

Diseñando edificaciones basadas en materiales sustentables

Actas de Diseño (2018, diciembre)
Vol. 26, pp. 103-106. ISSN 1850-2032
Fecha de recepción: marzo 2014
Fecha de aceptación: mayo 2017
Versión final: diciembre 2018

Miguel-Isaac Sahagun Valenzuela e Ixchel Astrid Camacho Ixta (*)

Resumen: La enseñanza del diseño arquitectónico en zonas desérticas pone énfasis en la integración de elementos que responden a problemas con la ganancia de calor, entre los cuales se encuentran los medios mecánicos A/C. Cuando estos se aplican indiscriminadamente sube el consumo eléctrico, aumentando el daño al medio ambiente, para evitarlo se requiere que desde el aula se diseñe tomando en cuenta materiales naturales que propicien una menor carga térmica en la edificación. Debido a lo anterior se planteó que los alumnos construyan cubiertas verdes, para que comprendan la facilidad de elaboración e implementación y la disminución de la huella ecológica que pueda dar la edificación sobre el entorno.

Palabras clave: Edificación - Materiales - Ecosistema - Sustentabilidad - Diseño Arquitectónico.

[Resúmenes en inglés y portugués y currículum en p. 106]

Introducción

Las edificaciones son un importante consumidor de energía, en México, el 23% es consumida por el sector doméstico (Torres, 2000). La reducción en el consumo eléctrico conlleva una disminución en la emisión de gases contaminantes, y además una fracción del ingreso familiar se destinada al pago del servicio. Para poder satisfacer las necesidades de confort térmico sin el consumo excesivo de energía se requiere de materiales naturales y sistemas constructivos que logren disminuir la ganancia de calor hacia el interior de la edificación; el diseño adecuado de la envolvente arquitectónica por medio de sistemas de enfriamiento natural tiene dicho propósito. Según Renato et al., (2005) el techo verde está compuesto por diversas capas las cuales realizan las diferentes funciones de un suelo natural. En términos generales, el techo es cubierto con una capa impermeabilizante, una barrera anti-raíz que evita el daño de la estructura, una hoja de retención que recoge las partículas más finas del suelo, y deja que el agua pase. El suelo utilizado en un techo verde debe tener una masa volumétrica baja (800-900 kg/m³) y estar enriquecido con minerales y humus. El espesor puede variar para un techo extensivo entre 0.1m a 0.15m.

Al igual que con un techo tradicional, la mayoría de la energía recibida por un techo verde es por radiación. Esta radiación solar se equilibra por convección y evaporación, el flujo de calor desde la superficie del suelo y las plantas combinadas con la conducción de calor del sustrato del suelo, y la radiación de onda larga, hacia y desde el suelo, y las superficies de las hojas.

Los trabajos sobre techo verde siguen las siguientes líneas de investigación, a) Análisis de comportamiento térmico de sus componentes y sus materiales, b) estudios experimentales por medio de monitoreo, c) simulación térmica utilizando software de cómputo, d) análisis de condiciones de confort térmico en un espacio con techo verde en comparación con espacios sin techo verde, e) Análisis de los efectos de la naturaleza de los techos en

el contexto urbano y f) Método mixto entre experimentación y simulación por software de computadora. En las distintas líneas de trabajo es importante la evaluación de potencial de uso, basándose en la temperatura que se genera en el interior de la edificación y el ahorro energético que puede darse por la reducción de temperatura con respecto al ambiente.

En zonas con clima cálido seco, se requiere de construcciones diseñadas pensando en sistemas de enfriamiento natural, para así tener temperaturas que se mantengan dentro de la zona de confort térmico, con un consumo mínimo de energía eléctrica por climatización artificial. La plantación de vegetación en los elementos arquitectónicos contribuye a la adecuación bioclimática, además proporciona una mejora en la calidad del aire, regula la temperatura y funciona como aislante térmico y acústico. Según Niachou et al., (2001) las ventajas de los techos verdes son indiscutibles y numerosas, que van desde lo ecológico hasta lo social, dan protección solar y enfriamiento pasivo, reducen el flujo de calor, aumentan la capacidad térmica y contribuyen al enfriamiento de los espacios en los que están colocados, además presentan capacidad de retención o disminución de la velocidad del escurrimiento de agua de lluvia, lo que puede reducir inundaciones.

Los techos verdes son utilizados tanto en climas fríos, como en climas cálidos. En las zonas con climas fríos mantiene cálido el interior de la edificación porque retardan el flujo del calor generado, y en los climas cálidos mantienen el interior fresco porque mantienen aislados el interior de la radiación directa del sol y de las altas temperaturas, lo que ayuda a moderar las variaciones de temperatura de un modo natural (Minke, 2000).

El desarrollo del techo verde en el clima cálido seco extremo, ayudaría a ahorrar en el consumo eléctrico por la disminución del uso de acondicionamiento climático que se debe a las reducciones de temperatura en el interior (Niachou et al., 2001). A pesar de la necesidad de recursos adicionales para la construcción de un techo verde, son

la opción ambientalmente preferible en la construcción de un edificio debido a la reducción en la demanda de energía por disminución de acondicionamiento climático (Kosareo y Ries, 2006).

El objetivo de la enseñanza del diseño con base en materiales naturales es que los alumnos conozcan el comportamiento térmico de las edificaciones en clima cálido seco por medio de un monitoreo de temperaturas en módulos de prueba, para determinar la diferencia de temperatura, entre el interior y el exterior, en dos periodos, uno con temperaturas cálidas y otro entre la transición de cálido a frío, de esta forma los alumnos irán tomando conciencia de cuanto se puede mejorar el confort de una edificación mientras se utilizan elementos naturales que benefician al medio ambiente.

Desarrollo del proyecto

La ganancia de calor en la zona desértica genera temperaturas elevadas en el interior de las edificaciones. El calor producto de la cantidad de radiación solar que se presenta en los veranos es un problema generalizado que en la actualidad busca reducirse con materiales como el poliestireno.

La poca adecuación de las edificaciones para resistir la ganancia de calor durante el día y que por el contrario lo guardan dentro por las noches provoca la búsqueda de sistemas aislantes o retardantes que no hayan sido utilizados comúnmente en la región (Givoni, 1998).

Por otro lado la falta de áreas verdes en las ciudades como pulmones de la ciudad o como área de recreación para las personas puede ser disminuida por medio del diseño de jardines en los techos y así aprovechar un área de las viviendas que no suele ser usada (García, 2009).

El trabajo se realizó en Mexicali, Baja California, ciudad del noroeste de México, que se encuentra en una latitud de 32°39'54" N y longitud de 115°27'21" O, con una altura sobre el nivel del mar de cuatro metros. El clima es de tipo cálido seco, con temperaturas promedio de máximas de 42°C (con máximas extremas de 50°C) y temperaturas promedio de mínimas de 8°C, (con mínimas extremas de -3°C).

Una razón importante para construir techos verdes en la zona desértica es combatir el efecto de la isla de calor. Los edificios tradicionales absorben la radiación solar y después la emiten en forma de calor, esto hace que la ciudad tenga temperaturas más altas que las zonas que la rodean (Getter, 2006).

Los techos verdes ayudan a reducir las temperaturas en zonas urbanas, agregar techos verdes a todas las estructuras de la ciudad puede tener efectos positivos en la temperatura de la superficie, al mantener la temperatura por debajo del promedio (Cantor, 2008).

Varias son las bondades que los especialistas le atribuyen a los techos verdes, además de su valor estético. En primer lugar destacan sus propiedades como retardante térmico, lo que permitiría un ahorro de energía por sus componentes y propiedades (Ibáñez, 2009).

El hecho de que la superficie de la cubierta no esté expuesta directamente al sol, la evaporación de agua de las plantas y del sustrato, el aislamiento adicional y

los efectos de la masa térmica, podrían llegar a reducir la demanda energética. Su capacidad de absorción de agua, es otro beneficio importante. El techo verde absorbe la mayor cantidad de agua de lluvia, lo que se libera posteriormente en forma gradual vía condensación y evaporación. El suelo, las plantas y las capas de aire atrapadas en el sistema, además servirían como aislante acústico. Según estudios, el medio de crecimiento ayudaría a bloquear las ondas de baja frecuencia, mientras que las plantas hacen lo mismo con las de alta frecuencia (Cantor, 2008).

Características físicas del módulo

Se construyó el módulo con un interior cúbico de 1x1x1m en su parte exterior sus medidas fueron de 1.42x1.42x1.70m, los muros fueron a base de hoja de yeso de 0.01m de espesor y poste metálico de 0.15m, con placas de poliestireno de 0.05m como aislante en todo el exterior, se cubrió el exterior con mortero cemento arena proporción 1:5 de 0.01m excepto la cubierta. Para evitar infiltraciones de aire se sellaron todas las ranuras interiores con yeso, como acabado final a las paredes exteriores se les aplicaron pintura vinílica de color blanco. La cubierta verde tuvo un ancho y largo de 1x1m con 0.15m de profundidad, los cuales están rellenos con sustrato y con plantas de tipo desértico, la losa de concreto armado tiene un espesor de 0.1m con 2% de acero. Se ubicó el módulo en la azotea de un edificio en construcción a una altura sobre el nivel del mar de 18m y a cuatro metros de distancia de la orilla de la azotea con respecto al oeste y 10m con respecto al este, el lugar reunió las condiciones de ser de fácil acceso para recuperación de los datos y además cuenta con protección para los instrumentos de monitoreo utilizados.

La instrumentación para el monitoreo fue elegida por su precisión, con una confiabilidad de $\pm 0.1^\circ\text{C}$, su facilidad de uso, así como por que los medios de distribución del producto son sencillos de manejar en la zona en la que se realizó el cuasi-experimento. Los alumnos fueron instruidos sobre como colocar los instrumentos de medición así como la calibración y colocaron por su cuenta los sensores.

Selección de vegetación

Para la selección de la vegetación a utilizar en una cubierta verde se deben evaluar: 1) Disponibilidad de plantas en el mercado, 2) Comportamiento de la naturaleza ante el clima, 3) Requerimiento de riego, 4) Dificultad de su instalación en la cubierta, 5) Tamaño final de la planta, 6) Espesor y profundidad de las raíces, 7) Tipo de nutrientes y fertilizantes que se necesitan, 8) Tiempo que transcurren entre cada podada, 9) Época en la que mejor se desarrolla la planta, 10) Resistencia a ser pisado y 11) Temporada del año que en que la vegetación se mantiene viva o seca.

Con base en lo anterior los alumnos recorrieron la ciudad buscando en diversos viveros los tipos de plantas más comunes en el mercado, realizaron un listado para

identificar cuál de estas tiene menor consumo de agua, se analizaron para conocer cuál sería su tamaño final, el tamaño de sus raíces y de estas se eligió las plantas que perduraran la mayor parte del año. Según lo analizado las plantas seleccionadas para la cubierta verde en la zona de Mexicali son las siguientes; Pennisetum setaceum (cola de zorro), portulacaria afra (oreja de ratón) y agave lechuguilla (la lechuguilla). El riego sobre la cubierta verde fue de 3 L/m² cada 24 horas.

Resultados periodo cálido

En el periodo cálido se observó que las temperaturas del interior de los módulos se mantuvieron inferiores a las del exterior. Se obtuvieron diferencias de temperatura del módulo de prueba con cubierta verde de hasta 36% menores que en el ambiente, en el módulo con poliestireno se obtuvieron diferencias hasta de 27% con respecto al ambiente.

Se calcularon las temperaturas máximas y mínimas, así como las diferencias entre módulos y medio ambiente. Se compararon los resultados del módulo de prueba con cubierta verde contra el de cubierta de poliestireno y el ambiente. La temperatura interior del módulo con cubierta verde se mantuvo 15°C por debajo de la temperatura máxima del ambiente en las máximas. La cubierta artificial de poliestireno se mantuvo 12°C por debajo del ambiente en sus temperaturas máximas.

Resultados periodo de transición

En el periodo de transición las temperaturas internas de los módulos se mantuvieron por debajo del ambiente al igual que en el periodo cálido. La diferencia en la cubierta verde fue un 44% inferior con respecto al ambiente. En la cubierta artificial de poliestireno la diferencia fue un 40% inferior con respecto al ambiente.

Se calcularon la temperatura interior de los módulos y del medio ambiente y se identificaron las temperaturas máximas y mínimas en periodo de transición. Se puede apreciar que por el efecto de retardo térmico y la evaporación del agua las temperaturas del interior del módulo con cubierta verde son inferiores a las temperaturas del medio ambiente.

La temperatura de la cubierta verde en el interior se mantuvo 14°C por debajo de la temperatura máxima del ambiente. La cubierta artificial de poliestireno se mantuvo 12°C por debajo del ambiente en sus temperaturas máximas.

Comparación de resultados de los dos periodos

La cubierta verde tiene una diferencia de temperatura máxima entre el interior y el ambiente de 15°C en periodo cálido y de 14°C en la periodo de transición. En mínimas tanto en periodo cálido como periodo de transición se mantuvo una diferencia cercana a los 2°C, la cual es superior al ambiente, esto se debe a la estabilización de las temperaturas en el interior de los módulos.

La cubierta artificial de poliestireno mantuvo diferencias menores a la cubierta verde, su diferencia de temperatura máxima entre el interior y el ambiente fue de 12°C en periodo cálido y de 12°C en el periodo de transición. Los se les dio una capacitación a los alumnos donde se les enseñó como realizar la prueba T para análisis estadístico de datos, con la prueba T demostró que la diferencia entre las temperaturas del interior y el ambiente es significativa por lo cual se demuestra que en ambos módulos, se acercan a condiciones de confort térmico con respecto al ambiente, y al comparar las temperaturas del interior de los dos módulos el techo verde demostró ser significativamente superior en cuanto a la reducción de temperatura con respecto al techo con poliestireno. Los alumnos pudieron comprobar la diferencia de temperatura estando dentro de los módulos físicamente. En clima cálido seco extremoso el techo verde demostró tener mayor eficiencia en cuanto a la disminución del flujo de calor hacia el interior del módulo, tanto en periodo cálido como en el periodo de transición.

Conclusiones

En este trabajo los alumnos conocieron la facilidad de construcción y conceptualización de una cubierta con elementos naturales, se probaron los beneficios de una cubierta verde en comparación con la construcción de una cubierta artificial. También se puede ver a la cubierta verde como un competidor o incluso un sustituto de la cubierta artificial de poliestireno el cual es el protector solar que se utiliza comúnmente en las cubiertas de las distintas ciudades de México.

El beneficio ambiental se multiplica ya que el protector aislante de calor convencional se produce industrialmente generando gases tóxicos contaminantes, mientras que la cubierta con elementos naturales por el proceso de fotosíntesis oxigena el medio ambiente y ayuda a crear micro climas, los cuales ayudan a la limpieza del aire de las ciudades y al regreso al ecosistema natural de la porción de tierra que se le quito al edificar el terreno, si bien este efecto solo podría ser significativo a gran escala. Los resultados de este trabajo exploratorio revelan la importancia de que los alumnos trabajen con sus propias manos, esto les da una perspectiva diferente de lo que se puede hacer con elementos vivos en una edificación y al mismo tiempo comprenden lo fácil que es su implementación de este modo se comienza a fomentar en ellos la utilización de elementos bioclimáticos naturales en sus futuros diseños.

Aun con los resultados del techo verde es posible mejorarlo al colocar sombreados artificiales o plantas que provoquen mayor sombra sobre el techo, es necesario realizar el cuasi-experimento en condiciones con mayores temperaturas, para así poder determinar el potencial de enfriamiento del techo verde desértico en las temperaturas promedio máximas de 44.3° C que se presentan en verano en clima cálido seco extremoso.

Bibliografía

- Cantor, S. L. (2008). *Green roof in sustainable landscape design*. Singapore: W. W. Norton.
- García, I. (2009). *Beneficios de Los Sistemas de Naturación En Las Edificaciones*. UNAM. México.
- Getter, K. L. (2006). *The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development*. Unites States: Michigan State University.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van nostrand Reinhold.
- Ibáñez, R. A. (2009). *Techos vivos: Sistemas de techos extensivos como tecnología sostenible en Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Minke, G. (2000). "Techos Verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos". Uruguay: Editorial Fin de Siglo.
- Niachou, A.; Papakonstantinou, K.; Santamouris, M.; Tsangrassoulis, A. & Mihalakakou, G. (2001). "Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance". *Energy and Buildings* Vol. 33 pp 719-729, 2001.
- Pilar, C.; Caceres, M.; Boscarino, L. y Vedoya, D. (2010). "Diseño y materialización de techos verdes. Estudio preliminar sobre aspectos tecnológicos, económicos y culturales". *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Universidad Nacional del Noroeste. Argentina.
- Renato, M.; Lazzarin, F. y Castellotti, F. (2005). "Experimental measurements and numerical modeling of a green roof". *Energy and Buildings*, Vol. 37 pp.1260-1267.
- Sailor, D. J. (2008). "A green roof model for building energy simulation programs". *Energy and Buildings*, Vol. 40 pp.1466-1478.
- Samano, A. (1996). "Diseño Bioclimático de Edificios" Curso de actualización en energía solar. México: UNAM.
- Torres, F. (2000). "El cambio de horario su impacto en la economía de los hogares urbanos de México". México: UNAM.
- Kosareo, L. & Ries. R. (2006). "Comparative environmental life cycle assessment of green roofs". *Energy and Environment*, Vol. 42 pp.2606-2613.

Abstract: The teaching of architectural design in desert areas emphasizes the integration of elements that respond to problems with heat gain, among which are the mechanical A/C. When they apply indiscriminately electricity consumption rises, increasing the damage

to the environment, is required to prevent it from the classroom is designed taking into account natural materials that promote a lower thermal load on the building. Because of this it was suggested that students build green roofs, to understand the ease of preparation and implementation and decreased environmental footprint that can give the building on the environment.

Keywords: Buildings - Materials - Ecosystem - Sustainability - Architectural Design.

Resumo: O ensino do desenho arquitetônico em áreas desérticas enfatiza a integração de elementos que respondem a problemas com o ganho de calor, entre as quais a mecânica A/C. Quando eles se aplicam indiscriminadamente sobre o consumo de energia elétrica, aumentando o dano ao meio ambiente, é necessário para evitar que a sala de aula é projetada tendo em conta os materiais naturais que promovem uma menor carga térmica do edifício. Devido a isso, foi sugerido que os alunos constroem os telhados verdes, para compreender a facilidade de preparação e implementação e diminuição da pegada ambiental, que pode dar ao edifício no meio ambiente.

Palavras chave: Edificação - Materiais - Ecosystema - Sustentáveis - Concepção Arquitetônica.

(*) **Miguel-Isaac Sahagun Valenzuela**. Arquitecto egresado de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, Maestro en Arquitectura por la Facultad de Arquitectura y Diseño, Facultad de Ingeniería e Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Profesor de carrera de tiempo completo del Centro de Ingeniería y Tecnología Unidad Valle de las Palmas de la Universidad Autónoma de Baja California. Área de Interés: Diseño Arquitectónico, Energías renovables y Arquitectura bioclimática. **Ixchel Astrid Camacho Ixta**. Licenciado en Arquitectura egresada del Instituto Tecnológico de Tijuana, Maestra en Ciencias en Ingeniería de la Construcción por el Instituto Tecnológico de Tijuana, Profesora de carrera de tiempo completo del Centro de Ingeniería y Tecnología Unidad Valle de las Palmas de la Universidad Autónoma de Baja California. Áreas de Interés: Diseño Arquitectónico, Materiales Sustentables.