

Análisis térmico de superficies horizontales en espacios públicos. Plaza Manuel Acuña y de Armas en Saltillo, México

Thermal analysis of horizontal surfaces in public spaces. Plaza Manuel Acuña y de Armas in Saltillo, Mexico

MARÍA EUGENIA MOLAR-OROZCO*

RESUMEN. En la actualidad, el diseño de los espacios públicos como plazas y parques no contemplan aspectos adecuados al clima local, más bien se basan en el concepto de modernidad y de lo estético, lo que marca las pautas a seguir por lo municipios, que generalmente no protegen ni mejoran el microclima del lugar. Las condiciones de confort en un espacio es complejo, pues intervienen factores naturales que se mezclan en diferentes tiempos y escalas; el confort en los espacios exteriores se determina por el porcentaje y las características de los materiales de construcción, condiciones climáticas de acuerdo con el periodo estacional, la función y uso del espacio, la vegetación, la constitución morfológica, los intercambios térmicos del cuerpo humano y el medio ambiente. El objetivo del trabajo fue analizar dos plazas en el Centro Histórico de Saltillo, Coahuila, respecto a los materiales empleados en las superficies horizontales, partiendo de la idea de que reciben mayor cantidad de energía en el entorno existente, y con base en esto generar pautas para la adecuación de los espacios. El resultado señala la necesidad de emplear elementos naturales o artificiales que protejan las superficies para reducir el porcentaje de superficie horizontal expuesta, y así evitar el aumento de transferencia de calor que ayuden a disminuir la temperatura resultante en el ambiente, además se requiere una adecuada selección de los materiales usados en ambientes urbanos que posean un alto impacto en el balance energético del área urbana.

Palabras clave: comportamiento térmico, espacio público, superficies horizontales.

ABSTRACT. Currently the design of public spaces such as plazas and parks do not take into account the correct aspects to the local weather, instead there are mainly based in the concepts of modernity and the esthetic, what makes a guideline to follow by the towns, that generally don't protect or improve the microclimate of the place. The conditions of comfort in a space its complex, since the intervention of natural factors that mix in different times and scales; the comfort in exterior spaces, is determinate by the percentage and the characteristics of the construction materials, climatic conditions according to the season, the function and the employ of the space, the vegetation, the morphologic constitution, the thermal exchanges in the human body and the environment. The objective of this work was analysis in two plazas in the historic district of Saltillo, Coahuila in relation to the materials employed in the horizontal surfaces, going from the idea that they receive a bigger quantity of energy in the spaces. The results points the necessity of employ natural or artificial elements that protect surface and reduce the percentage of horizontal surface exposed to avoid the increase of the heat transfer that helps to decrease the resultant temperature in the environment, also it is required an adequate selection of the used materials in urban environments that have a big impact in the energetic balance of the urban area.

Key words: thermal behavior, public space, horizontal surface.

Fecha de recibido:
24 febrero 2015
Fecha de aceptado:
14 mayo 2015

* Universidad Autónoma
de Coahuila, México
bmolar60@hotmail.com
mariamolar@uadec.edu.mx

Introducción

La estructura urbana está constituida por un conjunto de elementos físicos que organiza el territorio y canaliza los flujos materiales y energéticos; la distribución de estos elementos en el espacio y las características que tienen, condicionan muchos aspectos del ambiente urbano, desde el punto de vista del microclima (Ochoa, 2009). En México como en otros países, la falta de adecuación en los espacios urbanos y las características termo físicas de los materiales empleadas en las superficies horizontales y verticales aumentan la temperatura ambiente propiciando condiciones de confort inhabitable en ellos (Bazant, 2003).

La superficie de la ciudad suele tener un carácter complejo, consistente en un mosaico de distintos materiales en superficies horizontales y verticales (cemento, acero, vidrio, asfalto, madera, etc.) empleados en la construcción, en comparación con los suelos naturales, contienen demasiada capacidad calorífica, además de una mayor conductividad térmica, convirtiéndolos en buenos almacenadores de calor que influyen sobre las condiciones climáticas y micro climáticas, creando en distintos lugares la aparición de un conjunto de diferentes ambientes en el interior de la trama urbana. Un punto a considerar es que el terreno urbanizado se calienta más que el natural, y al no almacenar el calor lo remite a los edificios circundantes, que tienden a elevar las temperaturas, ya que la mayoría de los materiales tienen un albedo bajo (Higue-

ras, 2010). La *cubierta de suelo* original puede conservarse en zonas de césped y parques, pero suele ocupar sólo una pequeña parte del área de la ciudad.

Cada material de la superficie tiene un “albedo” diferente, lo que altera la fracción de radiación solar reflejada y absorbida por la superficie, siendo distinto en cada ciudad, debido a las diferencias en el carácter de la superficie urbana, dependiendo del tipo, el color, el desgaste y la humedad de la superficie. En los materiales de construcción un albedo bajo es típico, en comparación con algunos materiales y superficies naturales, sin embargo, algunas superficies naturales pueden tener un bajo albedo; investigaciones sugieren que el albedo y la *emitancia* térmica (la energía emitida que abandona la superficie por unidad de tiempo y de área) tienen una gran influencia en la forma que un material eleva o disminuye su temperatura (Sailor y Fan, 2002; Simpson y Mc Pherson, 1997; Santamouris *et al.*, 1998; Doulos *et al.*, 2004; Araújo y Laurencó, 2005; Niachou *et al.*, 2008).

Por lo tanto, la cantidad de radiación absorbida es mayor del 15-30% en una ciudad, que en una zona no urbana. Además, los distintos tipos de superficies artificiales causan una gran variabilidad espacial del albedo, lo que afecta la temperatura del aire en la ciudad (Molar, 2009). El calor se intercambia por radiación, conducción y convección, mismas que deben ser considerados en espacios abiertos y cerrados (Huelsz, 2014; Serra, 2004). El albedo es la fracción del total de energía radiada por una longitud de onda que incide en una superficie y es re-

flejada por ella en lugar de ser absorbida. La superficie con un albedo de 1.0 es un espejo perfecto, refleja cualquier onda, sin absorber ni emitir calor, por lo que ofrece resistencia al flujo. Una con un albedo 0 es una superficie negra mate que no refleja nada y que absorbe todo el calor radiado sobre él por lo que son más permisivas. El albedo tiende a ser más bajo en superficies húmedas o de colores oscuros que en superficies secas y claras (Lynch, 1980).

Según Higuera (2010), la energía solar que incide sobre una superficie horizontal en periodo caluroso es aproximadamente el doble de la que cae en una vertical; las superficies horizontales que rodean los edificios reflejan una importante cantidad de calor que incide sobre ellos y su entorno; la cantidad depende de la exposición y reflectividad del terreno inmediato. El suelo y los objetos calefactados por la radiación solar, que se ubican cerca de las edificaciones, pueden producir un sustancial aumento de temperatura. Dichos entornos no se puede controlar fácilmente, las condiciones en un espacio es complejo, pues intervienen factores naturales que se mezclan en diferentes tiempos y escalas; el confort en los espacios exteriores se determina por el porcentaje y las características de los materiales de construcción, condiciones climáticas de acuerdo con el periodo estacional, la función y el uso del espacio, la vegetación, la constitución morfológica, los intercambios térmicos del cuerpo humano y el medio ambiente, además de la sensación percibida por el usuario que varía de uno a otro (Ochoa, 2009).

Estudios de Molar (2011 y 2012), en espacios exteriores muestran el efecto, tanto del calor antropogénico, el albedo de las superficies empleadas en el exterior y la reducción de áreas verdes, en la temperatura ambiental y el porcentaje de humedad que repercute de forma negativa en el confort de los espacios urbanos. Simulaciones y trabajos de campo realizados por Taha (1997), que tienen en cuenta el calor antropogénico, demuestran cómo el incremento de áreas de cobertura vegetal, al igual que el albedo de los materiales de construcción de los espacios urbanos, disminuyen tanto la temperatura de las superficies como del aire cerca del piso en aproximadamente 2 °C.

El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis térmico en superficies horizontales de dos plazas próximas en distintos periodos, con una morfología y orientación similar, respecto a sus materiales, que aporte pautas a la adecuación de espacios públicos en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Metodología

El estudio fue cuantitativo, se realizó trabajo de campo y documental sobre la evolución morfológica de los espacios y el tipo de clima de la ciudad, de forma longitudinal en dos periodos (uno en primavera y otro en otoño) en 2013, cuyo horario fue de 9:00 a 12:00 hrs. Con un termómetro infrarrojo se tomó a cada hora el registro de la temperatura de superficies horizontales cuidando que siempre fuera en el mismo lugar en los cinco puntos de ambos espacios a nivel del piso y a la altura del asiento de la banca, considerando la emisividad de cada su-



Figura 1. Cantidad de radiación media diaria en la República Mexica.
Fuente: <http://www.heliogis.com/mapas>

perficie que se medía bajo sol; además de la temperatura ambiente y el porcentaje de humedad bajo sombra con un termohigrómetro, primero se llevó a cabo en la Plaza Manuel Acuña y luego en la Plaza de Armas, junto con un registro fotográfico y observaciones durante las mediciones. Los datos se registraron en un formato y luego se vaciaron en el programa Excel para el análisis correspondiente.

La ciudad de Saltillo, en el estado mexicano de Coahuila de Zaragoza al norte del país en la latitud $25^{\circ}22'35''\text{N}$, longitud $101^{\circ}01'00''\text{O}$ y altitud 1789 m, con un clima templado semi-seco con pocas precipitaciones a lo largo del año. Los inviernos son frescos con temperaturas promedio de 17°C , siendo comunes temperaturas mínimas inferiores a los 0°C y mínimas extremas de -14 a -18°C . Por el contrario, el verano es cálido con temperaturas que pueden superar los 38°C (Armendáriz, González, Bojórquez, Romero & Luna, 2012), por su ubicación geográfica recibe importante radiación solar (figura 1).



Figura 2. Plaza Manuel Acuña indicada en la parte superior y Plaza de Armas en la inferior.
Fuente: Google earth.

Debido a que la radiación UV está influida por la altura sobre el nivel del mar, por la disminución de la capa de aire que queda por encima, y que a mayor altitud del lugar menor es la atenuación de los rayos del sol por la atmósfera; por lo que se recibe más radiación que a nivel del mar (MINAE, 2009), es relevante este aspecto para el estudio de espacios exteriores, además del clima.

Resultados

Los espacios están localizados en el Centro Histórico de la Ciudad de Saltillo, su configuración es rectangular, cuentan con dos áreas peatonales y dos calles vehiculares de densidad alta, rodeados de edificios, ambas con orientación NE, SE, NO, SO y escasa vegetación.

El primer espacio corresponde a la Plaza Manuel Acuña, conocida como la plaza de los abuelos debido a que la mayoría de las personas que la visitan son de la tercera edad, se ubica a tres cuadas de la Plaza de Armas, a su costado está el Mercado Juárez y al frente el Teatro Carrillo. La plaza ha cambiado su



Figura 3. Localización de los puntos en la Plaza
Fuente: Google earth.



Fotografía 1. Vista panorámica de la Plaza Manuel Acuña.
Fuente: Fotografía de la autora.

fisonomía a través del tiempo, primero inició como un jardín, después se construyó un monumento y una fuente y con el tiempo fue disminuyendo el área verde. Actualmente cuenta con palmeras no nativas que al estar aisladas no generan suficiente protección solar en las horas críticas de verano de acuerdo con la ubicación de las bancas (foto 1). El análisis en este espacio se realizó en el periodo de primavera tomando en cuenta 5 puntos (en las cuatro esquinas y uno al centro, enumerando en sentido contrario a las manecillas del reloj iniciando sobre la esquina del mercado sobre calle Allende) (figura 3).

Localización de los puntos:

- Primer punto ubicado en la esquina del mercado y calle Allende.
- Segundo punto ubicado en la esquina del mercado y calle peatonal Padre Flores.
- Tercer punto ubicado en la esquina de calle peatonal Padre Flores y Aldama.
- Cuarto punto ubicado en la esquina de calle Aldama y Allende.

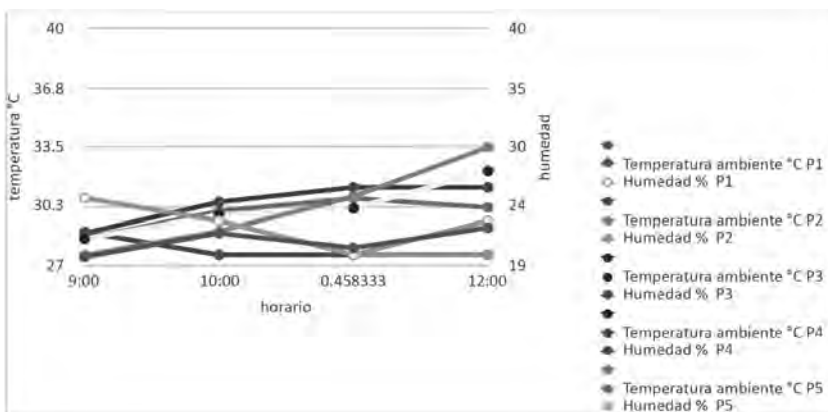
- Quinto punto ubicado en el centro de la plaza.

Al momento de las mediciones, el cielo estuvo despejado la mayoría del tiempo, con una irradiación solar de 4.8 kWh/m^2 en promedio, generando lo siguiente:

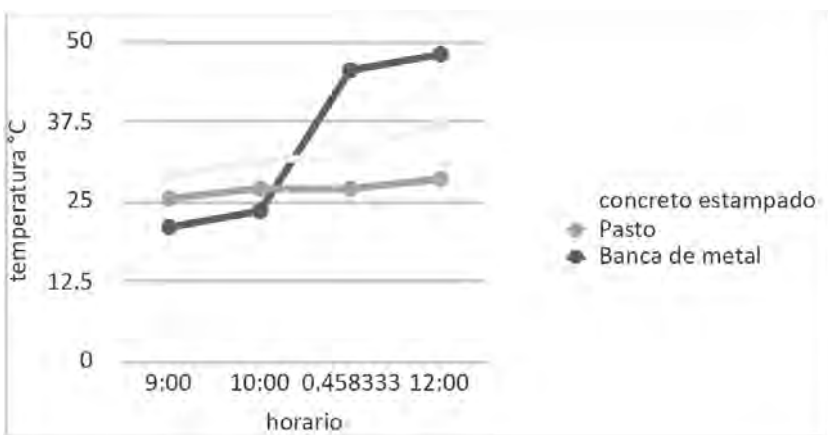
Plaza Manuel Acuña (verano)

La temperatura ambiente máxima se obtuvo a las 12:00 hrs en el punto 2, con 33.5°C , donde se ubican comercios y una mayor movilidad peatonal; el porcentaje de humedad más alto fue de 25% en el punto 2. Se pudo apreciar que la humedad es similar en la mayoría de los puntos y las temperaturas son variantes. A continuación se muestra el comportamiento de las superficies:

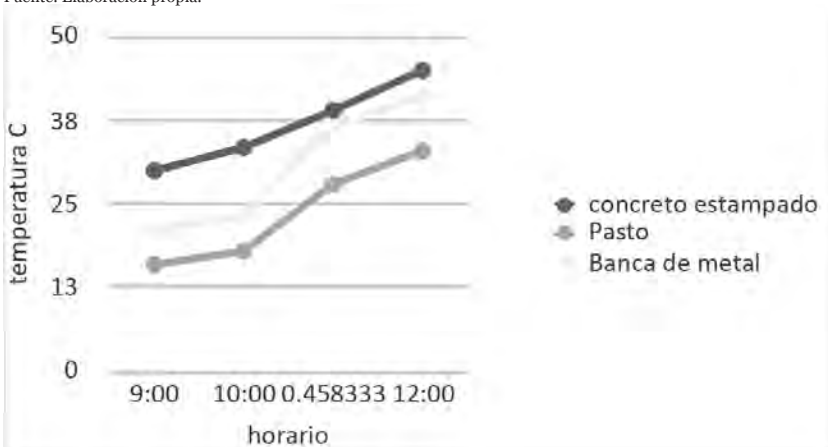
La superficie empleada en las bancas alcanza la temperatura más alta incluso que la del piso, por lo que no son muy usadas al no contar con sombra (foto 2 y 3). Generalmente, los usuarios se sientan en un elemento alrededor de las jardineras bajo la protección de algunas palmeras.



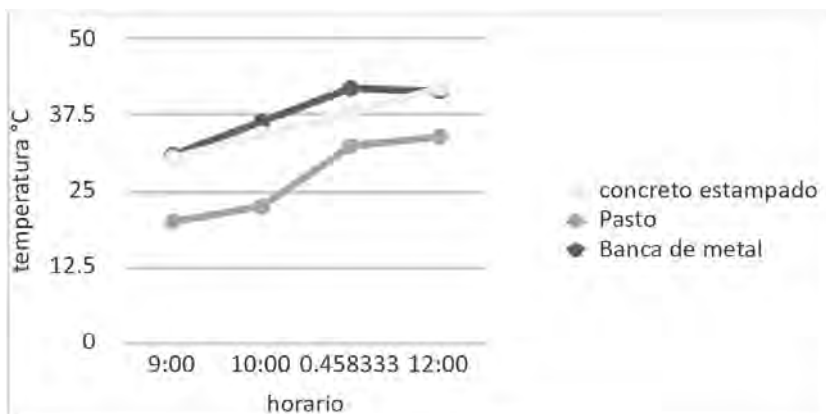
Gráfica 1. Comportamiento térmico del espacio en los cinco puntos.
Fuente: Elaboración propia.



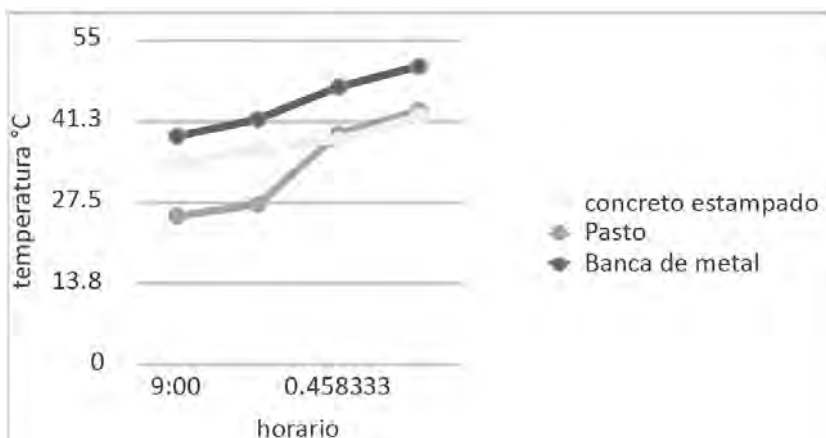
Gráfica 2. Punto uno.
Fuente: Elaboración propia.



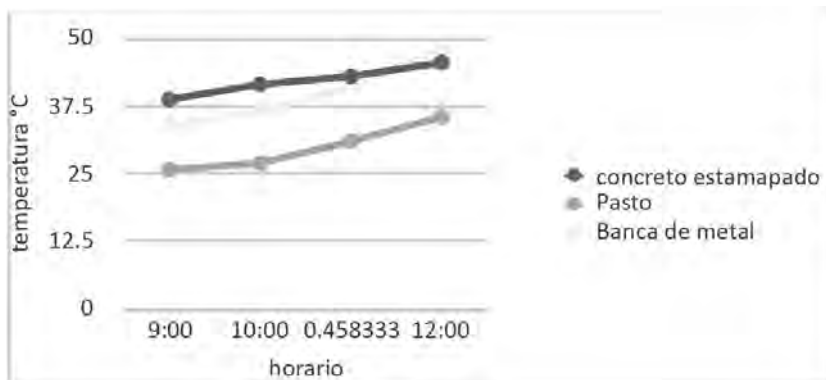
Gráfica 3. Punto dos.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 4. Punto tres.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 5. Punto cuatro.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6. Punto cinco.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografías 2. Ubicación de bancas y jardineras.
Fuente: Fotografía de la autora.



Fotografías 3. Ubicación de bancas y jardineras.
Fuente: Fotografía de la autora.

En el periodo de otoño, se trabajó en la Plaza de Armas ubicada entre la Catedral Santiago y el Palacio de Gobierno (foto 4). Al inicio el espacio contaba con flora abundante que se fue eliminando para colocar un quiosco, que después se quitó para dar paso a una explanada tipo zócalo. Actualmente, se ha incorporado algo de vegetación como pinos y pasto, con una fuente al centro, la distribución de las bancas en los espacios es la periferia y algunos al centro, pero la mayoría no cuenta con sombra, las mediciones se realizaron en 5 puntos, cuyo orden es el mismo que la otra plaza (figura 4).

Localización de los puntos:

- Primer punto ubicado en la calle Miguel Hidalgo.
- Segundo punto ubicado en la calle Zaragoza.
- Tercer punto ubicado en la calle Benito Juárez con Zaragoza.
- Cuarto punto ubicado en la esquina de calle Benito con Miguel Hidalgo.
- Quinto punto ubicado en el centro de la plaza.

En este espacio, las mediciones se iniciaron a la media hora porque habían empezado a colocar elementos decorativos en el espacio, lo que impidió que fuera a las nueve en punto, según lo establecido. El cielo estuvo despejado ese día con una irradiación solar de 3.6 kWh/m^2 en promedio.

La mayor temperatura se mantuvo en el punto 3 con $28,6^\circ\text{C}$ al ser una zona con mayor circulación vial y no contar con elementos que generen sombra en la mayor parte del tiempo, el porcentaje humedad máximo en el espacio fue de 38% a la primera hora en el punto 5. El comportamiento de las superficies fueron las siguientes:

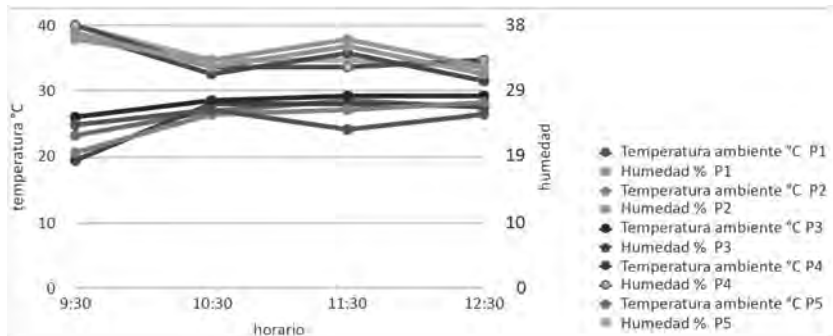
Al ser otoño, a diferencia del otro espacio, las bancas eran usadas al momento de las mediciones, pues las personas buscan el sol para sentirse más confortables, pero al igual que en el anterior, la superficie con mayor temperatura fue la banca, rivalizando con la superficie de la acera y la calle debido a sus propiedades, en ambos espacios existe carencia de elementos que protejan de la radiación solar.



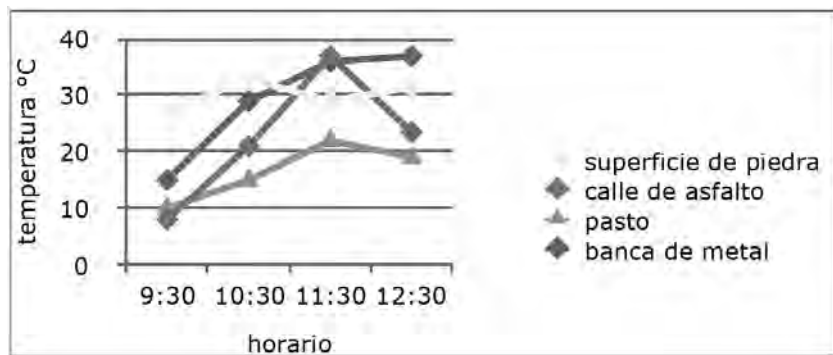
Figura 4. Localización de los puntos en la Plaza de Armas.
Fuente: Google earth.



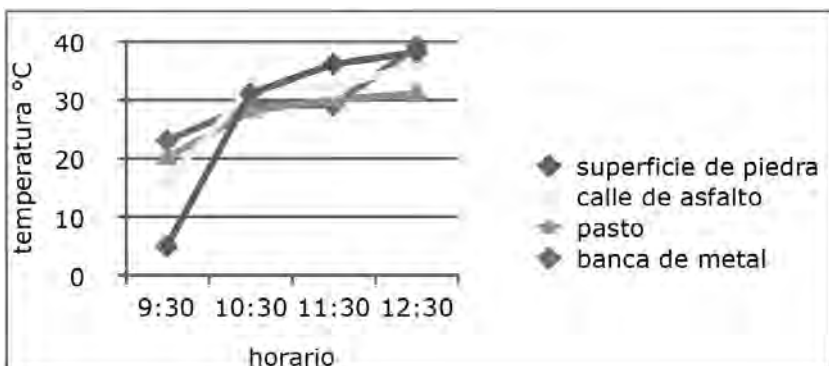
Fotografía 4. Vista de la plaza.
Fuente: Fotografía de la autora.



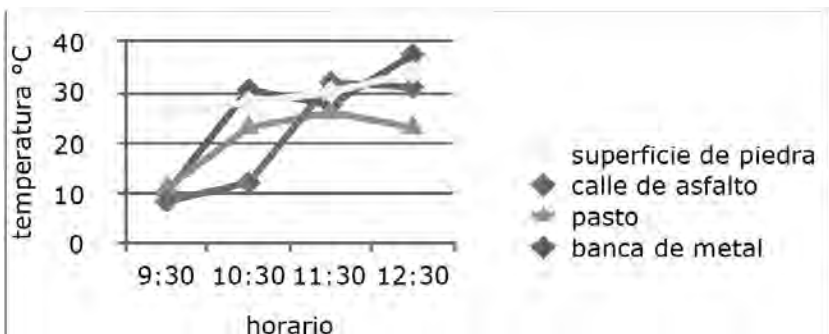
Gráfica 7. Comportamiento térmico del espacio.
Fuente: Elaboración propia.



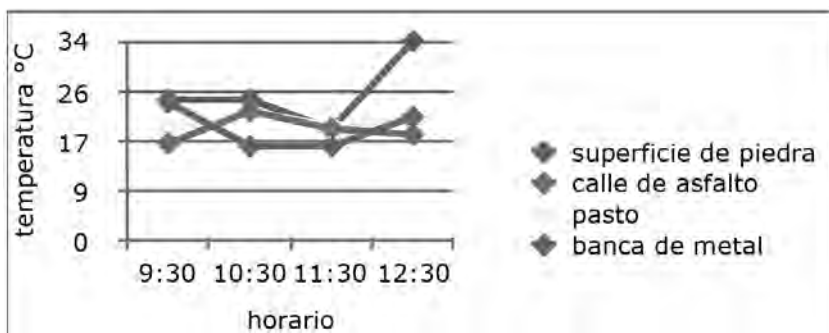
Gráfica 8. Primer punto.
Fuente: Elaboración propia.



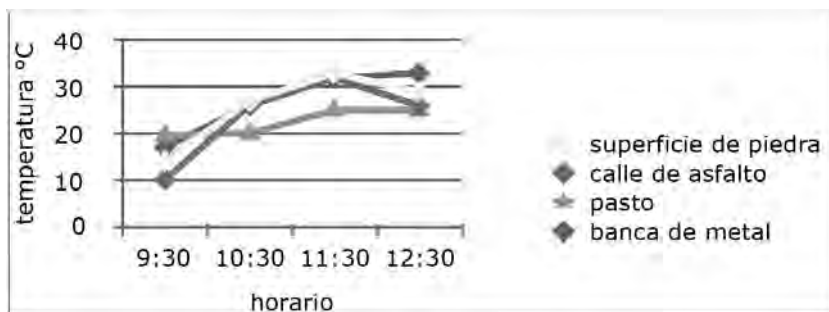
Gráfica 9. Segundo punto.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 10. Tercer punto.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 11. Cuarto punto.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 12. Quinto punto.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados en ambos espacios muestran el comportamiento térmico de los materiales, revelando que la superficie que llega a obtener mayor temperatura respecto con los demás materiales y en todos los puntos es el empleado en las bancas (en ambos es de fierro colado en el primero pintado de blanco y en otro de color obscuro) compitiendo con la superficie del suelo, lo que es preocupante en verano, al no contar con protección solar por medio de elementos naturales ni artificiales como lo recomienda Ochoa, permitiendo el aumento de temperatura de las superficies como lo indican Lynch, Serra, Huelsz y otros autores; a pesar de esto ambos espacios son frecuentados en verano por la ciudadanía al ser un lugar de reunión, de paso y de encuentro teniendo una estancia de no más de una hora. Aunque la situación cambia en el periodo invernal, la permanencia es más de una hora, ya que se busca estar bajo sol para obtener confort, dando un área de oportunidad a la hora de selec-



Fotografía 5. Usuarios en otoño utilizando los espacios en la plaza.
Fuente: Fotografía de la autora.

Superficie	Albedo %	Emitancia
Fierro colado	0.50 a 0.60	0.06 a 0.28
Piedra	0.20 a 0.40	0.98
Concreto estampado	0.10 a 0.35	0.95
Asfalto	0.05 a 0.20	0.95
Pasto	0.20 a 0.30	0.90 a 0.95

Fuente: Summary Report Urban Heat Island Effect, City of Las Vegas Office of Sustainability, 2010 y Torres, 2011.

cionar la flora que ayude en ambas estaciones. Si se compara la emitancia y el albedo de las superficies se aprecia que la superficie de la banca cuenta con baja emitancia, a pesar de que su albedo es más alto que las demás superficies.

Tomando en cuenta la altitud del lugar y la condición del cielo que condicionan la cantidad de radiación en un espacio, en ambos casos el cielo estuvo despejado y la húmeda atmosférica baja, por lo que la radiación solar fue mayor, pues recibe más radiación que a nivel del mar.

Recomendaciones

El diseño de los espacios como plazas requiere de un análisis del recorrido solar para la ubicación de elementos que proporcionen sombra en superficies artificiales en los periodos con mayor radiación, optando por reducir estas superficies, o utilizar materiales claros y con alta emitancia para minimizar la cantidad de radiación solar absorbida en las superficies, y no permita el aumento de temperatura en el entorno. Pero se debe tomar en cuenta que la conductividad en materiales naturales decrece al ser estos secos, menos densos y más porosos, según comenta Lynch, en cambio las superficies como suelos húmedos tienen a equilibrar las temperaturas, por lo que deben considerarse el uso de superficies permeables, contrario de lo que se hace en la actualidad.

Agradecimientos

A PRODEP del recurso para Perfil deseable, a los alumnos de licenciatura y maestría que

colaboraron en las mediciones y al traductor Amy Juárez Lara.

Fuentes de consulta

Araújo P. & Laurencio F. (2005), "Measurement of Albedo and Analysis of Influence the Surface Temperature of Building Roof Materials" in *Energy and Buildings*; 37, pp. 295-300.

Armendáriz, J., González, J., Bojórquez, G., Romero, R. & Luna, A. (2012), *Diagnóstico bioclimático de la región semi-desértica de la Comarca Lagunera. Resultados de Investigación: Redes de Colaboración*. Coahuila, Plaza y Valdés, Universidad Autónoma de Coahuila, México.

Bazant, J. (2003), *Manual de diseño urbano*, 6ª ed., Trillas, México.

Cantidad de radiación media diaria en la República Mexicana, [En línea] <http://www.heliogis.com/mapas>, consultado el 6 de febrero de 2015.

Doulos M., Santamouris M. and Livada I. (2004), "Passive Cooling of Outdoor urban spaces. The Role of Materials" in *Solar Energy*; 77, pp. 231-249.

Higueras, E. (2010), *Urbanismo Bioclimático*, GG, España.

Huelsz, G., Molar, M. & Velázquez, J. (2014), "Transferencia de calor en la envolvente arquitectónica y en el ser humano"; en CA de Tecnología en la Arquitectura UAdeC (2014), *Vivienda II*. Trabajos de investigación. CGEPI UAdeC, México.

Lynch K. (1980), *Planificación del sitio*, editorial Gustavo Gil, Barcelona.

Molar, M. (2009), *Morfología urbana y confort de la vivienda. Estudio de los edificios del Ensanche de Barcelona*, tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona España.

MINAE (2009), *Factores que influyen en la radiación UV en la superficie*. San José, Costa Rica, Centroamérica: Instituto Meteorológico Nacional, [En línea] <http://www.imn.ac.cr/educacion/UV/UVB1.html>, consultado el 25 de noviembre de 2014.

Molar, M. (2011), "Análisis del confort térmico del canal de la Cortadura, Tampico Tamaulipas", en *Revista Palapa*, vol. VI, núm. 11 (13) julio-diciembre 2011.

Molar, M. (2012), *Morfología urbana y confort. Caso de estudio Ensanche de Barcelona*, Editorial Académica Española, Alemania.

Niachou, K., Livada, L., Santamouris, M. (2008), "Experimental study of temperature and airflow distribution inside and urban street canyon during hot summer weather conditions.-Part I: Air and surface temperatures", in *Building and Environment*, vol. 43, pp. 1383-1392.

Ochoa, J. M. (2009), *Ciudad, vegetación e impacto climático: el confort en los espacios urbanos*, Erasmus Ediciones, Barcelona.

Sailor D., Fan H. (2007), "Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities" in *Atmospheric Environment*, vol. 36, pp. 713-725.

Santamouris M., Papanikolaou N. and Georgakis C. (1998), *Square, Athens, Greece*. Internal Report. Group Building Environmental Studies, Physics Department, University of Athens, Athens, Greece.

Serra, R. (2004), *Arquitectura y clima*, Gustavo Gil, Barcelona.

Simpson J., McPherson, E. (1997), "The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona" in *Energy and Buildings*, vol. 25, pp.127-137.

Taha, H. (1997), "Urban climates and heat island: albedo, evapotranspirations and anthropogenic Heat", en *Energy and Buildings*, vol. 25, Issue 2, Elsevier, USA, pp. 99-103.

Torres J. (2011), *Reflectancia solar. Su aplicación en el ahorro de energía y la mitigación del calentamiento global*. XIX Congreso Internacional Ambiental, [En línea] <http://www.cmic.org/comisiones/seccionales/medioambiente/Varias/The-Green-Exp-2011/Energ%C3%ADa/Energ%C3%ADa/Expo%2028/6.%2028%20DrJorgeTorres.pdf>, consultado el 11 de febrero de 2015.