

# ESTUDIO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS SEGÚN EL TIPO DE MATERIAL EN LA ZONA DE ANCÓN BAJO CONDICIONES DE SOL Y SOMBRA

*Yahed Villarreal<sup>1a</sup>, Daniel Martínez<sup>1b</sup>, Ana Laura Samaniego<sup>1c</sup>, Jorge Isaac Perén<sup>1,2d</sup>.*

<sup>1</sup> *Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá*

<sup>2</sup> *Sustainable and City Research Group – SusBCity, Ciudad de Panamá, Panamá*

<sup>1a</sup> *yahed.villarreal@up.ac.pa; <sup>1b</sup> daniel-d.martinez@up.ac.pa; <sup>1c</sup> ana-l.samaniego@up.ac.pa; <sup>1,2d</sup> jorge.peren@up.ac.pa*

<sup>1a</sup> *0000-0003-3747-3963; <sup>1b</sup> 0000-0002-1783-3645; <sup>1c</sup> 0000-0001-8483-8246; <sup>1,2d</sup> 0000-0003-4762-9255*

**RESUMEN:** En la actualidad más personas viven en ciudades, derivando en la aparición de nuevos nodos urbanos, lo que significa menos huella natural y la aparición de los efectos producto de las islas de calor. Estas últimas se dan por varios factores, sin embargo, este estudio se enfoca en la relación de estos fenómenos con las superficies donde los peatones circulan. El estudio se basa en analizar diferentes tipos de pavimentos en función del material y la temperatura superficial con el fin de hacer una comparativa y destacar cuál se desenvuelve mejor en distintas condiciones atmosféricas. La investigación pretende aportar información útil para el diseño de pavimentos que generen confort a los peatones de ciudades tropicales.

**PALABRAS CLAVES:** Isla de calor urbano, pavimento, superficie, temperatura, textura.

**ABSTRACT:** Today more people live in cities, resulting in the appearance of new urban nodes, which means less natural footprint and the appearance of the effects of heat islands. The latter are due to several factors; however, this study focuses on the relationship of these phenomena with the surfaces where pedestrians circulate. The study is based on analyzing different types of pavements depending on the material and the surface temperature to make a comparison and highlight which performs better in different atmospheric conditions. The research aims to provide useful information for the design of pavements that generate comfort for pedestrians in tropical cities.

**KEYWORDS:** Urban heat island, pavement, surface, temperature texture.

## 1. INTRODUCCIÓN

Panamá presenta clima tropical húmedo, los valores de humedad relativa y sensación térmica ya son factores que naturalmente están presentes, pero también se deben atender las islas de calor y nuestra ciudad se extiende en superficie pavimentada que contribuye al aumento de la isla de calor, a través de la temperatura superficial.

En la actualidad, existe escasez del tema en el ámbito investigativo, generando un desconocimiento en las propiedades térmicas de materiales utilizados en la construcción de pavimentos, poder entender las propiedades de un material, brinda enormes oportunidades de crear diseños eficientes en el entorno urbano.

Muchos de los países y ciudades latinoamericanas están acostumbrados al uso de adoquines de concreto, principalmente en intervenciones urbanas [1]. Panamá no se excluye de este caso, ya que en varios sectores del país

podemos observar el uso de este material en nuestras aceras e incluso calles. Sin embargo, los beneficios a nivel ambiental y económico que pueden ofrecer otros materiales empleados en pavimentos siguen siendo un tabú, ya sea por falta de experiencia o altos costos de ellos, por lo que se muestra una reacción negativa inicial al reemplazar los pavimentos de concreto existentes sin darles una oportunidad de uso [2].

Un hecho es que los pavimentos de concreto generan más calor que superficies vegetales, liberando este calor al ambiente y a la vez generando el Efecto de Isla de Calor [3] que se entiende como un fenómeno que se produce en un área urbana donde se experimentan altas temperaturas debido al desarrollo y actividad humana. Este efecto, junto a los edificios, transporte y el asfalto en las calles contribuye a incrementar su efecto [4]. Determinar la textura y color de los pavimentos en conjunto con el material, permitirá determinar el impacto que causa y cómo debe ser resuelto, ya que ya que las estrategias de enfriamiento que se deben implementar [5]

nos permitirá desarrollar una ciudad consciente del medio ambiente y enfocada en mejorar su entorno urbano.

Esta investigación tiene como objetivo identificar los sectores donde se encuentren pavimentos que estén en condición de sol y sombra, distinguir el tipo de material de los mismos, medir su temperatura superficial a lo largo del día y comparar la variación de temperatura superficial de los pavimentos.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el corregimiento de Ancón, específicamente en la zona cercana a la Avenida Ascanio Arosemena, cercana a las faldas del Cerro Ancón y El Edificio de La Administración del Canal.

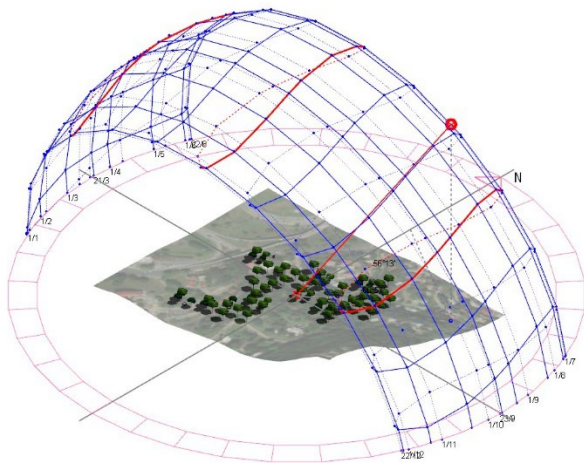
Se llevaron a cabo tres metodologías (a) simulación de incidencia solar pre-visita al sitio (b) lecturas del entorno post-visita al sitio (c) mediciones de la temperatura emitida en el material, dentro de un rango de horario de 7:00 am a 3:00pm.

El tipo de enfoque del estudio fue de tipo cuantitativo a través de herramientas de medición, programas 3d, elementos gráficos y tablas.

### 2.1 Simulación de incidencia solar, pre-visita al sitio

Se generó un modelo 3D geolocalizado en el programa SketchUp, para generar posibles escenarios sobre la incidencia solar en la zona de estudio. (Ver figura 1).

Esta simulación se realizó entre las fechas del 21 de junio (solsticio de verano) y 21 de diciembre (solsticio de invierno), a las 12:00 p.m.

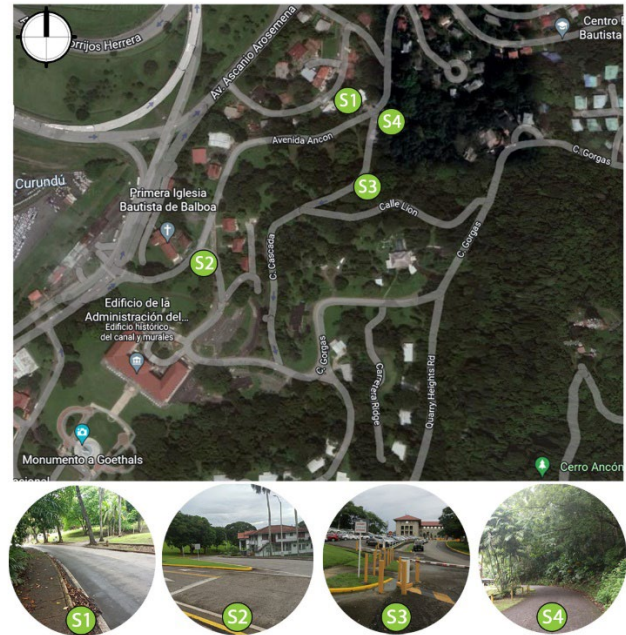


**Figura 1.** Simulación de incidencia solar en el programa SketchUp, con la herramienta Curic Sun para ver el movimiento del sol a lo largo del año.

### 2.2 Lecturas del entorno post-visita al sitio

Se realizó un recorrido comenzando desde la Calle Tomas Guardia, seguido por la Avenida Ancón, luego en Calle Gorgas

y culminando en Calle Cascada. Dicho recorrido nos permitió generar un mapa con cuatro sectores (Ver figura 1.1).



**Figura 1.1.** Área de estudio en el corregimiento de Ancón, con sectores propuestos.

Dichos sectores se escogieron por los siguientes criterios :

- Sector 1 (S1) Avenida Ancón: Se caracteriza por tener alta presencia de sombras y ser una zona de tráfico para transeúntes.
- Sector 2 (S2) Avenida Ancón - Calle Gorgas Estacionamientos Cercanos: Se escogió por ser una avenida de alto tráfico de vehículos que se desplazan en el lugar durante la mayor parte del día.
- Sector 3 (S3) Calle Gorgas – Estacionamientos: Se escogió este sector al ser bloque considerable de pavimento y con menos vegetación, también por su cercanía al Edificio de La Administración del Canal.
- Sector 4 (S4) Calle Cascada: Se escogió este sector por estar rodeado mayormente de vegetación y estar en las faldas del Cerro Ancón.

Otro punto que tomar en cuenta fueron los materiales que podríamos encontrar en dichos sectores para la comparación de estos, podían influir en mayor grado para las mediciones que se realizarían posteriormente.

### 2.3 Mediciones de la temperatura emitida en el material

Definidos los sectores de estudio se procede a realizar las mediciones en un rango de 7:00 am y 3:00 pm, por medio de la cámara FLIR E4.

La misma está configurada para generar imágenes térmicas que nos permiten ver la emisividad de un material determinado. Se emplea apuntando al material seleccionado, de pie frente al mismo con una distancia aproximada de 1.00 metro desde la mano de la persona hasta la superficie, como se muestra en la Figura 1.2.

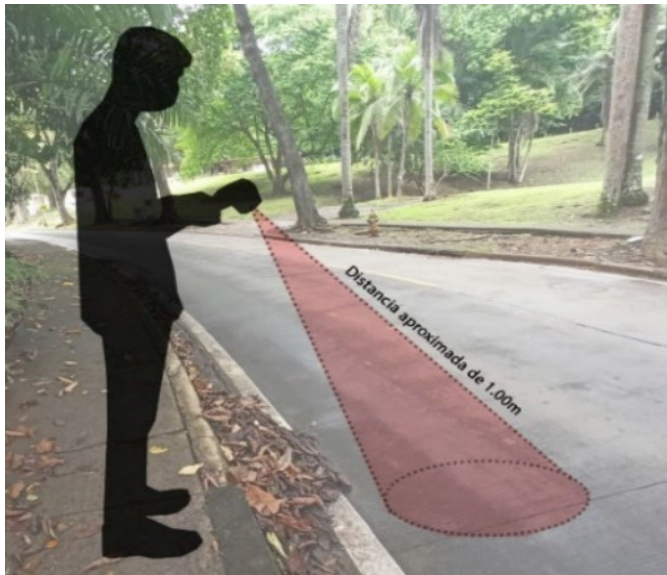


Figura 1.2. Imagen ilustrativa de como emplear la cámara FLIR E4.

Luego se deben esperar unos minutos para verse reflejada la imagen de la medición y su temperatura. Toda la información se anotó en tablas que nos permitieran tener un control y posteriormente ser analizada entre sí.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Simulación de incidencia solar, pre-visita al sitio

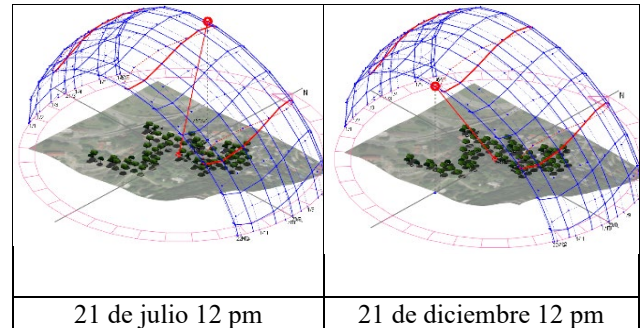
A partir de esta simulación propuesta se plantearon escenarios que sucederían durante el año, determinando así los siguientes puntos:

Los sectores con mayor cantidad de árboles a su alrededor se presentarán mayormente sombreadas y los que presentan menor cantidad de vegetación estarán mayormente soleadas.

En el 21 de junio (solsticio de verano) se presentará una mayor incidencia del sol a las 12:00 p.m., debido a que el ángulo solar esta cercano a los 90°.

Mientras que en diciembre se presentara incidencia solar, pero con una inclinación hacia el sur en un horario de 12:00 p.m. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Tabla comparativa de incidencia solar en los solsticios de verano e invierno en el archivo 3D.



#### 3.2 Lecturas del entorno post-visita al sitio

Anteriormente en la metodología la elección de dichos sectores fue en base a las condiciones del entorno, en contraste se actualizo el mapa propuesto, pero esta vez agregando las condicionantes de sol y sombra en el lugar, y los materiales encontrados en cada uno de los sectores (Ver figura 2).

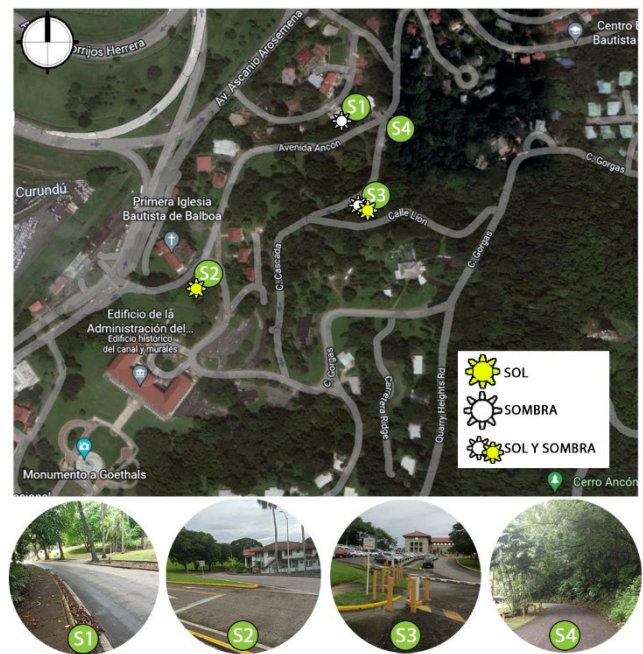


Figura 2. Área de estudio en el corregimiento de Ancón, con sectores propuestos.

Sector 1 (S1) Avenida Ancón: Presenta la condicionante de sombra sobre los materiales concreto en calle, concreto en acera y grama.







Sector 2 (S2) Avenida Ancón - Calle Gorgas Estacionamientos Cercanos: Presenta la condicionante de sol sobre los materiales concreto en calle, concreto en acera y grama.

Sector 3 (S3) Calle Gorgas – Estacionamientos: Presenta las condicionantes de sol y sombra, sobre los materiales de asfalto en calle, concreto en acera, concreto en calle, piedra en escalera.

Sector 4 (S4) Calle Cascada: Presenta las condicionantes de sol y sombra sobre los materiales concreto en calle, grama-block como material de estacionamiento y grama.

Dichos materiales se compararon en una tabla, describiendo sus principales características (Ver tabla 2).

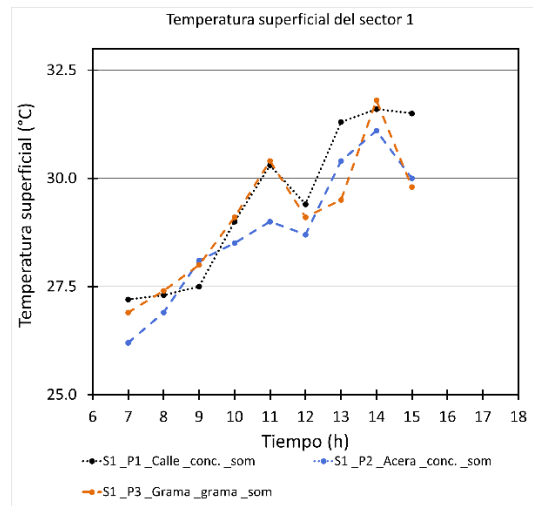
**Tabla 2.** Tabla comparativa de tipos de materiales en los sectores.

Tipos de materiales		
Material	Textura y color	Fotografía
Concreto - calle	Trama lineal, superficie bastante pareja y con juntas. Color gris claro.	
Concreto - acera	Rugosa con superficie irregular y con grava a simple vista. Color gris oscuro.	
Asfalto - calle	Superficie bastante regular, presenta fisuras en algunas partes. Color Gris oscuro	
Grama – acera	Superficie irregular con distintos tamaños de grama. Color verde.	
Grama Block - estacionamiento	Presenta grama entre sus aberturas, superficie irregular.	
Piedra - Escalera	Escalera revestida con piedra como acabado.	

**3.3 Mediciones de la temperatura superficial emitida por material**

Con la recopilación de los datos obtenidos, se efectuó las diferentes comparaciones dentro de cada sector para entender a mayor detalle el efecto en cada uno de los materiales (asfalto, concreto, grama, gramablock y piedra) durante las horas del día analizadas. Estos fueron:

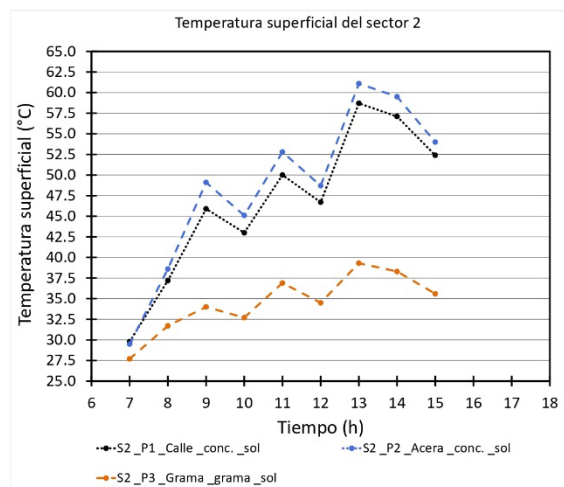
Sector 1: al estar las tres superficies (calle, acera y grama) con sus materiales (concreto y grama) analizados en sombra, poseen resultados similares, con un aumento de temperatura entre 26°C a 32°C. A pesar de esto, producen una temperatura superficial moderada, que de igual forma puede producir cierto nivel de calor. (Ver gráfica 1).



**Gráfica 1.** Estudio de la temperatura superficial producida en el sector 1.

Sector 2: en este momento, los datos de las tres superficies analizados anteriormente (acera, calle y grama) y sus materiales (asfalto, concreto y grama) se recopilan en luz solar.

La grama se mantiene con una temperatura entre 27°C a 40°C. Sin embargo, el asfalto de la acera y el concreto de la calle varían desde los 29°C hasta los 61°C, siendo consideradas temperaturas muy altas. (Ver grafica 1.1).



**Gráfica 1.1** Estudio de la temperatura superficial producida en el sector 2.

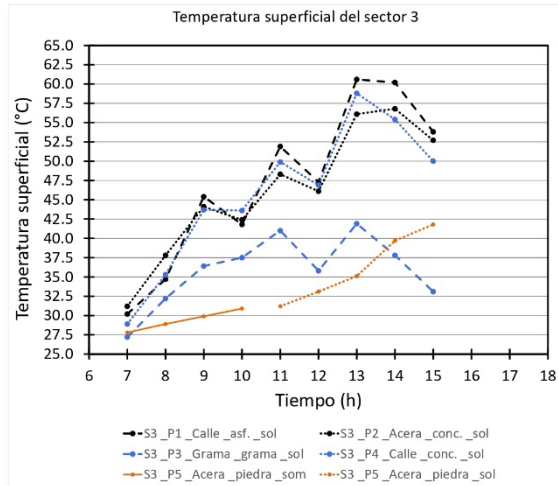
Sector 3: se añadió la superficie de acera con material de piedra. Los datos obtenidos entre ellos (acera, concreto y grama) junto a sus materiales (asfalto, concreto, grama y piedra) se analizan tanto en sol como en sombra.

En sol, la calle de asfalto presenta temperaturas entre los 30°C hasta los 60°C y la acera de concreto baja a temperaturas

desde los 31°C hasta los 57°C. Es una ligera diferencia donde el asfalto produce más sensación térmica.

Por otro lado, la grama si baja radicalmente su temperatura desde los 27 °C hasta los 42 °C.

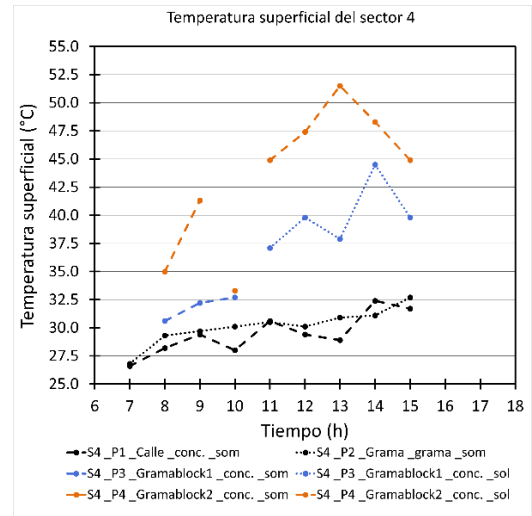
En sol y sombra, la acera de piedra presenta temperaturas en sombra desde los 27 °C hasta los 31 °C y en sol aumenta desde los 31 °C hasta los 42 °C. Es casi similar a lo equivalente en grama. (Ver gráfica 1.2).



Gráfica 1.2 Estudio de la temperatura superficial producida en el sector 3.

Sector 4: se añadió las dos superficies de gramablock de concreto. Las dos superficies analizadas anteriormente (calle y grama) y sus materiales (concreto y grama) se recopilan en sombra.

La calle y la grama se mantiene con temperaturas entre 26 °C a 33 °C. Sin embargo, el gramablock se evaluó tanto en sol como en sombra. En sombra, el gramablock1 varía desde los 30 °C hasta los 33 °C y en sol desde los 37 °C hasta 40 °C. En el gramablock, tiene una temperatura de 33 °C y en sol van desde los 35 °C hasta los 38 °C. (Ver gráfica 1.3).



Gráfica 1.3 Estudio de la temperatura superficial producida en el sector 4.

Como resultado general, los materiales como el concreto y el asfalto utilizado en los diferentes sectores, son los contribuidores más importantes del Efecto de Isla de Calor, con temperaturas que superan los 60 °C, seguido de la piedra y gramablock con temperaturas hasta los 40 °C.

Por último, la grama es el material menos invasivo en la producción de sensación térmica, con temperaturas de hasta 33 °C. Sin embargo, esto varía si se encuentra en sol y sombra, pero se sigue considerando como el menor de entre todos los materiales analizados.

#### 4. DISCUSIÓN

Al realizar la investigación surgen algunas limitantes como el que se nublara el cielo en ciertas horas o fijar exactamente un día con probabilidad de sol ya que era temporada lluviosa y podrían afectar a las mediciones de pleno sol.

En el sector transitaban muchos vehículos, algunos a alta velocidad y algunos puntos estaban cerca de intersecciones de calles porque se buscaba el pleno sol ya que en el sector abundan árboles y eran pocos los lugares donde hubiera una incidencia solar directa en todo el día.

Una ventaja fue el hecho de tener el equipo necesario para la medición y la persona que nos explicó sobre cómo manipular la herramienta FLIR E4.

#### 5. CONCLUSIÓN

En condiciones de sol directo, la temperatura más alta se registró en la acera de concreto llegando a 61.1 °C y la temperatura más baja se registró en la grama llegando a 41.9 °C ambos a las 1:00 pm.

La acera de concreto es muy usada en Panamá, debemos diseñar seleccionando un material apto para aceras y calles peatonales tomando en cuenta los datos de temperatura obtenidos.

Los materiales naturales medidos, la piedra y la grama arrojaron temperaturas más bajas, mostrando ser más aptos en función de liberar calor al peatón que los materiales como el concreto en horas donde el sol está en mayor altura durante el día.

Deberíamos replantear el uso del concreto para las aceras, ya que, según los resultados de las mediciones, alcanza mayor temperatura incluso que el asfalto. Por ende, recomendamos materiales de origen natural debido a que según las mediciones presentaron un mejor desempeño al tener temperaturas más bajas.

## AGRADECIMIENTOS

La recolección de datos fue apoyada por los tesisistas Roxana Kong Wieng y José Cedeño de la facultad de Arquitectura de la Universidad de Panamá.

De igual forma a la Arquitecta Laura Candanedo por abrirnos las puertas de su residencia y brindar información del lugar de la investigación.

## REFERENCIAS

- [1] D. Villarreal and M. Candanedo, "Efecto de las islas de calor urbano en las principales vías de la Ciudad de Panamá," *I+D Tecnológico*, vol. 16(2), p. 1, Jul, 2020.
- [2] O. Wald, A. Sánchez, G. Ayarza, N. Barranco and J. Perén, "Influencia De La Morfología Urbana En El Microclima De Los Alrededores De Calle 50, En Ciudad De Panamá," *SusBCity*, vol. 3(1), Ene, 2021.
- [3] H. Higashiyama, M. Sano, F. Nakanishi and O. Takahashi, "Field measurements of road surface temperature of several asphalt pavements with temperature rise reducing function," *ScienceDirect*, vol. 4, pp. 73-80, Jun, 2016.
- [4] D. Senevirathne, V. Jayasooriya, S. Dassanayake and S. Muthukumaran, "Effects of pavement texture and colour on Urban Heat Islands: An experimental study in tropical climate," *ScienceDirect*, vol. 40, pp. 1-2, Dic, 2021.
- [5] Aletba, S. R. O., Abdul Hassan, N., Putra Jaya, R., Aminudin, E., Mahmud, M. Z. H., Mohamed, A., & Hussein, A. A., "Thermal Performance of Cooling Strategies For Asphalt Pavement: A State-Of-The-Art Review", *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), Jun, 2021

Fecha de Recepción: 5 de junio de 2022

Fecha de Aceptación: 1 de julio de 2022