

# REVISTA SusBCity



# EMBRACING THE CHAOTIC STREET VENDORS THROUGH ADAPTABLE AND PERMEABLE MODULE CONFIGURATIONS

---

Cindy Lovanka <sup>1a</sup>, Julia Dewi <sup>1b</sup>, Susinety Prakoso <sup>1c</sup>, Dani Hermawan <sup>1d</sup>

<sup>1</sup> Architecture Department, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

<sup>1a</sup> cindy.lovelyonee@gmail.com; <sup>1b</sup> julia.dewi@uph.edu; <sup>1c</sup> susinety.prakoso@uph.edu; <sup>1d</sup> dani.hermawan@lecturer.uph.edu

<sup>1a</sup> 0000-0002-3779-3302; <sup>1b</sup> 0000-0003-2477-9939; <sup>1c</sup> 0000-0003-2848-2956; <sup>1d</sup> 0000-0002-5743-6265

**ABSTRACT:** The fact that the formal sectors had not been able to accommodate workers implied the importance of informal sectors, one of which was street vendors. Embracing irregular occupancy in public spaces—usually within large numbers, street vendors were a phenomenon of informality that most of the time treated as damage to the city's image. Their chaotic expressions were currently resolved by relocating into specific areas, sometimes to no avail, and creating permanent spaces that tended to be monotonous, such as a kiosk. This study aimed to create an order by configuring street vendors into modules based on their characteristics and temporary activities while preserving their informal identity within their context. The concept of permeability and adaptability provided a qualitative approach to support pedestrian flows needed by the street vendors. Observations exposed the ever-changing street vendors' habits; at the same time, visual questionnaires revealed that the distinction of the street vendor was related to consumers' visibility and perception of their prominent informal identity. Explorations of module configurations utilize Rhinoceros and Grasshopper to get design strategies. The results are high visibility, a high level of physical accessibility, good access points, a grouping system, and spatial relationships within the context they occupy. These results were supported by analyzing visibility and connectivity using depthmapX. In order to create a practical configuration, the study was held in a chosen site of a commercial area in West Jakarta, in which street vendors occupied the area permanently and had regular pedestrian flow. The result would create a new layer in the street vendor center, which was inclusively accessible within its context while framing each of the vendors' informal identities. The implementation of this study would be an alternative solution in public spaces where cities coexisted with informality.

**KEYWORDS:** street vendor, adaptability, permeability, module, configuration

**RESUMEN:** El hecho de que los sectores formales no hayan podido acomodar a los trabajadores implica la importancia de los sectores informales, uno de los cuales es el de los vendedores ambulantes. Aceptando la ocupación irregular de los espacios públicos, por lo general en grandes cantidades, los vendedores ambulantes fueron un fenómeno de informalidad que la mayoría de las veces se trató como un daño a la imagen de la ciudad. Sus expresiones caóticas se resolvieron actualmente reubicándose en áreas específicas, a veces sin éxito, y creando espacios permanentes que tendían a ser monótonos, como un quiosco. Este estudio tuvo como objetivo crear un orden mediante la configuración de los vendedores ambulantes en módulos en función de sus características y actividades temporales, preservando su identidad informal dentro de su contexto. El concepto de permeabilidad y adaptabilidad proporcionó un enfoque cualitativo para apoyar los flujos de peatones que necesitan los vendedores ambulantes. Las observaciones expusieron los hábitos en constante cambio de los vendedores ambulantes; al mismo tiempo, los cuestionarios visuales revelaron que la distinción del vendedor ambulante estaba relacionada con la visibilidad y la percepción de los consumidores de su identidad informal prominente. Las exploraciones de las configuraciones de los módulos utilizan Rhinoceros y Grasshopper para obtener estrategias de diseño. Los resultados son una alta visibilidad, un alto nivel de accesibilidad física, buenos puntos de acceso, un sistema de agrupación y relaciones espaciales dentro del contexto que ocupan. Estos resultados fueron respaldados al analizar la visibilidad y la conectividad usando depthmapX. Con el fin de crear una configuración práctica, el estudio se llevó a cabo en un sitio elegido de un área comercial en el oeste de Yakarta, en el que los vendedores ambulantes ocuparon el área de forma permanente y tenían un flujo peatonal regular. El resultado crearía una nueva capa en el centro de vendedores ambulantes, que era inclusivamente accesible dentro de su contexto mientras enmarcaba la identidad informal de cada uno de los vendedores. La implementación de este estudio sería una alternativa de solución en espacios públicos donde las ciudades conviven con la informalidad.

**PALABRAS CLAVES:** vendedor ambulante, adaptabilidad, permeabilidad, módulo, configuración.

## 1. INTRODUCTION

The informal sector is defined as an economic activity that is not officially registered to the government nor does not pay taxes [1]. This sector is a workplace for people who could not find work within formal sectors, usually with lower education [2]. Street vendors are one inseparable phenomenon from the informal sector. Street vendors are traders who, in their business, occupy locations that do not belong to them nor are designated as places of business, such as roads or sidewalks [3]. They usually use instruments that are easy to move and dismantle [4]. Due to their practice of occupying public spaces, the government provides a solution by relocation. However, this solution faces challenges that have not achieved its full potential as the street vendors keep returning to their original locations.

The decreasing interest of street vendors to move and their decision to settle in the original locations are mainly caused by the dropping income in the relocation area. The area chosen often does not pay attention to the potential context, accessibility, and pedestrian traffic. The lack of attention to context may lead to another phenomenon, for example, renting a formal kiosk as a warehouse [5]. On the other hand, formalizing street vendors in relocation areas as a kiosk also causes the loss of their informal identity. The formalizing acts tend to create uniformity among the street vendors, although each has its own identity and characteristics in carrying out trading activities. These characteristics are categorized based on their behavior, such as distribution patterns, service patterns, trading facilities, commodities, time, location, and users [6]. However, the existence of street vendors is generally assumed damage to the harmony of space; thus, they need to eliminate.

The described issues are closely related to the irregular occupancy of street vendors, causing the impression of slums that degrade the image of the occupied area. This issue is explained by the tendency of street vendors that are chaotic, disturbing orderliness, taking up road space, and reducing the comfort of other users [7]. The diverse yet unorganized characteristics of street vendors become a factor that emphasizes its presence as an 'out-of-place' element in urban areas [8]. Nevertheless, the existence of street vendors in urban areas is unavoidable as there is always demand from the public, prompting their appearance to follow core activities with many potential consumers. Therefore, the solution to eliminate street vendors to achieve orderliness and harmony is not always the best option.

The irregular pattern within the informal characteristics of the street vendors will be translated into a parameter embodied in design through a spatial module strategy approach. This 'order in chaos' will be achieved using the concept of adaptability and permeability in architecture. This concept is considered suitable for the temporary habit of street vendors that requires

a space that could adapt and the need for pedestrian traffic that brings consumers. Thus, research questions are raised as follows:

1. What are the parameters in street vendor modules based on the characteristics of trades?
2. How to generate design strategies for street vendor modules using the concept of permeability and adaptability?

This study aims to produce a design strategy for street vendor centers based on the configuration of modules using the integrated concept of permeability and adaptability. Arranging street vendors' modules in their space would maintain orderliness and informality characteristics. The resulting module design strategies could be an alternative approach to problem-solving.

## 2. ADAPTABILITY AND PERMEABILITY FOR STREET VENDORS

Conflicts and changes in space function due to the appearance of street vendors are causing them to be seen as disturbing elements that are not 'in-place' [8]. The term 'out-of-place' is explained as an object that can not meet the criteria so that it becomes imperfect and risks damaging the environment it occupies [9]. However, the 'out-of-place' theory asserts that street vendors are likely to become 'in-place' elements depending on the surrounding context. It is essential to consider the space occupied by street vendors to create order while preserving informality that integrates with the surrounding context. Therefore, relevant studies are conducted on the research, consisting of the characteristics of street vendors, the concept of adaptability, and permeability.

### 2.1 Street vendor's characteristics

Street vendors spread in two main patterns: focus agglomeration (clustering) and street concentration (linear) [6]. The pattern of street vendors' service is divided into three main groups: mobile, semi-permanent, and permanent [6]. The trading facilities used by street vendors vary widely and depend on the activities and commodities being sold. In addition, they are categorized into five types, namely pikulan, gelaran, gerobak, semi-permanent warung, and kiosk [10]. Street vendors provide services to all economic classes so that consumers' perception determines how street vendors exist. Thus, the variables that influence consumers' perceptions include the level of comfort, strategic location, accessibility, and trading commodities [11].

Street vendors tend to operate by adjusting to the rhythm of daily activities, following the community's character in the locations they occupy [6]. The impact is a difference in operational time between street vendors and their occupants. How-

ever, some street vendors rely heavily on the relationship between shops and markets around their trading location, causing their service time to vary based on the behavior of formal sectors [12].

**2.2 Adaptability concept in street vendor’s modular system**

Adaptability is the ability to respond to various users, functions, and space requirements without making significant changes to the activities and space occupied [13]. The concept of adaptability can be achieved by an independent design layer system in which each part operates as a separate component. The layer system allows the addition, replacement, and subtraction of one component without affecting the entire system [14]. Another term is modular construction, a way of building with components usually produced off-site and assembled on-site according to the arrangement or placement [15]. Based on the study above, the adaptability and the street vendor modular system are described through six layers: structure, skin, service, space plan, and stuff [16]. This study will cover and emphasize structure, skin, and space plans. Each component could be approached through a modular system according to the characteristics and space requirements of the street vendors. It could then be constructed and installed to form adaptive street vendor modules.

**2.3 Permeability concept within street vendors**

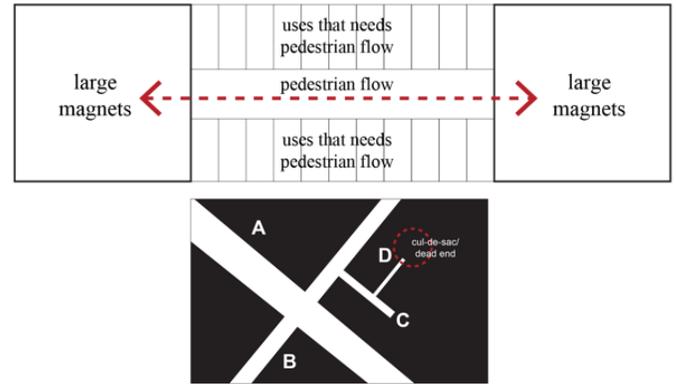
As the street vendors serve all classes and types of people, ensuring the space they occupy is inclusive. Inclusive spaces accommodate various community groups—socially, physically, and perceptively—regardless of age, gender, cultural background, economy, ethnicity, and belief [17] [18]. This quality of space could be achieved through permeability. Permeability is a measure of movement that allows one to choose access by the connectivity of the system route [19] [20]. Perceptually and functionally, the space should be easy to understand, safe, comfortable, diverse, attractive, and easy to reach in terms of accessibility [21]. Aspects that affect the quality of permeability can be seen in table 1.

**Table 1.** Permeability parameter, adapted from [19]

Quality	Description	Parameter
Permeability	Refers to accessibility that allows a person to choose his or her access to a place.	Visible
		Physically accessible
		Hierarchical layout
		Segregated pedestrian and vehicle
		Many access points
		Link to surroundings

A strategic location can be achieved through a complementary approach with the formal shops in the area. The existence of the formal sector will attract street vendors and pedestrians.

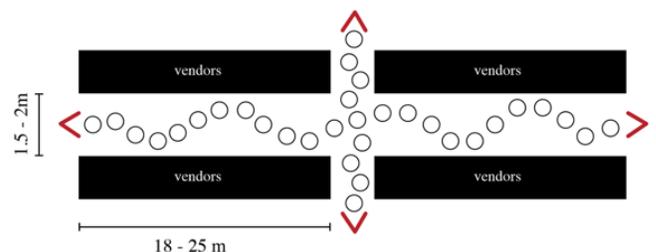
At the same time, the existence of street vendors will attract other street vendors. Likewise, the existence of pedestrians attracts others. Street vendors need consumers from formal sectors such as shops (‘large magnets’) and vice versa [19] (see figure 1 - left).



**Figure 1.** (Left) Concentrated pedestrian flow; (Right) Hierarchical layout, adapted from [19]

Street vendors in groups also tend to attract greater attention, thus, increasing visibility and consumers. Diverse groups allow a more inclusive, attractive, and visible space [22]. On the other hand, the space should not form any dead ends as a hierarchical layout. The cul-de-sac form will reduce permeability due to the formed dead-ends [19] (see figure 1 - right).

In the context of street vendors, dead space is crucial as vendors could not find consumers with no pedestrian flow. Dead space is created if the circulation is too wide or too narrow. If the circulation space is too wide, consumers tend to gather only on one side. On the other hand, circulation that is too narrow creates a crowd. The ideal circulation size should be 1.5 – 2 m wide to avoid dead spots with the line of traders 18 – 25 m long [23] (see figure 2). Thus, the hierarchical layout that creates dead space needs to be avoided from the presence of street vendors.



**Figure 2.** Ideal street vendor’s space dimension, adapted from [23]

Access points and links to the surroundings emphasize the number of access to the space occupied by street vendors, thus enabling vendors to be reached within a shorter distance. The

number of access points that connect between places allows the space to adapt easily to surrounding functions [19]. This ability is essential to the street vendors because of their dynamic activity, such as occupying one specific space that changes at different times by different vendor types. It is then concluded that the concept of permeability is vital to accommodate street vendors' activities.

### 3. METHODOLOGY

Research methods were done by observations, visual questionnaires, and explorations. Analysis was done on the collected data, resulting in criteria as a base to explore street vendor modules. The explorations will be affected by qualitative parameters studied in the previous point. It consists of visibility, accessibility, hierarchy, access points, and visual perception of the street vendor characteristics and activities.

#### 3.1 Data collecting method

The study was first done through observation. This phase includes observing street vendors' activities throughout the day and spatial elements based on the trading type of equipment. The research was conducted in Jakarta, precisely in Glodok Chinatown and Pasar Pagi Asemka. These locations are chosen due to the variety of diverse street vendors in activities, trading instruments, commodities, service patterns, and spatial relations between vendors. The observation is carried out by observing the pattern of street vendor trading activity, starting from preparation, activities during trading, perception of the consumer, and spatial elements occupied during the trade. The resulting analysis will determine space criteria for the street vendor module explorations.

The second method was a visual questionnaire containing visualization choices and open-ended questions. Visual questionnaires were distributed to 65 respondents who had at least a few times. Consumer perception is an essential aspect in this study to understand the qualitative impact of the informal street vendors—including characteristics, ways of trading, and equipment—concerning the permeability and adaptability concept. These two methods are complemented by in-depth interviews with several subjects with the aim of a more profound and vivid answer related to the research or if any anomalies are found.

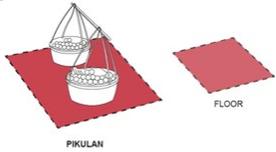
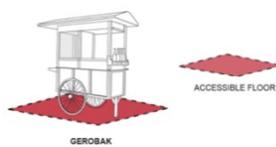
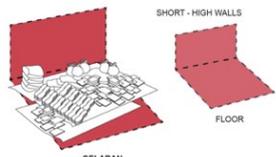
The third method is exploration. Utilizing Rhinoceros, Grasshopper, and DepthmapX, exploration is done on a 5x5 grid of 2.5x2.5 m, which is later divided into circulation and vendor modules. The grid is chosen to limit the number of the vendor in one module. Exploration is carried out in three stages. First, based on visibility and access points criteria, obstacles are placed on the grid in the form of 'walls'. This 'wall' is assumed to be a manifestation of the trading instruments that should not block one another in terms of visibility. Second, the exploration is done on the curated results from the first stage

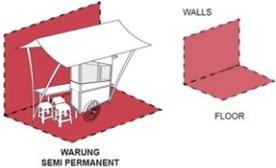
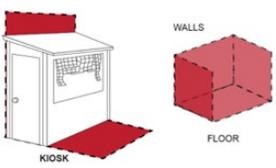
with visibility, accessibility, and hierarchy. The location of an obstacle is a controlled variable at this stage. However, height is the independent variable that is changed to create varying results. The last stage is inserting the possibility of street vendors that'll occupy the space depending on spatial elements applied to the module. These three stages will be analyzed and selected based on theoretical studies, observations, and questionnaires that have been carried out.

#### 3.2 Data analysis method

Through the observations, it is found that every street vendor requires a high level of visibility to attract consumers. Street vendors must be visible to consumers; thus, they can identify them in their informal form. These five criteria will be the basis for exploring the modules. The results of the observations are concluded through table 2.

**Table 2.** Observation conclusion of street vendor characteristics.

Instruments	Spatial elements	Description
<i>Pikulan</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- No special instruments are required</li> <li>- Mobile to semi-static type</li> <li>- Waiting or approaching consumers</li> <li>- Non-permanent</li> <li>- Space requirement: 1 - 2 m<sup>2</sup></li> </ul>
<i>Cart (Gerobak)</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrument: cart</li> <li>- Dominantly mobile type</li> <li>- Waiting or approaching consumers</li> <li>- Wheel access is essential</li> <li>- Space requirement: 2 - 4 m<sup>2</sup></li> </ul>
<i>Gelaran</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruments: mat, wood plank, box, hanger, shelf, chair, etc.</li> <li>- Semi-static type</li> <li>- Dependant on pedestrian flow</li> <li>- Non-permanent instruments</li> <li>- Wall elements are essential</li> <li>- Space requirement: 2 - 8 m<sup>2</sup></li> </ul>

Instruments	Spatial elements	Description
Semi-permanent <i>warung</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruments: cart, mat roof</li> <li>- Semi-permanent to permanent type</li> <li>- Dependant on pedestrian flow</li> <li>- Wall and roof elements are essential</li> <li>- Space requirement: 5 - 8 m<sup>2</sup></li> </ul>
Kiosk		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrument: kiosk</li> <li>- Permanent type</li> <li>- Dependant on pedestrian flow</li> <li>- Wall and roof elements are essential</li> <li>- Space requirement: 2 - 4 m<sup>2</sup></li> </ul>

On the other hand, the visual questionnaire result concludes that most respondents chose the visualization of street vendors as an easier to perceive an image. The main reason is the familiarity and habit of seeing street vendors in the informal form with their trading instruments. Tenants within food courts are considered less effective by the respondents than seeing street vendors by their distinctive identity. Based on the answers, the three main elements that influence the identity of street vendors are text, trading instruments, and commodities. In conclusion, the questionnaire shows that informal characteristics of street vendors are crucial in invisibility to consumers as it is easier to find, see, and distinguish one vendor from another.

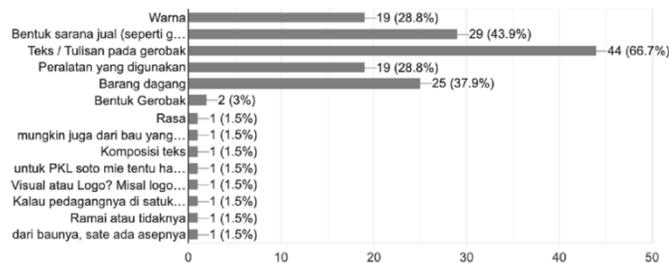


Figure 3. Percentage of respondents in distinguishing street vendors, based on the respondent using Google Form.

The exploration begins by simulating relationships between trading instruments based on spatial elements and physical accessibility. This exploration will form the possibility of various vendors occupying the same space at different times. The main result divides the module space into three possibility zone: mobile, static and temporary; static and permanent. The use of low walls can help security factor for gelaran type. Walls and roofs are needed for semi-permanent stalls and kiosks. An accessible flat floor element is the primary criteria for street vendors with carts, while elevated floorings are used by pikulan and gelaran

types. Thus, the relationship between street vendors is important for module configurations. Three configurations were selected and considered the most suitable for street vendors to occupy. The explorations are then supported by isovist analysis, accessibility, access points, and the possibility of types of street vendors that can occupy each module (see figure 4).

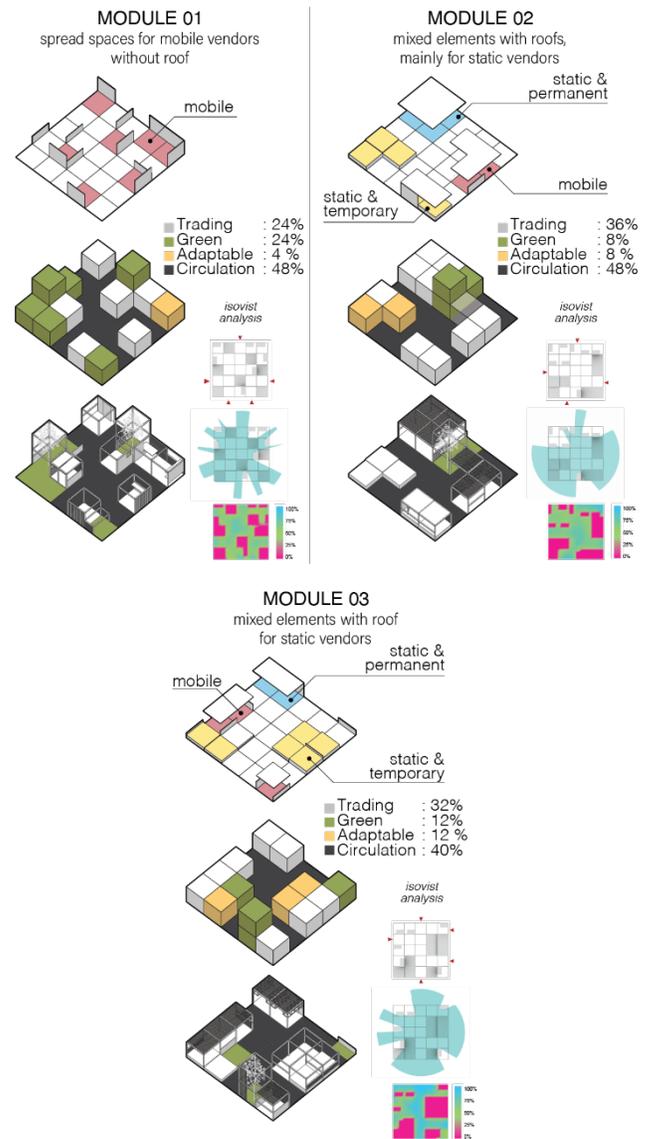


Figure 4. Street vendors' module configuration explorations

In conclusion, the conducted methods support the theory of permeability and quality of space through visibility, accessibility, hierarchical arrangement, and access points. It is also important to notice the informality of street vendors that stands as a unique character from the consumer's perspective. The identity of street vendors is formed by their informal characteristics

related to consumers' perception and visibility. These qualitative criteria will affect how street vendors should remain visible to their consumers. Therefore, module configurations have the main objective of establishing order while highlighting the informality of street vendors.

### 4. RESULT AND DISCUSSION

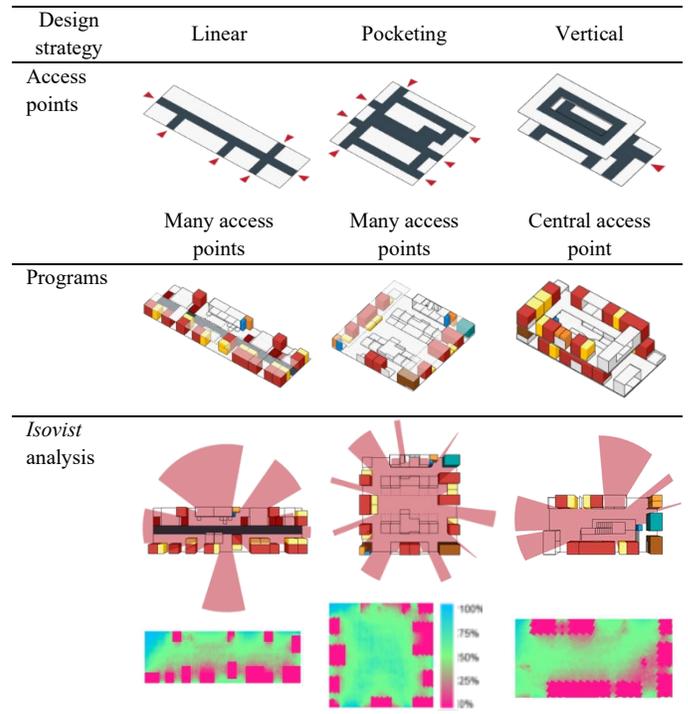
The design strategy will give an alternative approach to the chaotic characteristics of street vendors through the permeability and adaptability concept. The concept of permeability emphasizes the integration between street vendors and pedestrians. At the same time, the concept of adaptability emphasizes the spatial function of the street vendors' modules. Therefore, the following design strategy for street vendors will hold the ability to be implemented depending on the context.

#### 4.1 Spatial planning strategy with permeability concept

This design strategy will answer the issue of the spatial configuration of street vendors. These strategies could be implemented when faced with a different context. The resulting strategies are divided into three types: linear, pocketing, and vertical (see table 3).

**Table 3.** Street vendor spatial strategy.

Design strategy	Linear	Pocketing	Vertical
Module type			
	Module type 03	Module type 01	Module type 04
Module configuration			
	Linear configuration	Grouping configuration	Vertical configuration
Implementation strategy			
	Mostly open	Rectangular site	Mezzanine type
	Half-open	Asymmetry site	Through type
	Covered	Round site	Elevated type



#### 4.2 Spatial elements strategy with adaptability concept

The spatial element strategy covers on a micro-scale, the smaller modules that street vendors occupy. This strategy also answers the issue of space function that different street vendors occupy throughout the day with the concept of adaptability. Each spatial element will be described through strategy recommendations in creating a space that is able to accommodate the temporary activities of street vendors (see table 4). This strategy recommendation can be implemented depending on space requirements. For example, the same space is occupied by various street vendors from time to time. Therefore, the explorations showed possibilities of adaptable spatial elements function, such as a foldable wall, extendable floors, and foldable shelf.

**Table 4.** Street vendor spatial elements strategy.

Spatial elements	Strategy implementations				
Wall					
Roof					
Floor					

This strategy plays a role in the micro context as an approach to various types of vendors with their needs. Each element can also then be collaborated to create unique modules based on the needs of the street vendors within the context.

**4.3 Street vendor module scenario**

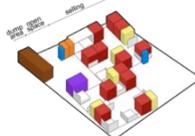
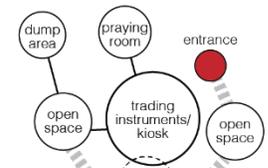
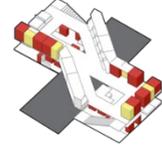
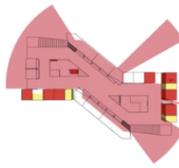
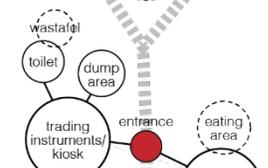
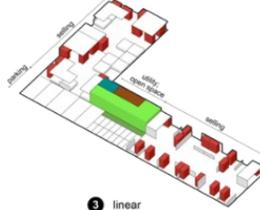
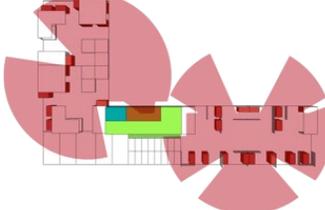
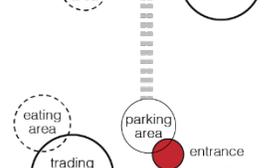
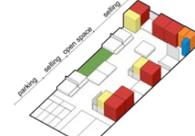
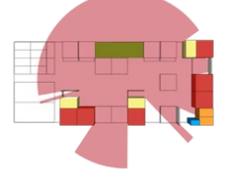
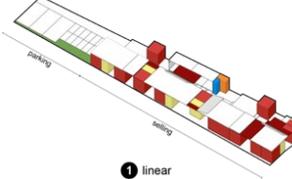
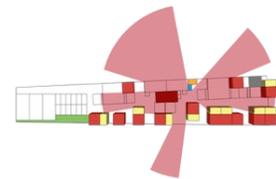
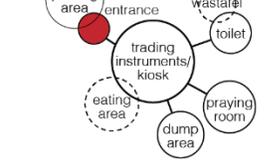
The recommended design strategy is to 'scatter' street vendor modules into several locations, on a smaller scale, within one sequence. Instead of configuring many modules to gather traders at once, the strategy implies dividing the modules into smaller sizes and turning the context into a sequence of pedestrian flow. By guiding the pedestrian from one point to another, this design approach with permeability concept will create an order in vendors, within the context they existed, yet without losing their informality. Figure 5 describes an example of a layout that has been analyzed using Space Syntax.

density, street vendors modules can be placed to encourage pedestrians from busy roads to less crowded streets. This strategy will encourage an increase in the flow of consumers to these street vendors' locations (see table 5).



**Figure 5.** Scattered street vendor design modules.

**Table 5.** The design strategy of street vendor pockets.

Configuration strategy	Isovist analysis	Integrated program & sequence strategy
 <p>5 focus agglomeration</p>		
 <p>4 focus agglomeration</p>		
 <p>3 linear</p>		
 <p>2 focus agglomeration</p>		
 <p>1 linear</p>		

## 5. CONCLUSION

Street vendors are generally seen as out-of-place elements caused by their chaotic and irregular nature of occupying space. On the other hand, the street vendors cannot be separated from informal trading activities, specific to their distribution patterns, service patterns, instruments, time, location, and commodities. This is one reason why street vendors lose their identity when being formalized. The identity of the street vendor is crucial to be preserved in the resulting design strategy. Therefore, the strategy should find patterns in the irregularity of the street vendors and arrange them in the form of modules. The modules arranged through adaptability and permeability could maintain some qualities. The qualities include order, pedestrian flow, consumers, limiting vendors number, and creating a sustained informality in the urban area without evicting them.

The research begins by examining the characteristics of street vendors. Then the study covers theories regarding out-of-place elements, the concept of adaptability, and permeability. Through this study, it is concluded that several criteria support the exploration method and design strategy. These criteria answer the first issue, where the street vendors module will be created based on trading instruments, integrated with permeable and adaptable quality. The observation and questionnaires then support the theoretical study by producing criteria such as space programs, spatial elements, and activities. The method is followed by exploration using Rhinoceros and Grasshopper to produce modules. A design strategy is produced, consisting of spatial planning, spatial elements, and a spatial module strategy scenario integrated with the concepts of adaptability and permeability. The design strategy is divided into several aspects and can be implemented separately depending on space and context requirements.

The resulting design strategy is a guideline for the alternative approach for the street vendor who lost their identity during transformation or relocation. This strategy will answer the third issue, in which module configurations will create order in the chaotic nature of street vendors without eliminating their informality. The resulting configuration strategies are of three types: linear, pocketing, and vertical. This design strategy is expected to be an alternative solution without the need to eliminate street vendors, transform vendors, and relocate them. On the other hand, this design strategy seeks order in street vendors without losing their way of doing as street vendors. Therefore, this design strategy must be integrated adequately to accommodate the activities of the PKL.

The design strategy is generated through criteria that are analyzed using isovist to show that the module configurations do not block each other from the consumer's point of view and physical reach. With this concept, it is expected that each ven-

dor has the same possibility to be viewed by their potential consumers. This concept creates a new layer in the later designed street vendor centers, where consumers can reach all street vendors at ease and visible with all the familiarity of instruments and activities. Finally, this design strategy has its strength in street vendors arrangement without losing its identity as an informal sector.

## 6. REFERENCES

- [1] Rothenberg A D, Gaduh A, Burger N E, Chazali C, Tjandraningsih I, Radikun R, Sutera C and Weilant S 2016 Rethinking Indonesia's Informal Sector *World Dev.* 80 96–113
- [2] Noeraini A A 2013 *Ekonomi Informal Di Indonesia*, Suatu Tinjauan Pustaka Fak. Ekon. Univ. Padjadjaran
- [3] Susilo A 2011 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pedagang Kaki Lima Menempati Bahu Jalan Di Kota Bogor ( Studi Kasus Pedagang Sembako Di Jalan Dewi Sartika Utara) (Universitas Indonesia)
- [4] Winoto A and Budiani S R 2016 Kajian Karakteristik dan Faktor Pemilihan Lokasi Pedagang Kaki Lima di Kota Yogyakarta *J. Bumi Indones.* 6 0–10
- [5] Kompas 2013 PKL Asemka Sewa Kios untuk Gudang Kompas.com
- [6] McGee T G and Yeung Y M 1977 Hawkers in Southeast Asian cities: planning for the bazaar economy (United States: International Development Research Centre)
- [7] Yatmo Y A 2005 ' OUT OF PLACE ' IN THE CITY : The users ' evaluation of street vendors in Jakarta at day and night (The University of Sheffield)
- [8] Yatmo Y A 2008 Street vendors as "out of place" urban elements *J. Urban Des.* 13 387–402
- [9] Cousins M 1994 *The Ugly AA Files* 61–4
- [10] Widjajanti R 2000 Penataan Fisik Kegiatan PKL Pada Kawasan Komersial di Pusat Kota (Studi Kasus : Simpang Lima Semarang) (ITB)
- [11] Widjajanti R 2015 Karakteristik Aktivitas Pedagang Kaki Lima di Jalan Kartini, Semarang *Ruang* 1 151–60
- [12] Dwiyantri Y 2005 Kajian Pola Ruang PKL dan Karakteristik Aktifitasnya di Kawasan Panbil Kota Batam (Universitas Diponegoro)
- [13] Kronenburg R 2005 Flexible Architecture: The Cultural Impact of Responsive Building *Open House Int.* 30 59–65
- [14] Julistiono E K, Hosana N, Liemansetyo F and Wijaya I F 2017 Spatial and Structural Aspects of an Adaptable Building *Dimens. (Journal Archit. Built Environ.)* 44 87–94
- [15] Ervianto W I 2008 Potensi Penggunaan Sistem Modular *Progr. Stud. Tek. Sipil Univ. Atma Jaya Yogyakarta* 8 170–83
- [16] Brand S 1995 *How Buildings Learn: What Happens After They're Built* (Penguin Publishing Group)
- [17] Landman K 2020 Inclusive public space: rethinking mitigation, adaptation and transformation practices *URBAN Des. Int.* 25 211–4
- [18] Sezer C 2020 Visibility in Public Space and Socially Inclusive Cities: A New Conceptual Tool For Urban Design and Planning Companion to Public Space ed V Mehta and D Palazzo (Taylor and Francis)

- [19] Bentley I 1985 Responsive Environments: A Manual for Designers (Architectural Press)
- [20] Carmona M 2021 Public Places Urban Space: The Dimensions of Urban Design (Taylor and Francis)
- [21] Yavuz A and Kuloğlu N 2012 A Research on Permeability Concept at an Urban Pedestrian Shopping Street A Case of Trabzon Kunduracılar Street Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Derg. 13 25-39-39
- [22] Mikoleit A and Pürckhauer M 2011 Urban Code: 100 Lessons for Understanding the City (The MIT Press)
- [23] Dewar D and Watson V 2018 Urban Markets : Developing Informal Retailing. (Taylor and Francis)

Fecha de Recepción: 8 de octubre de 2022

Fecha de Aceptación: 15 de diciembre de 2022

# HOW FAR CAN WE PREDICT THE PATTERN OF INFORMAL SETTLEMENTS IN URBAN DEVELOPMENT?

---

Medria Shekar Rani <sup>1a</sup>

<sup>1</sup> School of Architecture, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

<sup>1a</sup> medriar@itb.ac.id

<sup>1a</sup> 0000-0002-1737-459X

**ABSTRACT:** Informal settlements are a common phenomenon in urban development in Indonesia, where societies inhabit a neglected, unused, and unsupervised area, including floodplains. The communities often rely more directly on the provision of ecosystem services derived from urban rivers. Although the physical characteristics are visible, there is still a challenge to map and predict the pattern of informal settlements in urban development. This paper offers a critical review of the use of machine learning in land change modelling as a tool to simulate the existing pattern of informal settlements along the Ci Kapundung River and its surrounding area in Bandung, Indonesia. The model uses an explanatory variable test procedure to assess how significant environmental drivers and urbanization (e.g., slope, elevation, proximity to the river, roads, the distance from existing development, and the likelihood of land cover change) are in the generation process of informal settlements. This study shows that human decisions and the ability of inhabitants to adapt to the new environment have strongly affected the pattern, which cannot be shown from the outcomes but are potentially reflected when using agent-based models.

**KEYWORDS:** informal settlements, land change modelling, machine learning, urban development.

**RESUMEN:** Los asentamientos informales son un fenómeno común en el desarrollo urbano en Indonesia, donde las sociedades habitan un área descuidada, sin uso y sin supervisión, incluidas las llanuras aluviales. Las comunidades a menudo dependen más directamente de la provisión de servicios ecosistémicos derivados de los ríos urbanos. Aunque las características físicas son visibles, aún existe el desafío de mapear y predecir el patrón de asentamientos informales en el desarrollo urbano. Este artículo ofrece una revisión crítica del uso del aprendizaje automático en el modelado del cambio de suelo como herramienta para simular el patrón existente de asentamientos informales a lo largo del río Ci Kapundung y sus alrededores en Bandung, Indonesia. El modelo utiliza un procedimiento de prueba de variables explicativas para evaluar qué tan significativos son los impulsores ambientales y la urbanización (p. ej., pendiente, elevación, proximidad al río, carreteras, distancia del desarrollo existente y la probabilidad de cambio de la cobertura del suelo) en el proceso de generación de asentamientos informales. Este estudio muestra que las decisiones humanas y la capacidad de los habitantes para adaptarse al nuevo entorno han afectado fuertemente el patrón, que no se puede mostrar a partir de los resultados, pero que se refleja potencialmente cuando se utilizan modelos basados en agentes.

**PALABRAS CLAVES:** asentamientos informales, modelado de cambio de suelo, aprendizaje automático, desarrollo urbano.

---

## 1. INTRODUCTION

Informal settlements have become an integral part of urban development in Indonesia, where societies inhabit a neglected, unused, and unsupervised area, including floodplains. The communities who inhabit the floodplain often rely more directly on the provision of ecosystem services derived from urban rivers, such as for sanitary use, recreation, and harvesting, to survive in the city, regardless of the high risk of hazards [1]. There is still a challenge to map and predict the pattern of informal settlements in urban development [2] despite the apparent physical characteristics.

Informal settlements in the valley of Ci Kapundung River and its surrounding area at Coblong District, Bandung, Indonesia were chosen as the case study area in this research. The settlements have developed from the original neighborhoods that consisted of two babakans (group of houses) in the early 1900s [3] (Figure 1). Siregar [3] further stated that the dwelling area represents the typical development of Ci Kapundung valley in Bandung that has become a fundamental part of the central urban structure. The area was mostly covered by rice fields with scattered houses until the 1960s. At present, more than 7.000 inhabitants with different

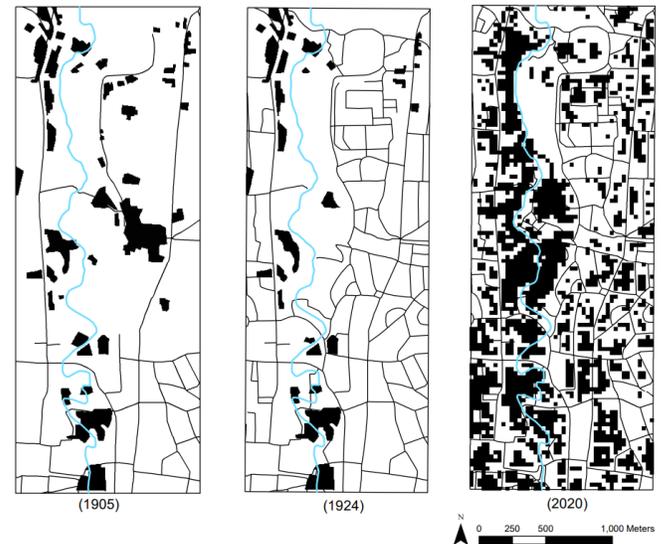
backgrounds live in the neighborhood [4]. Many rely on the provision of ecosystem services derived from the river, such as for sanitary use and economic activities [3]. This issue is also common in other Indonesian cities [1].

Various models have been developed to simulate land cover change, including the prediction of urban growth [5] and informal settlement development [2]. Machine learning is one of the modeling approaches [6] that can be combined with other land change models to utilize the ability and overcome the drawbacks of each model [7]. An example of the integrated models is Cellular Automata, Markov, and Multi-layer perceptron (CA-Markov-MLP) model. As one of the Artificial Neural Networks used in machine learning [8], MLP in the model works as a tool to calculate the possibility of land cover alterations based on the drivers that cause the change [8]. This paper offers a critical review of the use of machine learning in the integrated land change modelling as a tool to simulate the existing pattern of informal settlements in the case study area.

## 2. MATERIALS AND METHODS

This study uses Land Change Modeler (LCM) module from Terrset that employs the CA-Markov-MLP model to simulate the land cover change of the case study area from 1905 to 1924 and from 1924 to 2020. The model uses an explanatory variable test procedure to assess the influence of each driver on the land change process [9]. Environmental drivers and urbanization (e.g., slope, elevation, proximity to the river, roads, the distance from existing development, and the likelihood of land cover change) were used as the explanatory variables in the modeling of settlement development in the study area. All GIS datasets were retrieved from BIG/ Indonesian Geospatial Agency. Digital elevation model (DEM) was used to create the slope and elevation maps. Maps showing the proximity to river and roads, the distance from existing development and the possibility of land cover change were generated in Terrset.

Historical maps showing developed areas, a river and existing roads in 1905 and 1924 had been redrawn from [3] and georeferenced using GIS. The two maps were then used as the base maps for the first phase of land change modeling (Figure 1) due to their availability. In addition, the northern section of the case study area was once a part of Kampung Lebak Siliwangi in the early 1900s [3]. The second phase of modeling was conducted using the 1924-2020 base maps. Landsat imagery, which was taken on 8 September 2020, was used to generate the 2020 map using unsupervised classification. The satellite imagery was retrieved from USGS/ United States Geological Survey. All generated maps show two land cover types (e.g., developed and undeveloped areas) (Figure 1).



**Figure 1** Land cover maps of the case study area (redrawn from Siregar, 1990, and developed from USGS).

## 3. RESULT AND DISCUSSION

Land cover changes in the case study area from undeveloped to developed areas, and vice versa, are shown in Figure 2. Two phases of modeling have been conducted with accuracy rates of 75.31% and 70.11% for the first and second models, respectively. In this study, MLP was used in the modeling to assess the driver variables that influence the changes. The outcomes from the first phase of modeling (1905-1924) suggest that Ci Kapundung River had become the most influential factor in the early development of the settlement, as more new areas were developed adjacent to the Ci Kapundung River in contrast with other parts of the neighborhoods (Figure 2a). On the other hand, the development was least affected by the location of existing buildings in the area (Table 1). According to [3], one of the major changes that occurred in the neighborhood was the establishment of Technische Hoogeschool (Institut Teknologi Bandung/ ITB) in 1920. Two groups of houses (babakan), which were regarded as the origin of the kampung, were removed and roads were planned at the current location of ITB in 1924, as indicated in Figure 1.

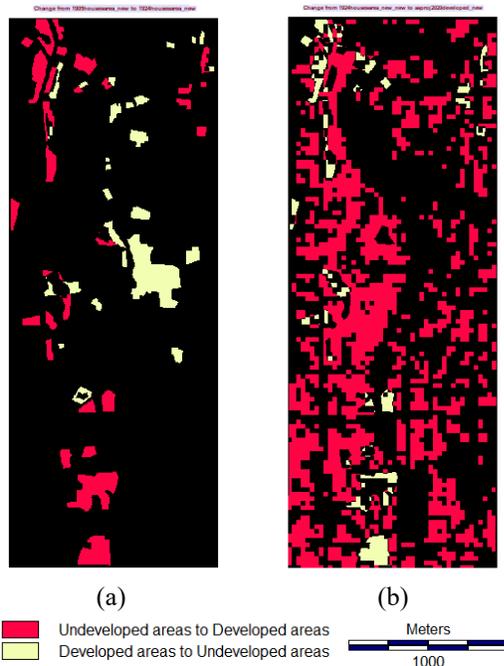


Figure 2 Land cover changes in the study site: (a) 1905-1924; (b) 1924-2020.

Table 1 Driver variables of land cover changes in the case study area.

	Influence order	
	Phase 1 (1905-1924)	Phase 2 (1924-2020)
Slope	4	6 (least influential)
Elevation	2	4
Proximity to river	1 (most influential)	2
Proximity to road	3	1 (most influential)
Distance from existing development	6 (least influential)	3
Likelihood of land cover change	5	5

The explanatory variable test procedure has also been performed in the second phase of modeling (1924-2020). The results show how the development of new roads in the 1920s (Figure 1) initiated further growth of settlements and public facilities along the roads. The kampung adjacent to the river has been spreading despite the difficulty to build houses on such steep slopes. Terrain slope as the least significant driver of settlement development (Table 1) also indicates the ability of inhabitants to adapt to the new environment, including the steep river valley.

The change in the order of influence between five driver variables in 1905-1924 and 1924-2020 (e.g., slope, elevation, the proximity to the river and roads, and the distance from existing development) shows how human decisions, in the form of spatial policies applied and choices made by inhabitants, have contributed to the fluctuated development in the area (Table 1). For example, the location of buildings in 1924 was scattered outside the river valley (Figure 1),

indicating that the development in 1905-1924 was least affected by the distance from the existing buildings at the beginning of the period. However, such driver had more impact on the recent development of the case study area. There is a possibility that new buildings were constructed near certain existing land uses in correspond with the economic issues. Visual presentation of the possibility of land cover change from undeveloped to developed areas in 1905-1924 and 1924-2020 is shown in Figure 3. The black color represents areas with unchanged land cover, whereas other colors ranging from blue to red represent areas that have possibility to change, with red that has the highest chance.

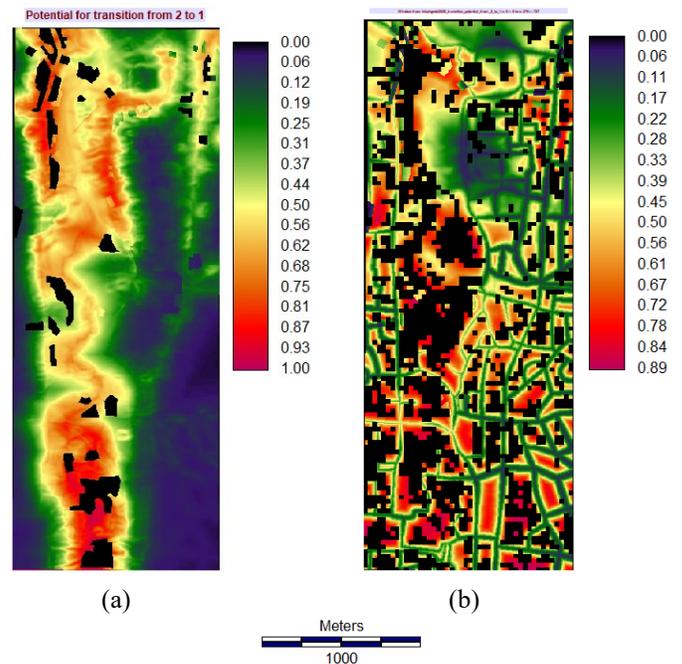


Figure 3 Potential for land cover change from undeveloped to developed areas: (a) in 1905-1924; (b) in 1924-2020.

Every model has its strengths and shortcomings [10]. MLP can predict the spatial variables that affect the land cover changes within specific periods provided that analysts have the complete set of data. However, it is argued that each dweller or local business's motives and plans for new development cannot be integrated into the model and reflected in the outcomes. Agent-based models, in particular, can be used to simulate the land cover alteration planned by each dweller or landowner, as well as the development guided by spatial policies [6]. One example of agent-based models is Envision [11] which applies multiple development policies and scenarios from agents (e.g., landowner, government, etc.). However, natural drivers which also influence the land cover changes are not covered in the modeling process.

## 4. CONCLUSIONS

This study assesses how machine learning in the hybrid CA-Markov-MLP land change modeling can simulate the development pattern of settlements in the valley of Ci Kapundung River at Coblong District, Bandung in 1905-1924 and 1924-2020. The modeling results show that there is a change in the order of influence between five driver variables in both periods. The proximity to the river has become the most influential driver of change in the first phase of modeling, whereas the proximity to roads was the main factor of land cover alteration in the second phase. It is argued that the change is due to the human decisions (e.g., spatial policies applied, and choices made by inhabitants and other stakeholders to build settlements and other facilities in the area) that cannot be directly modelled by MLP. However, MLP is still capable of evaluating the spatial variables that influence the land cover changes. Agent-based models are potentially be used to simulate the land cover change based on the decisions made by each dweller or landowner and the spatial policies. However, it should be noted that all models have their drawbacks. Therefore, further assessment of model accuracy should be performed. The modeling outcomes, then, are required to be interpreted based on the evaluations.

## 5. REFERENCES

- [1] Vollmer, D., & Grêt-Regamey, A. (2013). Rivers as municipal infrastructure: Demand for environmental services in informal settlements along an Indonesian river. *Global Environmental Change*, 23(6), 1542–1555. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.10.001>
- [2] Dubovyk, O., Sliuzas, R., & Flacke, J. (2011). Spatio-temporal modelling of informal settlement development in Sancaktepe district, Istanbul, Turkey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(2), 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.10.002>
- [3] Siregar, S. A. (1990). Bandung: The architecture of a city in development, urban analysis of a regional capital as a contribution to the present debate on Indonesian urbanity and architectural identity. Katholieke Universiteit, Leuven.
- [4] Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2022). *Administrasi Penduduk Kecamatan Coblong menurut Jenis Kelamin (Jiwa), 2019-2021*. Retrieved 2022, from <https://bandungkota.bps.go.id/>
- [5] Triantakonstantis, D. (2012). Urban growth prediction: a review of computational models and human perceptions. *Journal of Geographic Information System*, 04(December), 555–587. <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.46060>
- [6] Brown, D. G., Band, L. E., Green, K. O., Irwin, E. G., Jain, A., Lambin, E. F., Pontius, R. G., Seto, K. C., Turner, B. L., & Verburg, P. H. (2014). *Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18385>
- [7] Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., Nayak, S. K., Ghosh, S., Mitra, D., Ghosh, T., & Hazra, S. (2017). Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling- A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 5, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.01.005>
- [8] Li, X. & Yeh, A. G.-O. 2002 Neural-Network-Based Cellular Automata for Simulating Multiple Land Use Changes Using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 16(4) p 323–343
- [9] Eastman, J. R. (2006). *Guide to GIS and Image Processing* (Issue April). Clark University.
- [10] Dang, A. N., & Kawasaki, A. (2016). A Review of Methodological Integration in Land-Use Change Models. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 7(2), 1–25. <https://doi.org/10.4018/IJAEIS.2016040101>
- [11] Wu, H., Bolte, J. P., Hulse, D., & Johnson, B. R. (2015). A scenario-based approach to integrating flow-ecology research with watershed development planning. *Landscape and Urban Planning*, 144, 74–89. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.012>

Fecha de Recepción: 8 de octubre de 2022

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2022

# RE-EVALUATING SPACE AND ENVIRONMENTAL DESIGN IN RESIDENTIAL BUILDINGS DURING PANDEMIC IN INDONESIA

---

Didit Novianto <sup>1a</sup>, Wardatut Toyyibah <sup>1b</sup>, Anastasia Evangelista Sumanti <sup>1c</sup>, Dian Sekartaji<sup>2d</sup>

<sup>1</sup> Department of Architecture, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Architecture Department, The University of Kitakyushu, Kitakyushu, Japan

<sup>1a</sup> didit.novianto@its.ac.id, <sup>1b</sup> 25622013@mahasiswa.itb.ac.id, <sup>1c</sup> anastasiasumanti@gmail.com, <sup>2d</sup> d-sekartaji@kitakyu-u.ac.id

<sup>1a</sup> 0000-0002-3728-8162, <sup>1b</sup> 0000-0002-6312-3388, <sup>1c</sup> 0000-0001-8789-1595, <sup>2d</sup> 0000-0001-8947-5659

**ABSTRACT:** The Covid-19 pandemic which happening for more than 2 years since its emergence in 2022 in Indonesia, has impacted civilization and people's way of living. In response, work from home (WFH) is implemented throughout the world, including in Indonesia, as an effort to prevent the transmission of the infectious virus which continues to develop its variants until now. This article is trying to discuss how the occupants deal with the sudden change of function of their living spaces. The survey was conducted targeting more than 240 household groups of young families in Indonesia, regarding their lifestyle pattern and changes of spaces function during the stay home period. Critical analysis is carried out based on the evidence obtained from the feedback. It was found that more than 90% of respondents implemented WFH, while more than 20% of households used their bedroom for workspace during the pandemic, and changes in daily lifestyle patterns resulted in the structure of consumption. Finally, this article contains the author's criticisms and views regarding the urgency for massive reformation in Indonesian residential housing space design and standards which has to be more responsive to the modern lifestyle and health issues.

**KEYWORDS:** living environment; space design; residential housing; lifestyle; covid-19

**RESUMEN:** La pandemia de Covid-19, que ha estado ocurriendo durante más de 2 años desde su aparición en 2022 en Indonesia, ha impactado la civilización y la forma de vida de las personas. En respuesta, el trabajo desde casa (WFH, por sus siglas en inglés) se implementa en todo el mundo, incluso en Indonesia, como un esfuerzo por prevenir la transmisión del virus infeccioso que continúa desarrollando sus variantes hasta ahora. Este artículo trata de discutir cómo los ocupantes lidian con el repentino cambio de función de sus espacios habitables. La encuesta se llevó a cabo en más de 240 grupos de hogares de familias jóvenes en Indonesia, con respecto a su patrón de estilo de vida y los cambios en la función de los espacios durante el periodo de permanencia en el hogar. El análisis crítico se lleva a cabo a partir de las evidencias obtenidas a partir de la retroalimentación. Se encontró que más del 90 % de los encuestados implementaron el trabajo desde casa, mientras que más del 20 % de los hogares usaron su dormitorio como espacio de trabajo durante la pandemia, y los cambios en los patrones de estilo de vida diarios dieron como resultado la estructura de consumo. Finalmente, este artículo contiene las críticas y puntos de vista del autor con respecto a la urgencia de una reforma masiva en el diseño y los estándares del espacio de vivienda residencial de Indonesia, que debe ser más sensible al estilo de vida moderno y a los problemas de salud.

**PALABRAS CLAVES:** entorno de vida; diseño de espacios; vivienda residencial; estilo de vida; COVID-19.

---

## 1. INTRODUCTION

Since the end of 2019, China has been surprised by the emergence of a new coronavirus called SARS-Cov-2 or Covid-19 which is gradually spreading in various countries. Thus, on March 11th, 2020, the World Health Organization (WHO) officially announced the Covid-19 outbreak as a global pandemic [1]. The virus, which can infect all ages, is

transmitted through droplets emitted by an infected person when coughing and sneezing. This transmission occurs between 2-14 days after someone has direct contact with the previous patient, both symptomatic and asymptomatic patients, hence, the spread becomes very fast and dynamic [2]. Not only is the pattern of distribution evenly distributed, but the impact caused by this pandemic is also massive and makes many

victims fall. Even as of December 31st, 2021, based on data from worldometers.info, the total number of Covid-19 virus infections in the world was recorded at 286,715,568 cases with 5.4 million deaths spread in almost all countries including Indonesia [3].

In Indonesia, positive cases of Covid-19 have been detected since March 2nd, 2020, where the patient previously made direct contact with a foreign citizen (WNA) from Japan while attending an event in Jakarta [4]. This was quite surprising for Indonesia considering that both the government and the people at that time did not take this virus seriously. As a result, there has been a sharp increase in the number of positive cases. According to the government's data, the peak of the Covid-19 wave in Indonesia occurred in January and July 2021 [5].

Of course, seeing the massive spread of this virus, the Indonesian government began to focus on continuing to develop, implement, and evaluate policies in dealing with the pandemic. Some of the policies that have been pursued are (1) Staying at home; (2) Implementing social restrictions; (3) Use of masks; (4) Diligent hand washing; (5) Postponing social activities that gather large crowds; (6) Work/Study from home; (7) Large-scale social restrictions (PSBB); and (8) the New Normal policy. As a result, these policies affect changes in people's lifestyles. All interactions between communities that were originally carried out directly outside the home face-to-face were forced to turn into virtual interactions and should only be done at home. These are impacting educational, office, business, socio-cultural, and religious activities (Tuwu, 2020).

One of the things that quite a lot affects people's lifestyles is the Work from Home (WFH) policy. The concept of WFH suddenly made people concentrate all their daily activities at home so they inevitably had to adapt to the new conditions. Supported by survey findings from the World Economic Forum states that 91.7 percent of companies apply the WFH concept. The application of this concept turned out to have an impact on longer working hours, an average of 48.5 minutes working hours [7]. On the other hand, several cases show that WFH affects the flexibility of working hours considering that employees can manage their own working time. Although in the end, it blurs the timeline between work life and personal affairs. As a result, mental fatigue occurs due to an unbalanced proportion of time in personal/family life and work.

Working from home or WFH is part of fulfilling an employee's obligations to meet work targets, so the house is only being a location [8]. Therefore, it is necessary to adapt and adjust to environmental conditions to suit work habits [9]. Adjusting this condition certainly needs to consider aspects of the facilities and resources owned by users at home, including the functional aspects of the dwelling. Considering that not all housing in Indonesia currently has a specific space for work. Because after all, WFH also requires someone to have enough

space and a supportive atmosphere so they can carry out work from home well [8].

To support shelter functions that are more adaptive to WFH conditions, it is necessary to investigate how Indonesian people adapt and adjust during WFH. However, the availability of data regarding this matter is still not widely found. Therefore, this study aims to collect survey data related to how the function of residential spaces has shifted during the Covid-19 pandemic in 34 provinces in Indonesia. So, it is hoped that it can be one of the considerations in designing adaptive housing after the pandemic.

## 2. METHODS

In this study, a combination research method is used, according to Cresswell (in Sugiyono, 2011), mixed methods include a combination of quantitative and qualitative methods. Cresswell also divides this method into two models, including (1) the Sequential Model in which the merging is done sequentially and the Concurrent model where the merging is done in a mixed manner [10]. This study focuses on concurrent models with embedded strategies or unbalanced mixed methods models. Where in terms of definition, this model combines the use of quantitative and qualitative research methods simultaneously or together, but the weight of the method is different and is divided into primary and secondary methods [10]. The primary method in this study relies on a quantitative approach, while the qualitative approach is carried out by observing the connection between the primary data that has been obtained so that it can be described more straightforwardly.

As a start, the data collection stage was carried out by distributing online questionnaires spread across 34 provinces in Indonesia from August-December 2021. Respondents on the questionnaire were limited only to those who had carried out WFH during the Covid-19 pandemic. The questions in the questionnaire were formulated according to the author's hypothesis regarding how the housing function shifted during the pandemic.

## 3. RESULT AND DISCUSSION

### 3.1 Data description respondents

In the process of collecting data, at first, the respondent boundaries were determined and the question categorization was carried out. In this study, respondents who can fill out the questionnaire are limited to Indonesians who have done WFH during the pandemic. While the questions are arranged based on three categories of questions. The first category relates to the respondent's general identity such as age, gender, domicile, and occupation. The second category relates to the description of the family and the dwelling occupied during WFH by looking at the type of family structure that occupies the

dwelling used during WFH. Considering that the movement of the respondent's activities while in the house is likely to be influenced by the factor of someone else activities in that house. This is due to the differences in needs and desires between one family structure and another so that their lifestyles can be different [11]. In addition, they were also asked about the range of family income they had before and after the pandemic. Regarding housing during WFH, it was asked from the physical aspect. The questions asked consisted of a type of occupancy, ownership status, orientation, estimated area, length of occupation, and building age. The next category relates to WFH activities at home during the pandemic, especially in the functional aspect. In this category, questions were asked about how the pattern of working during the pandemic, the types of space in the dwelling used, the changing and increasing functions, to the renovation of houses due to WFH.

From all data on respondents who were willing to fill out the questionnaire, 243 respondents were obtained with 88.5 percent or a total of 214 people having undergone WFH. While the rest, cannot undergo WFH. Various obstacles such as WFH were only applied at the beginning of the pandemic, respondents were field workers so it was not possible for WFH, different company strategies in responding to the pandemic, such as only reducing the number of working hours or employees, and the other business interests. As shown in the graph, 35 percent of respondents only did WFH at the beginning of the pandemic, which is also seen in the next reason because the work does not allow WFH (Figure 1).

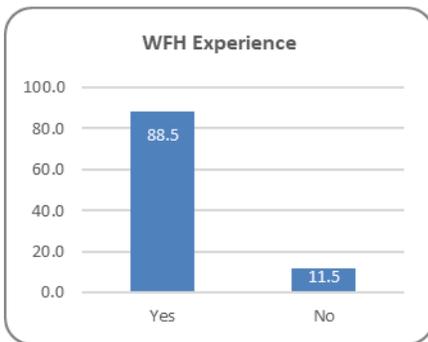


Figure 1. WFH percentage.

The questionnaire distribution was carried out for 5 months from August to December 2021 right after the second wave of Covid19 hit Indonesia. As can be seen in the map, these questionnaires are spread across all 34 provinces in Indonesia. Even though in percentage terms, the dominant area is still seen in the Java Island area with the highest respondent is from East Java as much as 31.3 percent, and the lowest at 0.2 percent spread across Bengkulu, Bangka Belitung, Riau, several provinces respectively. in Sulawesi and North Maluku (Figure 2)

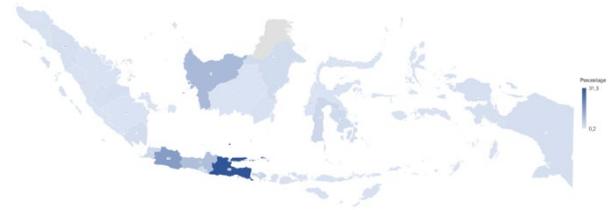


Figure 2. Geographical distribution of respondent..

Of the 214 respondents who have done it, it can be seen that 147 respondents are women and 68 others are men. In general, all respondents are in the productive age category from teenagers to adults. Meanwhile, the respondent's profession is dominated by students as many as 131 people or 60.9 percent. The leftovers come from quite diverse professional backgrounds such as ASN, teaching staff, employees, business people, to those who still do not have permanent jobs. Thus, the output of this questionnaire can still be generalized in terms of residential users. These are the graphs of respondents' characteristics in this study.



Figure 3. Respondents' characteristics.

### 3.2 Respondent's Family Description

The following table is a table for the respondent's family structure and kinship during WFH. Based on the table, it can be seen that family structure characteristics in Indonesia are quite diverse, starting from living alone, in pairs, parent-child, and others. As Rapoport has explained in the journal 'housing and society' that this variable is one of the specific aspects that are easily related to the housing lifestyle context [11].

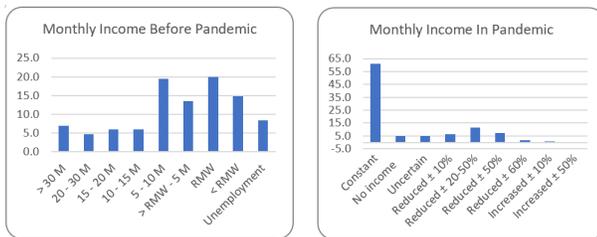
Then, it can also be seen the trend of differences of income from before and during covid-19. The level of change in income is still dominated by constant changes or no change in income. However, income levels still rarely increase there have

been more declines during the pandemic with the most declining by 20-50 percent in 11.6 percent of the total respondents. This will later become a consideration for residents to decide how their home will adapt according to the level of residents' financial capabilities.

**Table 1.** Family structure of respondents.

No	Family Structure	N	Percentage
1	Alone	22	10,3
2	Husband and wife	5	2,3
3	Father-mother-1 child	26	12,1
4	Father-mother-1 child-uncle/grandma	2	0,9
5	Father-mother-2 children	63	29,4
6	Father-mother-2 children-uncle/grandma	4	1,9
7	Father-mother-2 children- 1 nephew	1	0,5
8	Father-mother-2-children-servant	5	2,3
9	Father-mother-2 children-grandpa-grandma-servant	4	1,9
10	Father-mother-3 children	32	15,0
11	Father-mother-3 children-servant	5	2,3
12	Father-mother-3 children-grandpa-grandma	1	0,5
13	Father-mother-4 children	13	6,1
14	Father-mother-4 children-grandma	3	1,4
15	Father-mother-5 children	3	1,4
16	Father-mother-5 children-grandpa-grandma	1	0,5
17	Father-mother-5 children-grandma	1	0,5
18	Mother-1 child	7	3,3
19	Mother-1 child-servant	1	0,5
20	Mother-2 children	2	0,9
21	Mother-3 children-grandma	1	0,5
22	Mother-6 children	1	0,5
23	Father-1 child-grandma-servant	1	0,5
24	Father-2 children	2	0,9
25	Father-2 children-grandpa/grandma-aunt	2	0,9
26	Father-2 children-grandma-2 servant	1	0,5
27	Grandpa-grandma-mother-3 servant	1	0,5
28	Grandma-3 children-servant	1	0,5
29	Uncle- 5 children	1	0,5
30	2 children	2	0,9
Total		214	100

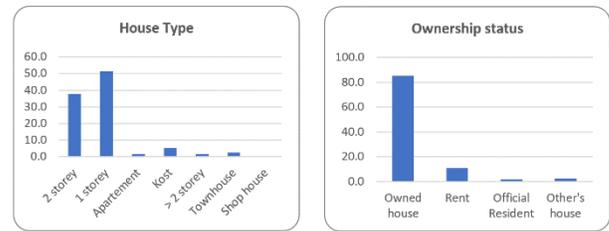
Source: Questionnaire, 2021



**Figure 4.** Monthly income before during pandemic.

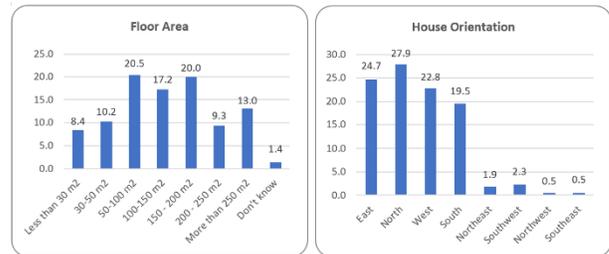
### 3.3 Description of respondent's house

The description of the house used by the respondents during WFH is described in several ways, such as type of occupancy, ownership status, orientation, area, length of stay, and estimated year of building. Here are the resulting graphs.



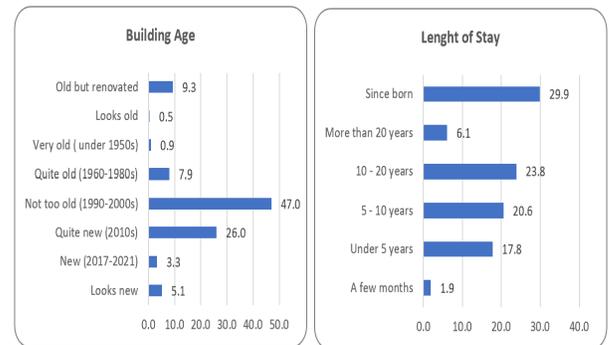
**Figure 5.** House type and ownership.

It can be seen that most of the respondent's residential types in this study are type 1-storey houses with 51.6 percent, followed by type 2 storey with 37.7 percent. Then, 85.1 percent of respondents admitted that they are the owner of the house. Meanwhile, the total area is quite diverse and evenly distributed, with a percentage above 15 percent in an area of 50-200 m2. While below 15 percent in an area of less than 30 m2 to 50 m2 and 200 m2 to more than 250 m2. With the most orientation towards East and North.



**Figure 6.** Floor area and building orientation.

For the estimated age of the building, the average dwelling was built in the 1990s to the 2000s, so it is classified as a residence that is not too old. Most of the residents have also lived in the house since birth, so they know very well the house they live in.



**Figure 7.** Building age and length of stay.

### 3.4 Identification of House and Occupant

During WFH, it is necessary to know how the condition of respondents and their occupancy when doing work at home, starting from whenever they undergo WFH, what is the comparison of work patterns before and during the pandemic, what types of rooms are in their homes and how their functional changes, how long is the comparison of the length of use before and during WFH, as well as regarding home renovations after the covid-19 pandemic. The following is a graph of the period of respondents undergoing WFH.

Starting from the onset of the COVID-19 pandemic, Indonesia has passed two peaks of positive cases of covid-19, the first wave peak occurred in January 2021, and the second peak in July 2021. It can be seen from the graph, almost all respondents were able to carry out WFH from the beginning of the pandemic until after the second wave occurred, several others underwent a system and work pattern transformation that adjusted to the company's needs, some were only able to carry out WFH until wave 1 of Covid-19 then implemented a Hybrid system, some were only able to carry out at the beginning of the pandemic. However, if we review it again, the trend of implementing WFH is more after the Covid-19 cases began to increase at the end of November 2020 (towards the first wave) and the end of May 2021 (towards the second wave). The decline in the implementation of WFH occurred in the range of June 2020 and March 2021, which saw the trend of COVID-19 cases which also declined at that time (Figure 8).

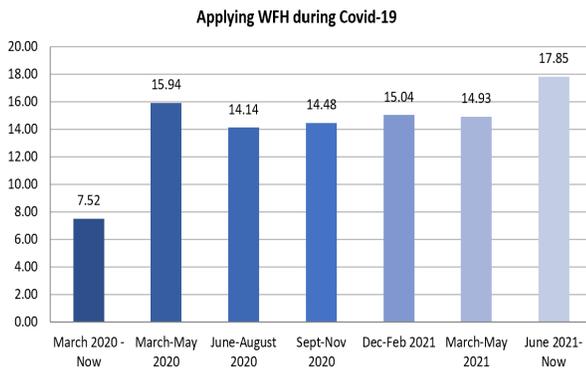


Figure 8. Timing for WFH.

As part of the impact of the WFH policy, the system and work patterns have changed. As can be seen in the graph above, a striking change to this system is the work location factor, which allows it to be done at home. Some of the other changes were a decrease in working hours, additional working hours, job losses, and even getting a new job after the pandemic (Figure 9). This change in work patterns can certainly be a consideration, especially the location factor that moves to

home reduced and increased working hours which could affect the level of comfort related to productivity at work.

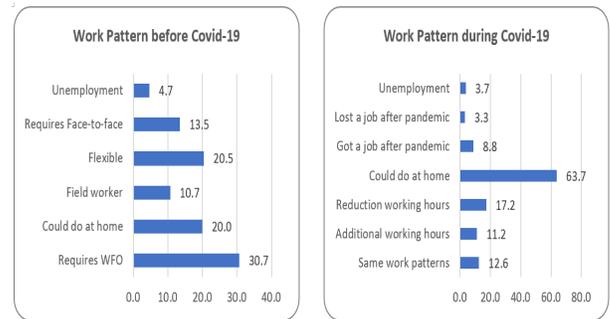


Figure 9. Work pattern before-during pandemic.

The following is data on the number of each room in the respondent's residence. The graph below shows the range of patterns in the existence of functional residential programs which can later be processed with data on their use during WFH, whether there will be spaces that change function, increase function, or are renovated during the respondent's WFH.

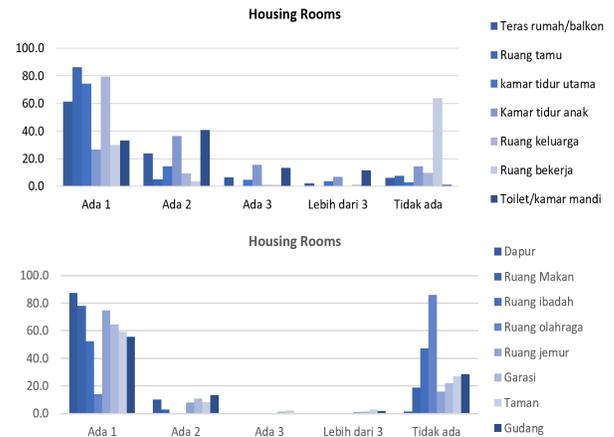


Figure 10. Housing Rooms

From some of the previously mentioned spaces, it was also identified how the respondents used these spaces. In the graph below, it can be seen that the most dominant changes are in the bedroom, both changing functions and adding functions. The pattern of adding space functions in the bedroom is the most dominant compared to no change. Bedrooms are predicted to experience this increase because WFH activities and sports are mostly centered in private bedrooms. This is especially the case for those who do not have a separate workspace. The following graph also shows what rooms have the potential to

turn into multifunctional spaces, such as bedrooms, work areas, terraces, balconies, family rooms, and living rooms.

In contrast to the change of function, where the space does not change its function to be the most dominant, followed by a change of function in the bedroom. Then, to support a comfortable work area, some spaces that are less frequently used are eventually converted into workspaces, such as the unused living room, family room, and bedroom (Figure 11).

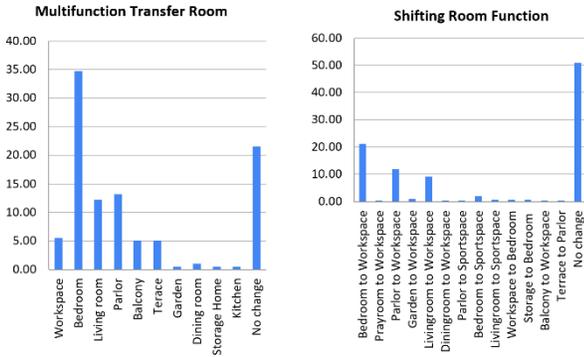


Figure 11. Function Shifting of the House.

Uniquely, it was also found to be related to the respondent's renovation pattern, in which quite a lot of renovations were carried out in the bedroom area. This renovation can be in the form of rearranging furniture to renovation in terms of shape and space. The bedroom is a fairly important aspect in supporting the WFH, considering that this space is also quite private and provides peace of mind at work. The question is, how will work productivity occur in the bedroom? Will it be necessary to separate again in the bedroom to maximize its function without disturbing productivity? This renovation activity also happened quite a lot during the pandemic, although many did not carry out renovations. The time range for respondents to carry out renovations is also seen more in the range of 3-6 months previously, which means that it shows in the period between the completion of wave 1 of Covid-19 and the beginning of wave 2 occurring or around the beginning of January-June 2021.

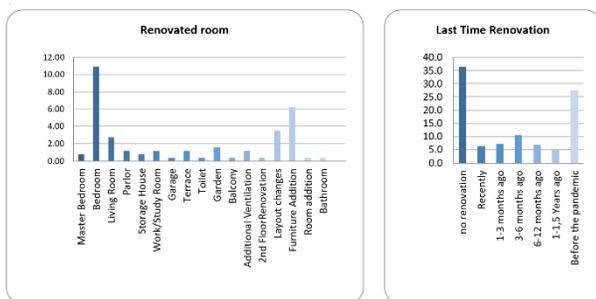


Figure 12. Renovated Room

The next graph shows how the changes in the duration of use of each respondent's residential space. The highest variable indeed appears in the absence of a change in the length of space used, but the selection of respondents in this option could be due to the absence of the room in question in the house. As in the sports room, not all respondents have a sports room at home, so sports activities are carried out in other rooms such as the living room, bedroom, and family room (Figure 11). Therefore, this also has an impact on changes in room renovation with the addition of complementary furniture in the room where the renovation type chart shows the second-highest (Figure 12). Meanwhile, the next highest change in length of use was in the bedroom area, where almost all respondents admitted to using the bedroom longer than before WFH starting from increasing 1-4 hours to increasing more than 7 hours a day in the bedroom. This is also in line with the impact on bedroom renovation which also shows a fairly high number. (Figure 13).

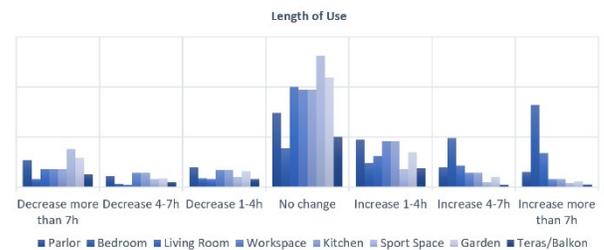


Figure 13. Lama Penggunaan Ruang

### 4. CONCLUSIONS

The Covid-19 pandemic that has spread in Indonesia has forced the government to implement a policy of working from home (Work from Home) or staying at home (Stay at Home). The house that was originally just a place to stop and rest to unwind after work, now has a wider meaning, becoming an endless part of everyday life. Home has become more meaningful to some people.

The concept of Work from Home is one aspect that has a significant impact on changing people's lifestyles. For this reason, adaptation and adjustment of space conditions need to be done so that habits and productivity in work are not disturbed [9]. The context of supporting facilities at home is also important because adaptation will work if it is supported by the right facilities and atmosphere at home. So as a result, there will be changes in the dwelling, both only by adding furniture, rearranging the layout of the room, to functional changes in potential spaces.

The results of the questionnaire show that there are functional changes in the dwelling, where the spaces that have the most potential to change are in private and semi-private

spaces such as bedrooms, family rooms, and workspaces. There are two categories of changes in the function of the space, the first can be in the form of adding functions so that it turns into a multifunctional room, the second is changing the function into a room for other activities. The change into a multifunctional room is most dominant in the bedroom so it has a significant impact on the length of use of the space. In the end, as a form of adaptation to the bedroom, renovations were carried out to improve the quality of the room so that it is more comfortable to use for other activities such as work and sports. The next potential room is in the living room considering that the Covid-19 condition can reduce the length of use of the living room, so this space also has the potential to increase its function into a work area and sports area. Meanwhile, a shift in the function of space also occurred in several spaces, and most of these changes in function were transferred to working spaces. This is triggered by the absence of working space in some residences in Indonesia. However, if the two categories of changes in function are juxtaposed, the changes are still more dominant in the first category, switching to a multifunctional space. This can be supported by the old pattern of space use in multifunctional areas where changes in the length of use can add up to more than 7 hours a day.

## 5. AUTHORS' CONTRIBUTIONS

The first author is the corresponding author who conducts the research, writes the article, and lays a platform for this article's production. The second author is a research collaborator who is also the first author's students. The third author is a research collaborator from the university that the first author was belonged, contributing to the questionnaire and data extraction.

## 6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge financial support from the Institut Teknologi Sepuluh Nopember, for this work, under the project scheme of the Publication Writing and IPR Incentive Program (PPHKI) 2021.

## 7. REFERENCES

- [1] WHO. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020. Available at <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Accessed 14 Jan 2022
- [2] Singhal, T. (2020). A review of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *The indian journal of pediatrics*, 87(4), 281-286.
- [3] Worldometer. Covid-19 Coronavirus Pandemic. Available at <https://www.worldometers.info/coronavirus/>. Accessed 31 Dec 2021.
- [4] Putri, R. N. (2020). Indonesia dalam menghadapi pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(2), 705-709.
- [5] Satuan Tugas Penanganan Covid-19. Perkembangan Kasus Per Hari (Grafik Gabungan). Available at <https://covid19.go.id/peta-sebaran>. Accessed 31 Dec 2021.
- [6] Tuwu, D. (2020). Kebijakan Pemerintah Dalam Penanganan Pandemi Covid-19. *Journal Publicuho*, 3(2), 267-278.
- [7] Katadata. Survei: Work from Home Picu Jam Kerja Bertambah dan Kelelahan Mental Available at <https://katadata.co.id/ariemega/berita/5fa7cf815a0e8/survei-work-from-home-picu-jam-kerja-bertambah-dan-kelelahan-mental>. Accessed 16 Jan 2022.
- [8] Mungkasa, O. (2020). Bekerja dari Rumah (Working From Home/WFH): Menuju Tatanan Baru Era Pandemi COVID 19. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 126-150.
- [9] Asharhani, I.S., & Gupitasari, M. (2021). Perilaku Adaptasi Dan Perubahan Penataan Hunian Di Masa Pandemi Covid-19. *Modul*, 21(2), 102-110
- [10] Hermawan, I. (2019). Metodologi Penelitian Pendidikan (Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed Method). Hidayatul Quran.
- [11] Rapoport, A. (1998). Using "culture" in housing design. *Housing and Society*, 25(1-2), 1-20.

Fecha de Recepción: 8 de octubre de 2022

Fecha de Aceptación: 25 de diciembre de 2022

# DOS PLAZAS, UN MISMO ESPACIO TWO SQUARES, ONE SPACE

*Matthew Gumbs<sup>1a</sup>, Oriana Morales<sup>1b</sup>, Vanesa Ugas<sup>1c</sup>, Silvia Arroyo<sup>1,2b</sup>*

*1 Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá*

*2 Sistema Nacional de Investigación (SNI), Ciudad de Panamá, Panamá*

*<sup>1a</sup> matthew.gumbs@up.ac.pa; <sup>1b</sup> oriana.morales@up.ac.pa; <sup>1c</sup> vanesa.ugas@up.ac.pa; <sup>1,2b</sup> silvia.arroyo@up.ac.pa*

*<sup>1a</sup> 0000-0002-1284-5217; <sup>1b</sup> 0000-0001-6743-9753; <sup>1c</sup> 0000-0001-6573-9656; <sup>1,2b</sup> 0000-0001-9801-7115*

**RESUMEN:** A lo largo de la historia, se ha observado cómo la arquitectura y el urbanismo han sido partícipes de acontecimientos en diferentes culturas, a tal punto de ser un referente de estudio. Por esta razón, como objetivo de este artículo se investigó sobre dos obras de escala urbana y arquitectónica desarrolladas en culturas diferentes, bajo procesos y tiempo distintos. Con este estudio se busca comprender el grado de asociación y las disparidades existentes entre ambas, bajo un término clave que las relaciona, que es el espacio público. El alcance del estudio se limitó a una investigación de carácter documental realizada por los autores con información de publicaciones científicas y artículos de organizaciones certificadas en el ámbito. Se versó en la Plaza de San Pedro como espacio público religioso y en la Plaza de Naqsh-e Yahán como espacio público multicultural mediante el análisis de sus antecedentes, sus entornos inmediatos y sus arquitecturas circundantes. Si bien la mayoría de los detalles indican una vasta cantidad de contrastes, fue posible encontrar similitudes muy específicas. Por tanto, como conclusión se pretende la exposición de datos correlativamente positivos o negativos que permitan conocer que la idea del tiempo es intrínseca al urbanismo y la arquitectura y se comunica a través de este.

**PALABRAS CLAVES:** Plaza, espacio público, punto focal, multiculturalidad, interacción.

**ABSTRACT:** Throughout history, it has been observed how architecture and urbanism have been participants of relevant events in different cultures, to such a degree of being a benchmark of study. For this reason, the objective of this article aims to analyze two works at an urban and architectural scale were developed in distant cultures, under diverse processes and times. This study seeks to understand the similarities and differences between them, under the key term that relates them, which is public space. The scope of the study was limited to documentary research carried out by the authors with information from scientific publications and articles from certified organizations in the field. The article encompasses St. Peter's Square as a religious public space and the Naqsh-e Jahan Square as multicultural public space, through its backgrounds, its immediate environments, and its surrounding architecture. While most of the details indicate a vast amount of contrast, it was possible to find specific similarities. Therefore, as a conclusion, the exhibition of correlatively positive or negative data is intended to allow us to know that the idea of time is intrinsic to architecture and communicates through it.

**KEYWORDS:** Square, public space, focal point, multiculturalism, interaction.

## 1. INTRODUCCIÓN

La relación que ha existido entre el medio físico y el organismo biológico, en este caso el ser humano, ha sido desde décadas anteriores uno de los puntos de estudio más importantes de la arquitectura. Múltiples resultados se han obtenido como respuesta a esta interacción que va acompañada de un proceso de diseño arquitectónico. En este caso, entre los espacios que engloban actividades humanas, naturales y físicas, destaca la plaza, la cual no es más que un espacio público destinado a albergar una cantidad determinada de usuarios cuyo fin es que estos puedan desarrollarse en

diferentes actividades como lo son las religiosas, recreativas, comerciales, entre otras. [1].

Siendo algo fundamental en la vida de los ciudadanos de un territorio, las plazas en diversas ocasiones han sido partícipes e incluso, testigos de múltiples circunstancias históricas, posicionándose como uno de los espacios que siempre han pertenecido a las culturas existentes desde épocas remotas como lo es el Ágora de los griegos.

Es así, como en medio del desarrollo de poderosos territorios la plaza es pensada bajo parámetros culturales, económicos, sociales y religiosos, pero sin olvidar la esencial

principal del término conocido como espacio público; no obstante, se plantea la comparación de dos grandes plazas conocidas a nivel mundial por sus inigualables características y que, a pesar de sus diferencias, ofrecen una expresión culturalmente compartida mediante una arquitectura.

Dentro del continente europeo, la Plaza de San Pedro en la ciudad del Vaticano es conocida por el recibimiento que les ofrece a los feligreses ante la Basílica. La misma está rodeada por columnatas que invitan a conocer y explorar cada rincón de esta [2]. En comparación, la Plaza de Naqsh o Meidan Emam (Ispahán) ubicada en Irán, en el continente asiático, busca fusionar una variada actividad humana donde convergen la económica, cultural y religiosa dentro de un vasto territorio acompañado de masas vegetales y espejos de agua. [3].

## 2. VATICANO: PLAZA DE SAN PEDRO.

En los siguientes párrafos se tratará la Plaza de San Pedro como espacio público religioso para conocer sus similitudes y diferencias con la Plaza Naqsh-e Yahán a través de sus antecedentes, ubicación, entorno, cambios hasta la actualidad y arquitectura.

### 2.1 Antecedentes

Tras la construcción de la Basílica de San Pedro, surge un problema, ¿cómo unir la basílica vaticana con la ciudad? Es por ello que se opta por reorganizar el espacio que antecede la Iglesia y así resaltar dicha joya arquitectónica, a esta área que le precede se le conoce como la Plaza de San Pedro. La obra fue construida entre 1656 y 1667 y consiste en columnatas que simbolizan brazos abiertos que acogen a quienes la visitan [5]. Ver figura 1.

Anteriormente, el sitio lo ocupaba el Circo del emperador Nerón, donde fue martirizado el primer Pontífice de la Iglesia Católica, San Pedro, cuyo nombre se ha atribuido a la Basílica y a la Plaza [5].

Para la construcción del circo se transportó un obelisco de Egipto a Roma, que hoy es el punto focal de la Plaza. La posición original del obelisco está señalada cerca de la sacristía de la Basílica. El movimiento del obelisco tuvo que efectuarse bajo las órdenes del Papa, entre ellas se conoce que nadie podía hacer ruido alguno para mantener concentrados y coordinados a quienes realizaron la hazaña, quien hiciese el más mínimo ruido sería excomulgado [5].



Figura 1. Vista aérea de la Plaza de San Pedro [6].

La columnata está compuesta de columnas de orden dórico, uno de los más simples, para dar mayor importancia a las columnas de orden corintio de la Basílica. Lo que llama la atención es la disposición de un entablamento (o moldura) jónico, mucho más elaborado, sobre la columnata dórica [7].

### 2.2 Ubicación y Entorno: Lugar y Paisaje

La Plaza de San Pedro se encuentra en el Vaticano, específicamente en el Centro Histórico de Roma. La Plaza limita al oeste con el Río Tíber y se encuentra cerca de lugares de interés histórico como el Castillo de Sant'Angelo, la Capilla Sixtina, El Vaticano y la Basílica de San Pedro. Es un espacio que se extiende en la parte frontal de la iglesia de San Pedro como una forma de preceder al colosal templo. La misma se encuentra rodeada de una línea continua de columnas dóricas, estatuas y otras obras escultóricas las cuales se convierten en uno de los centros de atención para los visitantes [2].

### 2.3 Historia y Contexto

#### 2.3.1 ¿Quién la solicitó?

Durante el cargo del Papa Alejandro VII, en el año 1656, se encarga al arquitecto, escultor y pintor italiano Gian Lorenzo Bernini [4]. Desde 1629, Bernini fue nombrado arquitecto de la basílica de San Pedro por el Papa Urbano VIII. Realizó gran cantidad de trabajos para el Vaticano y San Pedro, como el baldaquino sobre el altar mayor, su mejor aportación fue la columnata que rodea la plaza [8].

#### 2.3.2 ¿Por qué se construyó?

El deseo principal por el cuál surge la idea de la construcción de esta magna plaza fue que pudiese albergar a grandes multitudes con el objetivo de convertirse en un símbolo cuya esencia principal fuera acentuar la devoción de los feligreses que la visitaban. Su tiempo de construcción fue aproximadamente de 10 años en los que se logró alcanzar la majestuosidad que la caracteriza hoy en día. La gran superficie en la que se emplaza es capaz de albergar más de 2000 personas [4].

#### 2.3.3 Cambios de uso hasta la actualidad

Actualmente, la Plaza de San Pedro es considerada una de las atracciones turísticas más visitadas por su brillante arquitectura y por ser un referente y símbolo religioso para la comunidad católica. No obstante, en ella se siguen realizando reuniones y celebraciones propias del cristianismo donde millones de peregrinos, fieles y el Papa comparten. [5].

### 2.4 Arquitectura

El conjunto arquitectónico de la plaza de San Pedro cuenta con dimensiones de 320 m de largo y 240 m de ancho, es de un notable ejemplo de la Arquitectura Barroca y planificación urbana. El recorrido de ésta se compone de dos sectores [5] [9]. Ver figura 2.

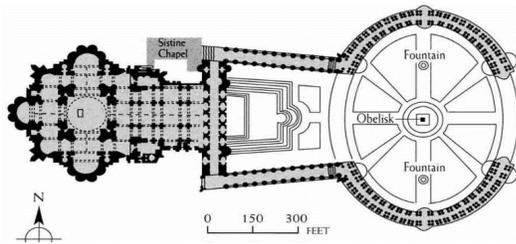


Figura 2. Planta Arquitectónica y distribución, Plaza de San Pedro [10].

El primer sector, conocido como la plaza oblicua, es de una forma ovalada con ensanchamientos laterales por dos pasajes elípticos que son las conocidas columnatas de San Pedro, que constan de cuatro columnas de profundidad a cada lado, formando así un total de 284 columnas de 16 metros de altura. Cada una de estilo dórico toscano con pasillos amplios entre ellas, que se encuentran pegadas a la fachada principal. Estas vienen siendo un signo Barroco del papel rector de la Iglesia católica, con 140 estatuas de santos, obra de Gian Lorenzo Bernini entre los años 1598-1680. Además, en este primer sector se encuentra rematado una balaustrada sobre la que hay dos fuentes de placas de mármol, seguidas de una hilera de piedra incrustadas en cada foco elíptico y en el medio el Obelisco de Heliópolis de 25 m de alto, que simboliza a los dioses de la antigüedad de la universidad del catolicismo [5] [9].

Siguiendo con su trayecto, se ubican las escaleras monumentales de 3 niveles que dan comienzo a la Plaza Retta, que viene siendo ya el segundo sector. Esta es de forma trapezoidal para armonizar la fachada de la plaza, cuyo lado más largo corresponde a la fachada con motivaciones de perspectiva específicas. Esta cuenta con 88 pilastras que decoran sus corredores laterales hechos de mármol [5] [9].

La idea de la construcción de esta Plaza fue representar los brazos de la Iglesia. Abiertos y acogedores, que reciben a los fieles que van a peregrinar y ver al Papa. También tiene la intención de diferenciarse del resto, para ganar protagonismo, y que sea un buen foco de atención [7].

Cierto dato que debe destacarse cuando se habla de la plaza de San Pedro, es sobre la imponente cúpula de Miguel Ángel, que también forma parte del recorrido de dicha plaza. La cúpula de San Pedro del Vaticano tiene un diámetro aproximado de 42 metros, semejante a la del Panteón de Agripa y a la de Santa Maria dei Fiori en Florencia. Esta se alza majestuosa sobre el transepto de la Catedral, la transición entre el espacio cuadrado que generan las dos naves y el circular del tambor se resuelve mediante pechinas. [11]. La cúpula fue realizada para conseguir una forma ojival semejante a la de Brunelleschi en Florencia. Así, la cúpula se apoya sobre un alto tambor, con ventanas entre los potentes contrafuertes, disimulados por pares de columnas, para dar una imagen de ascensión, antes que de apoyo de cargas [7].

El simbolismo representado la cúpula de Miguel Ángel marca el lugar más sagrado de Roma, la tumba de San Pedro, cuya presencia además justifica la preeminencia del Papa y de la ciudad sobre el conjunto de la cristiandad. Todas las remodelaciones que de la ciudad y la basílica se hicieron a lo largo del Renacimiento y durante el Barroco pretendían reforzar esa idea, siendo la basílica, y en especial su cúpula, su plasmación arquitectónica de ese poder [11].

### 3. PLAZA NAQSH-E YAHÁN

En el siguiente párrafo se tratará la Plaza Naqsh-e Yahán como espacio público multicultural para conocer sus similitudes y diferencias con la Plaza de San Pedro a través de sus antecedentes, ubicación, entorno, cambios hasta la actualidad y arquitectura.

#### 3.1 Antecedentes

Su historia se remonta a la época del imperio Safávida, dinastía gobernante en Irán durante los años 1502 a 1736. Tuvieron como objetivo establecer control sobre Gran Irán y reafirmar su poder sobre la identidad iraní. Sus orígenes se remontan a los residentes turcos de la Actual Ardebil, los safávidas eran un grupo organizado con completa devoción a militares, jefes y líderes religiosos. El gobierno safávida marcó el inicio de un Irán moderno, donde las distintas culturas se unificaron bajo el chiismo [7].

Anteriormente, la zona que hoy ocupa la Plaza fue un jardín histórico de la era de Ilkanato, que llevaba el nombre de Naqsh-e Yahan; historiadores consideran que el nombre actual deriva de éste. Dicho periodo conlleva múltiples guerras y cambios frecuentes en el poder. Durante el reinado de Shah Abbas I., Isfahán se convierte en la capital de Persia y posteriormente dicho líder implementa un plan para crear una Plaza donde converjan mezquitas, palacios, puentes, parques y comercios [12].

Ya teniendo un punto comercial establecido, se opta por desviar la Ruta de Seda hacia Isfahán para aprovechar el comercio. Fue construida entre 1611 y 1629. Este sitio albergó múltiples celebraciones persas, entre ellas destaca el año nuevo persa (Nowruz), también ocurrieron ejecuciones públicas, juegos de polo y desfiles del ejército [12]. Ver figura 3.



Figura 3. Vista aérea Plaza Naqsh-e Yahán, por Mario De Biasi [16].

La plaza pertenece a la época de mayor auge de la arquitectura safávida o estilo Isfahani, último estilo tradicional de los persas e iraníes. Este tipo de expresión arquitectónica fue instaurada por las dinastías Safávida, Zand, Qajar y Afsharid. Un elemento que les distingue de cualquier país islámico fue el uso de ladrillos calcinados para crear estructuras complejas [14].

Entre los logros arquitectónicos de Isfahán está la simplificación del diseño, una buena colección de ejemplares de la planificación urbana, el uso de geometría simple, el gusto por las proporciones dos tercios en niveles superiores y el uso de la planta cruciforme [14].

La arquitectura safávida tuvo su origen en el siglo XVI, tiempo en el que también se va desarrollando el movimiento Barroco. Ciertas obras de carácter Barroco se asemejan al estilo Isfahani, optando por plantas de cruz griega; por ejemplo: La Plaza Real, Los Inválidos (Mansart), Palacio de Luis XIV y la ya mencionada Basílica de San Pedro. Otras similitudes entre ambos estilos son la variedad de sistemas de cubierta y el dinamismo de sus formas [14].

## 3.2 Ubicación y Entorno: Lugar y Paisaje

Ubicada en el epicentro turístico de Isfahán, Irán. Limita al norte con el Gran Bazar de Isfahán, al sur con la Mezquita del Shah, al este con la Mezquita del jeque Lutfallah y al oeste con el Palacio de Ali Qapu. El entorno inmediato a la Plaza aloja estructuras monumentales que hoy son conocidas como parte de una rica colección de arte y arquitectura con innovaciones en los campos científicos y de ingeniería; por ejemplo, la Mezquita de Imam resuelve sus problemas acústicos con los conocimientos de la ciencia del sonido y las matemáticas hiperbólicas del erudito Shaykh Baha'i [15].

Considerada durante cinco siglos la plaza más grande del mundo y actualmente, la segunda después de la plaza Tiananmen en Pekín. En ella convergen cuatro actividades propias de la cultura como lo son los bazares que reflejan el poder del comercio, las mezquitas como centro de la religión, y los palacios el poder del rey. A su alrededor se conservan diversos espacios y edificaciones como mezquitas, bazares y palacios que fueron añadidos posteriormente. No obstante, la plaza contempla elementos paisajísticos relevantes como espacios verdes y un gran espejo de agua que contiene fuentes. Su construcción se ha mantenido de pie desde hace aproximadamente 424 años. [15].

## 3.3 Historia y Contexto

### 3.3.1 ¿Quién la solicitó?

Persia, aproximadamente la actual Irán, vivía bajo gobiernos basados en dinastías e imperios. En 1598, bajo la dinastía Safávida, el Sha Abbas I el Grande, toma la decisión de trasladar la capital del imperio persa de Qazvin hacia la ciudad central de Isfahan (Ciudad mitad del mundo). Esta ciudad se convirtió en el núcleo principal del imperio Safávida y el cuál se caracterizaba por sus grandes obras y avances

arquitectónicos en donde se incluían grandes mezquitas, jardines y monumentos [7].

Aunque no se sabe con certeza quién fue el arquitecto principal de esta magnífica plaza, uno de los que se puede mencionar es el arquitecto, filósofo, matemático y astrónomo Baha' al-din al-'Amili quien se dice que se encargó del planeamiento urbano de la zona [7].

### 3.3.2 ¿Por qué se construyó?

Con la idea de una nueva capital rodeada de un vasto oasis también surge el deseo de reconstruir totalmente la Ciudad mediante la arquitectura y el urbanismo. No obstante, Persia se encontraba entre luchas de poderes políticos divididos que buscaban tener mayor poder. Como solución, el Shah Abbas pensó en la plaza como un lugar cuya función sería consolidar el poder de Persia y eliminar el gobierno descentralizado. En la plaza se ejercía el poder político, comercial y religioso [7].

### 3.3.3 Cambios de uso hasta la actualidad

A pesar de haber tenido diferentes usos a lo largo de los años como espacio para fines políticos, religiosos, comerciales y recreativos, en el año 1979, la majestuosa plaza fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Actualmente, se considera un espacio donde se refleja la multiculturalidad y la cuál a través de sus jardines permite establecer puntos de encuentros y disfrutar de los comercios que se encuentran a su alrededor. No obstante, es posible utilizar los espacios para celebraciones religiosas, ceremonias y desfiles especiales [15] [16].

## 3.4 Arquitectura

La Arquitectura de esta plaza es algo fuera de lo común, con influencia en la arquitectura islámica. Es de forma rectangular, muy alargada y orientada de noroeste a sursureste. Mide 510 metros de largo por 165 de ancho, lo que la convierte en una de las mayores del mundo [15]. Ver figura 4.

Se encuentra completamente urbanizada, siguiendo un orden perfecto que sólo queda roto por cuatro monumentos de excepción. En el recorrido de la plaza Naqsh-e Yahán, viene marcado en sus laterales con una fachada corrida de dos pisos de altura, la planta baja está formada por cientos de puertas idénticas, todas rematadas con el arco persa. El piso superior, de las mismas dimensiones, sigue con la tónica de la planta inferior; aquí en vez de puertas son balcones formando un arco persa igual al de los bajos. Seguido de esto, en el medio de sus laterales hay una enorme piscina con fuentes que cuenta con 10 enormes jardines a su alrededor y de cada lado hay un edificio monumental [3] [17].

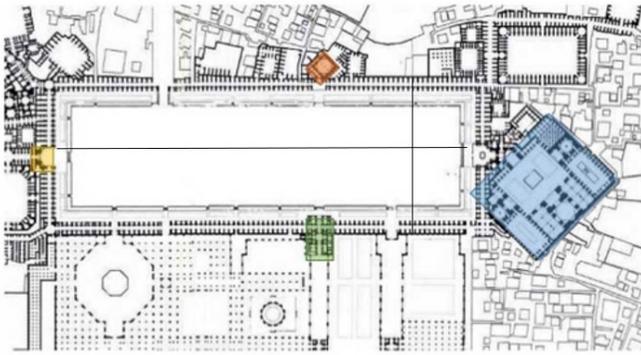


Figura 4. Planta de la plaza del Imán de Isfahán, por Iransafar [18].

Los elementos que quebrantan la unidad estética de la plaza son un contrapunto maravilloso, cada uno de ellos con su propia personalidad. En el lado norte destaca el portal Qaisarieh, el cual da acceso a uno de los más bellos bazares de la tierra. El flanco sur se halla ocupado por la mezquita del Imam, una obra excepcional en la historia de la arquitectura. En el lado oeste, en su tercio sur, se eleva majestuoso el palacio Ali Qapu, y justo en la parte opuesta de la plaza, casi queriendo pasar desapercibida, está la portada de la mezquita Lotfollah, de la que sobresale su espléndida cúpula [3].

El ingenio de la plaza fue que, al construirla, Shah Abbas reuniría los tres componentes principales del poder en Persia en su propio patio trasero; el poder del clero, representado por el Masjed-e Shah, el poder de los comerciantes, representado por el Bazar Imperial, y por supuesto, el poder del propio Shah, que reside en el Palacio Ali Qapu [3].

## 4. ESPACIO PÚBLICO

### 4.1 La Plaza de San Pedro como Espacio Público

Además de convertirse en un símbolo significativo para la religión cristiana y servir como espacio de acogida, es una pieza clave para demostrar cómo la arquitectura es capaz de concentrar un número considerable de personas provenientes de todo el mundo y, además, permitir esa interacción entre culturas, la cual se ve envuelta y abrazada por una colosal obra arquitectónica. Es así, cómo este espacio público se fusiona con las actividades humanas, transformándose un campo en donde se dejan huellas culturales e históricas con el paso del tiempo.

### 4.2 Espacio Público en la Plaza Naqsh-e Yahán

Siendo hoy en día es uno de los lugares más importantes de Irán y una de las mayores plazas del mundo, con influencia en la Arquitectura sobre todo en la Arquitectura Islámica tradicional. La Naqsh-e Yahán es un espacio público considerado como un lugar de convivencia multicultural, punto de encuentro y de gran fuerza estética para la ciudad, al que día a día llegan cientos de personas a disfrutar de sus jardines que hay en el centro de la plaza, así como también de sus

maravillosos edificios que tienen un gran significado para la población.

## 5. CONCLUSIONES

En virtud del análisis precedente, logramos concebir la plaza como un espacio que, además de ser un punto de confluencia, es un sitio clave sobre el cual se desarrolla una ciudad. Si bien la mayor parte de los detalles indican una vasta cantidad de contrastes, fue posible encontrar similitudes muy específicas. Por tanto, se pretendió la exposición de datos correlativamente positivos y negativos que permitieran conocer que la idea del tiempo es intrínseca a la arquitectura y se comunica a través de esta.

Dos plazas, un mismo espacio; tiene su enfoque en la diversidad de formas y logros arquitectónicos que existen entre dos culturas totalmente opuestas que se desarrollan en un espacio y tiempo diferente. No obstante, se lograr resaltar aspectos similares, los cuales responden a una misma necesidad que es la humana.

A la vez, se observa la importancia de las plazas no solo en el aspecto social, cultural y comercial, sino también desde el legado arquitectónico, el cual logra materializar una identidad y que busca ser reflejo de la historia de un territorio convirtiéndose hoy en día en símbolo característico de cada cultura.

Sin embargo, cada cultura halló los elementos que hasta hoy forman parte de su arquitectura característica. Por ejemplo, mientras que la Plaza del Vaticano ofrece una entrada donde prioriza la contemplación de esa gran elipse rodeada de columnas, la Plaza Naqsh-e Yahán dirige la mirada del observador a los grandes jardines centrales rodeados por una fachada de puertas continuas. Es así como podemos decir que, mientras que una nos obliga a exteriorizar nuestra vista, la otra busca volcarnos a su interior. A pesar de esto, las dos no pierden su esencia y buscan tener puntos centrales significativos como punto de encuentro o sitio de convivencia, pero vividos bajo una experiencia diferente.

Siendo el tiempo un concepto abstracto, se puede concluir que se comunica a través de la arquitectura, lo que permite que se puedan descubrir similitudes cercanas en espacios totalmente opuestos.

## REFERENCIAS

- [1] J. C. Pérgolis (2004, enero-diciembre). "La plaza, el centro de la ciudad". Revista De Arquitectura [Online], vol. 6 (No. 1), pp. 40-47. Available: <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/842>
- [2] UNESCO (1992-2023). "Ciudad del Vaticano" [Online]. Available: <https://whc.unesco.org/en/list/286>
- [3] UNESCO (1992-2023). "Meidan Emam (Isfahán)" [Online]. Available: <https://whc.unesco.org/en/list/115>

- [4] C. Garciadiego; C. Sosa Garza; P. Spíndola Yañez (2016). "Geometría de la Plaza de San Pedro" [Online]. Memorias del Octavo Congreso Internacional sobre la Enseñanza y Aplicación de las Matemáticas, Universidad Autónoma de Querétaro. Available: [https://www.academia.edu/29415351/GEOMETR%C3%8DA\\_D\\_E\\_LA\\_PLAZA\\_DE\\_SAN\\_PEDRO](https://www.academia.edu/29415351/GEOMETR%C3%8DA_D_E_LA_PLAZA_DE_SAN_PEDRO)
- [5] F. Ulloa y F. Parra (2010). "Caso de Estudio: Plaza de San Pedro, por Gian Lorenzo Bernini". Available: [https://wiki.ead.pucv.cl/Entrega\\_3\\_/19.04.10/\\_Obra\\_de\\_Arquitectura\\_Caso\\_de\\_Estudio:\\_Plaza\\_de\\_San\\_Pedro\\_por\\_Gian\\_Lorenzo\\_Bernini#BIBLIOGRAF%C3%8DA](https://wiki.ead.pucv.cl/Entrega_3_/19.04.10/_Obra_de_Arquitectura_Caso_de_Estudio:_Plaza_de_San_Pedro_por_Gian_Lorenzo_Bernini#BIBLIOGRAF%C3%8DA)
- [6] A. Medvedkov. "Aerial view of St. Peter's Basilica and St. Peter's Square with Christmas tree on it" (s.f.). [Foto en línea]. Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/aerial-view-st-peters-basilica-square-1608345574>
- [7] F. Ching; M. Jarzombek; V. Prakash. Una historia universal de la arquitectura: un análisis cronológico comparado a través de las culturas. Vol. 2 del siglo XV a nuestros días, Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, 2011, pp. 113-119.
- [8] T. Fernández y E. Tamaro (2004). "Biografía de Gian Lorenzo Bernini". Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea [Online]. Available: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/bernini.htm>
- [9] Santander La Salle (2011). "Urbanismo Barroco" [Online]. Available: [http://apuntes.santanderlasalle.es/arte/Barroco/arquitectura/italia/bernini\\_plaza\\_san\\_pedro.htm](http://apuntes.santanderlasalle.es/arte/Barroco/arquitectura/italia/bernini_plaza_san_pedro.htm)
- [10] M. de la Paz. "Columnata de San Pedro" (20 mayo, 2022). [Imagen en línea]. Disponible en: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/columnata-de-san-pedro/plaza-san-pedro-planta>
- [11] La historia y otros cuentos (2010). "Análisis de la Cúpula de la Basílica de San Pedro del Vaticano (Roma)" [Online]. Available: <http://lahistoriayotrocuentos.es/analisis-cupula-basilica-vaticano-roma/>
- [12] UNESCO (1992-2023). Isfahán, Programa de las Rutas de Seda [Online]. Available: <https://es.unesco.org/silkroad/node/8349>
- [13] M. De Biasi/Mondadori. "Naqsh-e Jahan Square and the Imam Mosque" (s.f.). [Imagen en línea]. Disponible en: (<https://www.gettyimages.co.jp/detail/%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%B9%E5%86%99%E7%9C%9F/aerial-view-of-the-city-naqsh-e-jahan-square-and-the-mosque-of-%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%B9%E5%86%99%E7%9C%9F/154073395>)
- [14] HiSoUr Arte Cultura Historia (2018, mayo). "Estilo Isfahani" [Online]. Available: <https://www.hisour.com/es/isfahani-style-31845/>
- [15] G. Mendoza (2015, marzo 30). "La plaza como espacio público" [Online]. Revista Construcción y Tecnología en Concreto. Available: <http://www.imcyc.com/revistacyt/index.php/punto-de-fuga/439-la-plaza-como-espacio-publico>
- [16] E. González Ferrín (s.f.). "Isfahán – La joya del Islam safaví" [Online]. Available: [https://www.academia.edu/27991297/Isfah%C3%A1n\\_La\\_joya\\_d\\_el\\_Islam\\_safav%C3%AD](https://www.academia.edu/27991297/Isfah%C3%A1n_La_joya_d_el_Islam_safav%C3%AD)
- [17] Iranian Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization (2018). "State of Conservation of Meidan Emam, Esfahan World Heritage Site" [Online]. Available: <https://whc.unesco.org/document/170954>
- [18] Iransafar Tours. "Naqsh-e Jahan Square Plan" (8 nov., 2021). [Imagen en línea]. Disponible en: <https://www.iransafar.co/naqsh-e-jahan-square/>

Fecha de Recepción: 7 de julio de 2023

Fecha de Aceptación: 11 de noviembre de 2022

# 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.

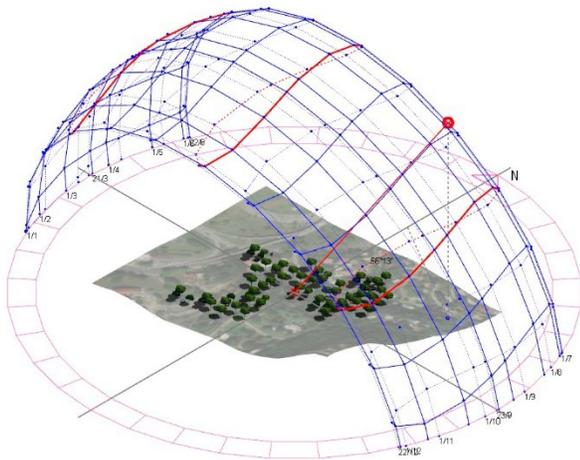
Se llevaron a cabo tres metodologías (a) simulación de incidencia solar pre-visita al sitio (b) lecturas del entorno post-visita al sitio (c) mediciones de la temperatura emitida en el material, dentro de un rango de horario de 7:00 am a 3:00pm.

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.

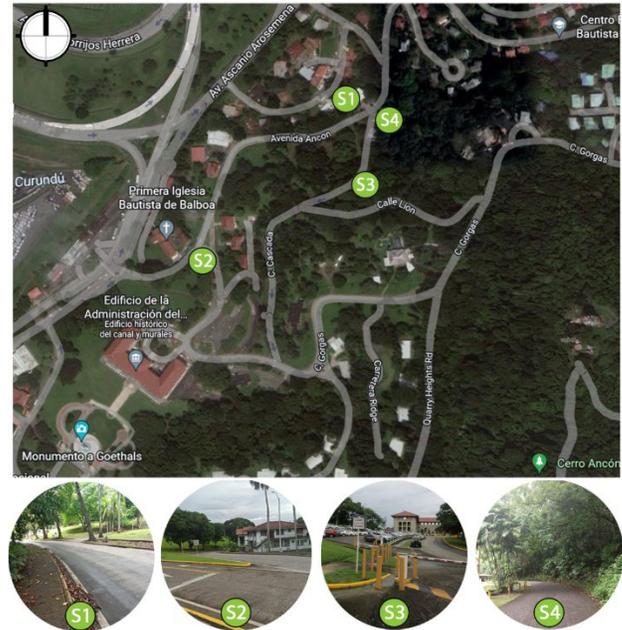


**Figura 1.** Simulación de incidencia solar en el programa SketchUp, con la herramienta Curic Sun para ver el movimiento del sol a lo largo del año.

### 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

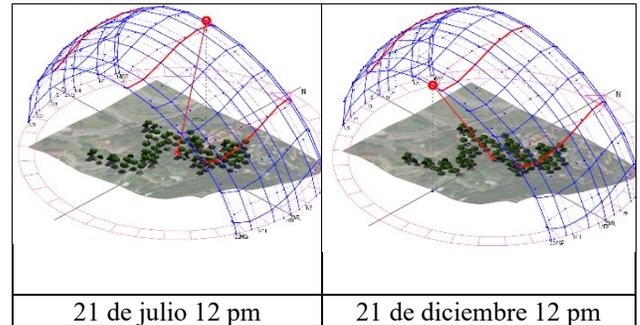
A partir de esta simulación propuesta se plantearon escenarios que sucederían durante el año, determinando así los siguientes puntos:

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).

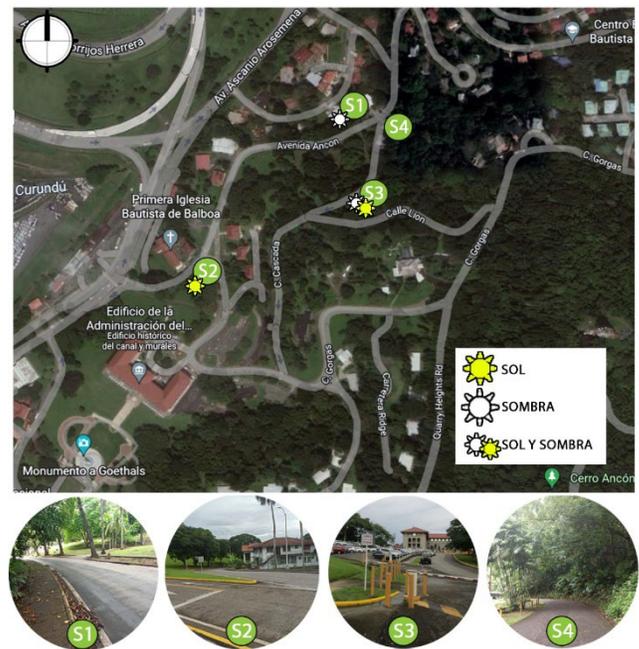


Figura 2. Área de estudio en el corregimiento de Ancón, con sectores propuestos.

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).

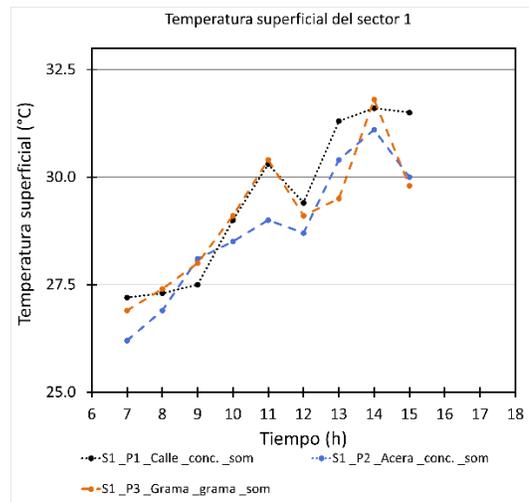
**Tabla 2.** Tabla comparativa de tipos de materiales en los sectores.

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:

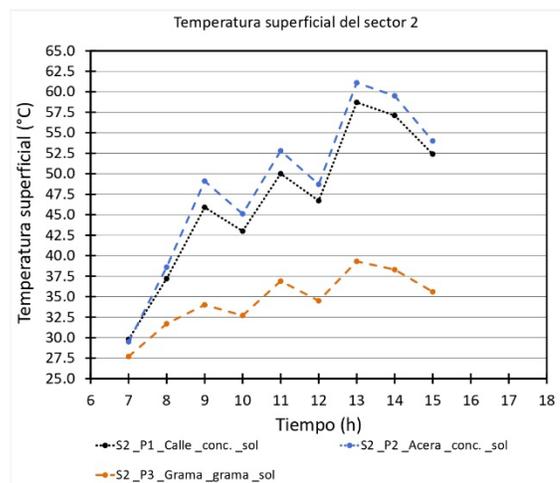
Sector 1: al estar las tres superficies (calle, acera y grama) con sus materiales (concreto y grama) analizados en sombra, poseen resultados similares, con un aumento de temperatura entre 26°C a 32°C. A pesar de esto, producen una temperatura superficial moderada, que de igual forma puede producir cierto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

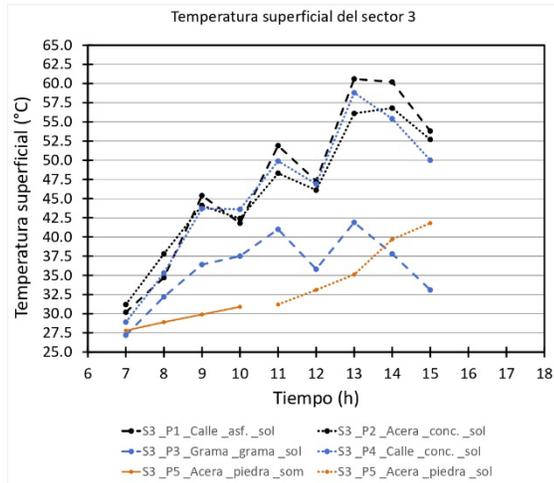
Sector 3: se añadió la superficie de acera con material de piedra. Los datos obtenidos entre ellos (acera, concreto y grama) junto a sus materiales (asfalto, concreto, grama y piedra) se analizan tanto en sol como en sombra.

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.

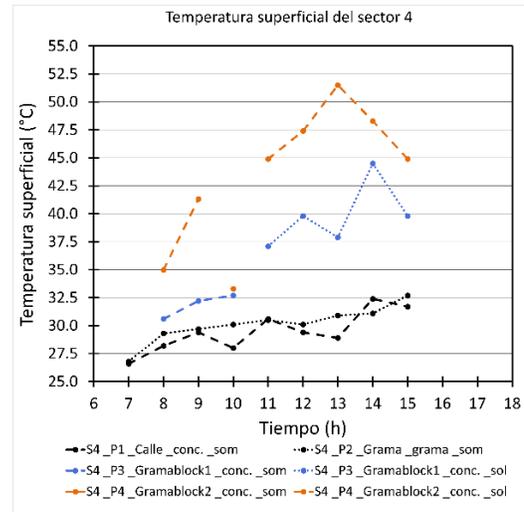
En sol y sombra, la acera de piedra presenta temperaturas en sombra desde los 27 °C hasta los 31 °C y en sol aumenta desde los 31 °C hasta los 42 °C. Es casi similar a lo equivalente en grama. (Ver gráfica 1.2).



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

# EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL AGUA EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN UN SECTOR DE ANCÓN

*Alcides Montenegro<sup>1a</sup>, Aralis Castillo<sup>1b</sup>, Sthefanny Ríos<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 Building and City Research Group -SusBCity, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá*

<sup>1a</sup> *alcidesa.montenegro-s@up.ac.pa;* <sup>1b</sup> *aralis.castillo-f@up.ac.pa;* <sup>1c</sup> *sthefanny.rios@up.ac.pa;* <sup>1,2d</sup> *jorge.peren@up.ac.pa*

<sup>1a</sup> 0000-0003-3632-4907; <sup>1b</sup> 0000-0002-1629-4635; <sup>1c</sup> 0000-0002-7287-6867; <sup>1,2d</sup> 0000-0003-4762-9255

**RESUMEN:** El agua, al ser un fluido capaz de absorber y retener la radiación, es un factor que afecta una gran variedad de procesos físicos. La influencia del agua sobre la temperatura superficial de los pavimentos está relacionada con la evolución de los mismos en diversas condiciones climáticas. La investigación busca conocer el impacto del agua de lluvia en la temperatura de la capa superficial de los pavimentos en un periodo de tiempo establecido. Para ello, se evaluaron las temperaturas superficiales de dos tipos diferentes de pavimento: uno que contiene agua y otro que no contiene agua. Los resultados muestran que cuando el pavimento se encuentra mojado, la temperatura superficial es menor en comparación con el caso contrario. Esta investigación contribuye en la generación de información útil para la toma de decisiones en la gobernanza local y la adopción de medidas de mitigación o adaptación ante los impactos del cambio climático.

**PALABRAS CLAVES:** temperatura superficial, pavimentos, agua, microclima, seco.

**ABSTRACT:** Water, being a fluid capable of absorbing and retaining radiation, is a factor that affects a wide variety of physical processes. The influence of water on the surface temperature of pavements is related to their evolution in various climatic conditions. The research seeks to know the impact of rainwater on the temperature of the surface layer of pavements in a set period of time. For this, the surface temperatures of two different types of pavement were evaluated: one that contains water and another that does not contain water. The results show that when the pavement is wet, the surface temperature is lower compared to the opposite case. This research contributes to the generation of useful information for decision-making in local governance and the adoption of mitigation or adaptation measures in the face of the impacts of climate change.

**KEYWORDS:** surface temperature, pavements, water, microclimate, dry.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un factor importante del microclima. La lluvia es el efecto más obvio del agua sobre el pavimento, pero también hay otros efectos.

El agua tiene una alta emisividad y por lo tanto tiene un fuerte efecto sobre la temperatura de la superficie del pavimento. La lluvia en sí misma no es suficiente para crear un cambio en la temperatura de la superficie del pavimento; también debe estar presente el calentamiento o enfriamiento por evaporación, condensación y radiación.

La distribución de la lluvia impulsada por el viento influye particularmente en la distribución espacial y temporal de las temperaturas de la superficie y del aire. Se encuentra una influencia significativa de las superficies vecinas en las temperaturas superficiales [1].

La presencia de agua no absorbida en las superficies de los pavimentos aumenta su capacidad de absorción de calor superficial al aumentar sus características de emisión. [2].

Cuando hay agua en el pavimento, proporciona una capa de aislamiento que ayuda a mantener la superficie fresca y evita que se caliente tan rápido. El calor liberado por este proceso también es absorbido por el suelo que se encuentra debajo, lo que a su vez ayuda a mantener fresca esa capa de suelo. El suelo más frío actúa como un aislante contra el calor proveniente de arriba, lo que ayuda a evitar que se produzcan cambios significativos de temperatura en la superficie que se encuentra sobre él [3].

El proyecto posee una utilidad tanto social como ambiental, ya que permite conocer la distribución de las temperaturas superficiales y la influencia del agua en la regulación de la temperatura en las zonas pavimentadas en el área de Ancón (Avenida Ancón). Es importante destacar que la información

en el ámbito de la investigación local es muy escasa, por lo cual el proyecto podrá contribuir a la generación de contenido útil para el diseño de nuevas estrategias para la mitigación de los efectos del cambio climático como, por ejemplo, el uso de espacios azules o sitios que permitan la acumulación temporal de agua.

Según Gunawardena [3] los espacios azules poco profundos se están volviendo más comunes como parte de los sistemas de drenaje sostenible a medida que los planes de desarrollo urbano a gran escala reciben una atención creciente. Por lo tanto, la inclusión de la estratificación y el efecto de diferentes profundidades de las masas de agua presentan una oportunidad para futuras investigaciones sobre la interacción entre las masas de agua y el clima urbano.

Es necesario y vital el estudio de la temperatura superficial en Panamá con mediciones más precisas; ya que el descubrimiento de las zonas con temperaturas críticas y el entendimiento de la configuración de la ciudad, esto puede ayudar a los diseñadores de espacio, arquitectos y urbanistas a desarrollar propuestas más comprensivas y sustentables para la mejora de los espacios públicos [4].

## 2. METODOLOGÍA

Nuestra metodología consistía en evaluar la temperatura superficial en intervalos de 1 hora, específicamente en la Avenida Ancón; esta medición se extiende hasta el Edificio de la Administración.

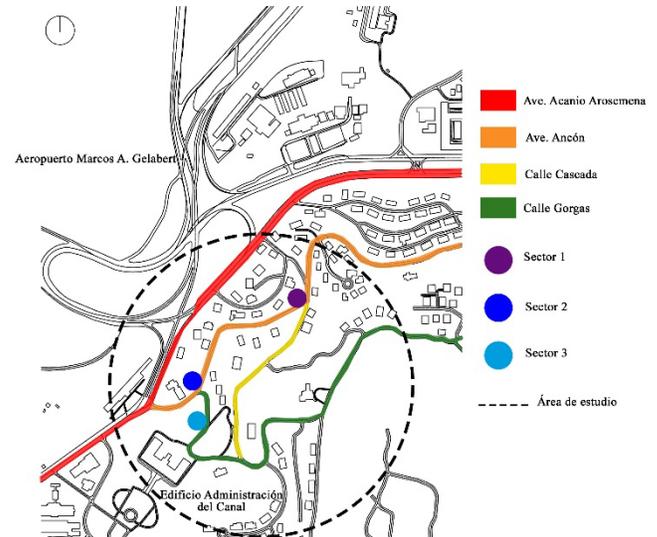
Para este estudio se tomaron en cuenta tres puntos estratégicos en la Ave. Ancón y Calle Gorgas que garantizan un buen estudio y recolección de la información en la zona escogida, estos puntos fueron determinados en un recorrido previo donde observamos que sectores cumplían con las características necesarias para el estudio, al tener estos puntos seleccionados, se realizarán las mediciones necesarias, donde se evaluará el impacto del agua en la temperatura superficial, tomando en cuenta la condición de cada sector propuesto.

Analizamos las distintas condiciones que presenta cada sitio como (seco/mojado) y el tipo de material (asfalto/concreto) utilizando un sensor de temperatura superficial FLIR modelo E4 para tomar de manera precisa la temperatura y confirmarlas con ayuda de la resolución infrarroja; los datos obtenidos de este sensor ayudarán a entender y analizar el cambio de la temperatura en las superficies estudiadas.

### 2.1 Lectura del entorno

Como primer punto se procedió a realizar una lectura del entorno urbano del área de Ancón. En la figura 1 se observa un acercamiento al área de estudio, donde se muestran los 2 puntos de referencia: El Aeropuerto Marcos A. Gelabert y el Edificio de la Administración del Canal; además de las

principales vías: Ave. Ascanio Arosemena, Ave. Ancón, Calle Gorgas y Calle Cascada; y un área de estudio en donde se identificaron los 3 sectores de estudio.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio del corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá

### 2.2 Sectores de estudio

En las figuras 2a, 2b, 2c se observan los puntos donde se enfocó el análisis. En la figura 2a y 2b se muestran el sector 1 y el sector 2 respectivamente. Ambos sitios ubicados en la Ave. Ancón, presentan calle de concreto con la única diferencia que el Sector 1 está arborizado y el Sector 2 no. La figura 2c de la Calle Gorgas se encuentra ubicado en unos estacionamientos que no están arborizados y el material de la calle es de asfalto.

En el sector 1\_calle\_concreto (ver figura 5a) se observa el material en condición de humedad, la presencia de agua en este punto se debe a una filtración subterránea, por lo tanto, se mantiene en constante movimiento, en este sector había aproximadamente 3mm de capa de agua. En el sector 2\_calle\_concreto, el agua no estaba en movimiento, sin embargo, era el que más cantidad presentaba en su superficie, 5mm de capa de agua; mientras que en el sector 3\_calle\_asfalto (ver figura 5b), el agua no estaba en movimiento y tenía alrededor de 1mm de agua.



**Figura 2a.** Sector 1 en la Ave. Ancón



Figura 2b. Sector 2 en la Ave. Ancón



Figura 2c. Sector 3 en la Calle Gorgas

### 2.3. Análisis del aumento de la temperatura superficial en tres sectores

Para realizar el análisis en los tres sectores de estudio, y así poder identificar la influencia del agua en la temperatura superficial de los materiales, se procedió a lo siguiente:

#### 2.3.1 Mediciones de temperatura

Se realizaron mediciones de la temperatura superficial en los tres sectores seleccionados con el objetivo de determinar el aumento de la temperatura superficial en condición seco y agua de los materiales (asfalto y concreto).

En la figura 3, se muestra la cámara térmica manual FLIR E4 la cual nos permitió obtener medidas de la emisividad del material y la distancia entre el dispositivo y las superficies.



Figura 3. Sensor de temperatura FLIR E4



Figura 4. Proceso de medición de temperatura superficial en el Sector 2.

### 2.4 Horario de Estudio

Las mediciones para la investigación se realizaron en un horario de 8:30 am a 3:30 pm del día 29 de junio. Estas mediciones se dieron en intervalos de 1 hora.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Resultados de la medición en los tres sectores

El agua tiene un impacto significativo en la temperatura de la superficie de los pavimentos. Los datos presentados en este estudio muestran que hay un descenso significativo en la temperatura cuando hay agua presente en el pavimento. Esto se debe a que el agua tiene una capacidad calorífica específica más baja que el asfalto y el hormigón, lo que significa que absorbe más calor del sol e irradia menos calor al aire.

Tabla 1. Temperatura superficial de los tres sectores.

Sectores y Puntos	Material	Condición	Temperatura Superficial- Condición Sol/Lluvia							
			8:00 a.m (8:30)				12:00 a.m			
			9:00 a.m (9:30)	10:00 a.m (10:35)	11:00 a.m (11:35)	1:00 p.m (1:40)	2:00 p.m (2:30)	3:00 p.m (3:30)		
S1-P1-Calle	Concreto	Sol/Seco	38.6°	43°	40.3°	47.2°	Receso	56.8°	54.3°	46.5°
S1-P2-Calle	Concreto	Sol/Agua	37.4°	37.3°	32.3°	37.2°		37.1°	35.8°	32.4°
S2-P1-Calle	Concreto	Sol/Seco	37.2°	45.9°	43°	50°		58.7°	39.5°	39.4°
S2-P2-Calle	Concreto	Sol/Agua	34.6°	38.3°	36.7°	35.8°		36.3°	32.3°	32.6°
S3-P1-Calle	Asfalto	Sol/Seco	34.7°	45.4°	41.8°	51.9°		60.6°	60.2°	53.8°
S3-P2-Calle	Asfalto	Sol/Agua	32.5°	38.4°	35.6°	40.7°		42.6°	34.8°	33.2°

\*Seco= se encuentra en condiciones normales con el sol  
 \*Agua= se interpreta la superficie cuando llueve

Los datos muestran que cuando hay agua en el pavimento, este llega a bajar hasta un 20% como es el caso del S1-P1 a las 11:00 a.m. (tabla 1). El porcentaje de disminución en la temperatura de la superficie depende de la cantidad de agua presente, así como de otras variables, como el tipo de material del pavimento y su coloración. En la tabla 1 podemos notar que las temperaturas son más altas en el asfalto. El asfalto oscuro o negro absorbe entre el 80% y el 95% de los rayos del sol, calentando las calles entre 50 y 60 grados centígrados.

El agua puede enfriar las superficies calientes, pero también se evapora rápidamente, lo que puede dificultar la medición del efecto exacto que tiene el agua en la temperatura de la superficie del pavimento. La mejor manera que encontramos para determinar esto es midiendo la temperatura

antes y después de la exposición al agua (ver figura 5a y 5b) durante al menos cuatro horas. Esto permite ver si hay cambios en los datos como resultado de la exposición al agua.



Figura 5a. Contraste de temperatura en el Sector 1

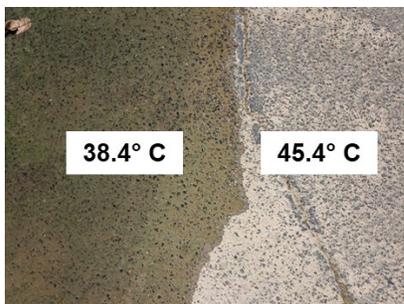


Figura 5b. Contraste de temperatura en el Sector 3

En el horario de las 9:00 a.m. notamos que en el sector 1 el agua fue capaz de disminuir la temperatura superficial en un 13% (Figura 5a). A la misma hora, pero en el sector 3 la reducción fue del 15% (Figura 5b). Podemos notar que al transcurrir el tiempo aumenta la temperatura de las superficies secas, en cambio las zonas húmedas se mantienen oscilando entre los 30°C y 40°C (ver figura 6).

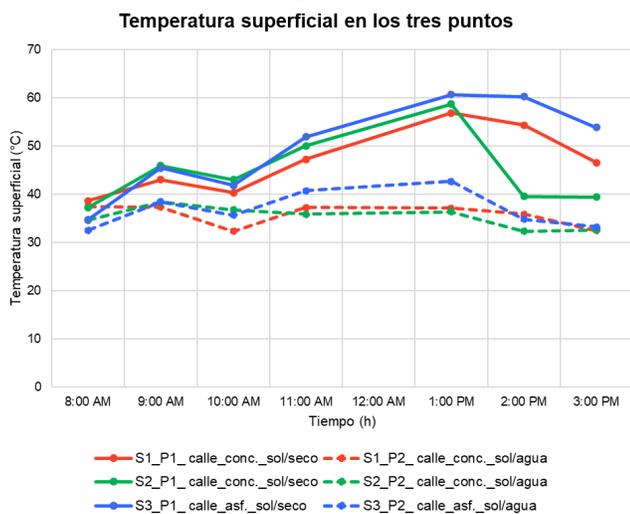


Figura 6. Efecto del agua en la temperatura de la superficie del pavimento a lo largo del tiempo.

En el gráfico de la figura 6 podemos observar que hay notables variaciones en las temperaturas del pavimento entre las diferentes horas del día. Esto podría atribuirse a diferentes condiciones meteorológicas, como la cobertura de nubes, la velocidad y la dirección del viento en diferentes lugares, junto con otros factores, como la cobertura del suelo y las propiedades del suelo.

### 3.1.1 Resultados de la medición en el sector 1

En el sector 1 la temperatura máxima en superficie seca fue de 56.8°C en el horario de las 1:00 p.m. (ver figura 6). Aquí el agua tuvo la capacidad de bajar la temperatura 19.7°C. A las 8.00 a.m. notamos que las temperaturas superficiales de los puntos secos y mojados se mantienen equiparadas y tan solo una hora después empezamos a ver una diferencia de 6°C.

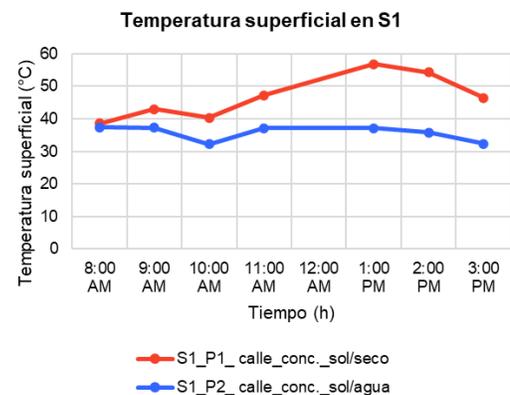


Figura 6. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 1.

### 3.1.2 Resultados de la medición en el sector 2

La temperatura más alta del pavimento seco es de 58.7°C y ocurre a las 1:00 p.m. (ver figura 7), sin embargo, en la siguiente hora, en la misma superficie seca la temperatura baja hasta los 39.5°C por acción de la sombra de los árboles. Con estos datos podemos afirmar que la sombra tiene igual capacidad de reducción de temperatura superficial que la del agua.

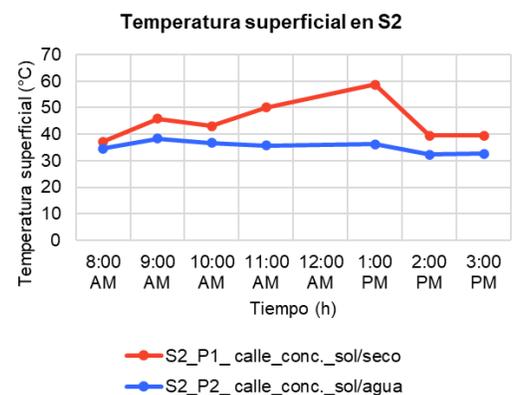


Figura 7. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 2.

### 3.1.3 Resultados de la medición en el sector 3

El sector 3 tiene el caso particular que su material, a diferencia de los otros dos sectores estudiados, es de asfalto. En consecuencia, las temperaturas tienden a ser las más altas. En este sector la temperatura máxima se dio a las 1:00 p.m. y fue de 60.6°C en la zona seca y 42.6°C en la mojada, 18°C de diferencia (ver figura 8).

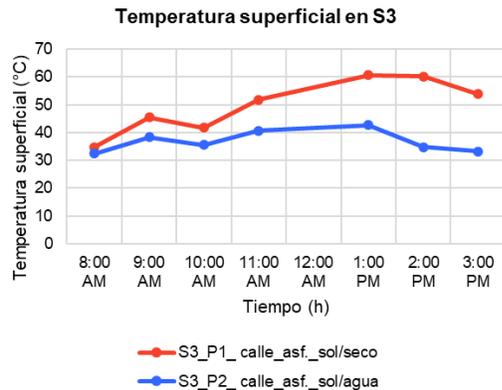


Figura 8. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 3.

Los datos apuntan a que el agua es un factor importante en el desarrollo del microclima. La cantidad de escorrentía de agua se puede controlar aplicando superficies impermeables o desarrollando áreas de escorrentía de agua baja dentro del sistema de pavimento.

El agua puede ingresar a un pavimento a través de muchas vías diferentes, que incluyen: escorrentía superficial (lluvia), infiltración del subsuelo y fallas en el sistema de drenaje.

## 4. DISCUSIONES

Las mediciones consistían en evaluar la temperatura de las superficies estando secas y húmedas (por acción del agua de lluvia), sin embargo, las condiciones meteorológicas no fueron favorables el día de las mediciones, por lo que se recurrió a utilizar superficies que ya se encontraban húmedas por acción medios externos como método de simulación para nuestra investigación.

Las mediciones se pausaron a las 12:00 p.m. para el receso, almuerzo y carga del equipo de medición.

Es recomendable hacer las mediciones en superficies de igual condición, por ejemplo, el hormigón de las calles, que generalmente es de tono claro tiende a oscurecerse por efecto del humo de los vehículos. Una evidente variación de color en el material influye directamente en su temperatura superficial.

El enfoque más común es medir la temperatura del pavimento antes y después de un evento de lluvia. Este enfoque introduce posibles fuentes de error, como el tiempo de demora entre el evento de lluvia y el momento en que se toman las mediciones, variaciones en las condiciones meteorológicas

durante el período entre mediciones, cambios en la temperatura del aire durante este período, etc.

## 5. CONCLUSIONES

- En el S3\_P1\_calle\_asfalto la máxima temperatura superficial se dio a las 1:00 p.m. con 60.6°C en la zona seca y 42.6°C en la húmeda, 18°C de diferencia, es decir, el agua refrigeró un 29% dicho material.
- El S2\_P2\_calle\_concreto, hubo un cambio en la condición del sitio, este pasó de ser sol/agua a ser sombra/agua, este cambio se observó al retomar las mediciones a las 1:00 p.m., al haber cambiado de condición la temperatura en este sitio, pasó de 38.3°C, como la máxima temperatura superficial a las 9:00 a.m. a 32.3°C en la última medición a las 3:00 p.m.
- En general se observaron diferencias de temperatura superficial por arriba de los 15°C, en un mismo material, pero cuando estaba expuesto a la humedad.
- La escorrentía de agua de los pavimentos provoca una reducción de la temperatura de la superficie, lo que provoca una reducción de la resistencia térmica del pavimento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor y Doctor Jorge Isaac Perén Montero por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados a lo largo de este trabajo de investigación.

A la arquitecta Laura Candanedo por la orientación y contribuciones en la investigación, al igual por brindar su casa como centro de encuentro en el proceso de medición de campo.

Por último, pero no por eso menos importante a todos los asistentes que nos ayudaron de la mejor manera posible y se relacionaron con nuestro tema para así ayudarnos a la hora de los resultados en nuestro caso particular agradecemos a José Cedeño.

## REFERENCIAS

- [1] AA A. Kubilay, D. Derome y J. Carmeliet, "Coupling of physical phenomena in urban microclimate: A model integrating air flow, wind-driven rain, radiation and transport in building materials", *Urban Climate*, vol. 24, pp. 398–418, junio de 2018. Accedido el 26 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.04.012>
- [2] OpenStax, Water. Cnx Biology, 2014. Accedido el 7 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <http://cnx.org/contents/a4f8df82-c778-4971-8dec-7c5c72578e94@9>
- [3] K. R. Gunawardena, M. J. Wells y T. Kershaw, "Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity", *Science of The Total Environment*, vol. 584-585, pp. 1040–1055, abril de 2017. Accedido el 19 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

- [4] H. Gómez Concepción, I. Rojas Márquez, y J. Perén Montero, UNA APROXIMACIÓN A LOS EFECTOS DEL DISEÑO URBANO EN EL MICROCLIMA Y CALIDAD DE ESPACIOS URBANOS DE UNA CIUDAD CÁLIDA-HÚMEDA: PANAMÁ, *SusBCity*, vol. 3, n.º 1, pp. 31-38, ene. 2021.
- [5] J. Perén, INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN DOS SECTORES DEL CORREGIMIENTO DE CALIDONIA, *SusBCity*, vol. 4, n.º 1, pp. 53-63, ene. 2022.
- [6] O. Wald, A. Sánchez, G. Ayarza, N. Barranco, y J. Perén, «INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA URBANA EN EL MICROCLIMA DE LOS ALREDEDORES DE CALLE 50, EN CIUDAD DE PANAMÁ», *SusBCity*, vol. 3, n.º 1, pp. 16-24, ene. 2021.

Fecha de Recepción: 5 de junio de 2022

Fecha de Aceptación: 3 de agosto de 2022

# CALIDAD DEL AIRE Y NIVELES DE CONTAMINANTES EN DIFERENTES SECTORES DE ANCÓN

*Alejandra Alvarez<sup>1a</sup>, Valeria González<sup>1b</sup>, Jean Trujillo<sup>1c</sup>, Jorge Isaac Perén<sup>1,2b</sup>*

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

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

*<sup>1a</sup> alejandra.alvarez-a@up.ac.pa; <sup>1b</sup> valeria.gonzalez-v@up.ac.pa; <sup>1c</sup> jean.trujillo@up.ac.pa, <sup>1,2b</sup> jorge.peren@up.ac.pa*

*<sup>1a</sup> 0000-0002-7770-2786, <sup>1b</sup> 0000-0003-4495-6736, <sup>1c</sup> 0000-0001-6395-0001, <sup>1,2b</sup> 0000-0003-4762-9255*

**RESUMEN:** La calidad del aire es un factor importante que influye de manera directa a la salud de la población, debido a que un alto nivel de contaminantes en el aire podría desencadenar enfermedades respiratorias graves a largo plazo. El presente estudio fue diseñado para determinar la calidad del aire y niveles de contaminantes en sectores estratégicos de Ancón: uno (1) en la Avenida Ascanio Arosemena, el segundo (2) en el balcón de una residencia frente a la Avenida Ancón y finalmente, el tercero (3) en la Calle Cascadas, comparando la configuración del entorno de cada uno de los sectores. En este estudio continuas mediciones fueron realizadas mediante el sensor de calidad de aire (Estación Meteorológica Temtop m2000) en intervalo de 15 minutos entre las 9:15 a.m. a 12:30 p.m. en cada uno de estos sectores. En cuanto a los resultados se pudo determinar que los niveles de contaminantes son seguros de acuerdo con la norma 2610-EAC-109 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE del Canal de Panamá.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad del aire, ciudad, salud, tráfico, vegetación.

**ABSTRACT:** Air quality is an important factor that directly influences the health of the population, since a high level of pollutants in the air could trigger serious respiratory diseases in the long term. This study was designed to determine the air quality and pollutant levels in strategic sectors of Ancón: one (1) on Ascanio Arosemena Avenue, the second (2) on the balcony of a residence facing Ancón Avenue and finally, the third (3) in Calle Cascadas, comparing the configuration of the environment of each one of the sectors. In this study, continuous measurements were made using the air quality sensor (Temtop m2000 Weather Station) at 15 minutes intervals between 9:15 a.m. to 12:30 p.m. in each of these sectors. Regarding the results, it was possible to determine that the levels of contaminants are safe in accordance with standard 2610-EAC-109 AMBIENT AIR QUALITY STANDARD of the Panama Canal.

**KEYWORDS:** Air quality, city, health, traffic, vegetation.

## 1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad del aire ya sea por causas antropogénicas o naturales, tiene efectos negativos sobre la salud humana y los ecosistemas; mientras que a escala global contribuye al cambio climático. Estas causas antropogénicas son las que hoy tienen más efectos negativos y han aumentado en las últimas décadas.[1] La industria, el transporte motorizado, la generación de energía y la agricultura son las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos. El tráfico rodado es el factor más determinante del deterioro de la calidad del aire en ambientes urbanos. [2] Es posible que la calidad de aire en el Corregimiento de Ancón haya ido desmejorando debido al desarrollo que ha tenido este sector con el pasar de los años, un área que solía ser tranquila y estar en armonía con la naturaleza ahora es altamente transitada por autos al mismo tiempo que convive con puertos y aeropuertos,

lo que ha contribuido a la contaminación del aire y esto a su vez puede causar consecuencias graves en la salud de los residentes a largo plazo.

Resaltando la importancia de estudio del problema, el corregimiento de Ancón ha presentado un aumento en el flujo de circulación vehicular, lo que con los años ha ido desmejorando la calidad de vida de los residentes y la vida salvaje que habita en el lugar. Al ser un área de gran tránsito vehicular existe la posibilidad de que enfrente un aumento en contaminación del aire, lo que afectaría de manera directa la salud de las personas que transitan y residen en este lugar.

Es interesante realizar el estudio en los puntos de estudio escogidos, ya que, al tener diferentes escenarios con distintas alturas y follaje de los árboles, podremos comparar la influencia que puede tener la cantidad de árboles y la altitud sobre la cantidad de partículas contaminantes en el aire. |

Nuestra investigación busca comprobar los niveles de contaminación a los que se enfrenta la población en el Corregimiento de Ancón debido a que los niveles muy altos de partículas contaminantes pueden ser perjudiciales para la salud. Existe una creciente preocupación sobre las partículas liberadas por causas antropogénicas siendo las causantes de efectos negativos sobre la salud, siendo las más peligrosas las partículas menores a 2.5 µg ya que estas afectan directamente todos los órganos, tejidos y células del organismo.

Decidimos enfocar la investigación en tres sectores estratégicos del corregimiento de Ancón (Ver Fig. 1) en los cuales tomar registros de los niveles de CO<sup>2</sup>, temperatura, humedad, y partículas contaminantes; esto con la finalidad de hacer comparativas entre los registros de los distintos puntos de estudio, para así poder determinar si los niveles de contaminación del aire en cada punto son peligrosos según la norma 2610-EAC-109 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE del Canal de Panamá [3], la cual delimita los niveles seguros de contaminantes en el aire en la Ciudad de Panamá.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este trabajo se desarrolla sobre un tipo de investigación cuantitativa descriptiva. Los estudios realizados para este artículo se enfocaron en tres sectores estratégicos del área de Ancón con diferentes características que aseguran un buen estudio y recolección de datos.

Para producir los resultados expuestos en el contenido de este artículo se realizará un estudio del sitio en el cual se describirá el entorno de los sectores, zonas de mayor flujo vehicular, altitud y abundancia de vegetación.

Igualmente, se determinará el punto de ubicación para cada sensor (Estación Meteorológica Temtop m2000) en los sectores establecidos para realizar la toma de muestra de partículas contaminantes (PM 2.5 y PM 10), y niveles de CO<sup>2</sup> y HCHO) las cuales se compararán con la norma 2610-EAC-109 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE del Canal de Panamá. [3] (Ver Figura 1)

Finalmente, se determinará el horario de estudio basado en el horario de mayor tráfico vehicular y peatonal.

Tabla No 1

Normas primarias de calidad de aire ambiente

Contaminante de criterio	Unidad	Valores Normales	Tiempo promedio de muestreo
Material Particulado Respirable (PM <sub>10</sub> )	µg/m <sup>3</sup> N	50	Anual
		150	24 horas
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup> N	80	Anual
		365	24 horas
Monóxido de carbono (CO)	µg/m <sup>3</sup> N	10 000	8 horas
		30 000	1 hora
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup> N	100	Anual
		150	24 horas
Ozono (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup> N	150	8 horas
		235	1 hora

Fuente: NAAQS, National Ambient Air Quality Standards. www.rtpnc.epa.gov/naaqstfln

Figura 1. Norma 2610-EAC-109 Norma De Calidad Del Aire Ambiente del Canal de Panamá.

### 2.1 Sectores de estudio

La figura 2 muestra los tres sectores de estudio ubicados en el área de Ancón. El Sector 1 frente a la Ave. Ascanio Arosemena, el Sector 2 en el balcón de una residencia ubicada frente a la Avenida Ancón y el Sector 3 en la Calle Cascadas.

Los tres sectores presentan entornos diferentes en cuanto a cantidad de vegetación y altitud.



Figura 2. Localización general de los puntos estratégicos escogidos en el Corregimiento de Ancón.

La figura 3 en la Ave. Ascanio Arosemena es el sector más bajo a nivel topográfico, con alto nivel de tráfico vehicular y poca presencia de vegetación.



Figura 3. Sector 1 en la Avenida Ascanio Arosemena

La figura 4 muestra el Sector 2 en el balcón de una residencia ubicada frente a la Avenida Ancón, presenta una

altitud mayor a la del sector 1, con un tráfico vehicular medio/bajo y una presencia de vegetación considerable.



**Figura 4.** Sector 2 en el balcón de una residencia ubicada frente a la Avenida Ancón.

La figura 5 fue tomada en el Sector 3, ubicado en la Calle Cascadas en las faldas del Cerro Ancón. Este sector es el de mayor altitud entre los tres, es abundante en vegetación, y consecuentemente, de fauna silvestre. Las edificaciones están a distancias considerables y el flujo vehicular y peatonal no suele ser frecuente.



**Figura 5.** Sector 3 en la Calle Cascadas.

## 2.2 Ubicación de los sensores

Para la toma de muestra de contaminantes realizadas en este estudio se contaba con tres sensores numerados (Temtop m2000 Weather Station), los cuales fueron repartidos entre los tres sectores.

El sensor numerado como sensor 1, estuvo ubicado en el Sector en la Calle Cascadas; El sensor numerado como sensor 2, estuvo ubicado en el Sector 2 en el balcón de una residencia ubicada frente a la Avenida Ancón y el sensor numerado como sensor 3 estuvo ubicado en el Sector 1 frente a la Ave. Ascanio Arosemena.

## 2.3 Horario de Estudio e intervalo de toma de muestras

Las mediciones se realizaron en las horas de mayor flujo vehicular y peatonal de la zona, entre las 9:00 am. Hasta las 12:30 pm. El día miércoles 29 de junio de 2022.

Las mediciones de las partículas contaminantes (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, HCHO) fueron tomadas en cada sector establecido en un intervalo de 15 minutos desde las 9:15 am. hasta las 12:30 pm.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Muestras de PM<sub>2.5</sub>

La toma de muestras de PM<sub>2.5</sub> se realizó en los diferentes sectores escogidos en intervalos de tiempo de 15 minutos durante en un periodo de tiempo desde las 9:30 am. hasta las 12:30 pm. Los resultados de la toma de muestras de PM<sub>2.5</sub> en el Sector 1 en la Ave. Ascanio Arosemena oscilaron entre 8.5µg/m<sup>3</sup> y 26.3µg/m<sup>3</sup> durante periodo de la toma de muestras, siendo este último su pico más alto al momento de haber pasado un camión de carga.

En el Sector 2 en el balcón de la residencia frente a la Avenida Ancón, los resultados de la toma de muestras de PM<sub>2.5</sub> variaron entre 10.0µg/m<sup>3</sup> y 13µg/m<sup>3</sup> durante periodo de toma de muestra, el cual es un rango de variación muy pequeño en comparación con los registros tomados en el Sector 1 y el Sector 3.

Finalmente, en el Sector 3 en la Calle Cascadas los resultados de la toma de muestras de PM<sub>2.5</sub> oscilaron entre 6.9µg/m<sup>3</sup> y 10.4µg/m<sup>3</sup> durante el periodo de la toma de muestras, siendo este último su pico más alto muy parecido a los picos más pequeños del sector 2 en el balcón de la residencia frente a la Avenida Ancón. (ver Figura 6)

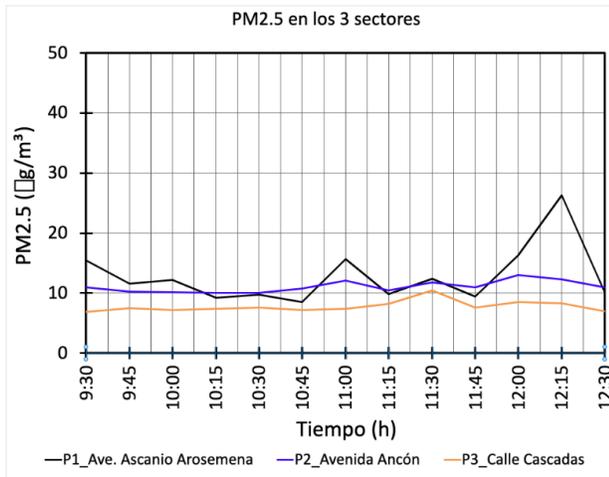


Figura 6. Gráfica comparativa de las muestras de PM2.5 recolectadas en los tres sectores.

### 3.2 Muestras de PM10

La toma de muestras de PM10 se realizó en los tres sectores escogidos en intervalos de tiempo de 15 minutos durante un periodo de tiempo desde las 9:30 am. hasta las 12:30 pm. Los resultados de la toma de muestras de PM10 en el Sector 1 en la Ave. Ascanio Arosemena oscilaron entre  $9.8\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $24.4\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante periodo de la toma de muestras, siendo este último su pico más alto, en la gráfica (ver Figura 7) se pueden observar dos picos altos en el Sector 1 los cuales se deben a que justo en el momento de realizar las tomas de muestras, pasaron camiones de carga.

En el Sector 2 en el balcón de la residencia frente a la Avenida Ancón, los resultados de la toma de muestras de PM10 variaron entre  $11\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $15.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante periodo de toma de muestra, siendo curiosamente un rango de variación pequeño en comparación con los registros tomados en el Sector 1 y el Sector 3.

Finalmente, en el Sector 3 en la Calle Cascadas los resultados de la toma de muestras de PM10 oscilaron entre  $8.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $14.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el periodo de la toma de muestras, siendo este último su pico más alto muy parecido registrado a las 11:30 am. muy parecido a la muestra tomada en el Sector 2 a la misma hora. (ver Figura 7).

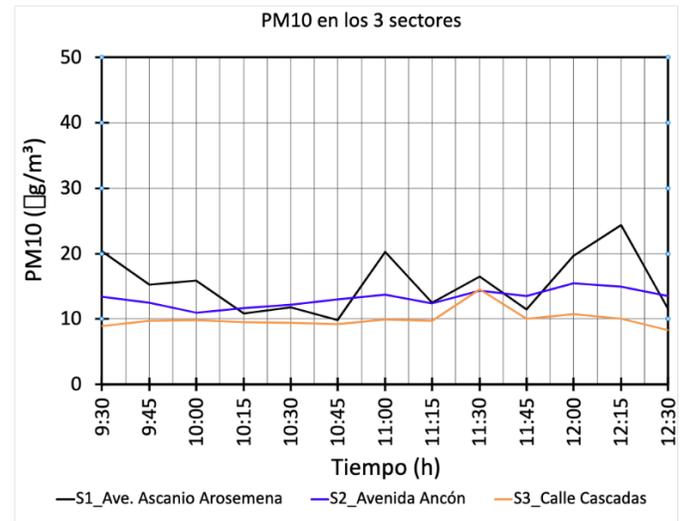


Figura 7. Gráfica comparativa de las muestras de PM10 recolectadas en los tres sectores.

### 3.3 Muestras de CO<sup>2</sup>

La toma de muestra de CO<sup>2</sup> se realizó en un periodo de tiempo desde las 9:30 am. hasta las 12:30 pm. En el Sector 1 de la Ave. Ascanio Arosemena se realizaron mediciones de dióxido de carbono en intervalos de cada 15 minutos, donde a partir de estos datos, se puede observar que los niveles de CO<sup>2</sup> varía entre 380 PPM a 430 PPM.

Por otro lado, el Sector 2, en el balcón de la vivienda frente a Avenida Ancón, curiosamente se mostró que los niveles de CO<sup>2</sup> tienen una media entre 375 PPM a 422 PPM, permaneciendo constantes en comparación con el sector 1.

Por último, en el sector 3 en Calle Cascadas, siendo el punto de medición con mayor altitud, los resultados mostraron significativamente niveles CO<sup>2</sup> elevados desde el principio, obteniendo una media entre 397 PPM a 424 PPM.

En resumen, estos resultados muestran una media de CO<sup>2</sup> similar en el sector 1 y sector 2, mientras que en el sector 3 los resultados mostraron niveles de PPM más alto en relación con los anteriores sectores. (ver fig. 8)

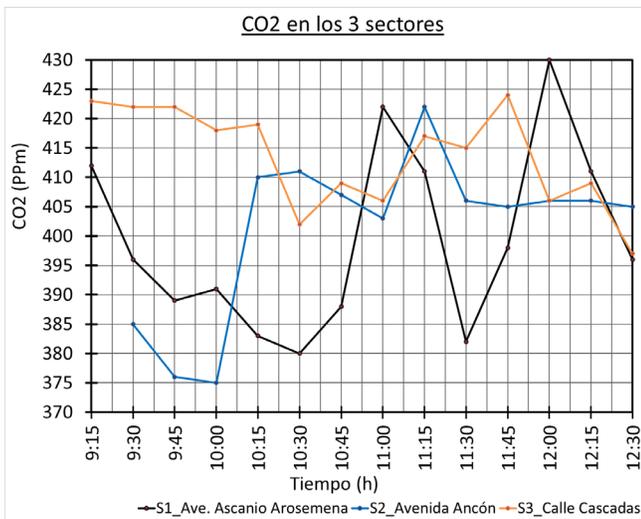


Figura 8. Gráfica comparativa de los resultados de la medición de CO<sub>2</sub> obtenidas en los tres sectores.

### 3.4 Muestras de HCHO

Al igual que con las otras tomas de muestras, la toma de HCHO se llevó a cabo entre las 9:30 a.m. hasta las 12:30 a.m.

Los resultados en el sector 1 de la Avenida Ascanio Arosemena variaron entre 0.002 mg/cm<sup>3</sup> - 0.001 mg/cm<sup>3</sup>; estos fueron los resultados de menor oscilación entre los tres sectores. Su resultado más alto fue de 0.002 mg/cm<sup>3</sup>, alcanzado durante las 9:30 a.m., 10:15 a.m. y 12:15 p.m.

En el sector 2 de la vivienda en la Avenida Ancón los resultados variaron entre 0.052 mg/cm<sup>3</sup> - 0.001 mg/cm<sup>3</sup>; estos alcanzaron el valor más alto en todas las mediciones a las 10:15 a.m. con 0.052 mg/cm<sup>3</sup>. Entre las 9:30 a.m. hasta las 10:15 a.m. se observaron valores oscilantes, mientras que después de este periodo estos se nivelaron, volviéndose similares a los resultados encontrados en el sector 1.

En el sector 3 de la Calle Cascadas los resultados variaron entre 0.001 mg/cm<sup>3</sup> - 0.014 mg/cm<sup>3</sup>. En estos resultados pudimos observar una oscilación constante que no se niveló en un rango específico hasta las 11:30 a.m., cuando empezó a mostrar resultados como los del sector 1. Su resultado más alto fue de 0.014 mg/cm<sup>3</sup> a las 9:30 a.m.

En general, los resultados de los 3 sectores se encontraron en su mayoría entre 0.014 mg/cm<sup>3</sup> - 0.001 mg/cm<sup>3</sup>, exceptuando las 3 primeras mediciones en el sector 2 de la vivienda en la Avenida Ancón. Con respecto a estos 3 resultados se puede asumir que durante sus mediciones se presentaron condiciones excepcionales que alteraron su valor fuera del rango habitual. (ver Figura 9)

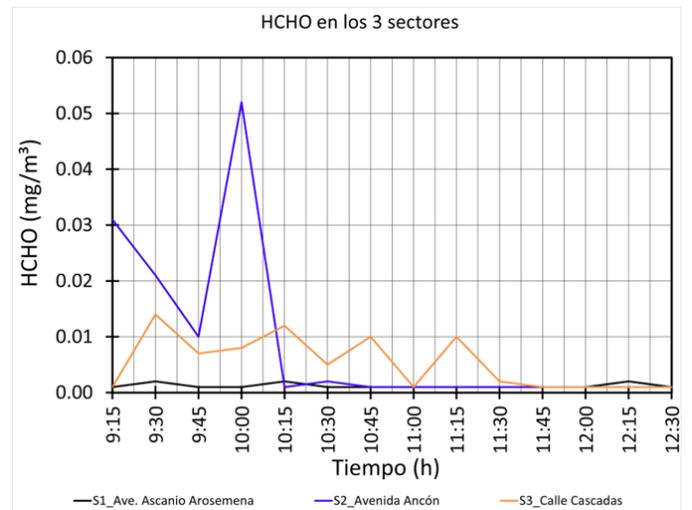


Fig. 9. Gráfica comparativa de los resultados obtenidos en la medición de HCHO en los tres sectores.

## 4. DISCUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que la abundancia de vegetación y la altura del sector pueden ser factores influyentes positivos en la calidad del aire debido a que en los resultados se observó menor cantidad de particulado de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en el Sector 3 en la Calle Cascadas, siendo este el que poseía más concentración de vegetación en su entorno. Sin embargo, hay poca evidencia que soporte esta hipótesis debido a que una de las limitaciones al momento de realizar esta investigación fue el no contar con suficiente tiempo para realizar más tomas de muestras, y en diferentes días para realizar un estudio más extenso.

Entre las futuras y posibles preguntas de investigación que puedan formularse a partir de los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran ¿La abundancia de árboles contribuyen a una mejor calidad de aire? y ¿La altura de un punto ayuda a que la calidad del aire del mismo sea mejor? Sería conveniente realizar un mayor trabajo en otros sectores en Ancón que valen la pena ser estudiados debido a sus características en cuanto a altura y cantidad de vegetación.

## 5. CONCLUSIONES

Se ha podido extraer una serie de conclusiones a partir de los resultados de este estudio:

Este estudio se propuso determinar en relación con la norma 2610-EAC-109 Norma De Calidad Del Aire Ambiente en base los niveles de PM<sub>10</sub> registrados en los sectores de la Avenida Ascanio Arosemena, el balcón de la residencia frente a la Avenida Ancón y la Calle Cascadas, resultando niveles bajos de PM<sub>10</sub>, por lo que no representan un riesgo para la salud de la población de la zona.

El estudio ha encontrado que el Sector 1 en la Avenida Ascanio Arosemena registró los niveles más altos de:

- PM2.5 (26.3 µg/m<sup>3</sup>)
- PM10 (24.4 µg/m<sup>3</sup>)
- CO<sub>2</sub> (430 ppm)

Y a su vez, el Sector 2 en el balcón de la residencia frente a la Avenida Ancón registró el nivel más alto de:

- HCHO (0.052 mg/m<sup>3</sup>)

El estudio también ha demostrado niveles altos de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en la Avenida Ascanio Arosemena, sin embargo, se presentaron puntos más elevados a la media (380 PPM a 430 PPM) de CO<sub>2</sub>, en el momento que transitaban vehículos de equipo pesado, siendo evidente que el flujo vehicular elevado en el sector provoca aspectos negativos en la calidad del aire, para el bienestar de los ciudadanos cercanos.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, nos gustaría agradecer al equipo de SusBCity por brindarnos su orientación sobre esta investigación, al igual que su equipo de mediciones. Gracias a sus valiosos comentarios y opiniones sobre nuestros avances hemos podido completar nuestra investigación de manera satisfactoria.

En particular, le damos las gracias a la Arquitecta Laura Candanedo por darnos un pantallazo sobre el contexto del sitio de estudio, y sobre todo por recibirnos en su vivienda para realizar parte de nuestras mediciones.

## REFERENCIAS

- [1] Martí Valls, J. (2017). Efectos de la calidad del aire sobre la salud. FMC - Formación Médica Continuada En Atención Primaria, 24(9), 511–514. doi:10.1016/j.fmc.2017.03.004
- [2] Boldo, E., & Querol, X. (2014). Nuevas políticas europeas de control de la calidad del aire: ¿un paso adelante para la mejora de la salud pública? Gaceta Sanitaria, 28(4), 263–266. doi:10.1016/j.gaceta.2014.04.003
- [3] Norma 2610-EAC-109 Norma De Calidad Del Aire Ambiente, Canal de Panamá, Panamá, 2610-EAC-109, 2018. <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2019/05/EAC-109-calidad-del-aire-ambiente.pdf>

Fecha de Recepción: 6 de junio de 2022

Fecha de Aceptación: 18 de agosto de 2022

# EVALUACIÓN DE NIVEL DE RUIDO EN PAITILLA

María Fernanda Concepción<sup>1a</sup>, Gabriel Cuervo<sup>1b</sup>, Vicente Araúz<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 Building and City Research Group – SusBCity, Ciudad de Panamá, Panamá

<sup>1a</sup> maria.concepcion-m@up.ac.pa; <sup>1b</sup> gabriel-e.cuervo@up.ac.pa; <sup>1c</sup> vicente-h.arauz@up.ac.pa; <sup>1,2d</sup> jorge.peren@up.ac.pa

<sup>1a</sup> 0000-0002-3571-7103, <sup>1b</sup> 0000-0003-3694-7135, <sup>1c</sup> 0000-0003-0757-7809, <sup>1,2d</sup> 0000-0003-4762-9255

**RESUMEN:** La contaminación acústica es un tema que se ha vuelto relevante al pasar de los años, debido a que esta va en un notable incremento que se presenta a la par de la sobrepoblación en las ciudades del mundo entero. Este factor contaminante, a pesar de ser invisible, es altamente perjudicial para las personas que día a día están expuestas a altos niveles de ruido. Mediante este estudio se busca analizar los niveles de ruido que se presentan en tres (3) sectores del área de Paitilla: (1) Parque Paitilla, (2) Plaza Bal Harbour y (3) Parada Paitilla. Se emplean mediciones con un sonómetro, el cual mide los niveles de un sector, en este caso, en un horario determinado de tres (3) horas. Los resultados arrojan que, de los 3 sectores evaluados, el sector con mayor contaminación acústica es el S3\_Parada Paitilla, donde los niveles oscilaron entre 70 a 85 decibeles, teniendo un promedio de 77 decibeles. El S1\_Parque Paitilla y S2\_Plaza Bal Harbour, presentaron niveles de ruido más bajos, con un promedio de 67 y 74 respectivamente.

**PALABRAS CLAVES:** Contaminación acústica, ruido, urbanismo, energía acústica, entorno urbano.

**ABSTRACT:** Noise pollution is an issue that has become relevant over the years because it's increasing significantly along with overpopulation in cities around the world. This environmental factor, despite being invisible, is highly detrimental to people exposed to high levels of noise daily. This study seeks to analyze the noise levels that occur in three (3) sectors of the Paitilla area: (1) Parque Paitilla, (2) Plaza Bal Harbor, and (3) Parada Paitilla. Measurements are used with a sound level meter, which measures the levels of a sector, in this case, at a specific time of three (3) hours. The results show that of the 3 sectors evaluated, the sector with the highest noise pollution is S3\_Parada Paitilla, where the levels ranged from 70 to 85 decibels, with an average of 77 decibels. S1\_Parque Paitilla and S2\_Plaza Bal Harbor presented lower noise levels, averaging 67 and 74 respectively.

**KEYWORDS:** Noise pollution, noise, urbanism, acoustic energy, urban environment.

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, mediante la evolución del ser humano, se han incrementado los factores que afectan al mismo. Entre estos, podemos mencionar la sobrepoblación, que trae consigo altos niveles de flujo vehicular. Es bien sabido que los automóviles son el principal medio de transporte que utilizan las personas a diario para trasladarse de un lado a otro, sin embargo, también son considerados la principal fuente de contaminación acústica. Esto se ve claramente al comparar los niveles de ruido que se producen en una conversación entre personas, que rondan entre 55 decibeles y el ruido vehicular que oscila entre los 80 y 90 decibeles.[1]

La contaminación acústica se produce cuando los niveles de ruido resultan una molestia o desagradado para las personas. Aun así, se debe tener en consideración que el ruido es subjetivo ya que depende del receptor y de cómo este lo califica

según su estado de ánimo, la actividad que se encuentre realizando y el entorno en el que está.

Cada vez es más difícil ignorar el hecho de que, el ruido, trae consigo afectaciones para el ser humano, tales como problemas fisiológicos y psicológicos. [2]

En una estadística realizada en La Unión Europea, se estimó una pérdida anual del 0.2% del producto interno bruto, resultado de las consecuencias que trae consigo el ruido al que están expuestas personas, las cuales por un lado contraen enfermedades y por el otro, se ven afectadas en su rendimiento y eficiencia laboral. [3]

En Panamá se han visto escasos artículos referentes a la contaminación acústica. La mayoría de los estudios, solo se han centrado en la contaminación del aire, por lo que se puede observar que no hay algún plan o proceso que esté destinado a reducir la contaminación acústica que solo va en aumento a medida que se va desarrollando el país.

En este estudio se busca realizar una comparación en tres sectores donde los niveles de tránsito peatonal y vehicular varían. Uno de los sectores cuenta con mayor tránsito debido a que se encuentra en una avenida, mientras que los otros dos sectores, están en vías con tránsito más moderado.

La ubicación de este estudio es en el área de Paitilla, específicamente a lo largo de la Vía Italia, donde encontramos áreas residenciales y comerciales, además de áreas verdes que son frecuentadas por las personas que habitan en la zona. Esta ubicación de sectores permitirá entender cómo los niveles de tránsito, tanto vehicular como peatonal, influyen en el ruido, por lo tanto, en la contaminación acústica.

La contaminación acústica es un tema que debe ser más evaluado en una ciudad como Panamá, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes y reducir las enfermedades causadas por los altos niveles de ruido a los que se encuentran sometidos las personas que transitan diariamente áreas con rangos de ruido alto.

Finalmente, este trabajo busca recopilar información que pueda ser adicionada a una base de datos que cuenta con pocas referencias y que, además, pueda ser utilizada en futuros estudios o desarrollos de planes que busquen la disminución de la contaminación acústica en la Ciudad de Panamá.

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó una investigación en la literatura nacional e internacional, en busca de artículos y documentos que tuvieran como base un tema similar al que trataríamos.

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa descriptiva, donde se visitó el área de Paitilla para determinar cuáles serían los sectores para estudiar. La selección de los sectores está basada en los niveles de ruido que percibimos. A raíz de esto, se seleccionaron tres zonas a evaluar donde se pudiese hacer una comparación entre las tres, es decir, con los resultados, se puede determinar cuál es la zona con nivel de ruido alto, al igual que cuál es la zona con nivel de ruido bajo o intermedio. Por otro lado, se buscaron zonas que contaran con variantes como el flujo vehicular y peatonal.

Para examinar los niveles de ruido existentes en cada sector, se utilizó el instrumento de medición de acústica, sonómetro portátil de marca RED R8080 y EXTECH HD600. Esta tecnología nos permite medir con exactitud los decibeles de un sector determinado.

Luego de visitas al sitio y de la recolección de datos, se hizo el análisis correspondiente para determinar cuál de los tres sectores cuenta con mayor contaminación acústica y, además, cuáles son las variantes que llegan a alterar los niveles de ruido.

### 2.1 Sectores de Estudio

En la figura 1, se puede observar los tres sectores de estudio que están ubicados en el área de Paitilla: (1) Parque Paitilla, (2) Plaza Bal Harbour y (3) Parada Paitilla.



**Figura 1.** Localización general de los sectores de estudio: (1) Parque Paitilla, (2) Plaza Bal Harbour y (3) Parada Paitilla.

En la figura 2, se muestra el Sector 1: Parque Paitilla, el cual cuenta con un flujo de vehicular y peatonal bajo, debido a la hora del estudio.



**Figura 2.** Sector 1: Parque Paitilla. (Google Earth, 2020)

En la figura 3, se muestra el Sector 2: Plaza Bal Harbour, que a diferencia del Sector 1: Parque Paitilla, cuenta con un flujo vehicular intermedio, que se ve alterado debido a la plaza y a la intersección que se encuentra frente a esta.



Figura 3. Sector 2: Plaza Bal Harbour. (Google Earth, 2020)

La figura 4 muestra el Sector 3: Parada Paitilla, donde el tránsito vehicular y peatonal es más alto que las demás, debido a la Avenida Balboa.

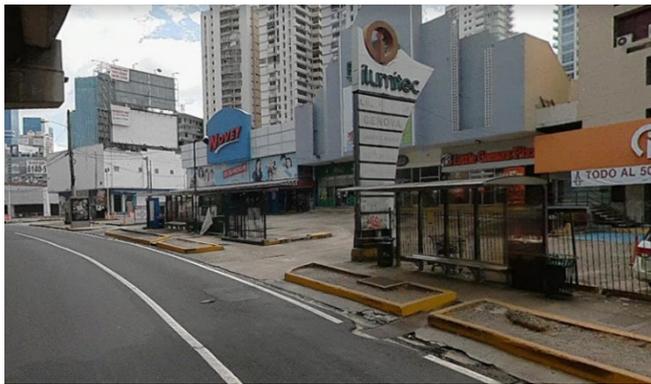


Figura 4. Sector 3: Parada Paitilla. (Google Earth, 2020)

**2.2 Horario de Estudio**

Las mediciones se realizaron el día 1 de julio de 2022, en un horario de 8:50am a 1:30pm. El flujo vehicular y peatonal varía por sector, pues en el Sector 1: Parque Paitilla, se ve un flujo bajo de vehículos y personas, mientras que en el Sector 2: Plaza Bal Harbour, hay un flujo vehicular más alto, pero no tanto como el Sector 3: Parada Paitilla, la cual se vio frecuentada tanto por vehículos como por personas en ciertas horas del estudio.

**2.3 Posición de los Sonómetros**

Se posicionaron 3 sonómetros, 1 en cada sector (Ver Fig. 5, 6 y 7). Estos fueron ubicados con dirección hacia las calles para lograr captar los niveles de ruido que se producen por los automóviles. Además, se buscó que no se vieran afectados en caso tal existiese un cambio en el clima.



Figura 5. Posición de sonómetro en Sector 1: Parque Paitilla.

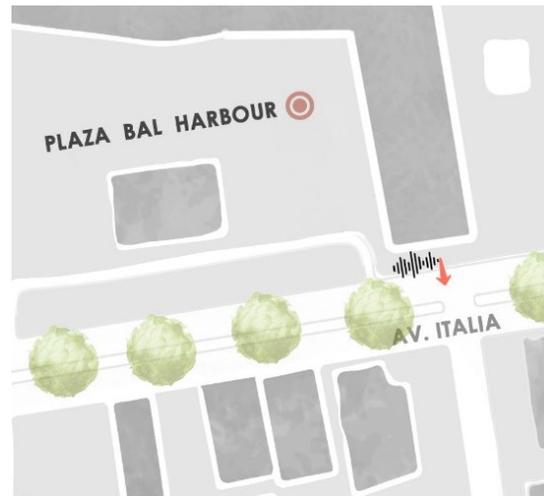


Fig. Figura 6. Posición de sonómetro en Sector 2: Plaza Bal Harbour.

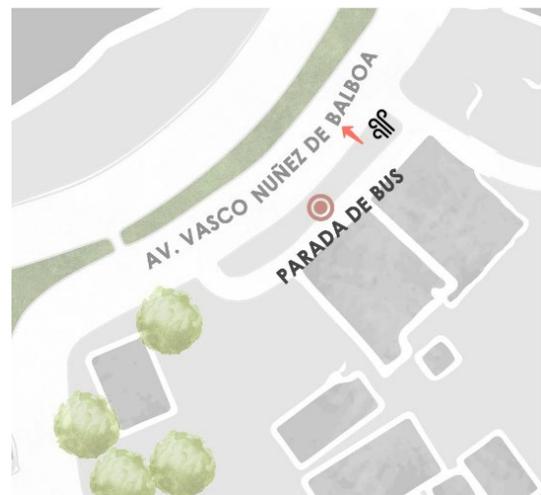


Figura 7. Posición de sonómetro en Sector 3: Parada Paitilla.

**2.4 Procesamiento de Datos**

Una vez obtenidos los datos, estos fueron organizados para su posterior análisis.

La recopilación de estos datos resultó sencilla gracias al instrumento de medición utilizado, el cual arrojó los niveles de ruido que posteriormente planteamos en tablas que fueron graficadas para que mostrar los resultados del trabajo.

**3. RESULTADO**

Por medio de las mediciones realizadas en los 3 sectores previamente indicados (Ver figura 1), se obtuvieron los siguientes resultados (Ver tabla 1):

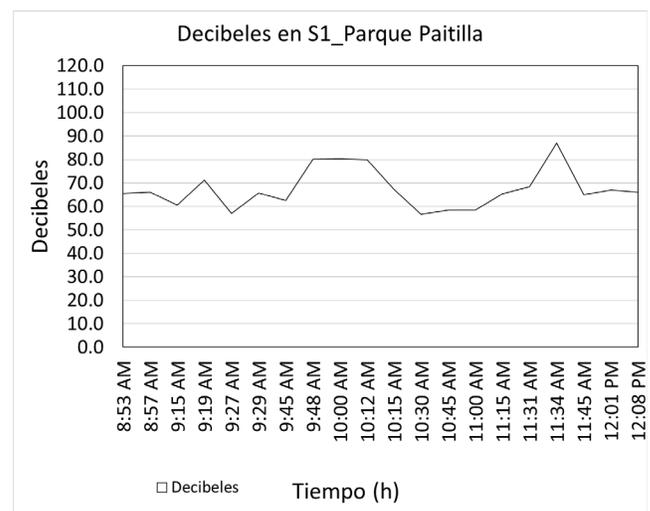
**Tabla 1.** Resultados generales de las mediciones realizadas en los tres sectores.

Paitilla_CIUADAD_Acústica_3sectores					
S1_Parque Paitilla		S2_Plaza Bal Harbour		S3_Parada Paitilla	
Hora	Decibeles	Hora	Decibeles	Hora	Decibeles
8:53 AM	65.5	9:45 AM	60.5	9:50 AM	74
8:57 AM	66	10:00 AM	93.2	10:05 AM	80.4
9:15 AM	60.5	10:05 AM	76.2	10:08 AM	86
9:19 AM	71.2	10:05 AM	78.4	10:20 AM	75.1
9:27 AM	57	10:15 AM	63.2	10:35 AM	75.4
9:29 AM	65.8	10:18 AM	74.5	10:50 AM	75.7
9:45 AM	62.6	10:26 AM	98	10:53 AM	83
9:48 AM	80.1	10:30 AM	64.4	11:05 AM	75.2
10:00 AM	80.3	10:39 AM	74.9	11:20 AM	74.1
10:12 AM	80	10:46 AM	64	11:32 AM	88.2
10:15 AM	67.3	11:00 AM	66.8	11:35 AM	74.7
10:30 AM	56.7	11:15 AM	77.3	11:39 AM	92.2
10:45 AM	58.5	11:30 AM	66.1	11:50 AM	74.3
11:00 AM	58.4	11:45 AM	73.1	12:05 PM	73
11:15 AM	65.4	12:00 PM	64	12:20 PM	65.4
11:31 AM	68.4	12:15 PM	70.2	12:35 PM	68.4
11:34 AM	87	12:30 PM	84.2	12:50 PM	77.3
11:45 AM	65			1:05 PM	72.2
12:01 PM	67			1:20 PM	75.5
12:08 PM	66.1			1:35 PM	78.7

**3.1 Sector 1: Parque Paitilla (S1\_Parque Paitilla)**

En S1\_Parque Paitilla, se realizaron las mediciones entre las 8:50am y las 12:10pm. El flujo vehicular fue bajo.

En este sector, pudimos determinar que los niveles de ruido oscilaron entre 58 y 68 decibeles, teniendo un promedio de 67 decibeles. (Ver figura 8). Estos niveles de ruido sufrieron alteraciones con factores tales como cortadores de césped, camiones ambulantes y el tráfico.



**Figura 8.** Gráfica de Resultados del nivel de ruido medido en el S1\_Parque Paitilla.

**3.2 Sector 2: Plaza Bal Harbour (S2\_Plaza Bal Harbour)**

En S2\_Plaza Bal Harbour, se realizaron las mediciones entre las 9:45am y las 12:30pm. El flujo vehicular es intermedio debido a que se encuentra una plaza, además de una intersección.

En este sector, se pudo determinar que los niveles de ruido oscilaron entre los 60 a 77 decibeles, teniendo un promedio de 74 decibeles. (Ver figura 9). Los niveles de ruido se vieron alterados por factores tales como las bocinas de automóviles, camiones que transitaban por el área y cortadores de césped.

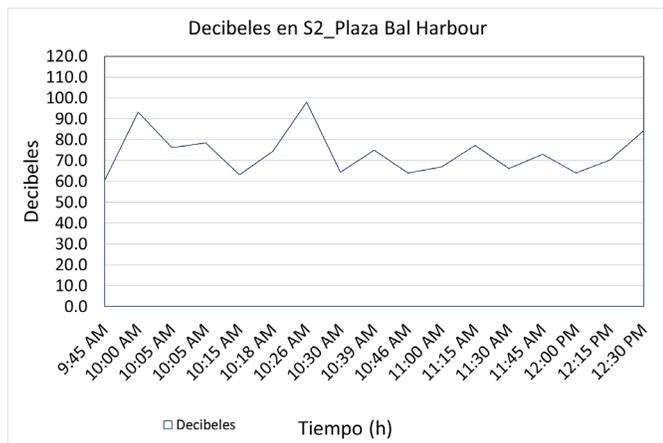


Figura 9. Gráfica de resultados del nivel de ruido medido en el S2\_Plaza Bal Harbour.

**3.3 Sector 3: Parada Paitilla (S3\_Parada Paitilla)**

En S3\_Parada Paitilla, se realizaron las mediciones entre las 9:50am y la 1:35pm. El flujo vehicular y peatonal es alto por automóviles y además por personas que esperan transporte en la parada. Es el punto con mayor nivel de ruido.

En este sector, se pudo determinar que los niveles de ruido oscilaron entre 70 a 85 decibeles, teniendo un promedio de 77 decibeles. (Ver figura 10.) Podemos ver alteraciones debido a los buses de la zona y los autos que pasan frecuentemente.

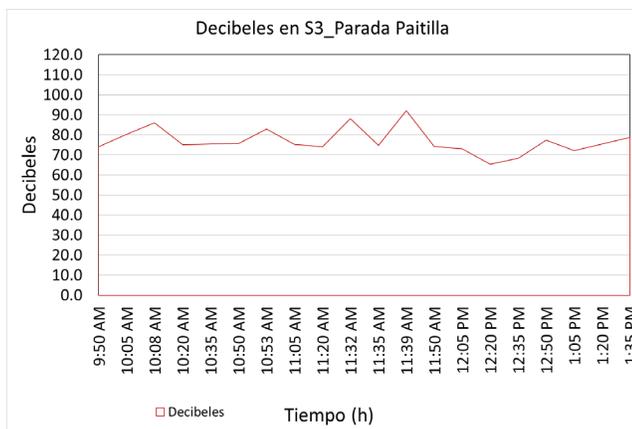


Figura 10. Gráfica de resultados del nivel de ruido medido en el S3\_Parada Paitilla.

**3.4 Resumen de los tres sectores**

En la siguiente gráfica, se reúnen los resultados de las mediciones de a los 3 sectores (S1\_Parque Paitilla, S2\_Plaza Bal Harbour y S3\_Parada Paitilla). Se observa que el S1\_Parque Paitilla presenta niveles de ruido más bajas a comparación del S2\_Plaza Bal Harbour y S3\_Parada Paitilla, siendo este último el que mayor ruido presenta, teniendo en cuenta que este está en un promedio de 77 decibeles.

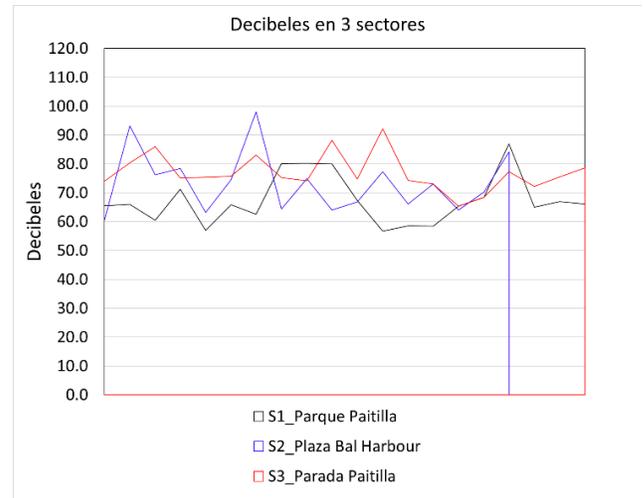


Figura 11. Gráfica de resultados de nivel de ruido en los tres sectores de estudio.

**4. DISCUSIONES**

El presente estudio fue diseñado para determinar los niveles de ruido existente en el sector de Paitilla, en la Ciudad de Panamá. La ubicación de este sector fue beneficiosa para nuestro estudio ya que logramos encontrar 3 sectores que tenían flujo vehicular y peatonal diferente, lo cual nos dio resultados que varían pero que, al analizarlos, pudimos notar que los niveles de ruido de los tres sectores se veían alterados por los mismos factores: bocinas de automóviles y cortadores de césped.

Se sugiere realizar diferentes mediciones durante todo el día, específicamente en la tarde/noche, para una mejor evaluación de las alteraciones de los niveles de ruido en cada sector. En el caso del S1\_Parque Paitilla, es de nuestro conocimiento el hecho de que en la tarde (4:00pm en adelante) cuenta con más flujo de peatones y vehículos. De igual manera en el S3\_Parada Paitilla, el flujo vehicular sufre un incremento también en la tarde, debido a las personas que salen de sus trabajos y se dirigen a sus hogares.

Entre las dificultades que se encontraron en la realización de este estudio, se destacan factores climáticos que pudieron afectar las mediciones en el sector, teniendo en cuenta que los dispositivos de medición debían protegerse de la lluvia para no

sufrir daños. Afortunadamente, no hubo afectación alguna porque los instrumentos se encontraban en áreas que los protegían.

Con respecto a los resultados, creemos que, si bien el S2\_Plaza Bal Harbour presenta la medición más alta (10:26am, 98 decibeles), este sector no sería el que tiene más nivel de ruido si comparamos su promedio de 74 decibeles con el S3\_Parada Paitilla que cuenta con un promedio de 77 decibeles.

Este último sector, no baja de los 70 decibeles. Estos resultados deben ser comentados dado que, este es el nivel de ruido que perciben diariamente los vendedores ambulantes que se encuentran al lado de la parada de autobús. A esto se le debe sumar que, cada 15 minutos pasan buses que, con el simple hecho de arrancar, aumentan los decibeles a 86.

## 5. CONCLUSIONES

Por medio de esta investigación, contemplamos que es evidente cómo los niveles de ruido se ven alterados debido a las variantes, tales como el tráfico e indirectamente por el crecimiento de la población. Se observaron estas variaciones al situarnos en tres (3) sectores con tránsitos diferentes, teniendo como resultado niveles de ruidos que variaban según el tránsito de personas y vehículos.

- El S3\_Parada Paitilla, con un promedio de 77 decibeles, presenta mayor contaminación acústica debido a que los niveles de ruido son más altos a comparación del S1\_Parque Paitilla, el cual tiene los niveles de ruido más bajos con un promedio de 67 decibeles. Una diferencia de 10 decibeles.
- Los niveles de ruido en el S1\_Parque Paitilla, oscilaron entre 58 y 68 decibeles, teniendo un promedio de 67 decibeles.
- Los niveles de ruido en el S2\_Plaza Bal Harbour, oscilaron entre los 60 a 77 decibeles, teniendo un promedio de 74 decibeles.
- Los niveles de ruido en el S3\_Parada Paitilla, oscilaron entre 70 a 85 decibeles, teniendo un promedio de 77 decibeles.

## AGRADECIMIENTO

Al profesor asesor, Dr. Jorge Isaac Perén, quien nos ha guiado con esta investigación, dándonos el material necesario para poder desarrollarla. Al equipo de SusBCity, quienes nos sirvieron de apoyo al momento de realizar las mediciones necesarias para completar este artículo de forma satisfactoria.

## REFERENCIAS

- [1] González, A., & Domínguez, E., “El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo.” Revista de la Academia Colombiana de

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. 35, pp.509-530, Dec. 2011.

- [2] De Esteban, A., “Contaminación acústica y salud.” Observatorio medioambiental, N° 6, pp. 73-95, Ene. 2003.
- [3] Villarreal, Y., Castillo, M. de los A., Muñoz, A., Toral, J., & Flores, E., “Nivel de Ruido en la Ciudad de Panamá.” Tecnociencia, vol. 5, N°2, pp.97-108, May. 2003.

Fecha de Recepción: 6 de junio de 2022

Fecha de Aceptación: 18 de noviembre de 2022

# MAPEAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL SECTOR DE PAITILLA

Paola Lezcano <sup>1a</sup>, Melissa Navarro <sup>1b</sup>, Sherlee Serrano <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 Building and City Research Group - SusBCity, Ciudad de Panamá, Panamá

<sup>1a</sup> paola.lezcano@up.ac.pa; <sup>1b</sup> melissa-m.navarro@up.ac.pa; <sup>1c</sup> sherlee.serrano@up.ac.pa; <sup>1,2d</sup> jorge.peren@up.ac.pa

<sup>1a</sup> 0000-0003-4684-7234, <sup>1b</sup> 0000-0002-9184-1176, <sup>1c</sup> 0000-0002-1070-0647, <sup>1,2d</sup> 0000-0003-4762-9255

**RESUMEN:** El sector de Paitilla, al ser un lugar de alta densidad en el centro de la ciudad es propenso a la contaminación del aire, afectando a sus habitantes negativamente. El presente estudio se enfoca en la Av. Italia y Av. Vasco Núñez en Paitilla, por ser lugares de alto tránsito peatonal y vehicular. El estudio busca realizar un análisis de la calidad del aire en el sector de Paitilla utilizando diferentes sectores: (S1) El Parque Paitilla, (S2) La Plaza Bal Harbour y (S3) Parada Paitilla en la Av. Vasco Núñez de Balboa, comparando las características morfológicas en los tres sectores. Se emplearon mediciones con un sensor de calidad del aire y una estación meteorológica y se determinó que en el S3 se cuantificaron mayores niveles de contaminación en el aire en comparación con el S1 y S2.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad del aire, ciudad, microclima, partículas, sensor, urbano.

**ABSTRACT:** The Paitilla sector, being a high-density place in the center of the city, is prone to air pollution, negatively affecting its inhabitants. This study focuses on Italia Avenue and Vasco Núñez Avenue in Paitilla, as they are places of high pedestrian and vehicular traffic. The study seeks to perform an analysis of air quality in the Paitilla sector using different sectors: (S1) Paitilla Park, (S2) Bal Harbor Plaza and (S3) Paitilla Stop on Vasco Nuñez de Balboa Avenue, comparing the morphological characteristics in the three sectors. Measurements with an air quality sensor and a weather station were used and it was determined that higher levels of air pollution were quantified in S3 compared to S2 and S3.

**KEYWORDS:** Air quality, city, microclimate, particles, sensor, urban.

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una importante carga para la salud y el principal factor de riesgo ambiental para las enfermedades no transmisibles en todo el mundo [1]. La aplicación de la infraestructura verde presenta una oportunidad para mejorar la calidad del aire utilizando un enfoque multifacético basado en los ecosistemas [2] y en el área de Paitilla, al ser un lugar de alta densidad en el centro de la ciudad es propensa a la contaminación del aire, posiblemente afectando a sus habitantes negativamente. La contaminación atmosférica es la acumulación en el aire de sustancias que a ciertas concentraciones pueden ocasionar daños en ecosistemas y en nuestras sociedades. Esto último en diversos aspectos, desde la utilización de combustibles no procesados, el aumento del parque vehicular y la mala infraestructura vial, hasta la falta de legislación en materia de calidad ambiental o la falta de aplicación de las leyes existentes [3]. El área de Paitilla puede estar relacionada a esta problemática, tomando

como referencia estudios que corroboran que las condiciones actuales no favorecen a los peatones, siendo un sector con trazado vial mayormente irregular y con menor área verde o permeable que otros sitios aledaños [4].

El objetivo de este estudio es investigar y medir los niveles de contaminación del aire en el área de Paitilla cuantificando las partículas contaminantes (PM2.5, PM10, CO2, HCHO) y comparando dichos datos cuantificados entre los tres sectores analizados. Se pretende relacionar los datos de los niveles de contaminación con las características de uso-ocupación del sector y comprobar el posible cambio de calidad del aire respecto a los eventos físicos y climáticos.

La realización de este estudio pretende servir de referencia para futuros proyectos que requieran de esta información ya que actualmente no se cuenta con datos cuantificables del estado de la calidad del aire en Paitilla. Para esto se toman tres sectores focales: el (S1) Parque de Paitilla y (S2) La Plaza Bal Harbour en la Av. Italia y el (S3) Parada de Paitilla en Av.

Vasco Núñez de Balboa, por ser lugares de alto tránsito peatonal y vehicular.

## 2. METODOLOGÍA

Como referencia se toma el método de Anderson, V. [2], donde se utilizan instrumentos de medición similares al de este estudio, donde se emplean métodos de investigación cuantitativa descriptiva describiendo la calidad del aire en tres sectores de Punta Paitilla. Se realiza la recolección de datos empleando como instrumento de medición el sensor de calidad de aire Temtop M2000 que cuantifica y clasifica las partículas (PM2.5, PM10, partículas, CO2, HCHO) en el aire en tiempo real y las características climáticas (temperatura y humedad). Tales datos se anotaron cada 15 minutos, haciendo las observaciones físicas y climáticas pertinentes. En complementación, también se tomaron los datos de la estación meteorológica ubicada en el Parque Paitilla para serlos comparados con los datos que se recolectaron del Temtop M2000.

### 2.1 Sectores de Estudio

En la Figura 1 se muestran los tres sectores de estudio localizados en Paitilla: (S1) El Parque Paitilla en la Av. Italia, a su vez se divide los subsectores (S1a) Banca de Parque Paitilla y (S1b) Residencia frente a Parque Paitilla, ya que, debido al cambio del clima, se tuvo que hacer un cambio de ubicación de lugar de medición del S1a al S1b. También se tienen los sectores (S2) La Plaza Comercial Bal Harbour en la Av. Italia y (S3) Parada Paitilla en la Av. Vasco Núñez de Balboa.

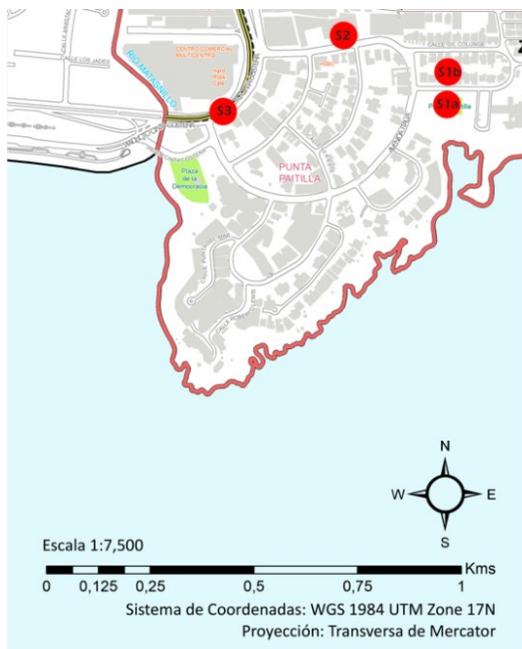


Figura 1. Localización general de los sectores estudiados en el área de Paitilla.

La Av. Vasco Núñez de Balboa es una de las vías más importantes del sector, pasando por la Cinta Costera y rodeando el centro comercial Multicentro, frente al S3. Tiene 6 carriles, lo que la califica como una vía principal que conduce a la Av. Italia donde están ubicados el S1 y el S2. La Av. Vasco Núñez de Balboa no está arborizada y tiene muy poca vegetación, lo que hace que se sienta el ambiente caluroso y poco ventilado, teniendo en cuenta también que el viaducto de la Cinta Costera, como se observa en la Figura 5, impidiendo que el aire circule libremente en la zona.

En la Av. Italia se observa una vía arborizada con árboles frondosos en una isleta central, como podemos observar en la Figura 4, donde se puede apreciar la cantidad de sombra que favorece las condiciones del lugar, que se siente mucho más ventilado de la Avenida Vasco Núñez de Balboa y se mantiene una temperatura más agradable.

El Parque de Paitilla, que se observar en la Figura 2, es una de las pocas zonas verdes que aún se mantienen en San Francisco, así logrando ser un área de recreación y relajación para los habitantes que se encuentran en esta área de edificios de alta densidad, permitiéndole hacer actividades al aire libre como ejercitarse, caminar o pasear a sus mascotas.



Figura 2. Sector (S1a) Banca de Parque Paitilla



Figura 3. Sector (S1b) Residencia frente a Parque Paitilla



Figura 4. Sector (S2) Plaza Comercial Bal Harbour



Figura 5. Sector (S3) Parada Paitilla en la Av. Vasco Núñez de Balboa

**2.2 Tipología de los Sectores de Estudio**

En la Fig. 2 (Sector S1a) se puede observar la abundancia de árboles, lugares recreativos como el parque y zonas verdes.

En la Fig. 3 (Sector S1b) Se puede observar las hileras de casas con un poco de vegetación en ellas.

En la Fig. 4 (Sector S2) Se puede observar la plaza Bal Harbour con una división de árboles entre las vías de la calle así logrando un clima más ameno, se puede ver como esta es bastante transitada y cuenta con una conexión directa a la avenida Vasco Núñez de Balboa.

En la Fig. 5 (Sector S3) tiene como punto inicial la parada la cual está ubicada en la avenida Vasco Núñez de Balboa, teniendo así un gran flujo vehicular, frente a la parada esta la conexión del puente que va con dirección al corredor sur además posee un puente peatonal que permite el paso directo al centro comercial Multicentro.

**2.3 Eventos físicos y climáticos**

En el día de la captación de datos en Paitilla ocurrieron distintos factores climáticos; en la mañana a las 9:00 a.m. el clima estuvo bastante despejado, pero a las 11:00 a.m. llovizó con vientos no tan fuertes y la humedad empezó a sentirse bastante alta. Las mediciones se hicieron hasta las 1:40 p.m.

**3. RESULTADOS**

**3.1 PM 2.5**

La Figura 6 muestra los niveles de PM 2.5 estudiada en los 3 sectores con diferentes horas. La (S3) Parada Paitilla tuvo altos niveles cuantificados y el pico más alto fue de 25.2 a las 1:19 p.m.. En el (S1) Parque Paitilla se cuantificaron altos niveles en las horas desde las 9 a.m. hasta las 10 a.m. y después se mantuvieron en un nivel bajo. La (S2) Plaza Bal Harbour se mantuvo en un nivel más bajo.

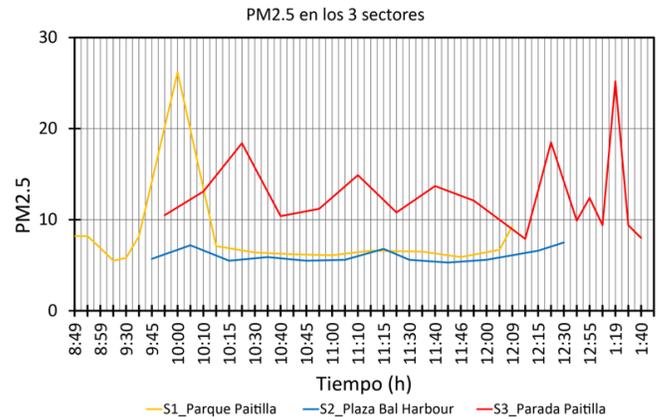


Figura 6. Gráfica de datos PM 2.5

**3.2 PM 10**

En la Figura 7 hace comparación en los diferentes sectores sobre el PM10 teniendo así en la (S3) Parada Paitilla el nivel más alto con un pico de 75.4 entre las 10:15 y 10:30 a.m. El (S1) Parque Paitilla llegó a un aumento de 39.7 a las 10:00 a.m. y luego descendió, manteniéndose en un promedio constante de 9, al igual que en la (S2) Plaza Bal Harbour.

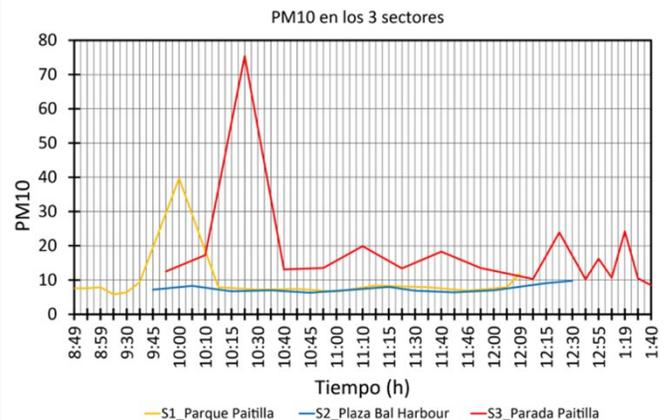


Figura 7. Gráfica de datos PM 10

### 3.3 Partículas

En la Figura 8 se muestra como la (S3) Parada Paitilla alcanzo los niveles más altos con un pico de 12,888 entre las 10:15 a.m. y 10:30 a.m. luego disminuyo manteniéndose en un promedio de 7 partículas constantemente. El (S1) Parque Paitilla y la (S2) Plaza Bal Harbour se cuantificaron niveles más bajos, desde 2,600 a 3,600 partículas.

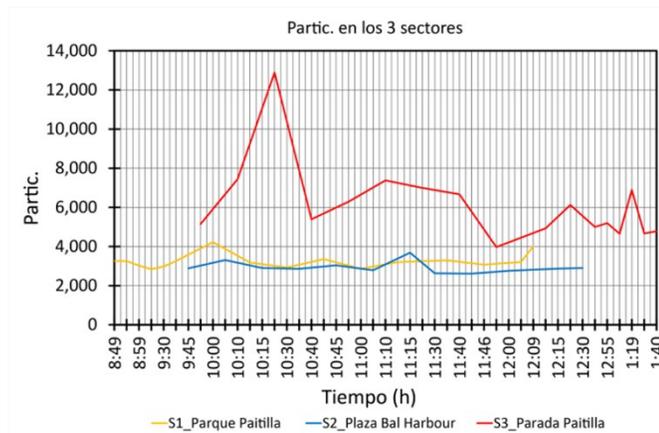


Figura 8. Gráfica de datos de Partículas

### 3.4 CO2

Como se muestra en la Figura 9, se hace un estudio del dióxido de carbono en los tres sectores. Se logró hacer una comparación dando como resultado que el (S1) Parque Paitilla tiene los niveles más bajos de 397 y el punto más alto de 428. La (S2) Plaza Bal Harbour logró alcanzar el nivel más alto con un pico de 651 a las 11:45 a.m. La (S3) Parada Paitilla se cuantificaron niveles medios con picos ocasionales y en el sector uno se cuantificaron bajos niveles constantes.

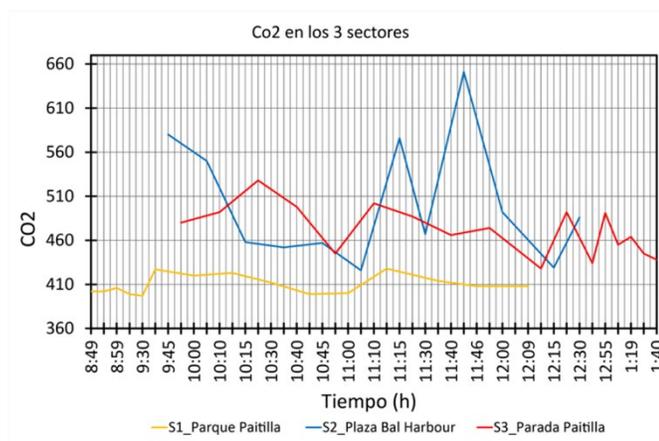


Figura 9. Gráfica de datos de CO2

### 3.5 HCHO

En la Figura 10 se observa que en la (S2) Plaza Bal Paitilla se cuantificaron los niveles más altos, con 0.028 mg/m3. En el (S1) Parque Paitilla y la (S3) Parada Paitilla se cuantificaron niveles no superiores a 0.005 mg/m3.

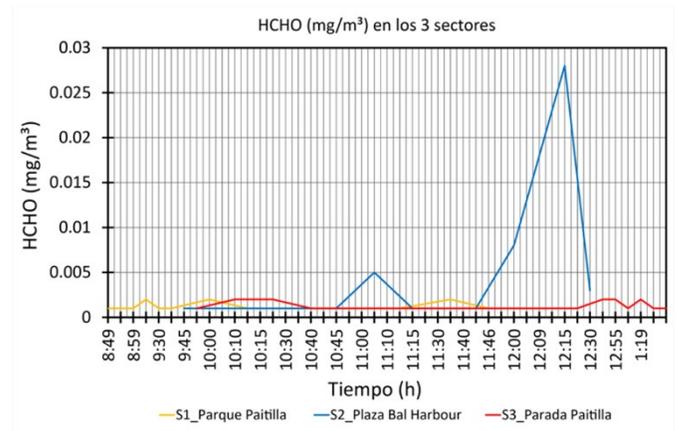


Figura 10. Gráfica de datos de HCHO

### 3.6 Temperatura

En la Figura 11 se observa que en la (S2) Plaza Bal Harbour se cuantificaron los niveles más altos con un pico más alto de 33.33°C entre las 10:35 a.m. y luego descendió a las 11:43 a.m. hasta llegar a una temperatura de 30°C. La (S3) Parada Paitilla se cuantifico con niveles medios picos ocasionales no superiores de 31°C. En el (S1) Parque Paitilla se cuantificaron los niveles más bajos con 28.8°C entre las 9:15 a.m. y 9:30 a.m.

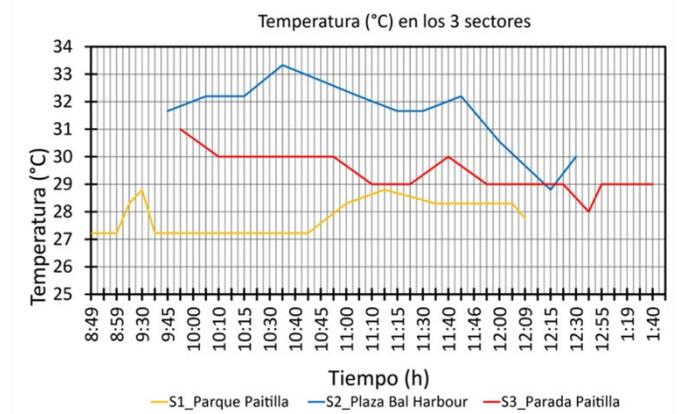


Figura 11. Gráfica de datos de Temperatura

### 3.7 Humedad

En la Figura 12 se logra ver una diferencia marcada en todos los sectores, con el (S1) Parque Paitilla teniendo los niveles más elevados entre 85% a 95%. En la (S3) Parada Paitilla se mantiene entre 78% a 89%, mientras que en los niveles más bajos está el (S2) Plaza Bal Harbour con un rango de 65% a 75%.

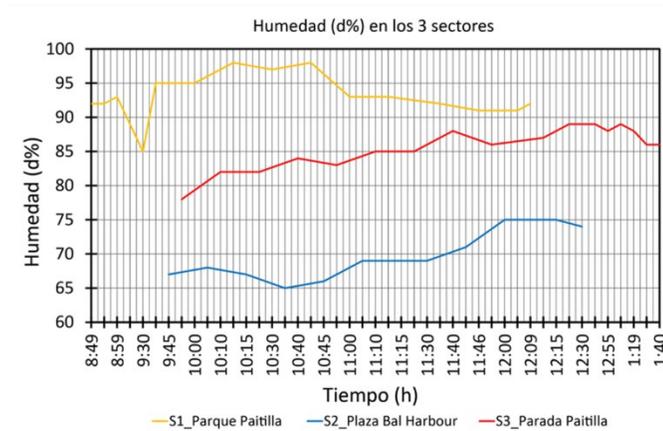


Figura 12. Gráfica de datos de Humedad

### 3.8 Datos de Estación Meteorológica

En la Figura 13 se muestra la humedad medida por la meteorológica. Se logró medir un 80% de humedad interna, mientras que la humedad relativa del ambiente fue de 85%. Esto difiere un 10% de la humedad máxima medida por el Temtop 2000.

En la Figura 14 se muestra la precipitación tomada el día del estudio. Fue cuantificada en 84.3 mm.

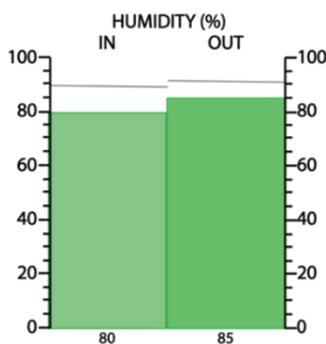


Figura 13. Humedad según la estación meteorológica

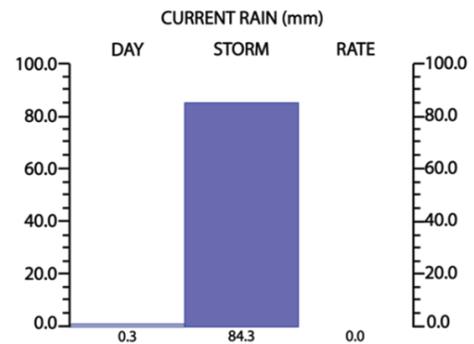


Figura 14. Precipitación según la estación meteorológica

### 3.9 Viento

En la Figura 15 se muestran los datos obtenidos de dirección y velocidad del viento por la meteorológica. Se mide una dirección de 159° al sureste y con una velocidad de 2.7 m/s.

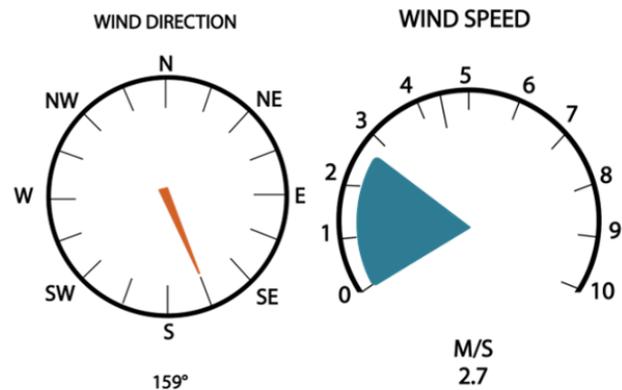


Figura 15. Dirección y Velocidad del Viento

## 4. DISCUSIONES

- Los niveles de contaminación en el aire más elevados se dieron en el S3. Esto puede estar relacionado con factores como la falta de árboles en el área, el flujo elevado de automóviles y la gran densidad de personas circulando el área.
- El S1 es el sector con el menor de los niveles de contaminantes cuantificados. Tomando en cuenta que el S1 está más arborizado que el S2 y el S3 respectivamente, se puede llegar a la hipótesis de que la arborización influye en el nivel de contaminantes en un área.
- Impacto de actividades de mantenimiento de espacios públicos:
  - Se observó que cortar el césped afecta directamente la calidad del aire, como sucedió en el S1a, que mientras cortaron el

- césped, entre 10:45 am y 11:25, se elevaron los niveles de partículas.
- De la misma manera sucedió cuando empezó a llover y se movió el equipo al S1b donde la brisa movía el polvo y el humo de los carros hacia el equipo.
- En el S2 se cuantificaron mayores niveles de CO<sub>2</sub>, HCHO temperatura que en el S1 y S3. Esto puede ser por la ausencia de vegetación en el centro de la plaza, el tipo de material usado en el suelo y la carencia de aleros y sombra.
- Se asume que el cambio de dirección y la velocidad del viento influyen en la cantidad de partículas contaminantes presentes en el aire. Por lo cual se sugiere que este estudio se amplíe y se realice en un futuro con mayor profundidad.

## 5. CONCLUSIONES

- El S3 tiene elevados niveles de contaminación en el aire.
- El S3 tiene niveles elevados de PM 2.5, PM 10 y partículas en comparación con el S2 y S3.
- El S2 en promedio tiene niveles más elevados de CO<sub>2</sub>, HCHO y temperatura que el S1 y S3.

## AGRADECIMIENTO

Este proyecto de investigación y desarrollo (i+D) denominado #MUVEE PANAMÁ, es liderado por el investigador Principal (IP) Dr. Jorge Isaac Perén y financiado por SENACYT. Fue desarrollado por los estudiantes de quinto año de la materia Metodología de la Investigación, que están cursando la licenciatura de Arquitectura y Diseño en la Facultad de Arquitectura ubicada en la Universidad de Panamá. Se agradece el apoyo de muchas personas, que a pesar de los obstáculos que se nos presentaron, se pudo culminar el trabajo con éxito.

Se agradece a los profesores de otras asignaturas que nos brindaron su tiempo de clase para poder elaborar las investigaciones en el campo. También se le agradece a Oscar, estudiante de la UTP, por apoyar a nuestro grupo con las mediciones.

Un especial reconocimiento y agradecimiento al equipo de la Revista SusBCity por proporcionarnos todos los equipos que fueron necesarios para realizar dicha investigación; además al profesor Jorge Isaac Perén y estudiantes de tesis que nos brindaron todo su apoyo en poder llevar esta investigación a cabo.

## REFERENCIAS

- [1] A. T. Cobbold, M. A. Crane, L. D. Knibbs, I. C. Hanigan, S. P. Greaves y C. E. Rissel, "Perceptions of air quality and concern for health in relation to long-term air pollution exposure, bushfires, and COVID-19 lockdown: a before-and-after study", *The Journal of Climate Change and*

*Health*, p. 100137, Abril de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100137>

- [2] V. Anderson y W. A. Gough, "Evaluating the potential of nature-based solutions to reduce ozone, nitrogen dioxide, and carbon dioxide through a multi-type green infrastructure study in Ontario, Canada", *City and Environment Interactions*, vol. 6, p. 100043, Abril de 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100043>
- [3] M. Singh y J. Fábrega, «Aproximación espacial de concentraciones de gases producto de fuentes móviles de la ciudad de Panamá, utilizando sistemas de información geográfica, IDT, vol. 12, n.º 2, pp. 68-78, dic. 2016. [En línea]. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/1237>
- [4] K. Cuellar, A. López, R. Montenegro, M. Ramos, y J. Perén, "Estudio de la morfología urbana del sector de punta Paitilla", *SusBCity*, vol. 3, n.º 1, pp. 39-43, ene. 2021. [En línea]. Disponible: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/SusBCity/article/view/2010>

Fecha de Recepción: 20 de julio de 2022

Fecha de Aceptación: 29 de diciembre de 2022

# ESTUDIO LUMÍNICO DE LOS ESTACIONAMIENTOS DEL P.H. DELUXE RESIDENCE

Xena Reyes <sup>1a</sup>, Vivian Visuetti <sup>1b</sup>, Angel Mendieta <sup>1c</sup>, Paula Orozco <sup>1d</sup>, Jorge Isaac Perén <sup>1,2e</sup>

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

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

<sup>1a</sup> xenareyes30@gmail.com; <sup>1b</sup> vivianmarie118@gmail.com; <sup>1c</sup> angelmendieta05@gmail.com;

<sup>1d</sup> paulaorozco88@gmail.com; <sup>1,2e</sup> jorge.peren@up.ac.pa

<sup>1a</sup> 0000-0003-2551-4473, <sup>1b</sup> 0000-0002-6958-9234, <sup>1c</sup> 0000-0002-4986-1202, <sup>1d</sup> 0000-0002-1094-3948, <sup>1,2e</sup> 0000-0003-4762-9255

**RESUMEN:** Las ventanas son uno de los elementos que más influyen en la entrada de iluminación natural dentro de un edificio, reduce el consumo energético, evitando utilizar la iluminación artificial durante todo el día. Por lo tanto, es importante encontrar un diseño óptimo tomando en cuenta el entorno del edificio y la orientación de las ventanas. En este estudio se evalúa las condiciones lumínicas de dos niveles de estacionamientos del P.H. Deluxe Residence, realizando las mediciones con el luxómetro. Los resultados nos indican el impacto que tienen los materiales utilizados en la fachada sobre los niveles lumínicos del área.

**PALABRAS CLAVES:** Iluminación natural, radiación solar, orientación del edificio, geometría de la ventana.

**ABSTRACT:** Windows are one of the elements that most influence the entry of natural lighting into a building, reducing energy consumption, avoiding using artificial lighting throughout the day. Therefore, it is important to find an optimal design considering the environment of the building and the orientation of the windows. In this study, the lighting conditions of two levels of parking lots of the P.H. Deluxe Residence, taking measurements with the lux meter. The results indicate the impact that the materials used in the façade have on the light levels of the area.

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad ambiental interior es un factor importante que influye en el confort y el bienestar de los ocupantes de un espacio. Se consume aproximadamente 19% de electricidad en iluminación interior y es por ello por lo que se han realizado muchos estudios centrados en conocer los niveles de eficiencia energética en espacios con un alto nivel de confort [1].

La proporción de áreas acristaladas y opacas en la fachada del edificio tienen un impacto significativo en las comodidades visuales, así como en el consumo energético [2].

Artículos científicos internacionales nos muestran la importancia que tiene las ventanas dentro de un espacio, dichos artículos se enfocan sobre el impacto que tienen las geometrías [3], orientaciones [4] y tipos de ventanas [5].

Esta investigación busca evaluar el comportamiento de la iluminación natural dentro de los niveles de estacionamiento de un edificio residencial en la Ciudad de Panamá a través de mediciones de iluminación natural y artificial por medio del luxómetro.

Nuestra investigación se basa en los siguientes artículos de la revista SusBCity "Evaluación de la luz natural en salón de estudio de la Facultad de Arquitectura y diseño de la

Universidad de Panamá" [6], "Caracterización lumínica del centro de operaciones del Banco General" [7] y Evaluación de la iluminación natural y del rendimiento de quiebra soles en el edificio de oficinas 205 – SENACYT [8].

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Realizar mediciones de iluminación natural y artificial mediante el luxómetro, dentro los niveles de estacionamientos seleccionados.

- Gracias a la ayuda de la administradora, se facilitó la entrada al edificio y nos brindó los documentos necesarios.
- Se hizo el levantamiento de ambos niveles de estacionamiento, tomando en cuenta la estructura, los aparcamientos, la rodadura, las rampas, ventanas, aberturas y las luminarias artificiales.
- Se dividieron los dos pisos de estacionamientos en ejes, formando una cuadrícula y así realizar una tabla en donde se apunte los distintos rangos de iluminación interna.
- Con la ayuda del luxómetro, se evaluó el factor de los niveles de iluminación externas del edificio y de

forma unísona se realizó lo mismo con los niveles de iluminación internas. (ver Figura 1).

- Se debe considerar que se realizaron las mediciones con las luces artificiales encendidas. (ver Figura 2).



Figura 1. Medición de iluminación externa.



Figura 2. Lámparas fluorescentes tubulares.

**2.2 Comparar los niveles de iluminación de ambos pisos de estacionamiento, tomando en cuenta las aberturas o ventanas que tengan.**

- La fachada frontal del nivel 500 tiene una chapa perforada con agujeros de un diámetro similar al dedo (ver Figura 3). El resto de las fachadas está rodeado de paredes ciegas.
- La fachada frontal del nivel 700 está cubierta por ventanas fijas (ver Figura 4), paredes ciegas en los laterales y se encuentra abierto con un antepecho en la fachada posterior.



Figura 3. Acercamiento de la malla perforada.

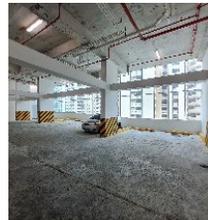


Figura 4. Vista interior de la fachada frontal.

**2.3 Evaluar el impacto de la radiación solar directa, considerando el entorno con los edificios.**

- Este estudio se realizará por medio de una simulación con el programa Sketchup, tomando en cuenta el entorno urbano y la orientación solar con su fecha y horario correspondiente.

El Deluxe Residence está ubicado en la calle Winston Churchill, en el centro de Punta Paitilla, al sur del corregimiento de San Francisco. (ver Figura 5). Se encuentra en un entorno urbano, con edificios de gran altura.

Este edificio residencial multifamiliar de gran altura (40 pisos) cuenta con 4 años de uso y aproximadamente 10 años de construcción. Su maestro de obra fue el arquitecto Edwin Brown. (ver Figura 7).



Figura 5. Localización regional del Deluxe Residence.

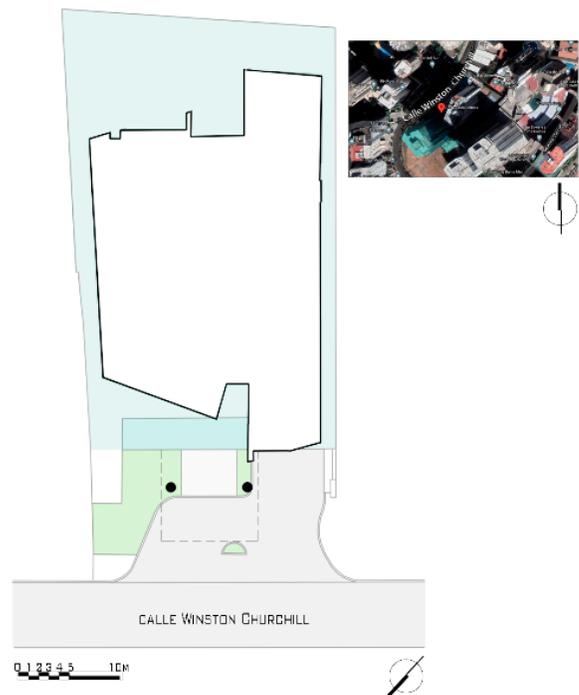


Figura 6. Localización general del Deluxe Residence.



Figura 7. Vista Frontal y Lateral derecha del edificio.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Planta del nivel 500 y 700 de estacionamientos del Deluxe Residence.

El nivel de 700 es el último piso de estacionamiento dentro del edificio, la cantidad de espacio es reducida con respecto a los niveles inferiores de estacionamiento y sus fachadas están compuestas de ventana fija en el norte (frontal), paredes ciegas en los laterales este (derecha) y oeste (izquierda) y abierto con un antepecho en el sur (posterior). Al tener más aberturas, requiere de menor cantidad de luces artificiales. (ver Figura 8).

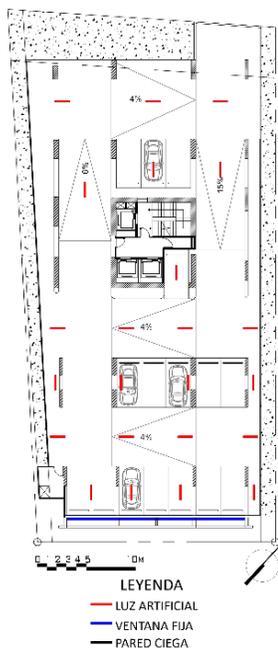


Figura 8. Planta Nivel 700

A diferencia del nivel 700, el nivel 500 está rodeado por pared ciega en todas las fachadas a excepción de la fachada norte (frontal), que cuenta con una malla perforada y una

ventana fija que se encuentra en la parte central de dicha fachada. Al tener solo una fuente de luz natural en la fachada norte, se requiere de mayor cantidad de luces artificiales. (ver Figura 9).

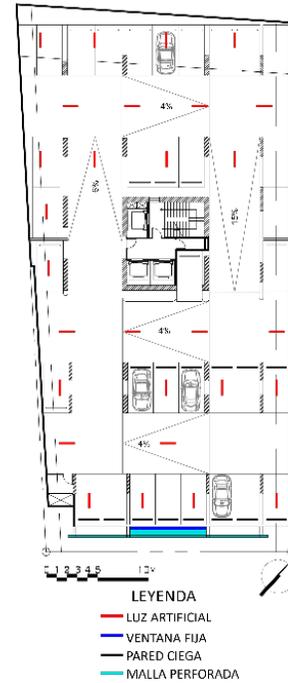


Figura 9. Planta Nivel 500

#### 3.2 Secciones del nivel 500 y 700 del Deluxe Residences

Este nivel tiene la mayor altura en el 700 y 750 con 3.38 metros. En el caso del nivel 650 la altura es menor con 2.53 metros, pero la cantidad de iluminación interior es superior ya que esta se encuentra abierta con un antepecho de media altura en la fachada sur. (ver Figura 10).



Figura 10. Sección transversal nivel 700

En el nivel 500 la altura es de 2.53 metros, en cambio en el nivel 550 y 450 es de 20 centímetros menos, por lo tanto, llega a influir en el rango de iluminación interior al tener la luminaria artificial más cercana al luxómetro. Este caso de altura más baja influye en el punto J7, donde incrementa hasta 90 lux. (ver Figura 11).



Figura 11. Sección transversal nivel 500

### 3.3 Rangos de iluminación en el nivel 500 y 700 de estacionamiento

Hecho el análisis, en el nivel 700 encontramos que el rango de la iluminación es muy amplio. Sin embargo, en los ejes del centro, lejos de la fachada norte y sur mantiene un nivel de iluminación que no varía lo suficiente. Las columnas A y L que son las más cercanas a las fachadas con ventanas o alguna abertura, obtienen los niveles de iluminación más altos. (ver figura 12). Cabe destacar que el punto más bajo se dio en el lugar donde se encontraba estacionado un automóvil, este punto fue el E5 llegando a solamente 26 lux. (ver Figura 13).

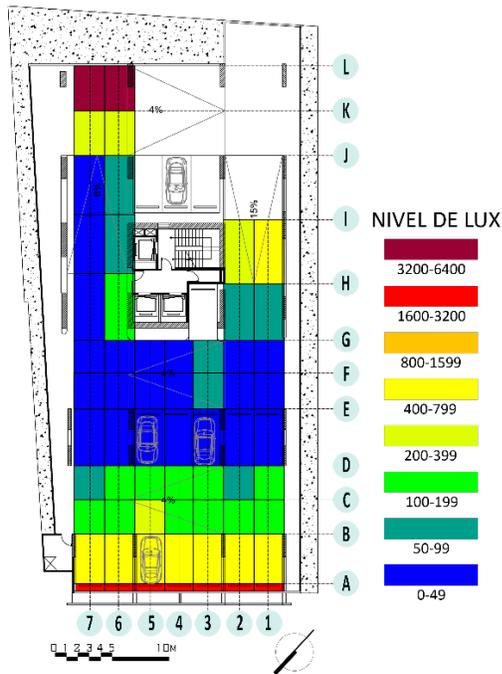


Figura 12. Rangos de iluminación dentro del nivel 700



Figura 13. Vista del E5 en el nivel 700

En el nivel 500, la mayor fuente de luz se da a partir de la columna A, debido a que es la más cercana a la única fachada que no está cerrada por alguna pared ciega y obtiene alguna fuente de luz natural por la malla perforada. (ver Figura 14). El punto más bajo de iluminación llega a 0 lux por la sombra que provoca una de las columnas, este se encuentra en el sector I0. (ver Figura 15).

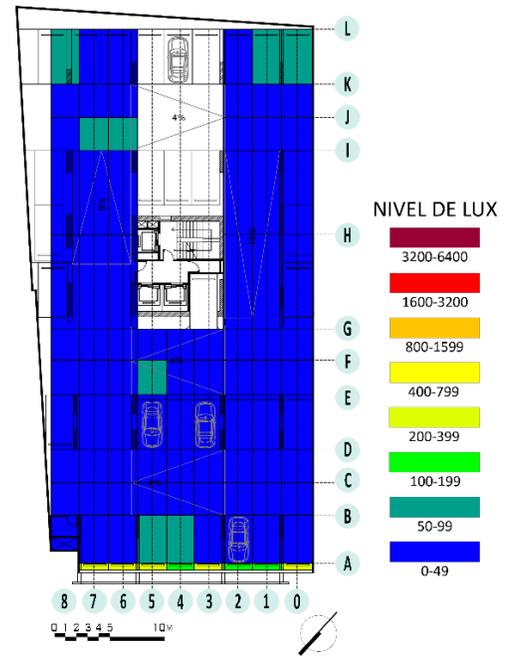


Figura 14. Rangos de iluminación dentro del nivel 500

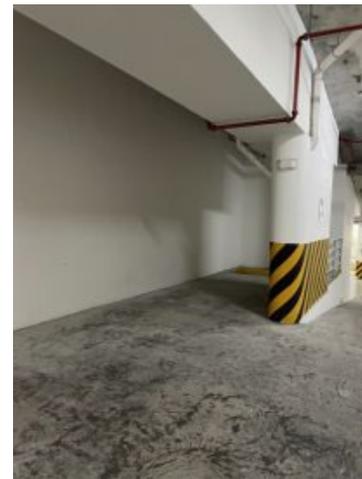


Figura 15. Vista del I0 en el nivel 500

### 3.4 Tabla y gráfica de los niveles de lux exterior e interior en el nivel 700 y 500 de estacionamiento

**Nivel 700:** Esta fuente de información se obtuvo en un rango de 11 minutos (10:41 a.m. - 10:52 a.m.). La mayor fuente de iluminación exterior se dio a partir de las 10:41 a.m. con un nivel de 22,300 lux y el más bajo se dio a partir de las 10:52 a.m. con 17,268 lux. En cambio, en el interior con el punto más alto se da a partir de las 10:52 a.m. en el L7 con 4640 lux y el más bajo a las 10:48 a.m. en el E5 con 26 lux. (ver Figura 16).

MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN DENTRO DEL NIVEL 700 (ESTACIONAMIENTO)							
Hora externa	10:41 a.m.	10:41 a.m.	10:43 a.m.	10:43 a.m.	10:48 a.m.	10:48 a.m.	10:52 a.m.
Nivel de lux ext.	22,300	22,300	18,100	18,100	17,268	17,268	17,310
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,010	2,020	1,770	1,920	2,360	2,200	2,250
B	530	521	430*	525	530*	504	440
C	160	142	150	167	203	167	127
D	102	93	125	107	180	104	85
E	41	31	40	33	26*	36	40
F	46	35	54	40	47	37	35
G	48	40	50	38	43	38	42
H	65	79				125	32
I	430	333				94	30
J						64	36
K						350	310
L						3500	4640

LEYENDA  
 — NIVEL DE LUX MÁS ALTO  
 — NIVEL DE LUX MÁS BAJO  
 \* AUTOS ESTACIONADOS

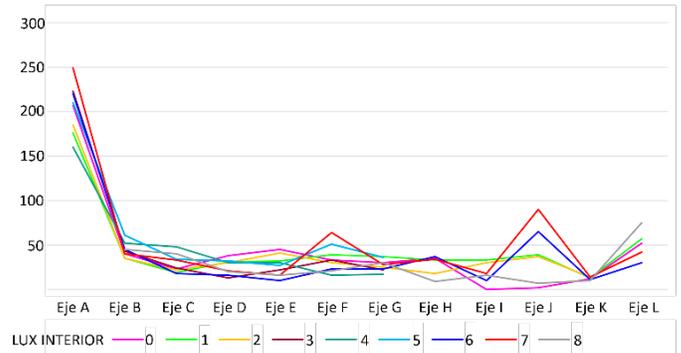


Figura 17. Tabla y gráfica del nivel 500

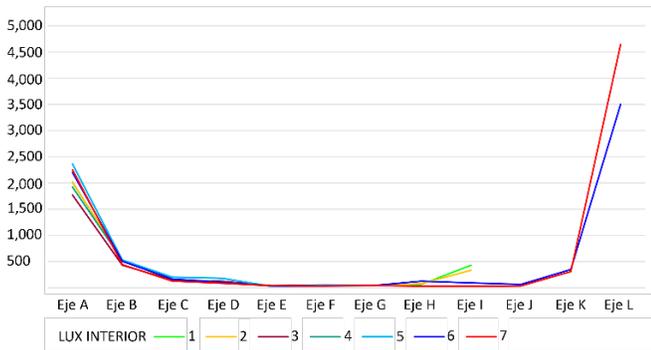


Figura 16. Tabla y gráfica del nivel 700

**Nivel 500:** Esta fuente de información se obtuvo en un rango de 12 minutos (11:30 a.m. - 11:42 a.m.). La mayor fuente de iluminación exterior se dio a partir de las 11:30 a.m. con un nivel de 11,520 lux y el más bajo se dio a partir de las 11:42 a.m. con 9,850 lux. En cambio, en el interior con el punto más alto se da a partir de las 11:37 a.m. en el A7 con 249 lux y el más bajo a las 11:30 a.m. en el I0 con 0 lux. (ver Figura 17).

MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN DENTRO DEL NIVEL 500 (ESTACIONAMIENTO)									
Hora externa	11:30 a.m.	11:30 a.m.	11:33 a.m.	11:33 a.m.	11:36 a.m.	11:36 a.m.	11:37 a.m.	11:37 a.m.	11:42 a.m.
Nivel de lux ext.	11,520	11,520	11,430	11,430	11,540	11,540	10,360	10,360	9,850
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A	207	176	185	223	160	210	220	249	45
B	40	35	35*	43	52	61	45	40	45
C	23	19	22	24	48	34	18	33	40
D	38	31	30	13	30	32	16	21	20
E	45	32	41	22*	30	27*	10	16	16
F	33	39	30	33	16	51	23	64	21
G	30	37	25	22	17	36	23	28	30
H	35	33	18				37	34	9
I	0	33	30				10	18	16
J	2	39	37				65	90	7
K	12	13	14				11	14	10
L	52	57	42				30	42	75

LEYENDA  
 — NIVEL DE LUX MÁS ALTO  
 — NIVEL DE LUX MÁS BAJO  
 \* AUTOS ESTACIONADOS

**3.5 Simulación de asoleamiento considerando el entorno urbano.**

Deluxe Residence – Nivel 700 (24 de noviembre 2021-10:00 a.m.): Durante esa hora del día los edificios obstaculizan la entrada directa de luz natural a pesar de que en este caso si tenga más aberturas por la fachada norte y sur. (ver Figura 18).



Figura 18. Nivel 700 – 10:00 a.m.

Deluxe Residence – Nivel 500 (24 de noviembre 2021): Nula entrada de luz directa por los edificios que lo rodea y por la poca cantidad de abertura en las paredes. (ver Figura 19).



Figura 19. Nivel 500 – 10:00 a.m.

## 4. DISCUSIONES

- El día (24 de noviembre del 2021) se tomaron las mediciones en un lapso de 1 hora y 1 minuto (10:41 a.m. a 11:42 a.m.), el tiempo se encontraba nuboso, por lo tanto, la iluminación que se tomó en cuenta en el exterior fue difusa e indirecta.
- Al realizar las mediciones interiores, no se permitió hacer la comparación de los niveles de iluminación con las luces artificiales apagadas, por lo que influye en los resultados de los niveles de lux en el interior.
- Se recomienda que para estacionamientos los niveles de iluminación vayan de entre 20 a 30 lux. [9]. Las mediciones arrojaron datos que cuestionan los niveles óptimos para este espacio, alcanzando niveles mínimos de 26 lux en el nivel 700 y 0 lux en el nivel 500. Estos resultados se podrían analizar más a profundidad si se toma en cuenta la forma en la que influye la cantidad de luces por nivel, el color de las paredes, el uso distintos materiales en el cerramiento y las alturas entre niveles.
- El estudio se realizó tomando la comparativa de un nivel que utilizaba malla perforada con otro que incluía vidrio en su diseño de la fachada frontal, diseño que es más eficiente para la obtención de luz natural. Considerando esto, se sugiere realizar el estudio en espacios con condiciones similares para corroborar la información obtenida.
- Las ventanas tienen un rol importante en el diseño de edificios pues éstas deben permitir la entrada de la iluminación difusa y a la vez controlar la entrada de la radiación solar directa. La ventana óptima para reducir cargas energéticas es la que cuanto más grande sea, más importante es su función de control del deslumbramiento y de la ganancia de radiación solar [10]. Se deben diseñar y ubicar en función de la orientación solar y los vientos predominantes. Pero no siempre es posible orientar las ventanas para controlar la radiación directa. Es aquí donde elementos de control como los quiebras soles o elementos como la malla perforada aparecen para proteger y reflejar la radiación solar.
- El nivel 500 se encuentra rodeado por una pared ciega excepto en la fachada frontal donde se encuentra el cerramiento de malla perforada por lo que presenta menor iluminación y mayor uso de luces artificiales.
- Mientras que el nivel 700, ubicado hacia el norte recibe la luz natural de las mañanas y presenta más aberturas que el nivel 500 por lo que presenta mayor iluminación y menor uso de luces artificiales.
- El nuevo Reglamento de Edificación Sostenible (RES) [11] sugiere el uso de controles fotoeléctricos y/o sensores de ocupación que permitan el ahorro energético.
- Es este aspecto que requiere revisión y se recomienda ampliar el estudio en función de reducir el consumo

energético que genera el mayor uso de luces artificiales en el nivel 700 y en algunas áreas del nivel 500. Sin embargo, cabe señalar que, en el edificio estudiado, el Deluxe Residence, es ocupado por un gran porcentaje de la comunidad religiosa judía por lo que el diseño responde a las necesidades de sus costumbres religiosas, específicamente la del día sábado (Sabbat) en donde los judíos observantes no encienden ni apagan la luz, así como ningún otro aparato eléctrico, para no violar el precepto de no encender fuego en todas vuestras moradas en el día del sábado.

## 5. CONCLUSIONES

- El nivel 700 tiene mayores niveles de iluminación con un promedio de 489 lux, llegando a un máximo de 4640 lux y un mínimo de 26 lux. El nivel 500 cuenta con un promedio de 46 lux, llegando a un punto máximo de 249 lux y un mínimo de 0 lux.
- Como resultado tenemos que los rangos de iluminación en el nivel 700 es mayor por la fachada frontal de vidrio, a diferencia del nivel 500 con una fachada frontal de malla perforada que reduce la entrada de iluminación natural.
- Al hacer la simulación nos dio como resultado que no hay entrada de luz directa en los niveles de estacionamientos estudiados, esto quiere decir que la luz que entra es difusa, externa e indirecta. Este resultado se tomó en base a la orientación solar del 24 de noviembre del 2021 a las 10:00 a.m.

## AGRADECIMIENTO

Este estudio es para el Proyecto de Investigación y Desarrollo (i+D) denominado #MUVEE PANAMA, liderado por el Investigador Principal (IP) Dr. Jorge Isaac Perén y financiado por SENACYT.

Agradecemos a la administración del edificio Deluxe Residence, primordialmente a la Lic. María Luisa Bellorín por permitirnos entrar a las instalaciones.

Se agradece también a los investigadores del proyecto #MUVEE PANAMA Denisse Medina y José Ojeda, quienes fueron asistentes del SusBCity Lab. 21.2 junto a la asignatura Innovación Científica y Tecnológica.

## REFERENCIAS

- [1] Acosta, I., Campano, M. N., & Molina, J. F. Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied Energy*, vol. 168, pp. 493–506, 2016.
- [2] F. Chi, Y. Wang, R. Wang, G. Li, and C. Peng, "An investigation of optimal window-to-wall ratio based on changes in building orientations for traditional dwellings", *Solar Energy*, vol. 195, pp. 64–81, 2020.
- [3] Rubeis, T. de, Nardi, I., Muttillio, M., Ranieri, S., & Ambrosini, D. "Room and window geometry influence for daylight

- harvesting maximization – Effects on energy savings in an academic classroom". *Energy Procedia*, vol. 148, pp. 1090–1097, 2018.
- [4] Mangkuto, R., Rohmah, M., & Asri, A. D. Design optimization for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics. *Applied Energy*, vol.164, pp. 211–219, 2016.
- [5] A. R. Amaral, E. Rodrigues, A. R. Gaspar, and Á. Gomes, “A thermal performance parametric study of window type, orientation, size and shadowing effect”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 26, pp. 456–465, 2016.
- [6] Solís, C., Jaureguizar, L., Ariza, J., Mojica, E., & Perén, J. Evaluación de la luz natural en salón de estudio de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá. *SusBCity*, vol. 3, no. 1, pp. 54-58, 2021.
- [7] Araúz, A., Lee, C., Segundo, D., & Perén, J. Caracterización lumínica del centro de operaciones del Banco General. *SusBCity*, vol. 1, no. 1, pp. 40-45, 2019.
- [8] Beitia, J., Gonzalez, A., Guardia, B., Guerra, A., & Perén, J. Evaluación de la iluminación natural y del rendimiento de quiebrasoles en el edificio de oficinas 205 - SENACYT. *SusBCity*, vol. 2, no. 1, pp. 9-17, 2020.
- [9] The National Optical Astronomy (NOAO), operado por The Association of Universities for Research in Astronomy, Inc (AURA), “Niveles de iluminación recomendados”
- [10] Khaled Alhagla, Alaa Mansour, Rana Elbassuoni, “Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving” *Alexandria Engineering Journal* (2019) 58, 283–290.
- [11] Resolución No. 035, de la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA), de 26 de junio de 2019: Reglamento de Edificación Sostenible (RES)”.

Fecha de Recepción: 20 de diciembre de 2021

Fecha de Aceptación: 6 de marzo de 2022