

Análisis de prototipos del sistema Eco Cooler como estrategia de diseño pasivo bioclimático en clima tropical, en la ciudad de Tena - Ecuador

Analysis of prototypes of the Eco Cooler system as a bioclimatic passive design strategy in a tropical climate, in the city of Tena – Ecuador

- ¹ José Luis Aguilera Jiménez  <https://orcid.org/0000-0002-7235-1219>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
jose.aguilera.86@est.ucacue.edu.ec
- ² Marco Avila Calle  <https://orcid.org/0000-0002-2134-1432>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
mavila@ucacue.edu.ec
- ³ Pedro Moscoso García  <https://orcid.org/0000-0002-3631-0970>
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
pericomososo@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/01/2023

Revisado: 12/02/2023

Aceptado: 02/03/2023

Publicado: 05/04/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i2.2532>

Cítese:

Aguilera Jiménez, J. L., Avila Calle, M., & Moscoso García, P. (2023). Análisis de prototipos del sistema Eco Cooler como estrategia de diseño pasivo bioclimático en clima tropical, en la ciudad de Tena - Ecuador. *ConcienciaDigital*, 6(2), 48-64. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i2.2532>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Refrigeración,
aire
acondicionado,
ecológico,
envolvente,
bioclimático,
estrategia
pasiva,
climatización

Resumen

El consumo energético eléctrico que tienen las edificaciones al usar aires acondicionados o sistemas de refrigeración representa al 60% de energía consumida en edificios. El sistema de refrigeración y ventilación de un ambiente juega un papel importante en el confort del usuario, pero no necesariamente debe ser consumidor de energía, esto se puede solventar con alternativas de envolventes pasivas, se analiza el sistema ECO COOLER como estrategia de diseño pasivo para refrigerar ambientes habitables disminuyendo la cantidad de consumo energético a través de celosías en fachadas ubicadas en climas tropicales. Se realiza una revisión bibliográfica del comportamiento térmico que tiene una vasija de barro, y se elabora una maqueta conceptual para hacer la medición de temperaturas con variables de fachada libre y envolvente con celosía de vasijas de barro, que son sometidas a una pistola de calor para demostrar la variación de temperatura. Este elemento tiene una peculiaridad en su material y composición, que es poroso y el proceso que sucede a su interior es enfriar por el efecto de refrigeración por evaporación, la porosidad de la vasija de barro hace que el agua filtre y se evapore, bajando la temperatura del agua restante. Los factores para el enfriamiento dependen de las condiciones ambientales, mientras más calor haga en el ambiente, la evaporación será más rápida, a este método se lo conoce como efecto de botijo. Se plantea un prototipo de vasija de barro con características de sudoración, almacenamiento y sistema de rebosadero para un auto llenado y se aplica el envolvente de celosía sobre una fachada, la estrategia pasiva ECO COOLER por vasijas de barro, cumple el propósito de enfriamiento de espacios sin necesidad del uso de energía eléctrica, disminuyendo el uso de electrodomésticos como es el aire acondicionado, un artefacto de mucha demanda energética hoy en día. **Área de la ciencia:** arquitectura.

Keywords:

Refrigeration,
air-
conditioning,
ecological,
surround,

Abstract

The electrical energy consumption of buildings when using air conditioning or refrigeration systems represents 60% of the energy consumed in buildings. The cooling and ventilation system of an environment plays an important role in the comfort of the user, but it should not necessarily be an energy consumer, this can be solved with passive envelope alternatives, the ECO COOLER system is

bioclimatic,
passive strategy

analyzed as a passive design strategy to cool living environments reducing the amount of energy consumption through lattices on facades located in tropical climates. A bibliographic review of the thermal behavior of a clay pot is made, and a conceptual model is elaborated to measure temperatures with a variable free facade and envelope with a lattice of clay pots, which are subjected to a heat gun to demonstrate the temperature variation. This element has a peculiarity in its material and composition, which is porous and the process that happens to its interior is to cool by the effect of evaporative cooling, the porosity of the clay pot causes the water to filter and evaporate, lowering the temperature of the remaining water. The factors for cooling depend on the environmental conditions, the hotter the environment, the faster the evaporation, this method is known as the "botijo effect". A prototype of a clay pot with characteristics of sweating, storage and overflow system for self-filling is proposed and the lattice envelope is applied on a facade, the passive strategy ECO COOLER by clay pots, fulfills the purpose of cooling spaces without the use of electricity, reducing the consumption of appliances such as air conditioning, an appliance of high energy demand today. **Area of science:** architecture.

Introducción

La amenaza más importante a la que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI es el calentamiento global. Las construcciones representan el 40% del consumo mundial de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, las estimaciones de impacto destructivo crecerá un 1.8% anual hasta el 2050, un determinante que en los siguientes años estaremos en peores condiciones ambientales, por lo tanto no se puede ignorar los consumos que tienen las edificaciones como es el uso de aires acondicionados o sistemas de refrigeración que junto a los sistemas de calefacción representan el 60% de energía consumida en edificios (Akeiber et al., 2016).

Los sistemas de calefacción y ventilación juegan un papel vital para garantizar los niveles de confort necesarios para los usuarios dentro del entorno de habitabilidad, pero el consumo de estos equipos modernos consume altos niveles de energía eléctrica (Hughes et al., 2011).

El costo de la energía, el agotamiento de los recursos naturales, y el cambio climático, obliga a los profesionales de la construcción diseñar y construir edificaciones tomando en cuenta parámetros amigables con el medio ambiente, un parámetro clave son las estrategias de climatización pasiva para alcanzar niveles de confort higrotérmico, que en los climas cálidos se consigue un mayor enfriamiento (Catañeda et al., 2021).

Una cantidad significativa de la energía primaria total es consumida por los edificios actuales a nivel mundial. En muchas de las edificaciones, el consumo de energía se puede reducir significativamente mediante la adopción de estrategias de eficiencia energética. Debido a las preocupaciones ambientales y alto costo de energía, en los últimos años ha habido un interés renovado en la eficiencia energética de los edificios (Sadineni et al., 2011).

Así como la piel en los seres vivos, las superficies envolventes de los edificios regulan la temperatura con el medio ambiente, como son los intercambios energéticos, la luz, el calor, el sonido, presión de aire, hoy existe una conciencia mundial del calentamiento global y de la contaminación del agua, aire y tierra, y preocupación por los costos elevados de energía (Molar-Orozco & Huelsz-Lesbros, 2017).

Los problemas térmicos pueden entenderse por los cambios ambientales generado por el efecto isla de calor, que al interior de una vivienda o edificación sin las debidas consideraciones de diseño pueden producir estrés térmico al usuario (García-López, 2017).

Para controlar el aumento de la temperatura de la superficie urbana y crear un ambiente térmico confortable, una estrategia de refrigeración pasiva eficaz seria enfriar las superficies verticales como muros, fachadas (Duan et al., 2017).

La adopción de sistemas constructivos no tradicionales como cubiertas, muros verdes, fachadas pasivas, constituye estrategias que permiten el control de temperaturas interiores extremas durante el verano, que a una escala urbana favorecen a la mitigación del efecto isla de calor (Gutiérrez et al., 2014).

En la actualidad se espera que las edificaciones que se construyen tengan un diseño eficiente desde el punto de vista energético y respetuoso con el medio ambiente. Esta idea de edificios sostenibles engloba diversas cuestiones relativas a la conservación de la energía, el agua, el suelo y los materiales, junto con la protección del medio ambiente y la calidad de los ambientes interiores y exteriores (Enteria & Mizutani, 2011).

La eficiencia energética de los edificios puede mejorarse aplicando estrategias activas o pasivas según la necesidad, esto implica, ubicación, clima, altura, vientos. Las mejoras de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), pueden clasificarse como estrategias activas, mientras que las mejoras de los elementos de la

envolvente del edificio pueden clasificarse como estrategias pasivas. En los últimos años se ha observado un renovado interés por las estrategias pasivas de eficiencia energética en las edificaciones siendo respetuosas con el medio ambiente (Echarri-Iribarren, 2019).

La envolvente es lo que separa los ambientes interior y exterior de un edificio, es el factor que determina la calidad de confort en el ambiente y controla las condiciones interiores independientemente de las variaciones de temperaturas exteriores. Varios componentes, como paredes, cerramientos, tejados, cimientos, aislamientos térmicos, masa térmica, dispositivos que dan sombra, etc., constituyen la cobertura de cualquier edificación (Guclu & Cuce, 2019).

Varios investigadores en todo el mundo han llevado a cabo estudios sobre la mejora en la envolvente de los edificios y su impacto en el uso energético de los mismos. En el caso de apartamentos de gran altura en el clima cálido húmedo de Hong Kong se registró un ahorro energético del 31.4% con respecto a la aplicación de estrategias pasivas eficientes desde el punto de vista energético (Ascione, 2017).

El diseño arquitectónico adecuado de la envolvente de una edificación puede reducir significativamente el consumo de energía mediante la iluminación natural, la reducción de las cargas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Kelly & Fussell, 2019).

Una propuesta de envolvente pasivo para implementar en fachadas y limite el consumo energético es el ECO COOLER, un sistema de refrigeración pasiva, que no necesita usar energía eléctrica para refrigerar un espacio interior.

Las vasijas de barro son una alternativa para mitigar el consumo eléctrico de una edificación, la evaporación del agua en la superficie genera un proceso endotérmico que absorbe el calor de evaporación que es proporcionada por conducción directa a través del material poroso, este fenómeno se basa en técnicas tradicionales de refrigeración como el botijo (García-López, 2017).

El botijo es un tipo de jarra de cerámica española hecha a mano, que mantiene el agua fría, gracias a su superficie de evaporación (García-López, 2017).

Las vasijas de barro cumplirán su función con el efecto de enfriamiento por evaporación, el agua se evapora 0.015 ml/min., es un parámetro para considerar en el diseño del prototipo de las vasijas, el motivo es la permanencia excesiva del agua en los recipientes (Manzur & Cardoso, 2015).

El propósito de esta revisión es evaluar la práctica común de implementar tecnologías pasivas de refrigeración en fachadas con técnicas tradicionales de bajo impacto y consumo energético, alternativas como paredes de celosía con vasijas de barro para una construcción ecológica (Li et al., 2019).

Objetivo general

Analizar el sistema ECO COOLER como estrategia de diseño pasivo para refrigerar ambientes habitables disminuyendo la cantidad de consumo energético a través de celosías en fachadas ubicadas en climas tropicales.

Objetivo específico

Demostrar que los sistemas tradicionales de refrigeración funcionan para climatizar espacios interiores donde se pueda suprimir electrodomésticos convencionales para la reducción de la energía en de la edificación.

Comparar los cambios de temperatura de un espacio interior con fachada convencional y una con fachada de celosía climatizada para llegar a la temperatura confort para habitar.

Metodología

El presente estudio tiene el siguiente enfoque investigativo:

Tabla 1

Tipo y nivel de investigación

Tipo	Nivel	Concepto
Según su finalidad	Básica	Conocer el tipo de estrategia pasiva para implementar en fachadas donde se necesite mejorar el confort térmico.
Según su alcance	Prospectiva	Se realizará una maqueta a escala 1:50, para hacer las mediciones de temperatura interior que se genera en un dormitorio con un vano libre, comparando con una celosía.
Según su profundidad	Exploratoria	Determinar que variación de temperaturas tenemos al aplicar calor artificial.
Según sus fuentes	Secundarias	Recopilación de investigaciones existentes de publicaciones, utilización de base de datos digitales, plataformas como: SCOPUS, WEB OF SCIENCE, CONCIENCIA DIGITAL.
Según su carácter	Cuantitativas	Datos cuantitativos de las mediciones que se pueden obtener con termómetro digital y cámara termográfica.
Según su naturaleza	Experimentales	Demostrar que el cambio de variables que está sometido la maqueta conceptual.

En la población del estudio forman parte las publicaciones en revistas científicas sobre soluciones pasivas en fachadas para disminuir la temperatura interior de una edificación sin necesidad de utilizar energía eléctrica.

La técnica de recolección de datos por revisión de registros nos permite recopilar información de temperaturas comparando la temperatura ambiente sin ninguna variable en su fachada sometiendo calor artificial durante 1 minuto, y haciendo la comparación de temperatura con un envolvente pasivo en este caso el sistema ECO COOLER por vasijas de barro.

La investigación se realiza de acuerdo con lo siguiente:

1. Revisión bibliográfica del comportamiento térmico que tiene una vasija de barro, analizando conceptos, estudios, referentes, prototipos, para proponer un sistema de envolvente pasivo.
2. Maqueta volumétrica escala 1:50 para hacer las mediciones de temperatura interior, con las siguientes variaciones: temperatura ambiente con vano libre, temperatura ambiente con fachada de celosía de vasijas de barro, temperatura sometida a calor artificial por medio de una pistola de calor en las 2 fachadas.
3. Comparación de los resultados para conocer las variaciones de temperatura.
4. Propuesta de envolvente pasivo con vasijas de barro.

Resultados

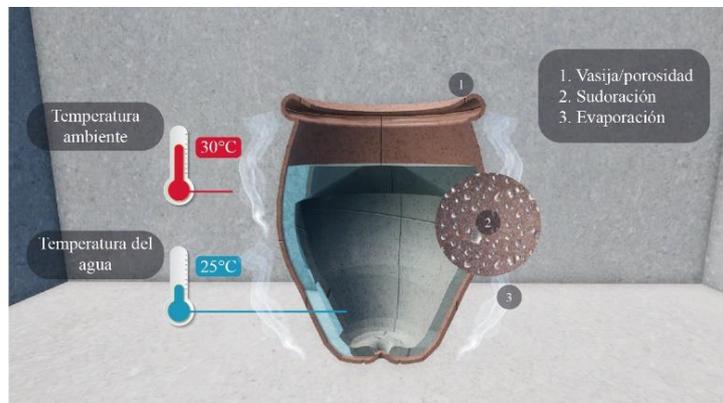
La vasija de barro es uno de los elementos de historia más común a nivel mundial, el comportamiento térmico del barro mantiene a su interior bajas temperaturas respecto a su temperatura ambiente por lo cual nuestros ancestros las utilizaban para llevar agua y guardar sus alimentos.

Este elemento tiene una peculiaridad en su materialidad y composición, que es poroso y el proceso que sucede a su interior es enfriar por el efecto de refrigeración por evaporación, la porosidad de la vasija de barro hace que el agua filtre y se evapore, bajando la temperatura del agua restante.

Los factores para el enfriamiento dependen de las condiciones ambientales, mientras más calor haga en el ambiente, la evaporación será más rápida, a este método se lo conoce como efecto de botijo.

Figura 1

Funcionamiento del botijo con agua



Nota: Vajilla de barro con agua, efecto botijo.

Consiste en la intervención de 3 factores: (fig. 1)

- La porosidad, que es indispensable en las vasijas de barro que permite el paso de agua por las paredes que tienen microporos al exterior.
- Sudoración, pequeñas gotas que cubren la vasija a simple vista se humedece el recipiente.
- Evaporación, al contacto con las temperaturas exteriores el agua comienza a evaporarse, pasa de estado líquido a gaseoso.

Figura 2

Afirmación del funcionamiento botijo



Nota: Factores sobre la vasija de barro: porosidad, sudoración, evaporación.

Teniendo claro el funcionamiento térmico de la vasija de barro, se propone la implementación de este elemento como un sistema envolvente para la edificación a base

de una celosía que se encarga de acondicionar el aire en el interior sin necesidad de utilizar recursos energéticos (fig. 2).

Para el prototipo experimental de una fachada de vasijas de barro ECO COOLER se realizó una maqueta volumétrica a escala 1:50, que simula una habitación, en la cual haremos tomas de temperatura con una cámara termográfica con 2 variables, la primera consta de la habitación completamente vacía y la segunda con una fachada de vasijas de barro, para recrear un ambiente idóneo se hace uso de herramientas adicionales como es una pistola de calor para elevar la temperatura del espacio interior, las dos muestras con un ingreso y salida de calor artificial (fig. 3).

Figura 3*Comparación de temperaturas*

Nota: Maqueta prototipo envolvente de fachada pasiva

Para el primer ejercicio con la maqueta, se hace mediciones de temperatura ambiente que existe al interior con un valor medio de 19.5 °C; se posiciona sobre una mesa y se aplica con la pistola de calor durante un minuto a una distancia de 10cm, se toma registro de la temperatura que ingresa a la habitación que es de 34.3 °C. (tabla 2).

En el segundo ejercicio, se necesita de las vasijas de barro para recrear la fachada de celosía, se seleccionan 9 vasijas de medidas 9 cm x 7 cm, con capacidad de 50 ml. de agua cada una. Se procede a colocarlas una encima de otra generando un envolvente para el vano de la maqueta.

Para simular la corriente de aire se aplica la pistola de calor durante un minuto y se toma medidas de cambios de temperatura que tiene al interior. La maqueta volumétrica tiene 5 superficies para la toma de temperatura, pared lateral izquierda, pared lateral derecha, piso, techo, y elemento vertical abierto o celosía de vasijas de barro, y también se realizaron 2 marcos ambientales que miden la temperatura media del espacio.

Los resultados de los dos ejercicios de medición de temperatura plasman el comportamiento de un vano libre contra un envolvente pasivo.

Tabla 2

Temperaturas en maqueta prototipo de envolvente pasiva

# DE PUNTOS	Temperatura Ambiente – vano libre	Temperatura vano libre con pistola de calor	Temperatura ambiente celosía de vasijas de barro	Temperatura celosía de vasijas de barro + pistola de calor
Nº	° C	° C	° C	° C
Punto 1	20.1	26.4	20.1	21.6
Punto 2	20.1	26.4	19.2	22.9
Punto 3	20.4	29.0	19.5	26.4
Punto 4	18.9	28.6	19.7	25.4
Punto 5	19.5	34.3	19.5	22.3
Media 1	20.1	25.6	19.7	23.5
Media 2	20.0	25.2	19.8	23.4
Promedio	19.9	27.9	19.6	23.6

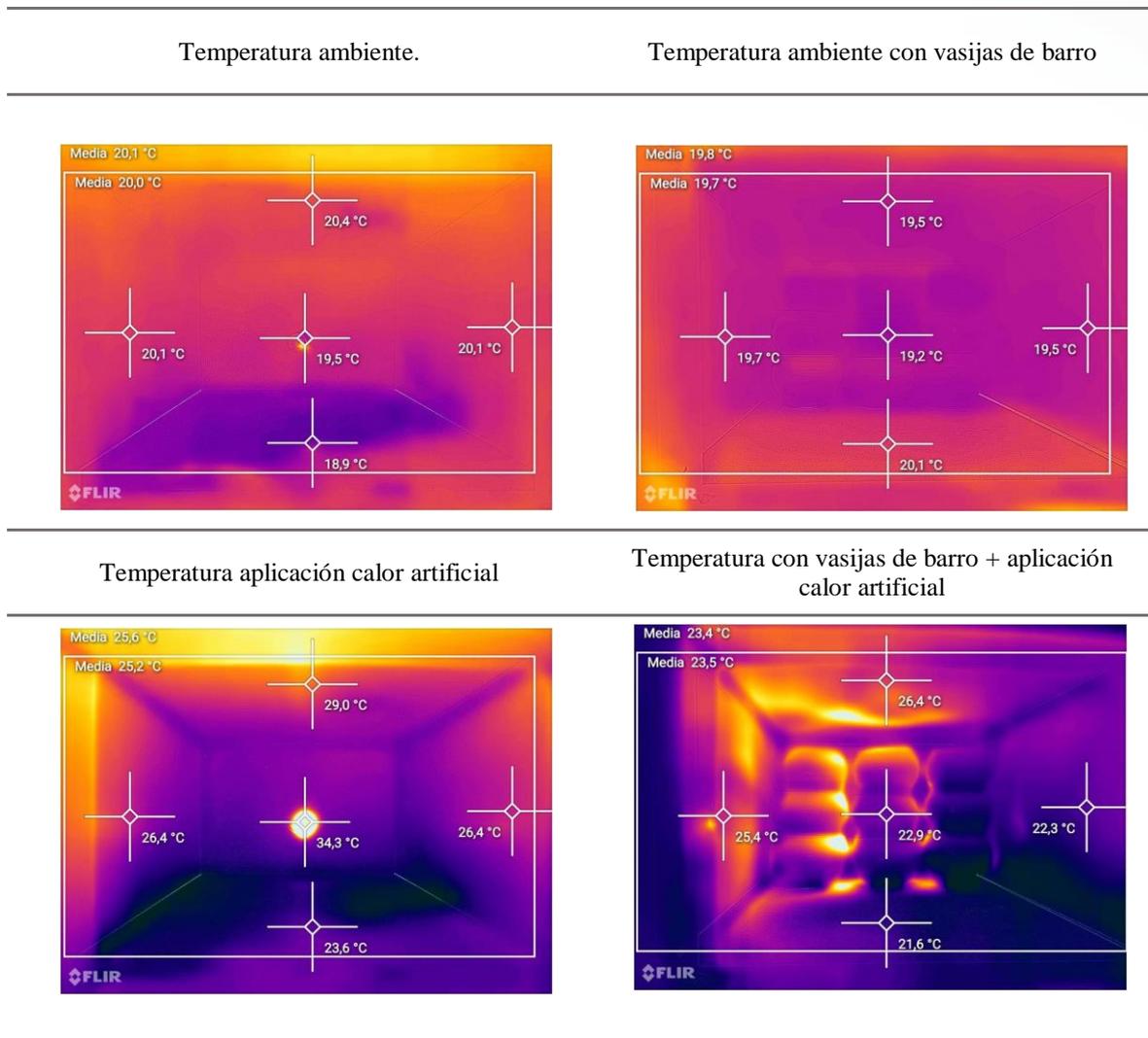
Nota: Variación de temperaturas sobre la maqueta conceptual, con las diferentes variables.

Se pudo comprobar que la celosía de vasijas de barro está cumpliendo el propósito de refrigerar un ambiente con una variación a favor de 4.3 °C, la temperatura bajó sin necesidad de implementar la energía eléctrica, demostrando que el experimento funciona y puede ser aplicable a una envolvente en edificaciones.

Para la confirmación de estas medidas térmicas dentro del prototipo se capturó fotografías termográficas con los siguientes resultados (fig. 4).

Figura 4

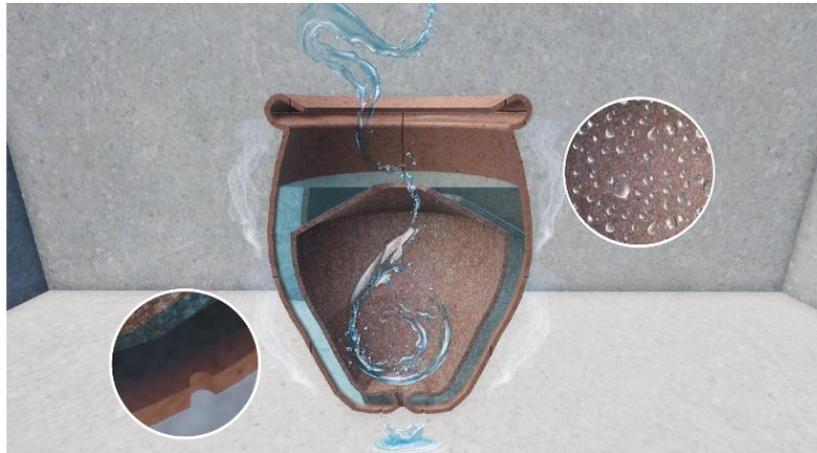
Comparación de temperaturas



Nota: Fotografías con cámara termográfica para comparación de temperaturas.

Comprobado el funcionamiento del prototipo en la maqueta, se continua con el prediseño de una vasija de barro, que cumpla las características de porosidad y abastecimiento de agua.

La vasija de barro propuesta tiene las siguientes características: Porosidad en su material, abastecimiento de agua temporal controlado por goteo, rebosadero interno, estas variables nos ayudará en limpieza, durabilidad y mantenimiento a la vasija.

Figura 5*Prototipo de vasija de barro*

Nota: Vasija de barro y sus componentes.

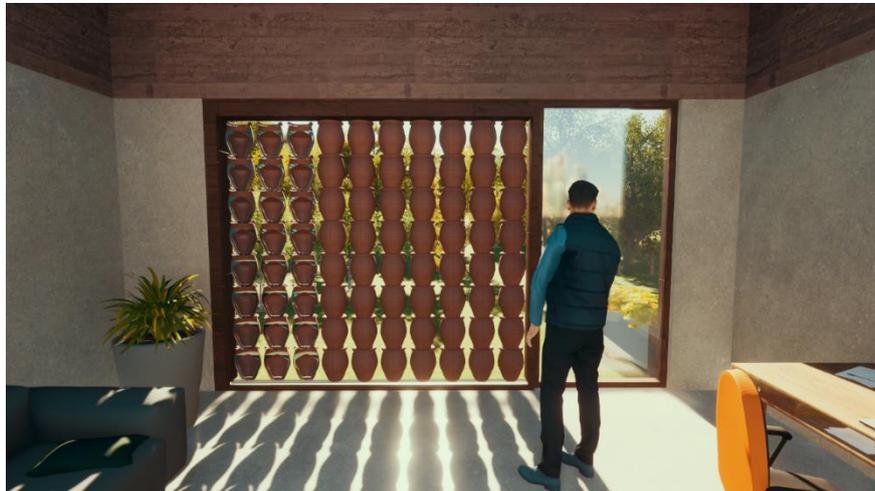
El recipiente de barro tiene las siguientes dimensiones: su altura de 30cm, y ancho de 23cm, con un radio de 10cm en su parte superior y en su base un radio de 5cm., el mismo que se llenará con 212 ml. de agua. Para completar 1m² de envolvente necesitamos 16 vasijas de barro (fig. 5).

Envolvente pasiva

Al tener más superficie en la celosía y pocas aberturas para el ingreso de aire y la iluminación, tenemos mejores resultados para enfriar el aire exterior que ingresa al espacio habitable.

El sistema ECO COOLER con vasijas de barro están apiladas una sobre otra, generando un módulo repetitivo para encajar sobre cualquier fachada, el sistema es cero consumos de energía eléctrica y el aporte con el medio ambiente es muy alto.

La celosía propuesta no solo cumple la función de enfriar el espacio, sino también se constituye en un elemento estético y decorativo que permite una interacción directa con el usuario a través de los sentidos (fig. 6). El sonido del agua en movimiento, el olor de la arcilla húmeda, el reflejo de la luz en las vasijas conforma una atmósfera de tranquilidad y paz para quien habita el lugar.

Figura 6*Celosía aplicada a una fachada residencial*

Nota: Interpretación de una fachada en una habitación.

Evaporación de agua y goteo

La evaporación y sudoración son los encargados de disminuir la cantidad de agua presente en la vasija de barro en 0.015 ml/min. Considerando que cada vasija alberga 212ml de agua, se debería esperar un tiempo de 14133 minutos o 9.8 días para reabastecerlas. Dado que el agua en reposo, pasada las 48 horas comienza su proceso de descomposición y estancamiento (Asphalt Roofing Manufacturers Association, 2017), es necesaria la implementación de un sistema de recirculación del agua para mantener las vasijas en un estado salubre. En este caso, se trata de un sistema de recirculación de agua a base de goteo, realizando una perforación en la base de la vasija que permita el movimiento del agua y evite el estancamiento.

Sistema de llenado de agua

El sistema de llenado para este envoltente se lo puede hacer con llave de manguera la recolección de agua lluvia, en la hilera superior de la envoltente cada vasija puede seguir realimentando el agua a las vasijas inferiores, haciendo un efecto cadena (fig. 7).

Cuando la vasija superior este llena, en su parte interna tendrá un rebosadero que alimentará a la siguiente y este mismo proceso sucederá con cada elemento de la fachada.

Figura 7*Sistema de tubería de agua lluvia*

Nota: Representación de tubería de agua lluvia color ROJO

Evacuación de agua

En este envolvente hay dos tipos de evacuación de agua, de la misma vasija el sistema por goteo hará que el agua fluya y cuando hay una gran cantidad de agua lluvia los recipientes llegan a su abastecimiento máximo.

En estos casos el ultimo que se encuentra en la base de la celosía, dará paso a una rejilla de agua lluvia que se encargará de evacuar el agua sobrante hacia una caja de revisión.

Conclusiones

- El sistema ECO COOLER, es una estrategia pasiva de gran ahorro energético por lo tanto es una intervención de arquitectura sostenible, pero el resultado de las temperaturas internas dependerá los factores climáticos que se presenten, al ser celosías con vasijas de barro que van a contener agua también se pueden apreciar sensaciones que pasamos por alto como es el sonido del agua, el tacto y aroma de la superficie arcillosa húmeda, basado en experiencias para el sentido humano que no solo refrigera un espacio sino forma un ambiente de relajación y estadía temporal.
- La estrategia pasiva ECO COOLER por vasijas de barro, cumple el propósito de enfriamiento de espacios sin necesidad del uso de energía eléctrica, disminuyendo el consumo de electrodomésticos como es el aire acondicionado, un artefacto de mucha demanda energética hoy en día.
- Al aplicar el sistema de envolvente pasivo con vasijas de barro se debe tomar en cuenta el área libre que existe entre cada vasija esto dependerá la cantidad de flujo de aire que pase por la celosía, a mayor abertura entre modulo, menor será la capacidad de enfriamiento.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

Referencias Bibliográficas

- Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M. Z. A., Wahid, M. A., Jomehzadeh, F., Zeynali Famileh, I., Calautit, J. K., Hughes, B. R., & Zaki, S. A. (2016). A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1470–1497. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.036>
- Ascione, F. (2017). Energy conservation and renewable technologies for buildings to face the impact of the climate change and minimize the use of cooling. *Solar Energy*, 154, 34–100. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.022>
- Catañeda, W., Gómez, A., & Czajkowski, J. (2021). Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. *Revista de Arquitectura*, 23(202), 115–124.
- Duan, Z., Zhao, X., & Li, J. (2017). Design, fabrication, and performance evaluation of a compact regenerative evaporative cooler: Towards low energy cooling for buildings. *Energy*, 140, 506–519. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.110>
- Echarri-Iribarren, V. (2019). Conditioning using ceramic floor panels with capillary tube mats and solar thermal panels on the Mediterranean coast: Energy savings and investment amortization. *Energy and Buildings*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109334>
- Enteria, N., & Mizutani, K. (2011). The role of the thermally activated desiccant cooling technologies in the issue of energy and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2095–2122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.013>

- García-López, J. (2017). Low cost, energy, and impact ceramic cladding cooling system by means of evapotranspiration or “botijo-effect.” *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017, 3*, 4054–4061.
- Guclu, T., & Cuce, E. (2019). Thermoelectric Coolers (TECs): From Theory to Practice. *Journal of Electronic Materials*, 48(1), 211–230. <https://doi.org/10.1007/s11664-018-6753-0>
- Gutiérrez, R., Salvador, R., García, I., & Manuel, V. (2014). Confort Térmico Versus Consumo Energético En Viviendas De Interés Social En Clima Cálido Húmedo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 16, 123–140. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947304009>
- Hughes, B. R., Chaudhry, H. N., & Ghani, S. A. (2011). A review of sustainable cooling technologies in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3112–3120. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.03.032>
- Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2019). Improving indoor air quality, health, and performance within environments where people live, travel, learn and work. *Atmospheric Environment*, 200 (November 2018), 90–109. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.058>
- Li, J., Zheng, B., Shen, W., Xiang, Y., Chen, X., & Qi, Z. (2019). Cooling and energy-saving performance of different green wall design: A simulation study of a block. *Energies*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/en12152912>
- Manzur, A., & Cardoso, J. (2015). Velocidad de evaporación del agua. *Revista Mexicana de Física E*, 61(1), 31–34.
- Molar-Orozco, M. E., & Huelsz-Lesbros, G. (2017). Comparación del comportamiento térmico de muros de concreto armado y de bloques de concreto huecos. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 1, 1–17.
- Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3617–3631. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.014>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

