostenibles y Zero Energy Building

La relación entre dicho método y los ya mencionados indicadores se basan en la optimización de recursos y la intención de la menor intervención posible de la vivienda en su entorno. A continuación, se detallan algunos indicadores de manera más precisa.

Optimización de recursos y reducción de residuos

El objetivo de ambos planteamientos es la creación de una vivienda eficiente mediante el reemplazo de recursos no renovables por recursos renovables, de esta manera se genera la optimización de recursos mediante sistemas que permitan aprovechar la disposición de estos, a esto se suma el uso de tecnologías que permitan estos procesos en conjunto de las reducciones de CO₂ y el aumento del uso racional de la energía.

Gracias a esta nueva visión se genera la reducción de la fabricación de residuos en la vivienda, además es necesario inicialmente concebir los materiales que tengan el menor impacto ambiental a fin de que la generación de los residuos sea mínima y no sea complicada su eliminación total.

Disminución del consumo de energía y uso estratégico del edificio

Las construcciones han sido responsables de una importante parte de las emisiones a nivel mundial, de gases efecto invernadero, generadas al largo del tiempo. Por esto se ha visto la necesidad de implementar el uso de estrategias para las edificaciones de consumo de energía casi nulo. Para llegar a ello se siguen requerimientos y metodologías que determinan si una edificación es nZEB, quiere decir que se implementan en las edificaciones, un diseño pasivo, así como las metodologías de balance energético y los indicadores de energía renovable, teniendo como objetivo principal reducir hasta un rango considerable la adecuada inversión de costo-beneficio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema sostenible dentro del desarrollo

Se entiende como un sistema sostenible al desarrollo sustentable según Madrigal (1995). Para el autor, esta metodología tiene dos objetivos, el de mejorar la calidad de vida de la población, así como no comprometer el futuro de las siguientes generaciones. Por otro lado, Rafael Negrete (Tibán, 2000) indica que entre el término sostenido y sostenible existe una diferencia, además menciona que el desarrollo no debe ser sostenido, sino sostenible.

Para este caso, aunque aplican ambas definiciones, se da predominancia al concepto obtenido por Madrigal el cual se centra en la aplicación de tecnologías como los sistemas fotovoltaicos con paneles solares, sistemas eólicos para la redistribución de agua y la aplicación domótica como tecnología para garantizar la eficacia y direccionamiento de los diferentes sistemas instalados en la vivienda (hidráulicos y eléctricos). Esto también incluye la integración de jardines verticales en conjunto huertos urbanos, ideales para el aprovechamiento de los espacios y la producción sostenible de alimentos que se da a través del manejo integral y controlado de los cultivos.

Finalmente, de acuerdo con Rivera (2004), se entiende como vida rural al espíritu comunitario, la naturaleza, la calidad de vida y la tranquilidad, por tanto, una vivienda rural debe responder a estas características lejos de representar la pobreza, la falta desarrollo personal del usuario/habitante, el aislamiento social o el atraso.

Antecedentes

Es indispensable tener en cuenta que Ica al igual que otras ciudades se ha visto afectada debido a los diversos cambios climáticos. Así mismo, se tienen recursos renovables propios del mismo sector que fácilmente se pueden aprovechar y transformar en energía, dando a conocer alternativas de sostenibilidad para aplicarlas en las zonas rurales del Sur del Perú.

Nazca se ubica en la provincia de Nazca en el departamento de Ica. Geográficamente se sitúa en la margen derecha del río Aja, afluente del río Grande en un estrecho valle a 520 m.s.n.m. a 439 km al sur de Lima, el actual recurso hídrico de Nazca es a base de almacenamiento en el acuífero de los valles de ríos grandes. En vista de ello, no es factible hacer agricultura en Ica, la escasez en la disponibilidad de agua frena cualquier tipo de nueva inversión que se quiera realizar en el valle.

Aspectos físicos climáticos

Las características del aire, humedad y la temperatura se evalúa bajo el diagrama de Givoni, para obtener y desarrollar un confort térmico para el individuo. Es por ello que se toma en cuenta que los climas tanto de día como de noche son intensos y hay mucha variación entre ellos. El departamento de Ica es la encargada del sistema de agua potable, ésta no abastece a toda la población, debido a que no cuenta con una planta de tratamientos de aguas residuales puesto que sus aguas servidas se vierten directo al río sin ningún tratamiento.

Entre los sistemas sostenibles que se aplicaran se plantea el sistema de tratamientos de aguas residuales puesto que, en la provincia de Nazca actualmente las fuentes de agua para cultivos provienen en un 12% de agua superficial y un 88% de agua subterránea, muchos de los agricultores han sido sancionados por la Autoridad Nacional del Agua debido a que rehusaban dichas aguas residuales para sus cultivos el cual debería ser procesada previamente, con la PTAR el recurso hídrico empleado provendrá en un 49% de agua subterránea, un 44% de agua residual tratada y un 7% de agua superficial.

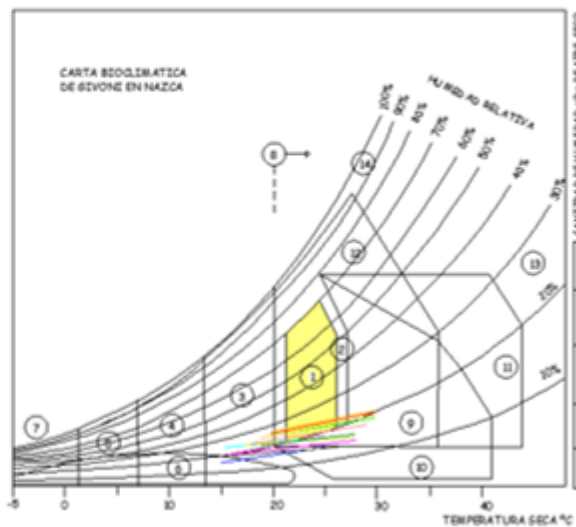
Por consiguiente, con los datos generales establecidos se puede elaborar un huerto urbano regado con aguas tratadas y con un sistema agro voltaico para desarrollar el crecimiento de las cosechas en el huerto, también se implementará el sistema fotovoltaico con paneles solares, el cual nos da paso a tener en consideración el sistema agro voltaico ya que es la unión entre energía solar y la agricultura.

Diagrama de Givoni / Ábaco Psicométrico de Nazca

Figura 1
Diagrama de Givoni y Ábaco psicométrico de Nazca.

CUADRO DE TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA DE LOS MESES DEL AÑO 2019

T°	Max	Min	HR%	Max	Min
ENE	29°	19°	ENE	26	18
FEB	29°	19.5°	FEB	27	21
MAR	30°	20°	MAR	26	21
ABR	29°	18°	ABR	25	19
MAY	27°	17°	MAY	23	17
JUN	26°	16°	JUN	22	17
JUL	25°	15°	JUL	21	18
AGO	25.5°	15°	AGO	17	15
SEP	26°	16°	SEP	19	15
OCT	27°	16.5°	OCT	20	16
NOV	27°	17°	NOV	23	17
DIC	27.5°	18°	DIC	24	18



Estrategias de diseño en Nazca

Para la propuesta de un diseño de vivienda en Nazca, se aplicarán las estrategias bioclimáticas de Protección Solar, Refrigeración por alta masa térmica y el enfriamiento por evaporación para generar una arquitectura eficiente en habitabilidad y confort. En los sistemas de control solar para la protección de esta, se emplearán inherentes elementos fijos de control como voladizos.

Otra solución sería el acristalamiento doble, lo cual permanecerá transparente en condiciones normales, y se convertirá en opaca al aplicar electricidad a través de la cámara. Este método de conservación de

energía durante el invierno, puede emplearse en verano como pantalla contra la radiación solar no deseada. Una solución interesante para los cambios bruscos de temperatura en Nazca.

Sistemas sostenibles de gestión energética, hídrica y de alimentos

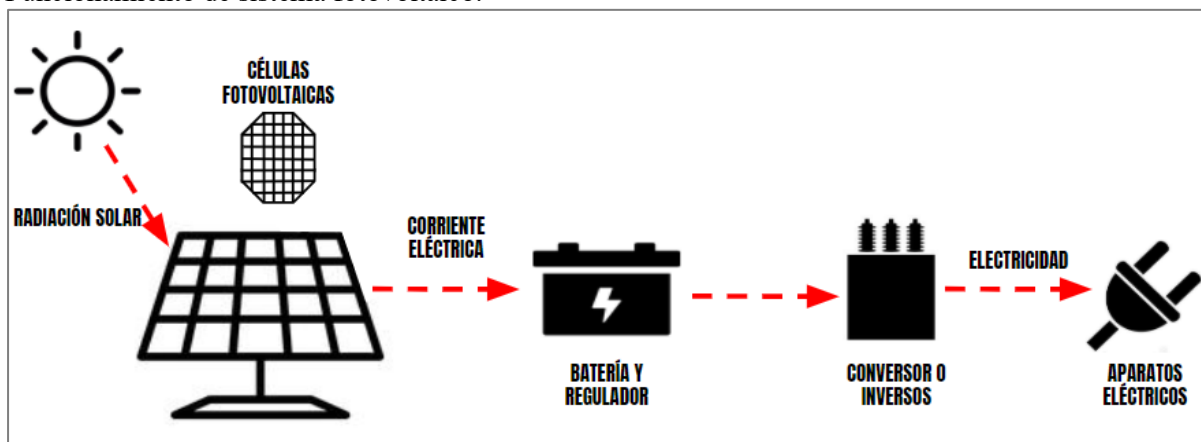
El sistema solar fotovoltaico se encarga de transformar la luz solar en energía eléctrica, aplicando la tecnología basada en el efecto fotovoltaico. El cual abastece las necesidades del hogar.

Su funcionamiento se da cuando la radiación del sol impacta en las caras de las células fotoeléctricas, produciendo diferencia en la potencia eléctrica en ambas caras, en el cual los electrones saltan de un lugar a otro, generando así la corriente eléctrica. La cual viaja a la batería y al regulador o controlador, para luego pasar por el inversor o convertidor transformando en electricidad, para finalmente alimentar a los diferentes aparatos eléctricos de la vivienda.

Este tipo de sistema cuenta con diferentes ventajas, como, por ejemplo, es modular, lo cual ayuda en el diseño, no contamina el ambiente, es inagotable, llega a tener gastos casi cero, es inagotable y tiene una edad útil de casi 30 años.

Figura 2

Funcionamiento de sistema fotovoltaico.



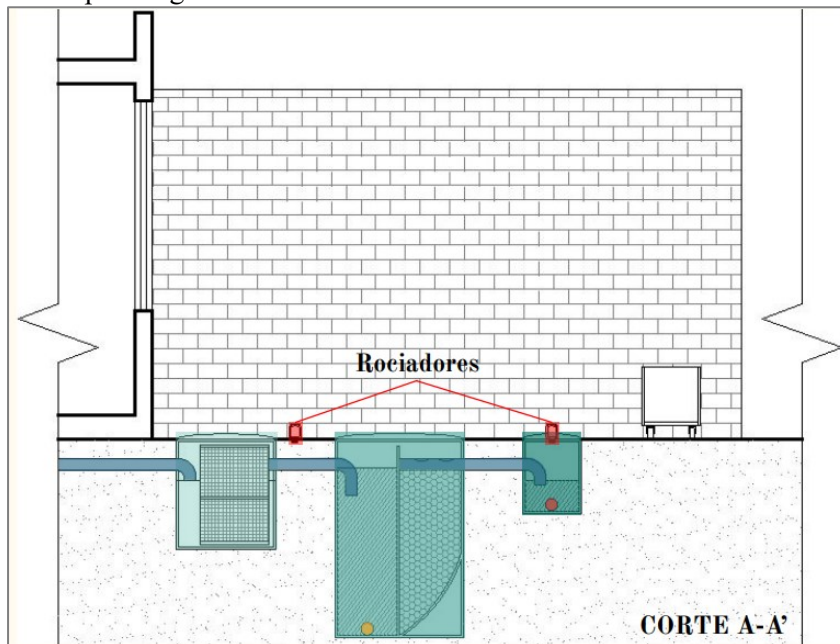
Fuente: sistema fotovoltaico, 2017

El sistema de tratamiento de aguas residuales, en su explicación más simple, se encarga de evacuar sólidos, reduciendo así la materia orgánica y los contaminantes, para luego restaurar la presencia del oxígeno. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual, estas bacterias y/o microorganismos son luego separados del agua.

Este tipo de sistema cuenta con diferentes ventajas, como, por ejemplo, aporta el agua procesada limpia y segura, ahorro de dinero, conveniente para el medio ambiente, ahorro de agua, un modo de minimizar

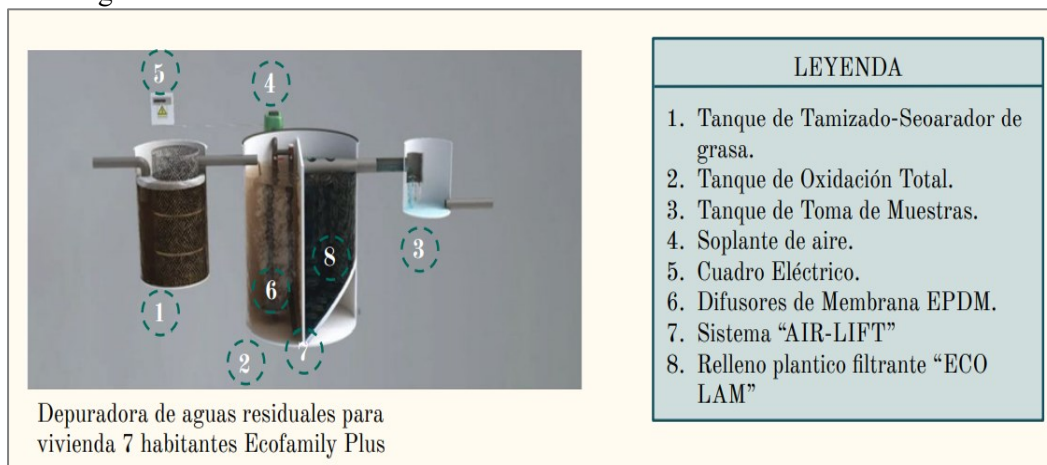
los residuos y tiene una edad útil permanente.

Figura 3
Prototipo de aguas residuales.



Ecodena Ecología y Depuración Natural S.L.U, 2020

Figura 4
Kit de aguas residuales.



Ecodena Ecología y Depuración Natural S.L.U, 2020

El sistema de huerto urbano se encarga de una siembra a reducidas dimensiones con finalidad de cosechar alimentos para consumo familiar. Este tipo de sistema cuenta con diferentes ventajas, como por ejemplo, estar en contacto con la tierra, tus hijos e hijas aprenderán a probar cosas nuevas, podrás pasar tiempo en familia, potenciar la agricultura local, obtendrás frutas y verduras frescas, evitarás el estrés, ahorrarás dinero, evitarás el uso de plásticos y los niños y niñas comprenderán la importancia de cuidar el medio natural.

Figura 5
Prototipo de huerto.



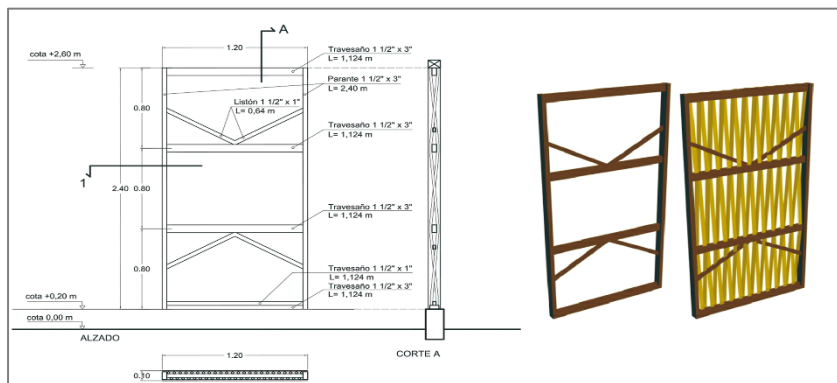
Fuente: Prototipo de huertos verticales,2019

Sistemas constructivos e instalaciones para confort

La quincha es un sistema constructivo mixto que surge desde la época prehispánica, basado en el aprovechamiento de recursos naturales sostenibles como es la caña y la tierra, su mayor apogeo fue en la época colonial y posteriormente, en la época contemporánea se presenta la quincha prefabricada, este método sufre un cambio debido a que está compuesto por estructuras de madera y con paneles de cerramientos, su uso permite que se adapte a diferentes tipos de suelos y se realice edificaciones ligeras. Entre las principales ventajas que presenta este sistema es económico, sostenible y buen aislante térmico, el cual es producido por la elevada inercia térmica que le confiere la capa de barro. Así mismo la característica que se tiene como material antisísmico es eficaz, esto se debe a la elasticidad del entramado de caña, además la temperatura dentro de las viviendas se mantiene adecuada, ya sea cálido en invierno y fresco durante el verano.

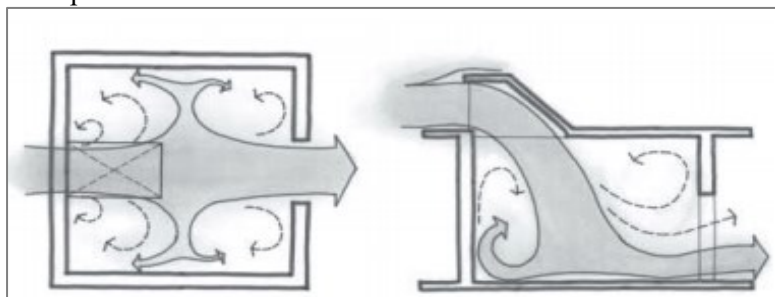
Por ende, debido a estas características se deduce que la construcción de viviendas en Nazca es viable y seguro, puesto que al ser un sistema constructivo resistente garantiza el confort térmico.

Figura 6 Detalle del panel de quinchas. Fuente: BAQ 2008.



El pozo provenzal, es un sistema de climatización que utiliza energía geotérmica (energía de la tierra), se basa en una cañería interna que capta el calor o la temperatura de la tierra, refrigerando ese flujo de aire que circula por dentro, para ingresar al interior de los ambientes. Este sistema está compuesto por 3 elementos fundamentales. El punto de captación es una chimenea con un filtro que se coloca a la altura de 2m para evitar el ingreso de cualquier insecto, la función de este filtro es purificar el aire, limpiarlo para que el ingreso de este aire esté fuera de bacterias u olores. Los intercambiadores; es un sistema de tubería pvc que va enterrado a los 2 y 3 m. obteniendo una temperatura que varía entre los 18° y 24° grados, para el material se considera un caño resistente que no se oxida o sufra la corrosión, si no que absorba la energía de la tierra. Multipulsor de aire; es el único elemento mecánico eléctrico del sistema ecológico, que produce energía residual, para que este sistema sea eficiente se necesitan ciertas condiciones en el suelo, que este tenga una temperatura baja geotérmica y también que dentro de la profundidad no exista la presencia de agua. Este sistema de intercambiador de calor tierra aire, complementa el sistema de refrigeración o calefacción, generando un ahorro en todo el gasto de energía en un 30 y 70%.

Figura 7
Pozo provenzal



Fuente: construirereformar.

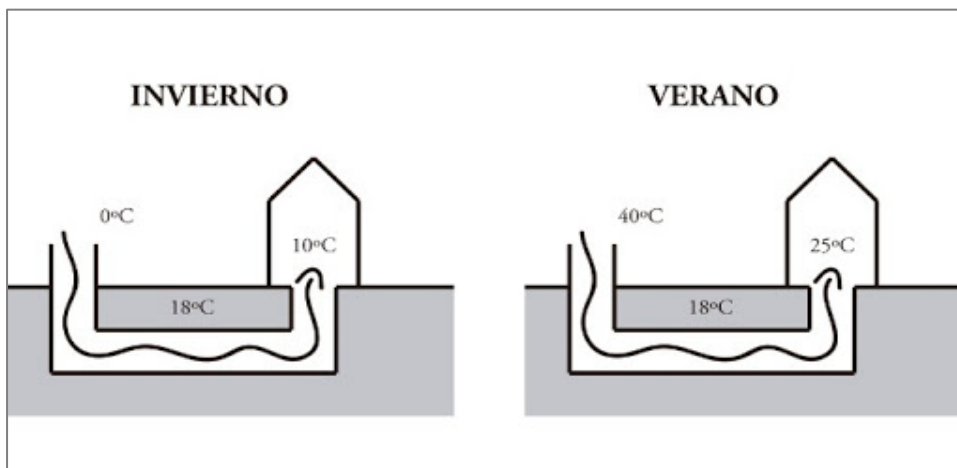
La teatina es un sistema constructivo que permite una mejor ventilación e iluminación de manera cenital permitiendo un mejor confort térmico, sobre todo en ambientes interiores.

A su vez, a diferencia de las ventanas convencionales, las teatinas generan una mejor captación y distribución del viento hacia un ambiente interior, esta característica se observó mejor en las pruebas de humo que se realizaron en una habitación para detectar los movimientos del aire interior generados por una teatina abierta. Asimismo, distribuyen de una manera más homogénea o uniforme el nivel de luz que ingresa a la habitación. Otra de las ventajas de este sistema es que permite un mejor control acústico en relación al ruido existente en el exterior como también el que puede existir al interior de la vivienda.

A pesar que actualmente no es muy usado este sistema, sigue representando una forma de diseño válida, puesto que cumple con todas las condiciones térmicas y lumínicas para lograr un mejor confort térmico.

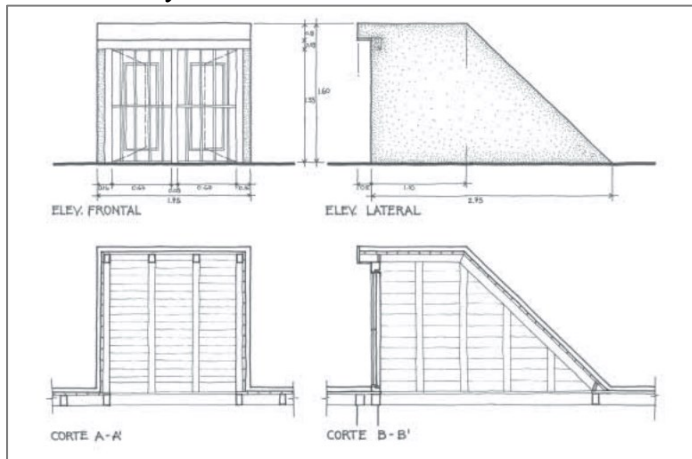
Figura 8

Patrón del recorrido del viento al interior de una habitación con teatina con puerta o ventana baja frente a ella



Fuente: LAS TEATINAS DE LIMA. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo, 2006

Figura 9
Dimensiones y características básicas de la teatina modelo



Fuente: LAS TEATINAS DE LIMA. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo, 2006

CONCLUSIONES

La propuesta de desarrollo permite la posibilidad de que viviendas rurales de comunidades campesinas puedan acceder a tecnologías e innovación en el ámbito de construcción sostenible y sustentable, utilizando materialidad de la zona y amable con la naturaleza que, además, pueden conseguirse fácilmente en el entorno de trabajo.

La vivienda planteada en la siguiente investigación propone reducir el consumo energético mediante la presentación de paneles solares, la captación y tratamiento de aguas residuales además del manejo de vientos a fin de demostrar la eficacia de implementar estos sistemas sustentables en la vivienda.

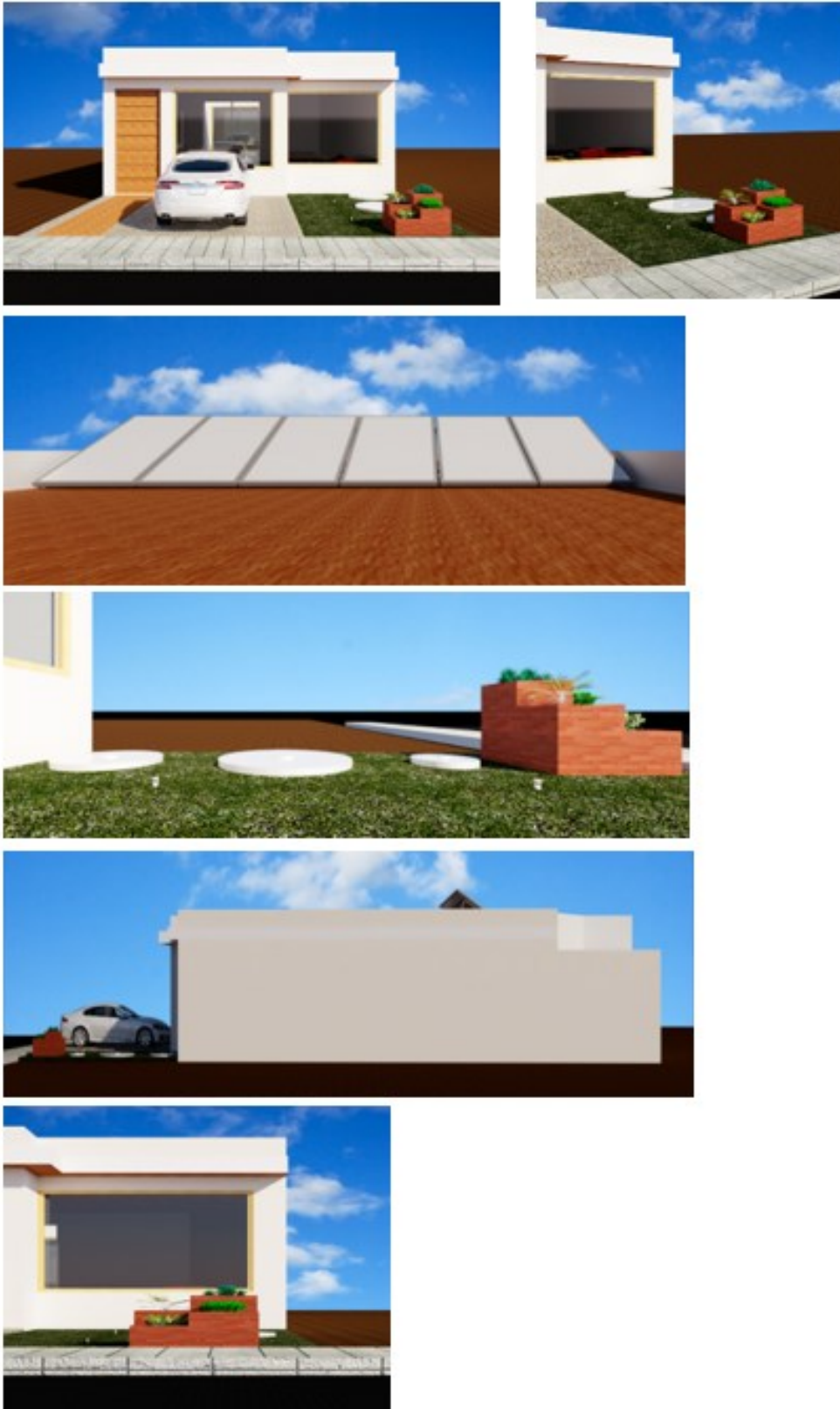
Se plantea la reducción del presupuesto familiar, la disminución total o parcial de las facturas de los servicios básicos mediante el manejo eficiente de los recursos energéticos y con ello la sostenibilidad deseada.

El proyecto también responderá ante la necesidad de aumentar el área de producción con huertas verticales y huertos urbanos generando alimentos y por tanto ganancias, a la vivienda campesina.

La principal aportación de la investigación, bajo estos métodos permite analizar y crear soluciones en el proceso de diseño a nivel sustentable con otros proyectos de complejidad similar. Estos estándares serían aprovechados en diseñadores que originalmente se basaron únicamente en la ergonomía, la producción y función dejando de lado el aspecto ambiental. Adicionalmente, la propuesta presenta un potencial enorme para intervenir y acoplar en el prototipo de vivienda sustentable y de acuerdo al requerimiento socio-económico del entorno.

Por último se espera optimizar dichos procesos de implementación a futuro dando pie a investigaciones futuras por parte de estudiantes y público interesado en general.

Figura 10
Renders de los sistemas



Fuente: PROPIA -ESPINOZA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achával, A (2006). Crecimiento demográfico y contaminación ambiental. Recuperado de <https://n9.cl/v4m3>
- Brundtland, G (1987). El desarrollo sostenible. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Asamblea General de la Comisión Mundial Unidas. Recuperado de <https://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland>.
- De La Convención, P. D. K. (1998). Marco de Las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas, 25, 27.
- De Garrido, L. (2017). Manual de arquitectura ecológica avanzada. Metodología de diseño para realizar una arquitectura con el máximo nivel ecológico posible. Diseño editorial. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2019/09/19/icon_design/1568894881_459268.htm
- Osma, G., Ordoñez, G. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. Revista UIS ingenierías 9.1. Recuperado de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/1060>
- Laib, I., Hamidat, A., Haddadi, M., Ramzan, N., & Olabi, A. G. (2018). Study and simulation of the energy performances of a grid-connected PV system supplying a residential house in north of Algeria. Energy, 152, 445-454. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218305668>
- Ballif, C., Perret-Aebi, L. E., Lufkin, S., & Rey, E. (2018). Integrated thinking for photovoltaics in buildings. Nature Energy, 3(6), 438-442. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s41560-018-0176-2/>
- del Viso, N., Casadevante, J. L. F., & Morán, N. (2017). Cultivando relaciones sociales. Lo común y lo “comunitario” a través de la experiencia de dos huertos urbanos de Madrid. Revista de antropología social, 26(2), 449-472.
- Vargas, R. L., Rivas, J. J. N., & Herrera, D. I. C. (2020). Los huertos urbanos como estrategia de transición urbana hacia la sostenibilidad en la ciudad de Málaga. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (86), 9.
- Borbón, D. S. U., & de la Torre, J. M. O. (2020). Huertos urbanos como estrategia de resiliencia urbana en países en desarrollo. Vivienda y Comunidades Sustentables, (8), 81-102.

- Sanz-Cobeña, A., Puigdueta-Bartolomé, I., Larruscain, Á., Borrella, I., Álvarez, S., Cruz, J. L., ... & Iglesias, A. (2017). Los huertos urbanos como herramienta de transformación socio-agroalimentaria y medida de mitigación de GEI: el caso de Madrid. In Presented at the V Workshop REMEDIA.
- ABAUNZA, F. D. G. (2019). Huertos Urbanos. Revista B33 Arquitectura, (4).
- García Limones, J. A. (2019). Estudio de sistemas tecnológicos de huertos urbanos (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2019).
- Guillaumin, A. (2020). Tu huerto urbano: cultiva tus propias verduras y hortalizas. GRIJALBO ILUSTRADOS.
- Tratamiento de aguas residuales. (2010). Belzona
- Wang, X. C., Chen, R., Zhang, Q. H., & Li, K. (2008). Optimized plan of centralized and decentralized wastewater reuse systems for housing development in the urban area of Xi'an, China. *Water science and technology*, 58(5), 969-975.
- Pishgar, R., Morin, D., Young, S. J., Schwartz, J., & Chu, A. (2020). Characterization of domestic wastewater released from 'green'households and field study of the performance of onsite septic tanks retrofitted into aerobic bioreactors in cold climate. *Science of The Total Environment*, 755, 142446.
- Dobbelsteen, A.v.d., Martin, Craig and Keeffe, G. (2017) Zero-Energy Me – The Struggle for Individual Energy Neutrality. In: PLEA2017 - Passive Low Energy Architecture - Design to Thrive, 2-5 July 2017, Edinburgh.