

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Arquitectura

**LAS DINÁMICAS ESPACIO URBANO- FACTOR TEMPORAL Y SU
INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN DE ISLAS DE CALOR EN
EL PASEO CÍVICO DE LA CIUDAD DE
TACNA 2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Fiorella Mirella Ticona Nina

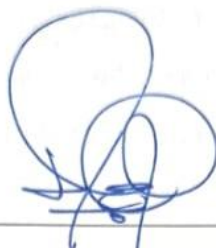
Para optar por el Título Profesional de:

ARQUITECTO

TACNA - PERÚ

2025

JURADOS



MTRO. ARQ. INÉS DEL CARMEN JIMÉNEZ GARCÍA

Presidente



MSC. ARQ. ALBERTO EFRAÍN BARBACHÁN PALACIOS

Secretario



ARQ. FRANCISCO PERCY TORRICO FRISANCHO

Accesitario



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Mag. Arq. Carlos Iván Salamanca Oviedo, en mi condición de asesor de Tesis acreditado por la Resolución de Facultad N°312-2024-FIAG/UNJBG para el asesoramiento del proyecto de tesis por investigación científica titulado: **"LAS DINÁMICAS ESPACIO URBANO-FACTOR TEMPORAL Y SU INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN DE LAS ISLAS DE CALOR EN EL PASEO CÍVICO DE LA CIUDAD DE TACNA 2024"** presentada por el Bachiller Fiorella Mirella Ticona Nina para optar el título Profesional de Arquitecto.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del Software Antiplagio TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es de 4%, por lo que CERTIFICÓ LA SIMILARIDAD de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se remite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.

Atentamente.



Firma de Asesor de Tesis
DNI N° 00471788
Mag. Arq. Carlos Iván Salamanca Oviedo



Firma del Autor
DNI N° 77173736
Bach. Fiorella Mirella Ticona Nina

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, acompañarme y ser mi guía en cada paso de mi vida, a mis padres y hermanos por ser mi motivación, a mi novio por su amor, apoyo y soporte y a mi fiel compañera Roxy.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Carlos Iván Salamanca Oviedo, por su orientación en la realización de esta investigación por sus valiosos aportes y por las enseñanzas brindadas. A todos los docentes de mi querida escuela de arquitectura gracias por ser parte de mi formación profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Formulación de las hipótesis.....	4
1.4.1 Hipótesis general.....	4
1.4.2 Hipótesis específicas.....	4
1.5. Variables	4
1.6. Matriz de consistencia.....	4
1.7. Operacionalización de variables.....	4
1.8. Justificación.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Dinámica Espacio Urbano – Temporal.....	9
2.2.2. Islas de Calor	14
2.3. Definición de términos	18
2.3.1. Urbanismo	18
2.3.2. Medio Ambiente Urbano	18

2.3.3. Microclimas	18
2.3.4. Saltos Térmicos	18
2.3.5. Condiciones climáticas	19
2.3.6. Anomalías Térmicas	19
2.3.7. Máximo térmico.....	19
2.3.8. Isotermas	19
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Paradigma	20
3.2. Tipo de Investigación	20
3.3. Diseño de Investigación	20
3.4. Método o Enfoque.....	21
3.5. Alcance	21
3.6. Universo y Muestra	21
3.6.1. Universo.....	21
3.6.2. Muestra.....	22
3.7. Unidad de análisis y de observación	22
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	23
4.2. Descripción de los métodos empleados	24
4.2.1. Método de los transectos	24
4.2.2. Análisis Fotogramétrico.....	24
4.3. Características de los materiales investigados	25
4.3.1. Registro de sensores móviles	25
4.3.2. Imagen digital “Ortofoto”	25
4.4. Protocolos de investigación de campo y de laboratorio	26
4.4.1. Protocolo para la toma de Temperatura, humedad y vientos	26
4.4.2. Protocolo para la toma de Radiación indirecta.....	28
4.4.3. Protocolo para levantamiento fotogramétrico.....	29
4.5. Métodos de Análisis de datos	30
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Presentación de Resultados	31
5.1.1. Aspecto Urbano.....	31

5.1.1.1. <i>Morfología Urbana</i>	31
5.1.1.2. <i>Materialidad constructiva</i>	34
5.1.2. <i>Aspecto climático</i>	37
5.1.2.1. <i>Temperatura</i>	41
5.1.2.2. <i>Intensidad de Vientos</i>	50
5.1.2.3. <i>Humedad</i>	55
5.1.2.4. <i>Efecto Albedo</i>	56
5.2. <i>Análisis y discusión de Resultados</i>	60
5.2.1. <i>Mapas de Isotherma y comportamiento de la temperatura ambiental</i>	61
5.2.2. <i>Morfología y flujo de aire.</i>	64
5.2.3. <i>Características térmicas de la materialidad y el efecto albedo.</i>	65
5.3. <i>Comparación de resultados con antecedentes</i>	66
5.4. <i>Limitaciones encontradas</i>	68
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
6.1. <i>Conclusiones</i>	69
6.2. <i>Recomendaciones</i>	70
CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO VIII ANEXOS	77
8.1. <i>Archivo fotográfico</i>	77
8.2. <i>Instrumentos utilizados</i>	90
8.2.1. <i>Ficha técnica de termohigrómetro</i>	90
8.2.2. <i>Ficha técnica de anemómetro</i>	91
8.2.3. <i>Ficha técnica de DRON</i>	92
8.2.4. <i>Ficha técnica de cámara térmica</i>	93
8.2.5. <i>Ficha técnica de Piranómetro</i>	94
8.3. <i>Otros</i>	95
8.3.1. <i>Tabla de Operacionalización de Variables</i>	95
8.3.2. <i>Tabla de Matriz de Consistencia</i>	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación y Características fundamentales de las islas de calor urbano.....	15
Tabla 2	Relación de islas de calor urbanas y el balance de energía.....	17
Tabla 3	Técnicas e instrumentos según indicadores.....	23
Tabla 4	Características y propiedades térmicas de los materiales.....	36
Tabla 5	Periodo de registro de toma de muestras.....	37
Tabla 6	Tabla de 05 Días con registro de mayor temperatura.....	43
Tabla 7	Tabla de 05 días de temperaturas media.....	44
Tabla 8	Tabla de 05 días de temperaturas mínimas.....	45
Tabla 9	Tabla de promedios de flujos de aire.....	53
Tabla 10	Promedios de la humedad en los días de mayor temperatura.....	55
Tabla 11	Puntos de monitoreo de la radiación indirecta en el día de mayor temperatura.....	56
Tabla 12	Promedios de la humedad en los días de mayor temperatura.....	60
Tabla 13	Operacionalización de variables.....	95
Tabla 14	Matriz de variables.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vida urbana y cambio climático.	2
Figura 2 Comportamiento térmico en un medio urbano	11
Figura 3 Representación esquemática de las características de los materiales fríos.....	13
Figura 4 Representación gráfica de Cañón urbano.....	14
Figura 5 Escalas espaciales para el estudio de fenómenos climáticos.....	16
Figura 6 Delimitación de la Zona Monumental de la ciudad de Tacna.....	21
Figura 7 Delimitación de la unidad de análisis.....	22
Figura 8 Representación esquemática de los métodos de análisis de datos.....	30
Figura 9 Mapa de la trama urbana y Mapa de vacíos y llenos urbanos del paseo cívico de la unidad de análisis.	32
Figura 10 Zona de cañones urbanos en el Paseo Cívico de la ciudad de Tacna.....	33
Figura 11 Modelo fotogramétrico del relieve urbano del Paseo Cívico de la ciudad de Tacna.....	33
Figura 12 Porcentaje de edificaciones según sus niveles de piso.....	34
Figura 13 Materialidad de superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.....	34
Figura 14 Superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.....	35
Figura 15 Mapa de superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.....	35
Figura 16 Fotografías aéreas de materialidad de las superficies en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.	36
Figura 17 Mapa de distribución espacial de la disposición de los puntos de monitoreo de temperatura, humedad y viento del paseo cívico de la ciudad de Tacna.....	38
Figura 18 Puntos de monitoreo 1,2,3,13,14,15,34,35 y 36, inicio, mitad y final de rutas de recorrido.	39
Figura 19 Mapa de distribución espacial de la disposición de los puntos de monitoreo de radiación del paseo cívico de la ciudad de Tacna.	40
Figura 20 Puntos de monitoreo de radiación 2,4,8,14,15 y 17.	41
Figura 21 Diagrama de los máximos térmicos de la temperatura de cada día de monitoreo.....	42

Figura 22 Pasos para la codificación de los datos de temperaturas máximas.	42
Figura 23 Tablas de máximos térmicos clasificados en mayor, media y menor temperatura cada 5 días.	42
Figura 24 Mapa de isotermas de la temperatura máxima durante 5 días de monitoreo.	47
Figura 25 Mapa de isotermas de la temperatura media durante 5 días de monitoreo.	48
Figura 26 Mapa de isotermas de la temperatura máxima durante 5 días de monitoreo.	49
Figura 27 Gráfico de la velocidad promedio del viento en septiembre en la ciudad de Tacna. .	50
Figura 28 Túnel del viento de la velocidad _ sección izquierda.....	51
Figura 29 Túnel del viento de la velocidad _ centralizada.	51
Figura 30 Túnel del viento de la velocidad _derecha.....	52
Figura 31 Representación de promedios de la velocidad del flujo del aire en días de mayor temperatura.	54
Figura 32 Mapa de puntos de monitoreo de la radiación indirecta en el día de mayor temperatura.	57
Figura 33 Imagen térmica de la radiación indirecta en espacios de la ZONA 1.	58
Figura 34 Imagen térmica de la radiación indirecta en espacios de la ZONA 2.....	59
Figura 35 Mapa de superposición y promedio de temperaturas registradas.	63

RESUMEN

El paseo cívico de la ciudad de Tacna es uno de los espacios público urbanos de mayor importancia en la ciudad, debido a su carácter cívico, turístico y su papel vital como espacio de socialización y convivencia. Es por ello que el aspecto climático juega un papel importante, ya que su configuración puede influir en la percepción del confort térmico de los usuarios, más aún en la actualidad que enfrentamos diversos fenómenos climáticos extremos, por lo cual es necesario comprender las dinámicas del espacio y tiempo a una menor escala.

En este contexto, el estudio de las islas de calor es importante porque ayuda a entender la relación entre el clima y las áreas urbanas. Aunque las islas de calor se definen como la diferencia de temperatura entre una ciudad y sus alrededores, esta investigación aplica este concepto en un espacio público específico. Esta aproximación permite tener como objetivo identificar la formación de islas de calor a partir del estudio de las dinámicas espacio urbano y factor temporal teniendo como condicionantes la acción de la temperatura, viento, albedo, morfología y materialidad.

Se realizó una evaluación de las condiciones climáticas mediante transectos y un análisis fotogramétrico de las condiciones urbanas, lo que llevó a la creación de mapas de isoterma y un modelo del relieve urbano con ortofoto. Se identificaron 4 islas de calor con temperaturas máximas de $+10.2^{\circ}\text{C}$ a $+12.2^{\circ}\text{C}$, en donde la configuración urbana, obstáculos y vegetación afectan el flujo del aire y la distribución del calor. La materialidad y albedo también son importantes por su baja reflectancia y alta emisividad, que contribuyen a la acumulación de calor.

Con ello podemos indicar que el tiempo y la dinámica del espacio urbano influyen en la creación de islas de calor y son importantes para entenderlas, especialmente en espacios públicos. Estas dinámicas están conectadas y se afectan mutuamente, haciendo que la formación de islas de calor sea un proceso complejo y variabilidad a lo largo del tiempo.

ABSTRACT

This study analyzes heat islands in the civic promenade of Tacna, an urban public space of great importance due to its civic, touristic and social character. The research focuses on understanding the relationship between climate and urban areas, and how climatic and urban conditions influence the formation of heat islands. Climatic and urban conditions were evaluated through transects and photogrammetric analysis, identifying 4 heat islands with maximum temperatures from +10.2°C to +12.2°C. The results show that urban configuration, obstacles, vegetation, materiality and albedo influence heat distribution and the formation of heat islands. It is concluded that time and the dynamics of urban space are fundamental to understanding the creation of heat islands in urban public spaces, and that this understanding is essential to develop effective strategies to mitigate the effects of urban heat and improve the quality of life of the city's inhabitants.

Keywords: Heat islands, Climate change, Urban morphology, Temperature, Wind, Urban public spaces

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

En la actualidad vivimos en una época donde los fenómenos meteorológicos extremos son más frecuentes esto debido al cambio climático, el cual está vinculado directamente con el rápido crecimiento demográfico y expansión urbana acelerada (Evans J. & Schiller S.,2005) la cual se ha ido manifestando a lo largo de las últimas décadas. Se proyecta que para 2050 la población urbana se duplique, tiempo en el que aproximadamente 70% de la población mundial habitarán en ciudades, esto seguirá generando un ritmo acelerado de transición urbana y acelerada adaptación al cambio climático para lo cual se debe empezar a optar nuevas medidas. (Banco Mundial,2023). El Perú es un país de territorio puramente urbano. Según el censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del año 2017, el 79.3% de los habitantes de Perú residen en zonas urbanas, lo que conlleva a un mayor una serie de desafíos ambientales y una mayor vulnerabilidad de los impactos del cambio climático, como variabilidad climática y eventos extremos.

De acuerdo con el monitoreo de temperaturas realizado por el SENAMHI el año 2023, el cambio climático ha representado aumentos de temperatura en diferentes regiones del Perú, dependiendo de las características de sus climas se ha reportado las temperaturas más altas de los últimos 60 años. Durante el verano, la temperatura más alta a nivel nacional se registró en la estación ubicada en Aramango, Amazonas con un registro de temperatura máxima de 39.2°C, mientras en Tacna se registró una temperatura máxima de 31.4° en el distrito de Sama. No obstante, las anomalías térmicas registradas a mediados de años fueron notablemente altas durante el mes de octubre, con más de 96 localidades estableciendo récords de temperatura diurna, este mes fue crucial pues se registró la temperatura más elevada de 2023, llegando a los 41.4 °C (cifra documentada entre el 27 de septiembre y el 7 de octubre), representando la tercera temperatura más elevada en los registros del Senamhi. (SENAMHI,2023).

Se debe tener en cuenta que estas temperaturas son el grado de calor registrado de manera oficial en la atmósfera; de tal manera que la sensación térmica que las personas presentan es igual o en la mayoría de sus casos superior dependiendo de la dinámica climatológica de cada región y, sobre todo a los organismos de cada persona pues es percibida de manera subjetiva. Navarra M.(s.f.). Bajo esta coyuntura la vida urbana de los ciudadanos se ve afectada debido no solo por los cambios climáticos, sino también por la configuración de los espacios públicos como escasa cobertura vegetal, la falta de sombra, exposición directa a la radiación solar, falta de ventilación por la presencia de obstáculos, todo ello puede producir a la concentración de calor en los espacios públicos, contribuyendo a la formación de islas de calor.

Figura 1

Vida urbana y cambio climático.



Nota: Elaboración propia con fotografías del autor.

Ante este panorama, el interés de esta investigación radica en identificar la formación de islas de calor a partir de su dinámica en el espacio urbano como en el factor tiempo, resultando fundamental su conocimiento para establecer las primeras pautas para el desarrollo de estrategias y medidas de planificación que permitan mitigar los efectos del cambio climático, siendo esto necesario para generar el confort térmico en los espacios públicos y con ello la mejora de la calidad de vida urbana de los ciudadanos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la dinámica espacio urbano – factor temporal influye en la formación de islas de calor en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida los mapas de isotermas permiten identificar el comportamiento de la temperatura ambiental del paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024?
- ¿En qué medida la morfología urbana determina el flujo de aire en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024?
- ¿Cómo influye las características térmicas de la materialidad en el efecto albedo en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Identificar la formación de islas de calor a partir de la dinámica espacio urbano-factor temporal en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar los mapas de isotermas para identificar el comportamiento de la temperatura ambiental del paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.
- Analizar la morfología urbana para determinar el flujo de aire en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.
- Determinar las características térmicas de la materialidad que influyen en el efecto albedo en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.

1.4. Formulación de las hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La dinámica espacio urbano- factor temporal influye en la formación de islas de calor en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Los mapas de isotermas elaborados permiten identificar la variación de temperatura ambiental en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.
- La morfología urbana determina el flujo de aire en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.
- Las características térmicas de la materialidad influyen en el efecto albedo en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.

1.5. Variables

Se cuenta con dos variables:

- Variable Independiente: DINÁMICA ESPACIO URBANO- FACTOR TEMPORAL

- Variable Dependiente: FORMACIÓN DE ISLAS DE CALOR.

1.6. Matriz de consistencia

Ver tabla en anexos: Tabla de Matriz de Consistencia.

1.7. Operacionalización de variables

Ver tabla en anexos: Tabla de Operacionalización de variables.

1.8. Justificación

La ciudad de Tacna presenta al igual que muchas ciudades del Perú, enfrenta el desafío del deterioro y escasez de la cobertura vegetal, debido al uso excesivo del suelo para el desarrollo inmobiliario urbano y la falta de mantenimiento de áreas verdes de los espacios públicos, esta situación no solo afecta la estética de la ciudad, sino que también tiene un impacto significativo en la calidad de vida de los ciudadanos y en el medio ambiente.

En este contexto, la investigación tiene como objetivo principal analizar la formación de islas de calor en el Paseo Cívico de Tacna, considerado el corazón de la ciudad y el espacio público urbano más importante debido a las actividades cívicas, turísticas y cotidianas que se realizan, lo que genera una gran afluencia de la población. El Paseo Cívico es un espacio emblemático de la ciudad, donde se concentran diversas actividades y eventos que atraen a una gran cantidad de personas.

La importancia de estudiar la formación de las islas de calor en un espacio público es generar un precedente de estudio que identifique y caracterice las dinámicas urbanas y temporales, en un espacio público emblemático e importante de la ciudad, siendo el punto de inicio para establecer estrategias de planificación urbana que ayuden a prevenir y mitigar los efectos del cambio climático a corto y largo plazo para la mejora del confort térmico de los ciudadanos de la ciudad de Tacna.

Esta investigación pretende también estar alineada a una problemática global del cambio climático y se categoriza dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ODS 13 "Acción por el clima". Contribuyendo a la búsqueda de soluciones sostenibles e innovadoras, esto refleja la importancia de abordar el cambio climático de manera integral y de buscar soluciones innovadoras y efectivas para mitigar sus efectos a través de un estudio que de inicio a la búsqueda de pautas y estrategias urbanas que permitan reducir la vulnerabilidad de las ciudades peruanas frente al cambio climático, y promover un desarrollo urbano sostenible y resiliente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La autora Larena (2022) centró una de sus investigaciones en la problemática del desconocimiento de la configuración y formación de la Isla de Calor Urbana, por lo cual su objetivo fue describir y caracterizar la dinámica espacio-temporal de la Isla de Calor Urbana en el área urbanizada limítrofe de la ciudad de México, para lo cual se utilizó los registros de las estaciones meteorológicas activas desde 1980 a 2019. Concluyendo que la configuración de la Isla de Calor Urbana presenta una variación de crecimiento año tras año. Si bien las más altas temperaturas se producen durante el día, también se observó que durante las Islas de Calor Urbana nocturnas se intensifican los saltos térmicos, mientras que las diurnas se caracterizan por el alto nivel de radiación solar esto debido a la escasez de áreas verdes y mayor presencia de construcciones urbanas como también a la acumulación del calor antropogénico. Los principales hallazgos de esta investigación han sido la definición y confirmación de que la Isla de Calor en la Ciudad de México es un impacto dinámico y variable que se produce en diferentes horas del día, meses del año y la agrupación de años de estudio.

Asimismo, el autor José M. Cuadrat (2022) enfocó su investigación en el análisis de la intensidad y variabilidad temporal de la Isla de Calor Urbana en Zaragoza (España), evaluando el papel del viento como factor importante y condicionante atmosférico. El autor logró obtener datos de la temperatura a través de los datos proporcionados por la red meteorológica urbana de mesoescala de la ciudad, donde se determinó una frecuencia de 1° o 2°C más alta en centro de ciudad que en sus alrededores, en algunos casos registraba 8°C más alta. Determinando que la Isla de Calor Urbana en verano es mucho más intensa (una media de 2,5°C por hora) en comparación del invierno (una media de 2,5°C por hora) y más intenso por la noche que por el día. El valor más alto en temperaturas se alcanza en circunstancias atmosféricas tranquilas; sin embargo, este valor es muy limitado con vientos superiores a 10 km/h y prácticamente desaparece con vientos superiores a 50 km/h.

Durante el mismo año los autores Lozada & Camilloni (2022) analizaron la evolución espacio-temporal de la Isla de Calor Urbana Superficial en tres ciudades argentinas, ciudades donde se encontró que en gran parte la media anual en invierno y verano, la temperatura de la superficie urbana es en promedio más alta que la superficie rural durante la noche. En la ciudad de Buenos Aires se puede observar el mayor grado de variación, ya que en el verano puede llegar a $+2^{\circ}\text{C}$ y en el invierno a solo $1,5^{\circ}\text{C}$. En ocasiones, la intensidad disminuye durante el día, lo que provoca el efecto de isla fría. Los resultados muestran que, en las tres ciudades examinadas, tanto durante la noche como durante el día, en temporada de verano, la Isla de Calor Urbana Superficial está siempre presente. De igual manera, en la ciudad de Buenos Aires, donde viven más del 30% de los habitantes del país, se evidencia un aumento en la cantidad media y máxima de la Isla de Calor Urbana Superficial diurna. Por lo tanto, debido a los riesgos ambientales y sociales asociados con el aumento sostenido de las temperaturas urbanas, la reducción de este fenómeno debe ser una prioridad en la planificación urbana.

Los autores Athanassios Giannopoulos et al. (2021) estudiaron las islas de calor urbano a través de 11 estaciones fijas en zonas urbanas y ubicaciones seleccionadas para el monitoreo de las variaciones de temperaturas. Señalaron que el desarrollo de temperaturas ambientales más altas en las ciudades en comparación con las áreas rurales y suburbanas circundantes se conoce como fenómeno o efecto Isla de Calor Urbano, que es responsable de muchas circunstancias de incomodidad humana y aumento del consumo de energía. Su investigación tuvo por objetivo analizar la intensidad y persistencia del fenómeno de isla de calor urbano en el aire ambiente cercano al suelo en Patras, Grecia. Se consideró que cada área tiene sus propias características, dependiendo de factores geomorfológicos locales, condiciones climáticas y actividades antrópicas. Como conclusión se obtuvo las temperaturas del aire en las calles transversales y longitudinales determinando la influencia de la orientación de la calle en relación con la costa. Se encuentra que hay un efecto refrescante beneficioso de la circulación de aire hacia y desde el mar en las calles transversales a la orilla del mar que provocan temperaturas de aire algo más bajas.

Durante el mismo año, los autores Marco Morabito et al (2021), tuvieron como propósito de investigación el identificar el fenómeno de las Islas de Calor durante los días de verano y el determinar el papel que desempeñan las superficies impermeables y cubiertas de árboles en las 10 ciudades metropolitanas de la península italiana. Se observó que el aumento de las superficies impermeables en combinación a las bajas densidades de cobertura vegetal representó el principal proceso que impulsa el aumento de la intensidad de islas de calor diurno en verano. Se concluyó que la ecologización basada en la cubierta arbórea representa una de las estrategias de mitigación relacionadas con el calor basadas en la naturaleza más eficientes al proporcionar efectos refrescantes y varias otras ventajas ambientales y de calidad del aire. Por esta razón, plantar más árboles debería recibir atención en las ciudades, así como también implementar estrategias de mitigación más eficientes con el fin de salvaguardar el entorno urbano vulnerable y mejorar la calidad de vida de la población.

En el estudio realizado por los autores Villarreal et al. (2020), llevaron a cabo una investigación de las principales vías en la ciudad de Panamá donde se propusieron determinar la existencia y causas de islas de calor. Se utilizó un termohigrómetro para recopilar datos de temperatura en cuatro áreas de estudio en las temporadas de transición, lluviosa y seca a las durante los horarios de las 8:00 de la mañana, 2:00 de la tarde y 8:00 de la noche. Lo que permitió la creación de mapas que muestran isotermas mediante el método de interpolación de estadísticas geográficas (EBK). Determinándose que, durante la temporada de transición, las temperaturas máximas y mínimas 9°C en la mañana día, 8.1°C en la tarde y 2.4°C durante la noche. En la temporada seca, las temperaturas fueron de 7.8°C en el día, 9°C en el vespertino y 2.6°C en la noche. Tras las tomas realizadas se determinó que las islas de calor son causadas por edificios altos, el uso de automóviles, la materialidad predominante de asfalto para las calles y factores ambientales como la lluvia, las nubes y los vientos. Se llegó a la conclusión de que es necesario prestar atención a menor escala a la vegetación en las ciudades y calles, con el fin de crear microclimas que puedan contribuir a la reducción de las temperaturas.

Y finalmente, la investigación realizada por la autora Lusett, M. A. R. (2019) en la Zona Conurbana del río Pánuco tuvo por finalidad identificar las islas de calor mediante el estudio de la temperatura del aire en la noche, evaluando la morfología urbana y el albedo de las superficies. Se utilizó la metodología de estudio cartográfico a través del trazado de recorridos por el método de transectos para la realización de mapas de isotermas con imágenes satelitales para la identificación de temperaturas de las superficies y morfología urbana donde se localizaron las islas de calor. Llegando a la conclusión de la importancia en prestar atención a menor escala a la vegetación en las ciudades y calles, con el fin de crear microclimas que puedan contribuir a la reducción de las temperaturas. Los espacios abiertos con árboles en combinación con pavimentos de materiales y techos frescos se muestran como una estrategia eficaz para mitigar el fenómeno del sobrecalentamiento estival y mejorar el confort térmico exterior.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Dinámica Espacio Urbano - Temporal.

El término espacio viene del latín “spatium” y tiempo del latín “tempus”, ambos conceptos son alusivos a la existencia y movimiento de la persona, por lo tanto, son componentes de importancia en la vida del ser humano. Dentro de la geografía, la dinámica espacial se refiere a los cambios constantes que realizan los seres humanos en su entorno, transformando atemporalmente el medio que lo rodea y alterándolo. Los componentes de un espacio están en movimiento y en constante interacción entre sí, es por lo que se dice que es único y a la misma vez dinámico (Montufar, 2010). Por tanto, en este contexto se determina a la dinámica espacio urbano como al medio urbano modificado y a la dinámica temporal dentro de la climatología, como a la variación de los intercambios de energía entre partes diferentes de un ecosistema determinado, se refiere a la forma en que la energía se transfiere y se transforma entre diferentes componentes del ecosistema (como la absorción y reflexión), estos procesos pueden variar a diferentes escalas temporales, desde minutos hasta siglos, y pueden tener un impacto significativo en la forma en que los ecosistemas funcionan y se desarrollan.

2.2.1.1. El espacio urbano en la ciudad.

Según el autor Gehl, J. (2014), el espacio urbano en la ciudad es esencial para la vida urbana y por ello se debe partir desde una planificación y diseño de la ciudad donde su prioridad sea satisfacer las necesidades de los ciudadanos. Por ende, se debe dar importancia a un diseño propicio por ser este uno de los escenarios fundamentales para el desarrollo conjunto de la sociedad. La relación entre la vida urbana y el espacio es vital en la ciudad, pues son los espacios los que mejoran la calidad de vida urbana, promoviendo la interacción social y convivencia a través de su uso en actividades propias de la ciudad. Esto se da siempre y cuando estos cumplan y garanticen seguridad, identidad y pertenencia, pues la responsabilidad de organizar estos espacios recae en la planificación, mientras que el diseño es responsable de fomentar su uso progresivo al transmitir una sensación de permanencia e identidad.

A. Morfología Urbana.

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la Asociación Española de Geografía, la morfología urbana es el aspecto externo que representa a la ciudad, y esta depende de los siguientes factores:

- **La situación:** Se trata de la posición relativa respecto a un espacio geográfico.
- **El emplazamiento:** Es el medio físico donde se asienta una ciudad.
- **La trama urbana:** Es aquella que engloba las características morfológicas de una ciudad y se distingue entre cerrada (ciudad compacta) y abierta (ciudad con grandes espacios libres).
- **El tipo de edificación:** Se representa en el número de alturas (pisos).
- **La utilización de los espacios:** Se puede distinguir a través de las zonas en función de los usos y actividad predominante.

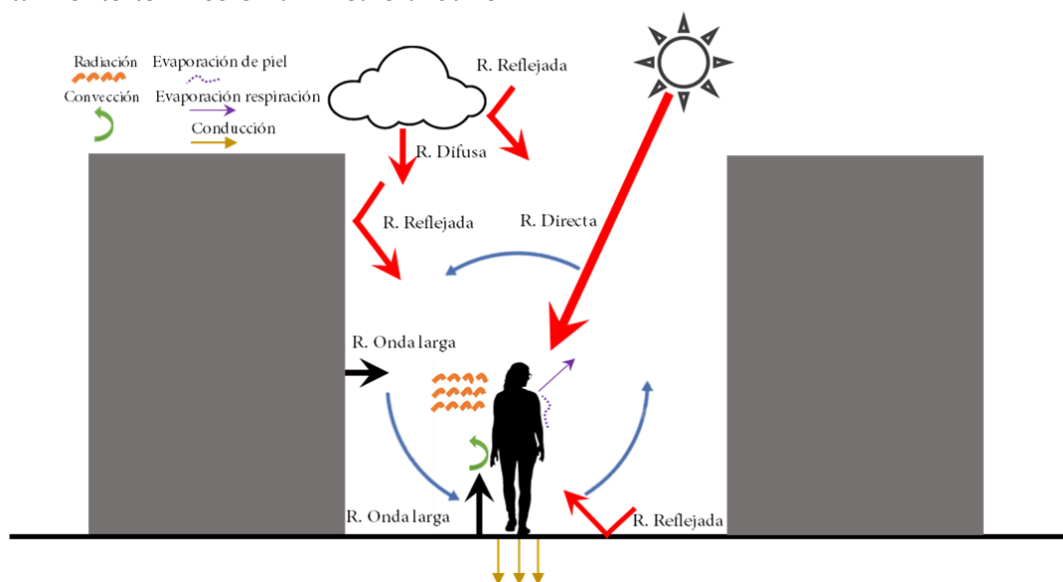
B. Materialidad Constructiva

Según Campos (2016), se puede clasificar la materialidad del paisaje urbano en: tradicionales (propios de su paisaje histórico), importados (por su coste o alta calidad) y contemporáneos (aquellos desarrollados a partir del siglo XX). Esto se evidencia en el espacio público y el privado pues todos estos materiales se han empleado, o se emplean para construir, edificar y urbanizar la ciudad. Cada material tiene propiedades propias y otras provocadas con nuevas técnicas y procedimientos de producción, que las hace diferente, propiedades que son importantes pues definirán cómo se comportarán en relación con al uso que sea destinado, a su entorno y los requisitos de mantenimiento que necesiten.

Doulos et al. (2004) indican que las propiedades térmicas y ópticas de los materiales constructivos determinan su comportamiento térmico, señalando que la emisividad térmica y su valor en la radiación solar de onda larga y onda corta (conocida también como albedo) son los elementos más influyentes. Por lo tanto, en la selección de los materiales a utilizar debe ser necesario para poder comprender su comportamiento frente al uso y una mejor planificación en el diseño de los espacios públicos.

Figura 2

Comportamiento térmico en un medio urbano



Nota: Elaboración propia.

2.2.1.2. Tiempo Atmosférico y clima.

De acuerdo con lo publicado en CIIFEN (2022), la meteorología es la ciencia que estudia las condiciones del tiempo, el clima y cambio climático. Las condiciones de tiempo generalmente permanecer estables solo un período breve, por lo que la diferencia entre el tiempo atmosférico y el clima se conoce como escala de tiempo. Por ello se debe tener claro los siguientes conceptos:

- **Tiempo:** Es el estado en el que se encuentra la atmósfera (combinación de parámetros temperatura, precipitación, viento, humedad, presión atmosférica y nubosidad) durante un período de tiempo relativamente corto, generalmente horas o pocos días.
- **Clima:** Por lo general, domina una zona específica durante un período prolongado, ya sea de meses, años o siglos.

A. Temperatura Ambiental.

Es la cantidad de energía calorífica que tiene el aire en un instante. Se mide utilizando termómetros, que generalmente miden la temperatura en grados Celsius (°C) y miden la sensación de calor y frío.

B. Intensidad de vientos.

Es el movimiento del aire en la atmósfera desde las áreas de alta presión a las de baja presión. A pesar de que este movimiento ocurre en todas las tres dimensiones del espacio, solo se mide su componente en el plano horizontal y su velocidad en meteorología. La velocidad es medida por el instrumento del anemómetro y expresada comúnmente en m/s o km/h (Navarra M., s.f.).

C. Efecto Albedo.

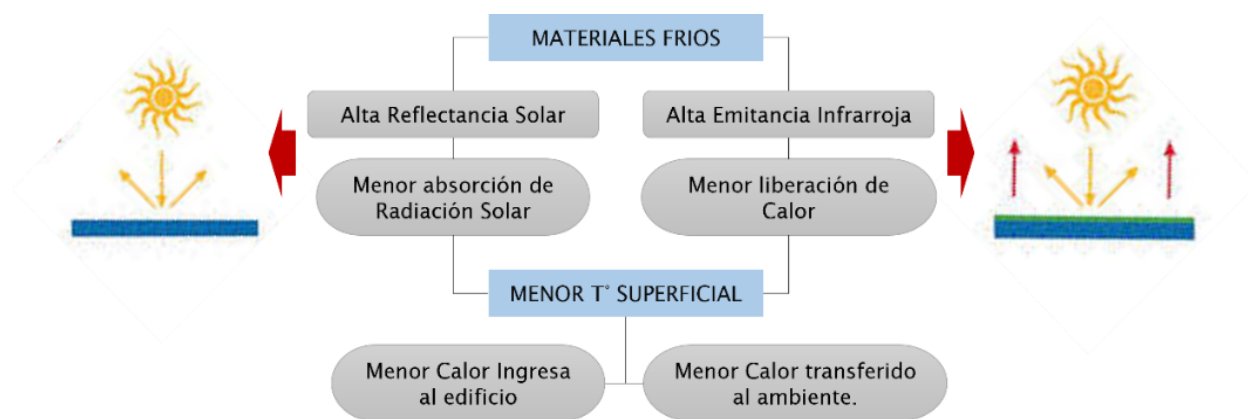
Según Santamouris et al. (2011), se define el albedo como la propiedad que tiene una superficie de reflejar la radiación solar que incide en ella, mientras más claro mayor reflectancia solar (reflejará 90% de la radiación solar y el 10% será absorbida) por tanto mayor su albedo,

cuando la superficie es oscura menor reflectancia solar (reflejará el 10% y 90% será absorbida). Se mide el albedo en una escala de 0 a 1, donde 0 cifra 0 indica que la superficie absorbe toda la radiación, mientras que la cifra 1 indica que la radiación se refleja en su totalidad.

Un estudio sobre las Islas de Calor, Erell et al. (2014) expusieron que la utilización de materiales fríos o de alto albedo para su mitigación, pues su alta reflectancia absorbe gran parte de la radiación solar y su alta emisividad infrarroja permite disparar el calor almacenado. Por lo tanto, la aplicación de materiales fríos en espacios abiertos puede proteger a los peatones y reducir el efecto isla de calor urbano.

Figura 3

Representación esquemática de las características de los materiales fríos



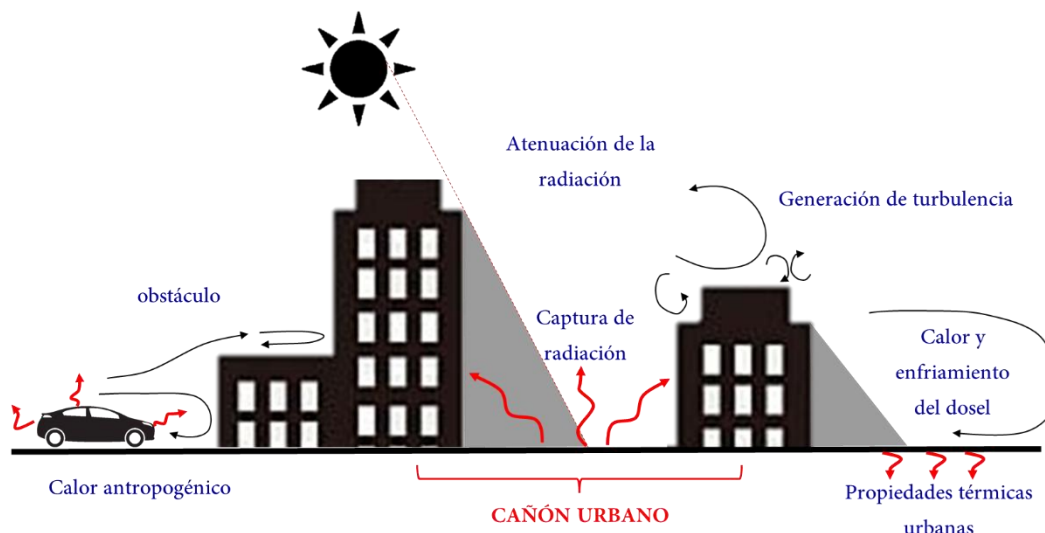
Nota: Elaboración propia adaptado en base al autor Alchapar et al. (2012).

Si bien estos estudios demuestran estrategias positivas en cuando al uso de materiales y el albedo, se debe aclarar también que existen diversos estudios que señalan las desventajas y consecuencias negativas. Según Al-Sudani et al. (2017), existe un factor de visión de cielo el cual se define como la “proporción visible de cielo”, su valor oscila entre 0 (totalmente obstruida hacia el cielo) y 1 (sin ninguna obstrucción). Este factor es de las variables más influyentes para la efectividad de materiales con alto albedo pues mientras más alto sea el factor de visión mejores

resultados tendrá el uso de materiales de alta reflectancia y mejorara el confort térmico de los peatones. También debe considerarse como bajo factor de visión de cielo en configuraciones urbanas conocidos como “cañones urbanos”, según la EPA (2007) son zonas donde los edificios de gran escala vertical reducen las zonas visibles del cielo, generando una barrera que impide que el calor se disipe a lo largo de la noche en el cielo nocturno. Asimismo, debido a que distintas superficies reabsorben la radiación en onda larga, la presencia de cañón urbano disminuye la capacidad con la que el área urbana puede transferir el calor almacenado en onda larga hacia la atmósfera y el espacio (Streutker, 2003).

Figura 4

Representación gráfica de Cañón urbano.



Nota: Elaboración propia adaptado en base al autor Lin Chuan-Yao (2008).

2.2.2. Islas de Calor

El fenómeno de origen térmico que ocurre en las áreas urbanas es el resultado de las variaciones de temperatura entre las zonas con alta densidad de edificación del centro de la ciudad y los de sus alrededores (Moreno & Serra, 2016). El concepto isla de calor urbano se refiere al calor específico de la atmósfera y la ciudad en contraste a entornos no urbanizados, tal como señala Zepeda (2015).

2.2.2.1. Clasificación de las Islas de Calor

En el capítulo 1 del libro “Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies”, publicación que corresponde a la Agencia ejecutiva de Protección Ambiental (EPA) en 2008, establece que tanto las islas de calor urbano superficiales como las atmosféricas difieren en la forma en que se construyen, así como en cómo se identifican, miden y afectan.

Tabla 1

Clasificación y Características fundamentales de las islas de calor urbano

Características	Isla de calor Superficial	Isla de calor Atmosférico
Desarrollo a lo largo del tiempo	-Se presenta tanto durante el día y la noche. -La intensidad persiste durante meses y días.	-Puede ser corto, ya que no puede durar en el día. -Mayor intensidad se da en la noche o por la mañana en invierno.
Intensidad de temperaturas máximas	-Presenta mayor variación en el tiempo Día: 18 a 27 °F (-1 a 2°C) Noche: 9 a 18 °F (5 a 10°C)	-Presenta Mínima Variación Día: -1,8 a 5,4 °F (-1 a 2°C) Noche: 12,6 a 21,6 °F (7 a 12 °C)
Procedimiento de identificación	-Métodos de medición indirectos -Sensor Remoto	- Estaciones meteorológicas que permanecen fijas, el método de los transeptos móviles son puntos medidos a una distancia específica.
Tipo de representación	Imagen Termal	Mapa de Isotermas Gráficos de Temperatura

Nota: Elaboración propia adaptado del libro Reducing Urban Heat Islands (2008)

2.2.2.2. Causas de las Islas de Calor.

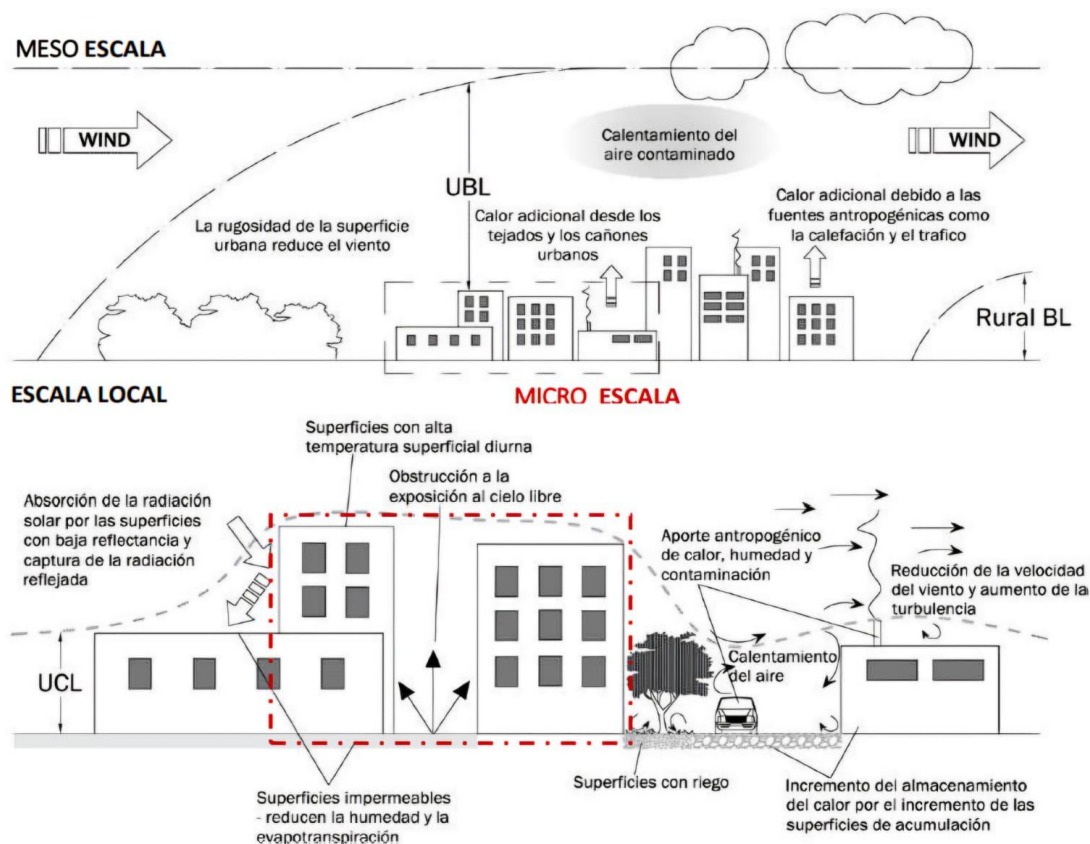
Según Martínez (2014), señala una recopilación de las principales y causas que generan una isla de calor, dentro de las que podemos señalar las siguientes:

1. Debido a las propiedades térmicas y caloríficas de los materiales de construcción urbanos, generando un mayor almacenamiento de calor durante el día en las ciudades.
2. El calor antropogénico procedente actividades urbanas como el transporte, combustión, calefacción, industria.

3. Disminución de la evaporación por suelo asfaltado o pavimentado permite la rápida evacuación de aguas de lluvia.
4. Una menor pérdida del calor sensible, por reducción de la velocidad y flujos del viento al chocar con las estructuras de edificación que actúa como barrera.
5. El fenómeno del "cañón urbano", el cual se produce que la absorción de radiación solar aumente debido a la geometría de las calles y los edificios, lo que influye a que el albedo sea relativamente bajo.
6. Disminución del elemento "visión del cielo", que se centra en la pérdida de calor por irradiación a lo largo de la noche a causa a los aspectos morfológicos urbanos.
7. La radiación de onda larga que es emitida del suelo hacia la atmósfera choca con la atmosfera urbana contaminada con partículas y retorna al suelo impidiendo su pérdida.

Figura 5

Escalas espaciales para el estudio de fenómenos climáticos.



Nota: Elaboración propia adaptado en base al autor Tumini, I. (2013).

Por lo tanto, las causas que producen este fenómeno no son lineales o constantes en el tiempo. Como resultado, Podemos determinar un factor temporal denominado como "horario de la isla de calor", que depende de las horas del día en las que se analice o la estación del año.

2.2.2.3. La Islas de calor urbanas y el balance de energía.

Para la formación de este fenómeno es importante también relacionar el balance de energía, el cual es un factor importante. Para ello se analizó lo señalado según Gartland (2008), en el siguiente cuadro resumen:

Tabla 2

Relación de islas de calor urbanas y el balance de energía.

Factores que contribuyen a las Islas de Calor	Efecto en el balance de energía
1. Disminución en la vegetación	1. Reduce la evaporación
2. Aumento de superficies impermeables	2. Reduce la evaporación
3. Aumento de la difusividad termal en los materiales urbanos	3. Aumenta el almacenamiento de calor
4. Baja reflectancia solar en los materiales urbanos	4. Aumenta la radiación neta
5. La geometría urbana que atrapa el calor	5. Aumenta la radiación neta
6. La geometría urbana que reduce la velocidad del viento	6. Reduce la convección
7. El aumento de la contaminación del aire	7. Aumenta la radiación neta
8. El incremento del uso de energía	8. Aumenta el calor antropogénico

Nota: En la tabla 2 podemos observar la relación entre las variables que afectan la formación de islas de calor urbanas y su impacto en el balance energético. Elaboración propia adaptado de autor Gartland (2008).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Urbanismo

El urbanismo es un campo geográfico que analiza las ciudades desde una perspectiva espacial, tanto como una entidad espacial independiente como parte de una red urbana o sistema territorial de ciudades. (Bielza,1992)

2.3.2. Medio Ambiente Urbano

Debido al movimiento espontáneo de las fuerzas naturales y, en particular, a la intervención antrópica significativa, el medio ambiente urbano es un ecosistema especial donde se desarrollan procesos físicos, biológicos y culturales específicos. (Pellicer,1996)

2.3.3. Microclimas

Un microclima es un grupo de patrones y procesos atmosféricos que definen un espacio o área reducida. Los aspectos que lo componen son la topografía, la temperatura, la humedad, la altitud-latitud, la luz, la cobertura vegetal y las acciones humanas, estos factores pueden influir en la modificación de las condiciones atmosféricas y los valores extremos del clima, modificando la escala local de un clima normal de un lugar determinado. (Microclima, 2014).

2.3.4. Saltos Térmicos

Un salto térmico es la variación de temperaturas atmosféricas, es decir la diferencia entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida. Se puede decir que se trata de la temperatura del agua fría antes de entrar en la caldera con la diferencia de la temperatura del agua caliente después de salir. (Anabat,2020)

2.3.5. Condiciones climáticas

Son aquellas que caracterizan a un lugar determinado, pueden describirse como toda característica o situación de la atmósfera cuya totalidad describe el clima de un lugar durante un intervalo de tiempo suficientemente representativo. También se puede definir el tiempo en un momento específico. a través de elementos como: Insolación, temperatura que posee el aire, presión atmosférica, viento y humedad. (Albentosa,1976)

2.3.6. Anomalías Térmicas

La anomalía térmica media anual, que es la desviación de la serie media de la temperatura media anual. El Índice de Calentamiento Global mide las variaciones de temperatura durante el período determinado. (Alba, 2024)

2.3.7. Máximo térmico

Se refiere al lugar geográfico específico donde se sitúa la intensidad máxima de la temperatura. Esta particularidad no solo dependerá de factores urbanos, sino también de situaciones sinópticas específicas, como por ejemplo la dirección del viento dominante que puede mover dicho centro específico. (Martínez, 2014)

2.3.8. Isotermas

La línea que une los vértices de un plano cartográfico que tienen las mismas temperaturas en la misma unidad de tiempo se conoce como isoterma. Por lo tanto, se pueden generar numerosos planos con isotermas para una misma área donde se deseen visualizar las temperaturas, como, por ejemplo; Isotermas con una temperatura media prolongada (Sample Activity, s. f.).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma

El paradigma que se empleará en la siguiente investigación será el positivista, según Ricoy (2006), se puede calificar este paradigma como cuantitativo, empírico-analítico y sistemático en la gestión, así como también científico tecnológico. Por ende, este tipo de paradigma ayudará a sustentar la investigación pues se pretende identificar la formación de isla de calor, de una manera cuantificable para la recolección de datos y para comprobación de la hipótesis.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación a utilizar es de **tipo aplicada**, debido a que se orientará a cerrar la brecha de conocimiento de modo sistemático, con el objetivo de identificar un fenómeno ambiental (formación de islas de calor) en contexto geográfico temporal y específico, esta investigación no se orienta a la generación de nuevas teorías, sino al uso de conocimientos científicos existentes para comprender y enfrentar una problemática, aportando datos útiles para la toma de decisiones en la planificación urbana y gestión ambiental (Murillo,2008).

3.3. Diseño de Investigación

La presente investigación utilizará un diseño experimental transversal para estudiar la relación entre la dinámica espacial urbana y el factor tiempo sobre la formación de islas de calor en contextos urbanos. Es experimental debido a que se desarrollará un plan estructurado para investigar las relaciones entre las variables independientes y dependientes con la finalidad de reconocer la causa y aplicar los hallazgos a la población objetivo (Montgomeryn,2017). Es transversal, pues los datos se analizarán en un momento específico para identificar las relaciones entre las variables. (Hernández et al.,2014).

La elección del diseño de investigación dependió de los objetivos y pregunta de investigación a desarrollar, diversos autores señalan que los diseños experimentales pueden ser también transversales y la base teórica que nos proporcionan nos da a entender que los diseños

de investigación pueden ser flexibles y combinar elementos de diferentes enfoques para lograr una comprensión más profunda del fenómeno estudiado.

3.4. Método o Enfoque

El enfoque que se utilizará en la presente investigación es de carácter **cuantitativo**; según Sampieri et al. (2014) este enfoque emplea la recolección de datos a través de indicadores medibles que permitan un análisis objetivo, secuencial y probatorio.

3.5. Alcance

El alcance de investigación a utilizar será **explicativo**, debido a que se establecerá las características de relación entre la dinámica espacio urbano - factor temporal e islas de calor (causa-efecto), siendo la hipótesis planteada de forma que se establezca causalidad.

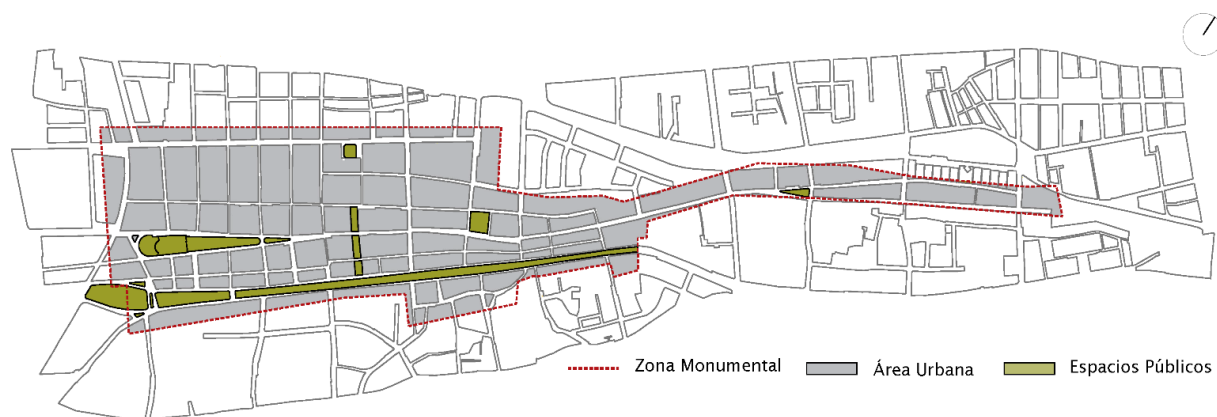
3.6. Universo y Muestra

3.6.1. Universo

El universo está constituido por la Zona Monumental de la ciudad de Tacna delimitado según el PDU 2015-2025.

Figura 6

Delimitación de la Zona Monumental de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia en base al PLAN DE DESARROLLO URBANO TACNA 2015 - 2025

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La técnica por utilizar será la técnica de observación no participante, en la que el investigador se emplea únicamente para observar y recopilar información sobre los sujetos u objetos de estudio sin interactuar directamente con ellos. (Sánchez et al., 2018)

Los instrumentos para emplear en esta investigación son aquellos que permiten registrar los datos observables tanto en la dimensión climática y dimensión urbana, para lo cual se estableció en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3

Técnicas e instrumentos según indicadores

Indicador	Técnica	Instrumentos	Método de uso	Programas
1. Temperatura ambiental		Termohigrómetro	Registro, utilizando el método de transectos para triangulación de los puntos estacionales.	ArcGIS
2. Vientos		Anemómetro		Rewind 2.02
3. Morfología Urbana	Observación no participante, directa en la	Vehículo aéreo no tripulado (DRON)	Registro 3D a través del levantamiento fotogramétrico	Pix4D
4. Materialidad	Unidad de observación	Notas de trabajo en campo	Registro de tipologías en las superficies	Excel ArcGIS
5. Efecto Albedo		- Medidor de radiación -Cámara Termográfica	Registro de niveles de radiación de las superficies identificadas.	Excel Ilustrador

Nota: Se puede observar que cada indicador posee su propio instrumento de medición, diferentes métodos y programas en donde se procesara la data registrada. Elaboración Propia.

4.2. Descripción de los métodos empleados

Para la recopilación y registro de datos se empleó un método diferente por cada aspecto a medir:

- Aspecto climático: método de los transectos
- Aspecto urbano: análisis fotogramétrico

4.2.1. Método de los transectos

El método de los transectos fue empleado por primera vez por el arquitecto Friedrich von Schmidt en el año 1930 en su estudio del clima urbano en la ciudad de Viena.

Consiste en tomar los datos meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad de vientos y radiación) en diferentes puntos de monitoreo, estableciendo rutas de recorrido que permitan tomar los datos de manera continua, este método tiene como finalidad abarcar toda la unidad de análisis generando una red menos densa y con más detalle, esto genera que sea mucho más precisa que las estaciones meteorológicas ya que estas proporcionan datos a una escala global de una determinada ciudad y en muchos casos no son suficientes para el estudio de los climas urbanos (Soberón,2014).

Se debe tener en cuenta que acompañado a este método se utilizó la información proveniente de estaciones meteorológicas del SENAMHI, para poder comparar los datos obtenidos por este método a través de una estación fija.

4.2.2. Análisis Fotogramétrico

Esta metodología consiste en proyectar la imagen capturada en una pantalla, fotografía, proyectada de forma ortogonal sobre un plano de referencia, que ha sido proyectada sobre el mismo, el negativo a través de la proyección central, la misma que se utiliza en las gafas (McEwen,1968). El registro de datos lo hace mediante procedimientos de captura, evaluación e interpretación de imágenes, fotos y patrones radiantes de energía electromagnética y otros fenómenos (Wolf and Dewitt, 2000)

Por lo tanto, el método de análisis fotogramétrico de un espacio urbano nos permitirá adquirir información no solo visual del espacio, permite la adquisición de datos sobre la topografía de la superficie y con ello se crean mapas de alta resolución y efectuar mediciones de terreno, longitudes, área, volúmenes e incluso modelar superficies en 3D con gran exactitud; sin embargo, con una precisión limitada. Todo ello supone significativos beneficios en cuanto a seguridad, tiempo y gasto.

4.3. Características de los materiales investigados

Los materiales de investigación empleados se basan desde datos primarios obtenidos directamente en campo, través de las visitas realizadas, así también como datos secundarios recopilados de fuentes digitales existentes de entidades públicas especialistas en climatología local como el portal de página web del Senamhi Tacna, continuación se caracterizará los materiales de investigación más importantes:

4.3.1. Registro de sensores móviles

El Registro de sensores móviles son un conjunto de datos recopilados mediante sensores instalados en diferentes puntos en movimiento, para esta investigación se empleó sensores que se encuentran en cada instrumento de medición (ver anexo 8.2) debido a las diferentes variables climatológicas a medir se realizó el utilizó instrumentos portátiles que permiten el desplazamiento y toma de datos en toda la unidad de análisis.

4.3.2. Imagen digital “Ortofoto”

Una ortofoto es una imagen digital que presenta una escena en proyección ortogonal, esto quiere decir sin las curvas que genera la lente de un aparato de fotografía, Esto se logra mediante un proceso de corrección que elimina distorsiones causadas por la perspectiva, la topografía y atmosfera American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2019).

4.4. Protocolos de investigación de campo y de laboratorio

Se emplearon un total de 03 protocolos, los cuales ayudaron a detallar el procedimiento de los métodos de investigación empleados en campo. Estos protocolos establecen consideraciones de acuerdo con cada instrumento a utilizar y variable a medir.

4.4.1. Protocolo para la toma de Temperatura, humedad y vientos

Este protocolo tiene como objetivo recopilar los grados de temperatura, el porcentaje de humedad relativa y la velocidad del flujo de aire emitido por los vientos, utilizando el método de los transectos para analizar las condiciones.

A. Equipos y Materiales.

- Estaciones meteorológicas portátiles (al menos 3)
- Trípode para instrumentos (al menos 1.5m)
- Termómetros digitales
- Higrómetros digitales
- Anemómetros digitales
- GPS o dispositivo de navegación
- Cuaderno y lápiz para anotar observaciones
- Dispositivo de grabación

B. Procedimientos.

1. Definición de los puntos de muestreo: Definir tres puntos de muestreo con 3 rutas lineales que recorran al mismo tiempo todo el espacio de la unidad de análisis separados por una distancia semejante y paralela.

3. Configuración de las estaciones meteorológicas: Configurar las estaciones meteorológicas portátiles en cada punto de muestreo, asegurándose de que estén calibradas y funcionando correctamente.

4. Toma de datos: Tomar datos de temperatura, humedad y velocidad del viento en cada 3 puntos de muestreo, utilizando los termómetros, higrómetros y anemómetros digitales.

5. Registro de datos: Registrar los datos en un cuaderno o dispositivo electrónico de grabación por un periodo de al menos 5 min, asegurándose de incluir la fecha, hora, punto de muestreo y cualquier observación relevante.

6. Repetición de la toma de datos: Repetir la toma de datos a cada 3 punto de muestreo hasta terminar de cubrir toda la superficie de la unidad de análisis.

7. Análisis de datos: Analizar los datos recopilados en tablas de Excel que registren las variaciones observadas durante el periodo analizado de tal manera que permita identificar patrones y tendencias en la temperatura, humedad y velocidad del viento.

C. Consideraciones y precauciones.

- Asegurarse de que las estaciones meteorológicas estén calibradas y funcionando correctamente antes de iniciar la toma de datos.
- Utilizar equipo de protección personal (EPP) adecuado, como guantes y gafas de sol, al manipular las estaciones meteorológicas y otros equipos.
- Asegurarse de que los puntos de muestreo estén ubicados en áreas seguras y accesibles.
- Considerar las condiciones climáticas y ambientales que puedan afectar la toma de datos, como la lluvia o la niebla.es climáticas del paseo cívico de la ciudad de Tacna.

4.4.2. Protocolo para la toma de Radiación indirecta.

Este protocolo tiene como objetivo recopilar los grados de temperatura, el porcentaje de humedad relativa y la velocidad del flujo de aire emitido por los vientos, utilizando el método de los transectos para analizar las condiciones.

Este protocolo tiene como objetivo recopilar índices de radiación indirecta emitidos por el albedo de los materiales, utilizando el método de los transectos para analizar los grados de radiación que presenta el paseo cívico de la ciudad de Tacna.

A. Equipos y Materiales.

- Radiómetro portátil (espectrómetro de radiación solar)
- Trípode o soporte para el radiómetro
- GPS o dispositivo de navegación
- Cuaderno y lápiz para anotar observaciones

B. Procedimiento.

1. Definición de los puntos de muestreo: Definir los puntos de muestreo con 1 rutas lineales que recorran al mismo tiempo todo el espacio de la unidad de análisis seleccionando espacios de diferentes materiales de superficies

2. Configuración de las estaciones meteorológicas: Configurar las estaciones meteorológicas portátiles en cada punto de muestreo, asegurándose de que estén calibradas y funcionando correctamente.

4. Toma de datos: Tomar datos de radiación indirecta en cada punto de muestreo, utilizando el radiómetro portátil. Asegurarse de que el radiómetro esté orientado a unos 30 o 20° hacia la superficie y que no haya obstáculos que bloqueen el sensor de la radiación y luz.

5. Registro de datos: Registrar los datos en un cuaderno o dispositivo electrónico de grabación por un periodo de al menos 3 min, asegurándose de incluir la fecha, hora, punto de muestreo y cualquier observación relevante.

6. Repetición de la toma de datos: Repetir la toma de datos en cada punto de muestreo hasta terminar de cubrir toda la superficie de la unidad de análisis.

7. Análisis de datos: Analizar los datos recopilados en tablas de Excel que registren las variaciones observadas durante el periodo analizado.

C. Consideraciones y precauciones.

- Asegurarse de que el radiómetro esté calibrado y funcionando correctamente antes de iniciar la toma de datos.
- Utilizar equipo de protección personal (EPP) adecuado, como guantes y gafas de sol, al manipular el radiómetro y otros equipos.
- Asegurarse de que los puntos de muestreo estén ubicados en áreas seguras y accesibles.
- Considerar las condiciones climáticas y ambientales que puedan afectar la toma de datos, como la lluvia o la niebla.

4.4.3. Protocolo para levantamiento fotogramétrico.

Este protocolo tiene como objetivo recopilar datos fotogramétricos de la unidad de análisis para la creación de un modelo 3D preciso y detallado.

A. Equipos y Materiales.

- Dron (Equipo volador pilotado a distancia)

B. Procedimiento.

1. Planificación de vuelo: Definir la ruta de desplazamiento, así como también la planificación de levantamiento fotogramétrico, incluyendo condiciones climáticas ideales.

2. Toma de imágenes: Configurar las estaciones meteorológicas portátiles en cada punto de muestreo, asegurándose de que estén calibradas y funcionando correctamente.

4. Toma de datos: Tomar imágenes del área u objeto de estudio desde diferentes ángulos y altitudes, asegurándose de que se cubra toda el área de interés.

5. Registro de metadatos: Registrar metadatos relevantes, como la fecha, hora, ubicación, y condiciones climáticas durante la toma de imágenes.

A. Consideraciones y precauciones.

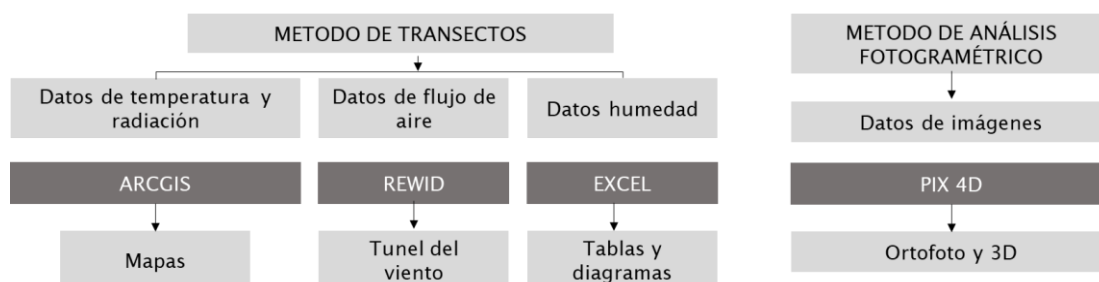
- Asegurarse de que el área de estudio esté libre de obstáculos y peligros.
- Considerar las condiciones climáticas y ambientales.
- Utilizar equipo de protección personal (EPP) adecuado.

4.5. Métodos de Análisis de datos

Para realizar el análisis de los datos se empleó diferente software que facilitaron el análisis de los datos recolectados: ArcGIS, Rwind Simulation, Excel y Pix4D.

Figura 8

Representación esquemática de los métodos de análisis de datos



Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de Resultados

A continuación, se presentarán los resultados de las muestras tomadas durante el periodo de cambio estacional de medio año (invierno a primavera) a fines del mes de agosto a inicios del mes de octubre. Se realizó la separación de resultados según las dimensiones analizadas, hecho que nos ayudará a entender mejor cada aspecto de la dinámica espacio urbano y factor temporal.

5.1.1. Aspecto Urbano

En este punto se realizó el estudio de la morfología urbana teniendo como factores clave: la trama urbana y la altura de las edificaciones, según Gehl J. (1971) la trama urbana y la altura de las edificaciones son aspectos importantes para la creación de los espacios urbanos pues según el diseño de estos se creará espacios que sean conectados con su entorno natural y cultural.

5.1.1.1. Morfología Urbana

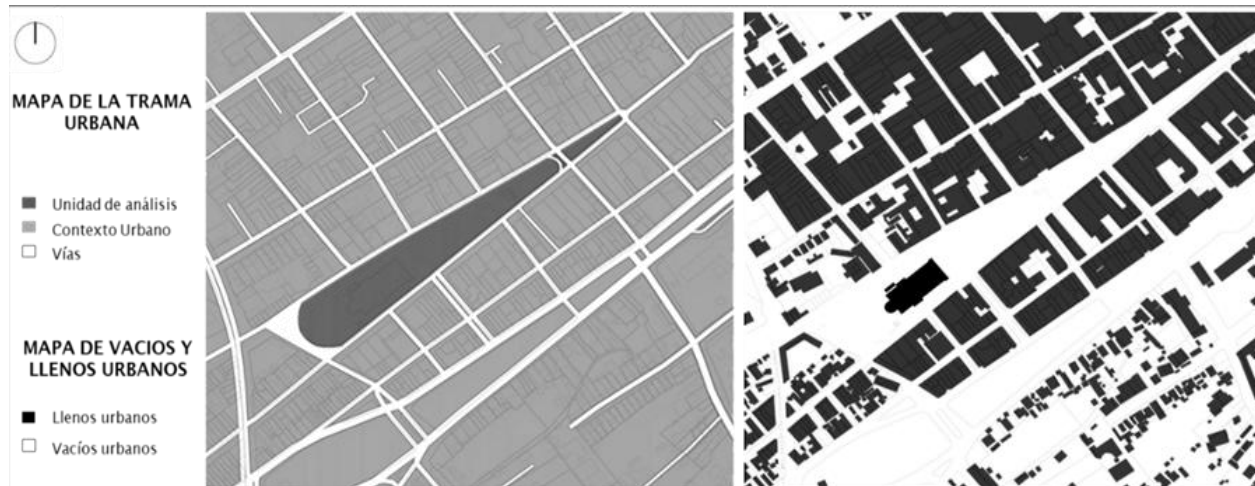
A. Trama urbana

La trama urbana del Paseo Cívico de la ciudad de Tacna se extiende a lo largo de una vía que se ha desarrollado a modo de eje principal, la cual presenta dimensiones irregulares generando una forma de embotellamiento y a su vez presencia de vías pequeñas y sinuosas. Esto puede ser debido a su formación prehispánica y evolución urbana basada en el desarrollo de patrones tradicionales que reflejan una manera orgánica de ocupación del territorio y espontaneidad sin un plan urbano previo.

Según Hillier (1966), con estas características que presenta se puede clasificar como una trama lineal y a su vez con características de trama irregular, debido a presenta en gran parte una estructura irregular y sinuosa, con calles y avenidas que se curvan y se entrelazan reflejando la herencia cultural y la espacialidad de su formación.

Figura 9

Mapa de la trama urbana y Mapa de vacíos y llenos urbanos del paseo cívico de la unidad de análisis.



Nota: Elaboración propia. Representado según el enfoque de Bill Hillier (1996), teoría de la forma urbana señalada que la red de calles y vías representa la estructura espacial general de la ciudad y definen su forma y organización, como una estructura ósea (las vías son como los “huesos”) que proporcionan la base para la organización del espacio urbano.

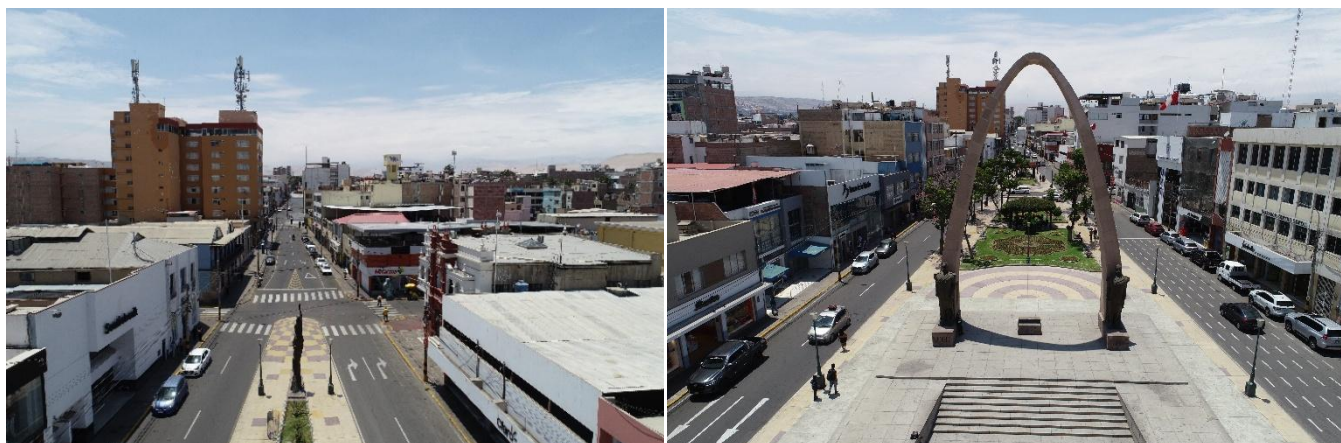
B. Niveles de edificación

La configuración edilicia del área de estudio como factor urbano destacado, ejerce un papel importante en la configuración de visión del cielo (EPA,2007). En el modelo fotogramétrico realizado se puede evidenciar la presencia de diversas edificaciones de gran escala dispersas a lo largo de la vía, donde las edificaciones más bajas pueden llegar a ser de 1 nivel con una altura de 3.60m, hasta edificaciones de más de 6 niveles que pueden llegar a una altura máxima de 31.30m.

Asu vez se puede visualizar que la densificación vertical edilicia es directamente proporcional al angostamiento de la vía, esto debido a la actividad comercial centralizada que posee la ciudad de Tacna, esta proporción directa de la verticalidad de los edificios con el ancho de la vía es un factor que evidencia una posible zona crítica de “cañones urbanos”.

Figura 10

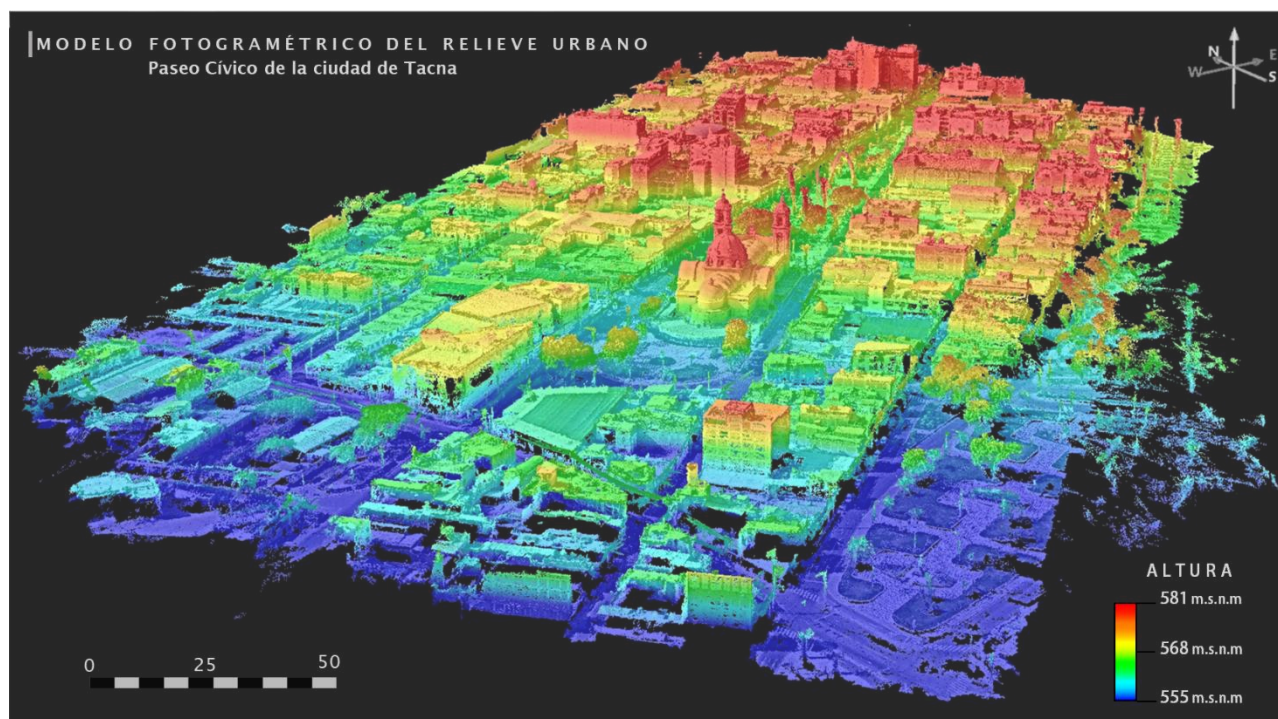
Zona de cañones urbanos en el Paseo Cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia.

Figura 11

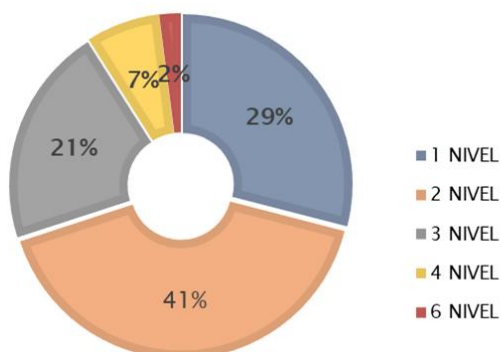
Modelo fotogramétrico del relieve urbano del Paseo Cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia. Representación de las alturas según el relieve que presenta en su contexto geográfico, es decir según el m.s.n.m. Por lo que las alturas de los edificios se determinaran calculando la diferencia entre su punto más alto y su punto más bajo, de tal manera que el resultado es la altura total del edificio.

Figura 12

Porcentaje de edificaciones según sus niveles de piso.



Nota: Elaboración propia. Existen edificaciones que superan los 6 niveles, pero al ser de un muy bajo porcentaje se consideró dentro del nivel 6.

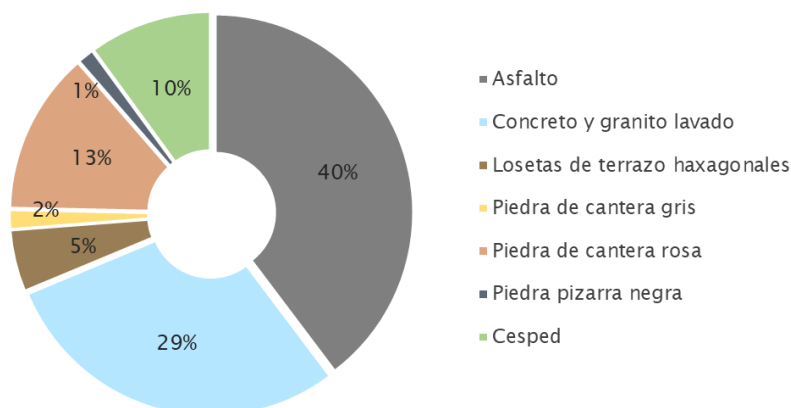
5.1.1.2. Materialidad constructiva

Las superficies urbanas tienen diferentes características que dependiendo de su composición contribuyen en las fluctuaciones de la temperatura urbana (Giridharan et al. 2004).

Los materiales de las superficies urbanas más predominantes en el paseo cívico son el asfalto (40%), el concreto y granito lavado (29%), piedra de cantera rosa (13%), césped (10%), losetas de terrazo hexagonal (5%), piedra de cantera gris (2%) y piedra pizarra negra (1%).

Figura 13

Materialidad de superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia. Dentro de las superficies urbanas se consideró la materialidad de las vías que colindan con el paseo cívico debido a su rol dentro de la unidad de análisis.

Figura 14

Superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia.

Figura 15

Mapa de superficies urbanas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia. En el mapa presentado se consideró también a la catedral de Tacna debido a que constituye una gran masa edilicia que a nivel de estructura urbana tiene una importante superficie de ocupación.

En la Tabla 4 se muestra las características propias de los materiales identificados, así también como las propiedades térmicas que ayudaran a definir su comportamiento.

Tabla 4

Características y propiedades térmicas de los materiales.

Material	Composición	Color	Terminación	Reflectancia	Emisividad
Asfalto	bitumen y agregados	Negro	Liso	0.03 - 0.08	0.95-0.98
Concreto y granito lavado	Cemento, grano fino y agregados	Rojizo Amarillo Natural	Liso	0.25 - 0.35 0.30 - 0.40 0.20 - 0.30	0.85-0.90 0.80 - 0.85 0.90 - 0.95
Losetas de terrazo	Granito fino, cemento y agregados	Rojizo Amarillo Blanco	Liso	0.25 - 0.35 0.30 - 0.40 0.40 - 0.50	0.85 - 0.90 0.80 - 0.85 0.70 - 0.80
Piedra de cantera	Arcilla, limo y cantidades pequeñas de minerales	Gris medio Rosa media	Rugoso	0.35 - 0.45 0.40 - 0.50	0.82 - 0.87 0.87 - 0.92
Piedra Pizarra	Cuarzo y filosilicatos	Negro	Rugoso	0.03 - 0.08	0.90 - 0.95
Césped	Natural	Verde	Corto	0.20 - 0.30	0.90 - 0.95

Nota: Elaboración propia. Adaptado en base al autor N. Alchapar, y E. Correa (2015).

Figura 16

Fotografías aéreas de materialidad de las superficies en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.



Nota: Elaboración propia.

5.1.2. Aspecto climático

Las variables climáticas son factores intrínsecos de cada ciudad, por lo que, para realizar un análisis climático preciso, se seleccionaron 15 días de muestreo durante el mes de septiembre. Estos días fueron elegidos entre más de 25 días de registro debido a sus características particulares y a la disponibilidad de monitoreo ininterrumpido, lo cual es fundamental para obtener resultados precisos y confiables.

Tabla 5

Periodo de registro de toma de muestras

MES	DÍA	FECHA	HORA
	Día 01: sábado	07/09/2024	
	Día 02: martes	10/09/2024	
	Día 03: miércoles	11/09/2024	
	Día 04: jueves	12/09/2024	
	Día 05: viernes	13/09/2024	
	Día 06: sábado	14/09/2024	
	Día 07: martes	17/09/2024	
Septiembre	Día 08: miércoles	18/09/2024	12:00am a
	Día 09: jueves	19/09/2024	2:00pm
	Día 10: sábado	21/09/2024	
	Día 11: martes	24/09/2024	
	Día 12: miércoles	25/09/2024	
	Día 13: jueves	26/09/2024	
	Día 14: sábado	28/09/2024	
	Día 15: domingo	29/09/2024	

Nota: Elaboración propia. Se seleccionó el horario del mediodía aproximadamente, para la toma de muestras, debido a que este horario es significativo para el registro de temperaturas más altas y se acentúan las diferencias térmicas en el mismo espacio, lo que permite una mejor comprensión de la dinámica térmica.

Se realizó la toma de muestras a partir del método de transectos, lo cual permitió establecer puntos de monitoreo dentro de la unidad de análisis, dependiendo del indicador a medir se estableció lo siguiente:

Figura 18

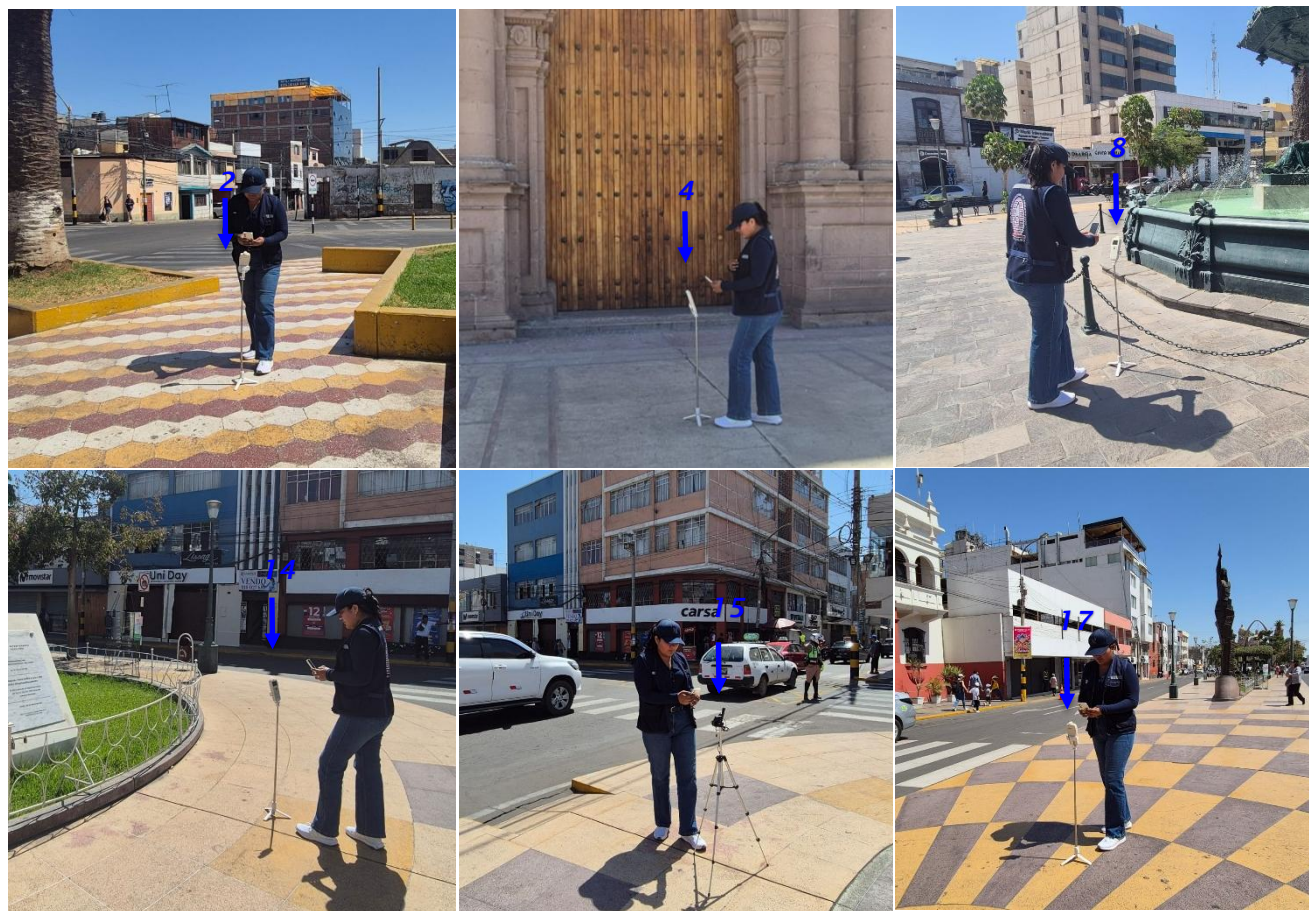
Puntos de monitoreo 1,2,3,13,14,15,34,35 y 36, inicio, mitad y final de rutas de recorrido.



Nota: Elaboración propia. Recorrido en simultáneo de las 3 rutas estratégicas, con un registro grabado de 5min en promedio por cada estación fija.

Figura 20

Puntos de monitoreo de radiación 2,4,8,14,15 y 17.



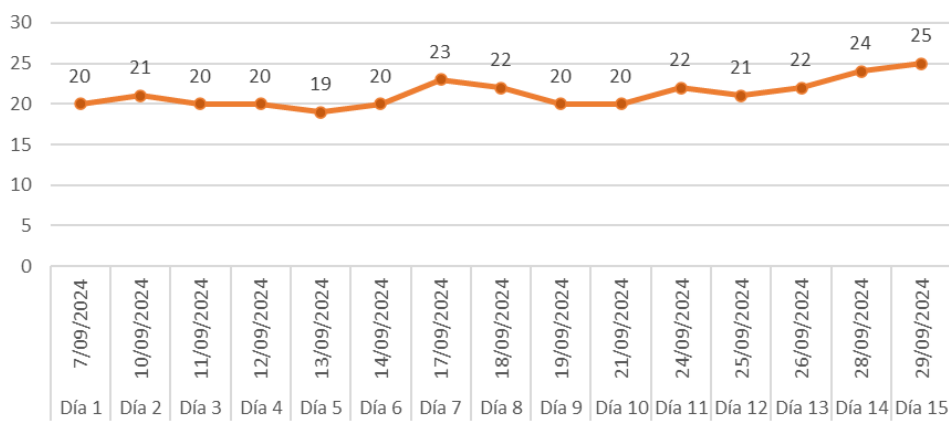
Nota: Elaboración propia. Recorrido de ruta estratégica, con un registro grabado de 3min en promedio por cada estación fija

5.1.2.1. Temperatura

Para saber la variación térmica que se genera en el microclima de la unidad de análisis se consideró la temperatura máxima de la ciudad de Tacna, la cual se registra en horas del mediodía. Posteriormente se realizó una clasificación de los días de tomas más altos con máxima, media y mínimas temperaturas de los 15 días de monitoreo, con ello se logrará determinar la variabilidad, tendencias y patrones en días con características similares de tal manera que ayudará mejor al entendimiento el comportamiento de la temperatura en diferentes escenarios.

Figura 21

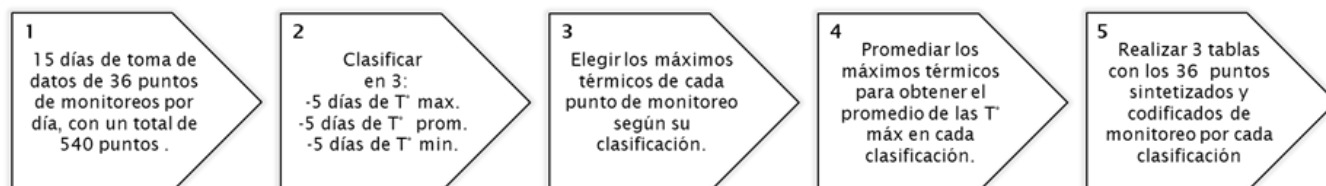
Diagrama de los máximos térmicos de la temperatura de cada día de monitoreo.



Nota: Elaboración propia. El diagrama ha sido realizado a partir de los datos obtenidos de la página oficial del SENAMHI Tacna (2024). Se considera las temperaturas máximas del mes de septiembre debido a que estas se registran en el mismo horario de la recolección de datos. Luego de ello se procedió a la codificación de los datos obtenidos durante los 15 días de toma de datos, para ello se realizó los pasos que se detalla en la figura 11.

Figura 22

Pasos para la codificación de los datos de temperaturas máximas.



Nota: Elaboración propia.

Figura 23

Tablas de máximos térmicos clasificados en mayor, media y menor temperatura cada 5 días.

DÍAS DE MAYOR TEMPERTAURA			DÍAS DE MEDIA TEMPERTAURA			DÍAS DE MENOR TEMPERTAURA		
Día 1	29/09/2024	25	Día 6	26/09/2024	22	Día 11	12/09/2024	20
Día 2	28/09/2024	24	Día 7	10/09/2024	21	Día 12	14/09/2024	20
Día 3	17/09/2024	23	Día 8	25/09/2024	21	Día 13	19/09/2024	20
Día 4	18/09/2024	22	Día 9	7/09/2024	20	Día 14	21/09/2024	20
Día 5	24/09/2024	22	Día 10	11/09/2024	20	Día 15	13/09/2024	19

Nota: Elaboración propia. Esta clasificación permitió realizar el promedio de cada punto de monitoreo con los días de similares características térmicas.

Tabla 6

Tabla de 05 Días con registro de mayor temperatura.

PROMEDIOS MÁXIMOS DE LOS 05 DÍAS DE MAYOR TEMPERATURA			
#Punto	Coordenadas		C°
	NORTE	ESTE	
1	8007670.218	367410.7723	33.1
2	8007690.497	367372.5053	32.4
3	8007706.320	367345.2409	32.8
4	8007697.107	367417.689	27.3
5	8007707.973	367396.9483	31.7
6	8007736.058	367363.4956	25.5
7	8007708.736	367455.1717	28.6
8	8007723.019	367417.5217	31.8
9	8007735.891	367392.4322	31.1
10	8007766.545	367407.8527	29.3
11	8007742.526	367495.0321	30.3
12	8007786.032	367438.2589	25.6
13	8007763.553	367519.9159	31.2
14	8007787.473	367501.3735	31.3
15	8007804.193	367466.7665	24.5
16	8007780.229	367539.5248	32.3
17	8007806.074	367526.4886	26.4
18	8007827.985	367502.4056	23.3
19	8007800.667	367563.217	32.9
20	8007819.782	367545.3894	32.0
21	8007846.921	367536.8411	21.7
22	8007825.583	367592.7427	31.9
23	8007835.525	367565.3866	31.3
24	8007865.595	367568.8287	23.2
25	8007854.757	367593.7539	31.9
26	8007855.512	367628.1835	33.4
27	8007887.03	367605.064	23.5
28	8007887.223	367636.6286	27.6
29	8007889.081	367666.2389	34.5
30	8007912.863	367644.5429	22.5
31	8007910.832	367668.4031	31.5
32	8007908.649	367686.3436	34.1
33	8007930.316	367673.0386	21.7
34	8007930.725	367694.3289	31.1
35	8007938.816	367721.4529	32.6
36	8007956.061	367711.7705	22.8

Nota: Elaboración propia. Se seleccionó 05 días con registro de mayor temperatura promedio para obtener 01 ESCENARIO de temperaturas máximas.

Tabla 7*Tabla de 05 días de temperaturas media.*

PROMEDIOS MÁXIMO DE LOS 05 DÍAS DE MEDIA TEMPERATURA			
#PUNTO	COORDENADAS		C°
	NORTE	ESTE	
1	8007670.22	367410.772	30.5
2	8007690.5	367372.505	30.4
3	8007706.32	367345.241	27.9
4	8007697.11	367417.689	28.4
5	8007707.97	367396.948	29.4
6	8007736.06	367363.496	23.9
7	8007708.74	367455.172	30.4
8	8007723.02	367417.522	29.7
9	8007735.89	367392.432	29.0
10	8007766.55	367407.853	26.5
11	8007742.53	367495.032	29.5
12	8007786.03	367438.259	25.8
13	8007763.55	367519.916	29.2
14	8007787.47	367501.374	30.2
15	8007804.19	367466.767	24.8
16	8007780.23	367539.525	30.6
17	8007806.07	367526.489	24.3
18	8007827.99	367502.406	23.1
19	8007800.67	367563.217	31.7
20	8007819.78	367545.389	29.5
21	8007846.92	367536.841	22.9
22	8007825.58	367592.743	31.9
23	8007835.53	367565.387	28.9
24	8007865.6	367568.829	24.0
25	8007854.76	367593.754	29.2
26	8007855.51	367628.184	31.8
27	8007887.03	367605.064	22.7
28	8007887.22	367636.629	26.3
29	8007889.08	367666.239	32.3
30	8007912.86	367644.543	21.7
31	8007910.83	367668.403	29.9
32	8007908.65	367686.344	30.9
33	8007930.32	367673.039	21.3
34	8007930.73	367694.329	29.3
35	8007938.82	367721.453	30.1
36	8007956.06	367711.771	21.0

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8

Tabla de 05 días de temperaturas mínimas

PROMEDIOS MÁXIMO DE LOS 05 DÍAS DE MENOR TEMPERATURA			
#PUNTO	COORDENADAS		C°
	NORTE	ESTE	
1	8007670.22	367410.772	26.0
2	8007690.5	367372.505	28.7
3	8007706.32	367345.241	26.8
4	8007697.11	367417.689	23.8
5	8007707.97	367396.948	27.2
6	8007736.06	367363.496	23.5
7	8007708.74	367455.172	28.4
8	8007723.02	367417.522	27.1
9	8007735.89	367392.432	25.9
10	8007766.55	367407.853	22.5
11	8007742.53	367495.032	27.6
12	8007786.03	367438.259	24.6
13	8007763.55	367519.916	28.1
14	8007787.47	367501.374	26.9
15	8007804.19	367466.767	21.6
16	8007780.23	367539.525	26.9
17	8007806.07	367526.489	25.4
18	8007827.99	367502.406	21.7
19	8007800.67	367563.217	26.1
20	8007819.78	367545.389	31.8
21	8007846.92	367536.841	20.8
22	8007825.58	367592.743	26.4
23	8007835.53	367565.387	27.6
24	8007865.6	367568.829	22.2
25	8007854.76	367593.754	27.5
26	8007855.51	367628.184	27.2
27	8007887.03	367605.064	22.2
28	8007887.22	367636.629	24.3
29	8007889.08	367666.239	28.7
30	8007912.86	367644.543	21.1
31	8007910.83	367668.403	26.8
32	8007908.65	367686.344	26.8
33	8007930.32	367673.039	20.5
34	8007930.73	367694.329	26.6
35	8007938.82	367721.453	26.0
36	8007956.06	367711.771	22.4

Nota: Elaboración propia.

A. Mapas de isotermas

De las tablas realizadas se procedió a procesar los datos en el programa ArcGIS para la obtención de los mapas de isotermas, con ello se podrá visualizar los máximos térmicos. Se debe tener en cuenta que las tomas de datos se realizaron en horarios del medio día es por ello que las temperaturas visualizadas en los planos de isotermas corresponden al mismo momento del día solo que en días diferentes con condiciones climáticas similares.

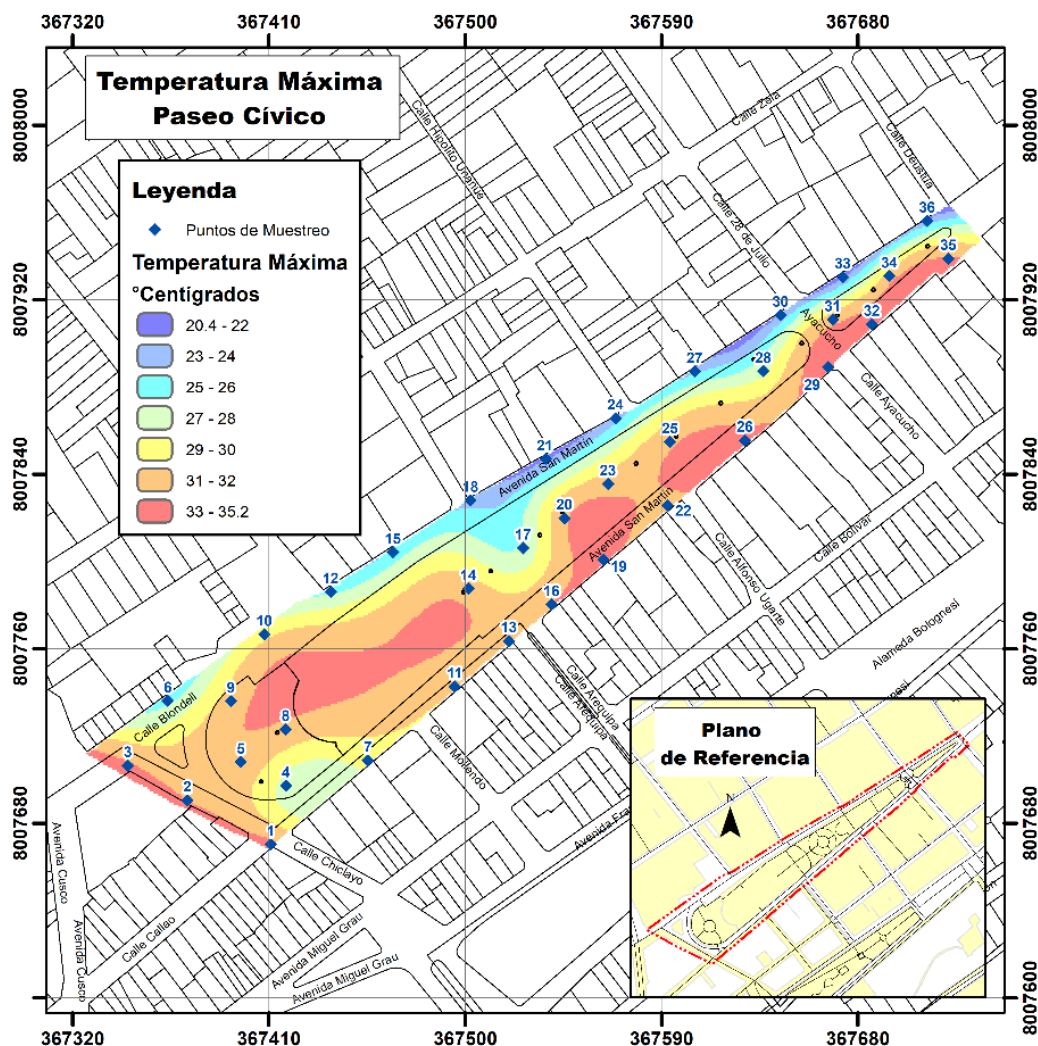
- **Mapa de isoterma de Temperatura Máximas**

La figura 24 nos muestra el comportamiento de la temperatura ambiental en 5 días de monitoreo de donde se registró un promedio de 23.2C° de temperatura en la ciudad de Tacna. Se puede visualizar claramente 5 zonas que registran temperaturas máximas de 34.5 C°.

- La primera zona constituida por los puntos 1,2 y 3 presenta una forma lineal que abarca toda la primera cuadra colindante a la calle Chiclayo exactamente donde se ubica la vereda peatonal.
- La segunda zona se forma centro de los puntos 8, 9, 10 y 14 presenta una extensión más alargada y abarca mayor superficie (se debe considerar que la superficie real es de menor dimensión debido a que no se debe considerar el espacio ocupado por la catedral, solo se considera como real las temperaturas que lo bordean), esta zona abarca la parte superior izquierda de la plaza Juan Pablo II y parte del atrio de la catedral.
- La tercera zona se forma dentro de los puntos 16,19,20 y 23 presenta una extensión más centralizada y abarca la zona donde se ubica la pileta ornamental extendiéndose en dirección sur hacia la av. San Martín.
- La cuarta zona se forma dentro de los puntos 22,25 y 26 y presenta una extensión centralizada y abarca la zona del atrio cívico frente al arco parabólico extendiéndose en dirección sur hacia la av. San Martín.
- La quinta zona se forma dentro de los puntos 29,31,32,34 y 35 y presenta una forma más alargada que abarca en su mayoría parte de la av. San Martín, pero en dirección sur.

Figura 24

Mapa de isotermas de la temperatura máxima durante 5 días de monitoreo.



Nota: Elaboración propia.

- Mapa de isoterma de Temperatura Media

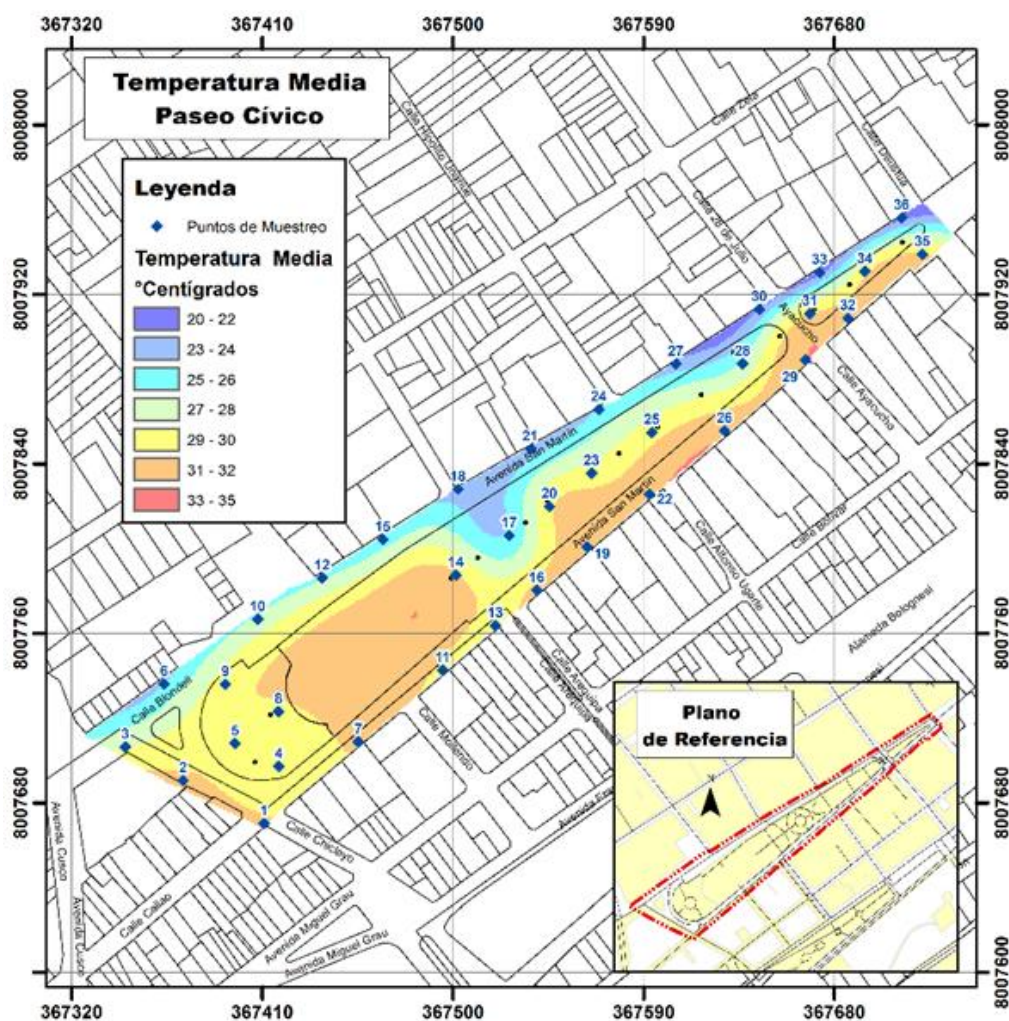
La figura 25 nos muestra el comportamiento de la temperatura ambiental en 5 días de monitoreo de donde se registró un promedio de 20.8° de temperatura en la ciudad de Tacna. Se puede visualizar claramente 3 zonas que registran temperaturas máximas de 32°C.

- La primera zona constituida por los puntos 1 y 2 presenta una forma lineal que abarca parte de la primera cuadra colindante a la calle Chiclayo.

- La segunda zona se forma centro de los puntos 7,8, 9, 11 y 14 presenta una extensión más alargada y abarca mayor superficie (se debe considerar que la superficie real es de menor dimensión debido a que no se debe considerar el espacio ocupado por la catedral, solo se considera como real las temperaturas q lo bordean), esta zona abarca la parte superior derecha extendiéndose en dirección de la av. San Martín y también en abarca el atrio de la catedral.
- La tercera zona se forma dentro de los puntos 16,19,20,22,23,24,26,29,31,32,34 y 35 presenta una mayor extensión más alargada que se forma en dirección sur abarcando parte del paseo cívico, pero en su mayoría más superficie de la av. San Martín.

Figura 25

Mapa de isotermas de la temperatura media durante 5 días de monitoreo.



Nota: Elaboración propia.

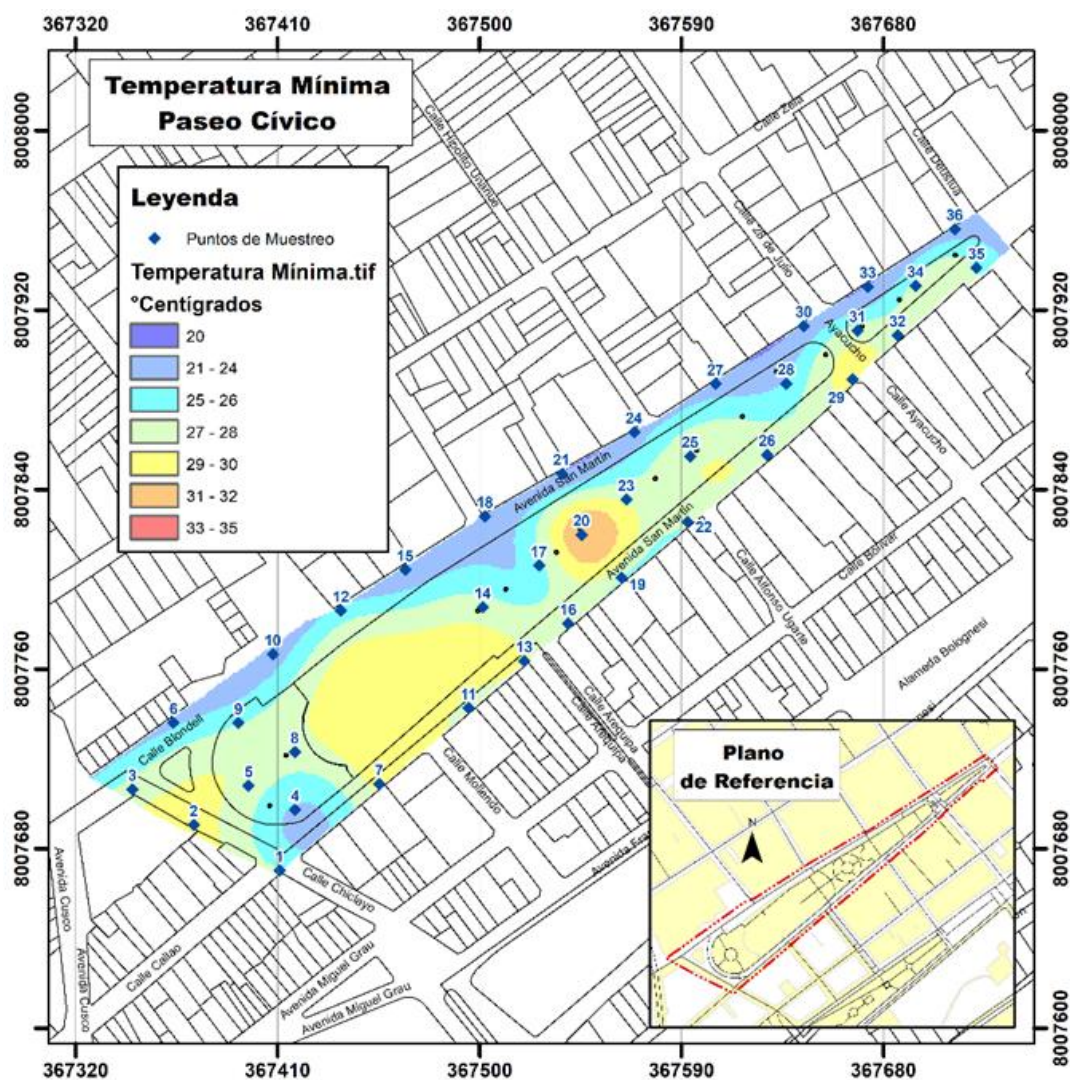
- Mapa de isoterma de Temperatura Mínima

La figura 26 nos muestra el comportamiento de la temperatura ambiental en 5 días de monitoreo de donde se registró un promedio de 19.8° de temperatura en la ciudad de Tacna. Se puede visualizar claramente 1 zona que registran temperaturas máximas de 32C°.

- La zona se encuentra constituida entre los puntos 17 y 23 pero exactamente la constituye el punto 20, abarca en su mayoría la zona de la pileta ornamental.

Figura 26

Mapa de isotermas de la temperatura máxima durante 5 días de monitoreo.



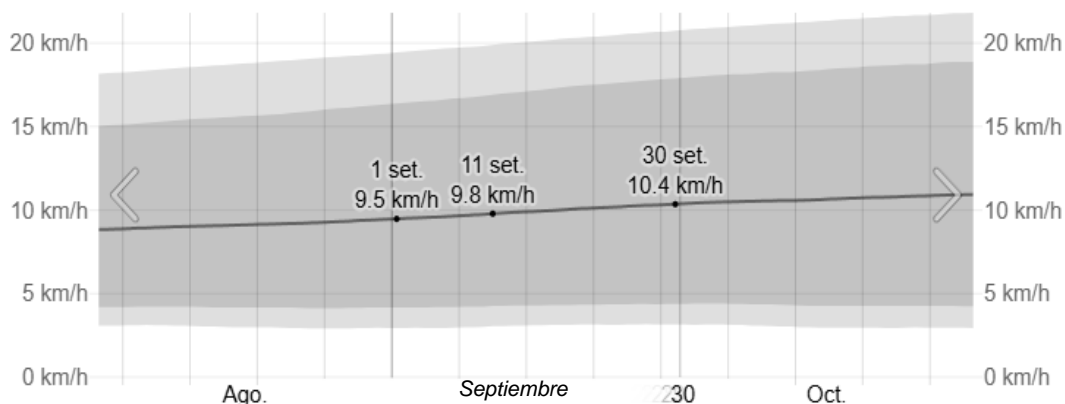
Nota: Elaboración propia.

5.1.2.2. Intensidad de Vientos

Para poder entender el comportamiento del viento en la unidad de análisis durante los días de medición se determinó primeramente el promedio del viento en el mes de septiembre, con ello se podrá entender las manifestaciones que presente el viento in situ.

Figura 27

Gráfico de la velocidad promedio del viento en septiembre en la ciudad de Tacna.



Nota: Fuente Weather Spark. (s. f.). Se debe tener en cuenta que esta fuente detalla el promedio del viento por hora del área ancha y la toma de datos es a 10 metros sobre el suelo.

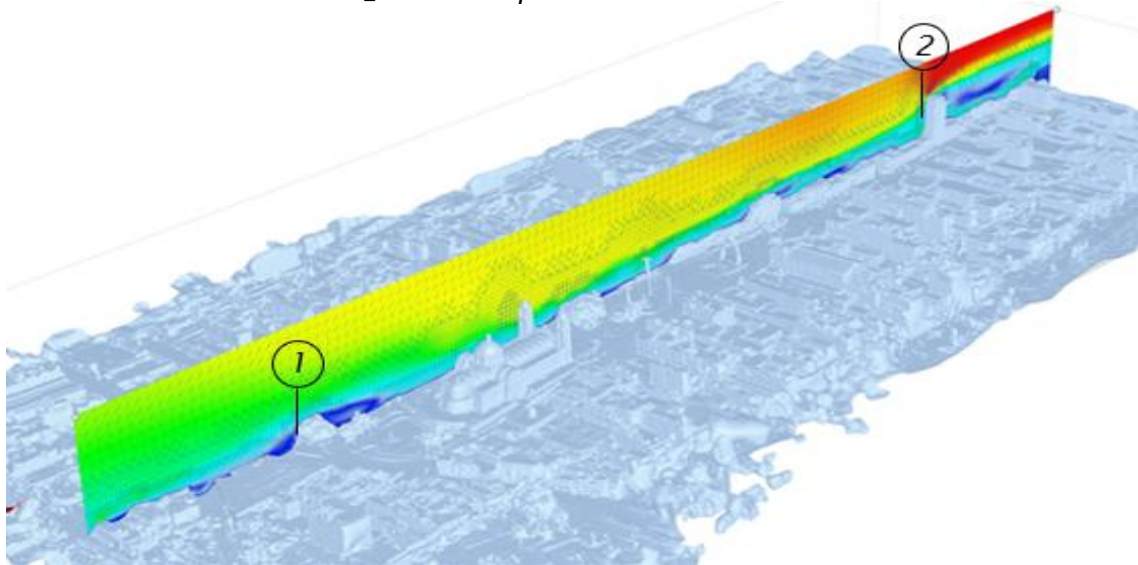
A continuación, se mostrará el comportamiento del viento promedio emplazado en la unidad de análisis a través del túnel del viento el cual se representó por secciones longitudinales para visualizar mejor el comportamiento del viento.

Sección longitudinal izquierda

Al ubicarse paralelo a la vía se visualiza un flujo casi constante teniendo dos momentos notorios de cambios del viento, el punto 1 nos muestra una desaceleración debido al “efecto sombra” que genera el árbol, mientras que en el punto 2 se genera una aceleración debido al “efecto de canalización” que genera una turbulencia del viento al golpear con el edificio.

Figura 28

Túnel del viento de la velocidad _ sección izquierda



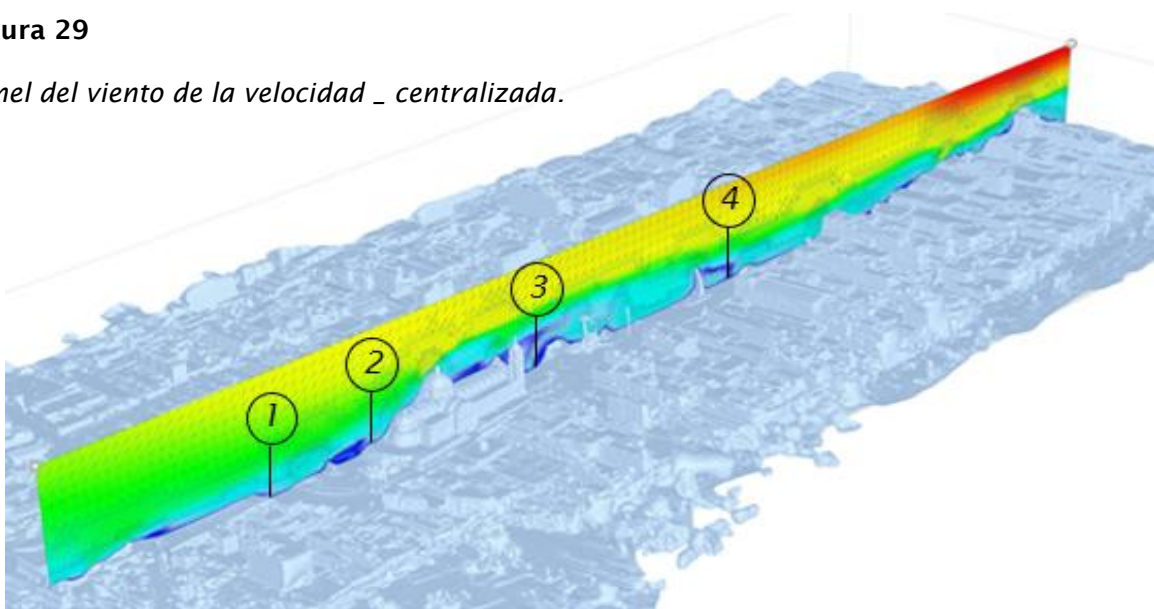
Nota: Elaboración propia.

Sección centralizada

Se visualiza que viento disminuye su desplazamiento debido principalmente a que los puntos 1,2,3,4 presentan un “efecto de bloqueo” a lo largo del paseo cívico debido a los diferentes elementos constructivos que crean zonas de baja presión.

Figura 29

Túnel del viento de la velocidad _ centralizada.



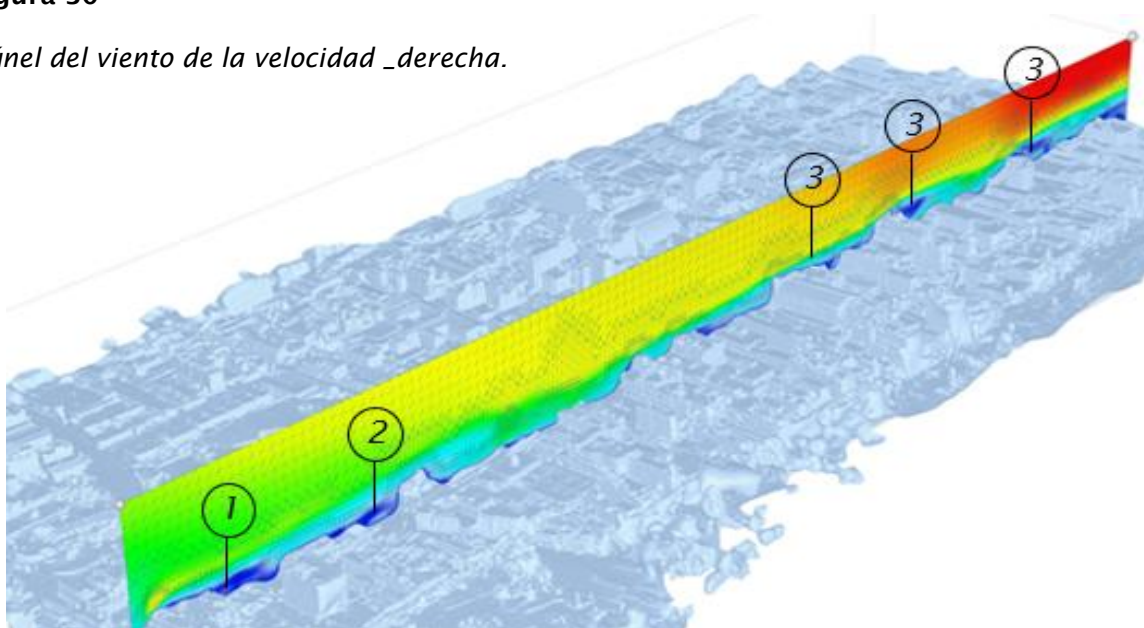
Nota: Elaboración propia

Sección derecha

Se visualiza que el flujo del viento disminuye su desplazamiento casi debido a que los puntos 1,2,3 presentan un “efecto de bloqueo” por los edificios de diferentes alturas generando zonas de baja presión y en caso de los edificios que presentan mayores alturas también presentan un “efecto de canalización” que genera turbulencias en la parte superior del viento.

Figura 30

Túnel del viento de la velocidad _derecha.



Nota: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el promedio de la velocidad del flujo del aire por cada punto de monitoreo, esto nos ayudara a entender el comportamiento ya no del viento a un nivel urbano, sino solo del flujo del aire que se genera como consecuencia de los diferentes efectos ya mencionados anteriormente.

Para ello la tabla 9 nos muestra el promedio de la velocidad del flujo de aire en los 5 días de mayor temperatura, esto debido a orientar la investigación a los objetivos ya establecidos y determinar su comportamiento ante un escenario de altas temperaturas.

Tabla 9*Tabla de promedios de flujos de aire*

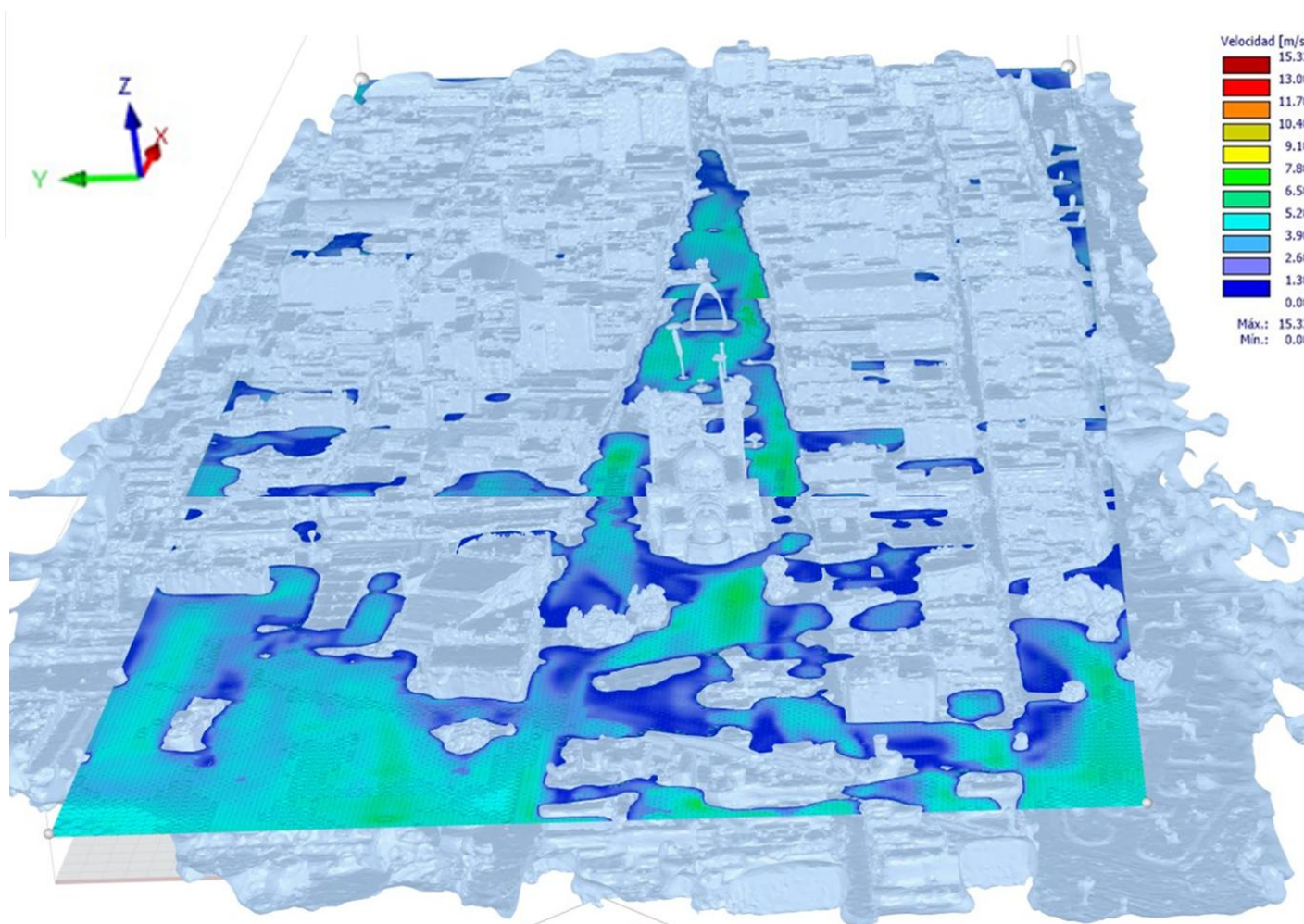
PROMEDIO DE FLUJOS DE AIRE			
#PUNTO	COORDENADAS		m/s2
DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	
1	8007670.218	367410.772	1.8
2	8007690.497	367372.505	2.3
3	8007706.32	367345.241	1.8
4	8007697.107	367417.689	1.1
5	8007707.973	367396.948	2.2
6	8007736.058	367363.496	1.6
7	8007708.736	367455.172	0.7
8	8007723.019	367417.522	2.8
9	8007735.891	367392.432	1.0
10	8007766.545	367407.853	1.1
11	8007742.526	367495.032	1.3
12	8007786.032	367438.259	1.7
13	8007763.553	367519.916	0.9
14	8007787.473	367501.374	2.0
15	8007804.193	367466.767	1.7
16	8007780.229	367539.525	1.0
17	8007806.074	367526.489	2.1
18	8007827.985	367502.406	1.1
19	8007800.667	367563.217	1.0
20	8007819.782	367545.389	1.8
21	8007846.921	367536.841	1.1
22	8007825.583	367592.743	1.0
23	8007835.525	367565.387	2.1
24	8007865.595	367568.829	2.5
25	8007854.757	367593.754	2.3
26	8007855.512	367628.184	1.0
27	8007887.03	367605.064	1.2
28	8007887.223	367636.629	2.4
29	8007889.081	367666.239	0.8
30	8007912.863	367644.543	1.4
31	8007910.832	367668.403	2.5
32	8007908.649	367686.344	0.9
33	8007930.316	367673.039	1.2
34	8007930.725	367694.329	2.6
35	8007938.816	367721.453	2.1
36	8007956.061	367711.771	0.8

Nota: Elaboración propia.

El flujo de aire registrado presento máximos por cortos periodos y no constantes, es por ello se optó por utilizar los promedios para representar su intensidad máxima ya que es una medida más precisa para reducir el ruido y la variabilidad aleatoria en los datos (Organización Meteorológica Mundial,2019). Se puede observar que el punto numero 8 presenta 2.8 m/s² siendo el máximo, mientras el punto 29 presenta el mínimo de 0.8m/s².

Figura 31

Representación de promedios de la velocidad del flujo del aire en días de mayor temperatura.



Nota: Elaboración propia. La figura 31 nos representa el promedio total de los puntos de monitoreo tomados en la tabla 9 teniendo como flujos de aire máximos de 5 m/s² y en varios otros teniendo 0 m/s², el procesamiento en el túnel del viento nos ayuda a tener un flujo del aire completo de toda la unidad de análisis simulando el flujo de aire promedio en los días de mayor temperatura.

5.1.2.3. Humedad

La humedad promedio en la ciudad de Tacna en el mes de septiembre es del 78%. Por tanto, normalmente el aire está húmedo. (Organización Meteorológica Mundial,2019).

Tabla 10

Promedios de la humedad en los días de mayor temperatura

PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA			
#PUNTO DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		%
	NORTE	ESTE	
1	8007670.22	367410.772	39.5
2	8007690.5	367372.505	43.3
3	8007706.32	367345.241	37.2
4	8007697.11	367417.689	38.6
5	8007707.97	367396.948	36.0
6	8007736.06	367363.496	41.2
7	8007708.74	367455.172	41.9
8	8007723.02	367417.522	34.8
9	8007735.89	367392.432	36.3
10	8007766.55	367407.853	40.2
11	8007742.53	367495.032	38.5
12	8007786.03	367438.259	38.6
13	8007763.55	367519.916	32.7
14	8007787.47	367501.374	34.7
15	8007804.19	367466.767	41.1
16	8007780.23	367539.525	36.1
17	8007806.07	367526.489	38.9
18	8007827.99	367502.406	45.3
19	8007800.67	367563.217	30.4
20	8007819.78	367545.389	39.8
21	8007846.92	367536.841	46.7
22	8007825.58	367592.743	30.7
23	8007835.53	367565.387	34.8
24	8007865.6	367568.829	45.4
25	8007854.76	367593.754	34.1
26	8007855.51	367628.184	33.6
27	8007887.03	367605.064	46.0
28	8007887.22	367636.629	38.6
29	8007889.08	367666.239	30.7
30	8007912.86	367644.543	47.3
31	8007910.83	367668.403	39.3
32	8007908.65	367686.344	30.4
33	8007930.32	367673.039	47.9
34	8007930.73	367694.329	35.8
35	8007938.82	367721.453	32.8
36	8007956.06	367711.771	46.4

Nota: Elaboración propia. Se observa un máximo de 47.9% de humedad registrado en el punto numero 33 mientras que el mínimo de 30.4% de humedad se registran en dos puntos.

5.1.2.4. Efecto Albedo

El albedo es la relación que existe entre la energía luminosa difundida por una superficie a través de la reflexión y la energía incidente. Es decir, el albedo revela qué nivel de radiación refleja una superficie en comparación a la radiación total que recibe y se indica en términos porcentuales (Voogt, 2008).

Tabla 11

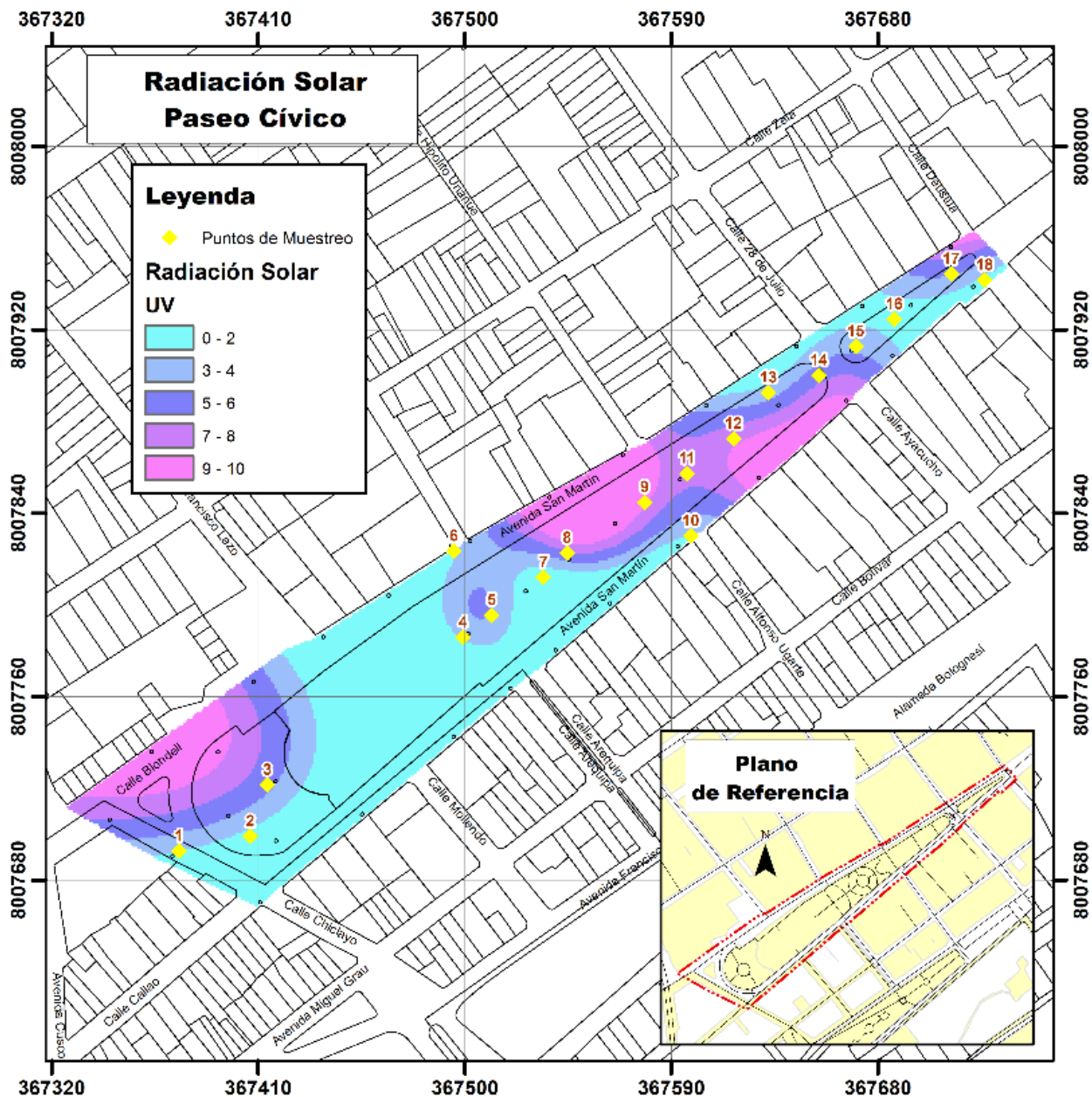
Puntos de monitoreo de la radiación indirecta en el día de mayor temperatura.

PROMEDIO DE INDICE DE RADICACION INDIRECTA					
#PUNTO	COORDENADA		uw/cm2	UV	LUX
DESCRIPCION	NORTE	ESTE			
1	8007692.75	367375.334	373	2.1	107659
2	8007699.08	367406.394	192	1.2	91344
3	8007721.5	367413.79	916	4.5	188008
4	8007785.92	367499.151	328	2.2	38373
5	8007795.57	367511.637	740	3.9	89169
6	8007823.53	367495.055	291	1.7	99329
7	8007812.06	367534.194	82	0.5	102358
8	8007822.69	367544.48	1167	5.7	104883
9	8007844.87	367578.248	2155	8.1	274829
10	8007830.05	367598.472	329	1.9	104567
11	8007857.37	367596.707	1381	6.5	42244
12	8007872.55	367617.082	1579	7.2	187174
13	8007892.57	367632.284	586	3.1	79169
14	8007900.09	367654.211	1052	5.2	111509
15	8007912.77	367670.399	591	3.4	27388
16	8007924.59	367687.081	246	1.4	34866
17	8007944.47	367711.975	789	4.2	77053
18	8007941.71	367726.491	252	1.5	105072

Nota: Elaboración propia. Se considero también la medición del lux debido a que esto nos ayudará a determinar la cantidad de luz que incide en cada punto de monitoreo de tal manera que esto nos permitirá saber la incidencia de la iluminación natural que puede ser obstruida por las sombras generadas por nubes, especies arbóreas o los edificios.

Figura 32

Mapa de puntos de monitoreo de la radiación indirecta en el día de mayor temperatura.



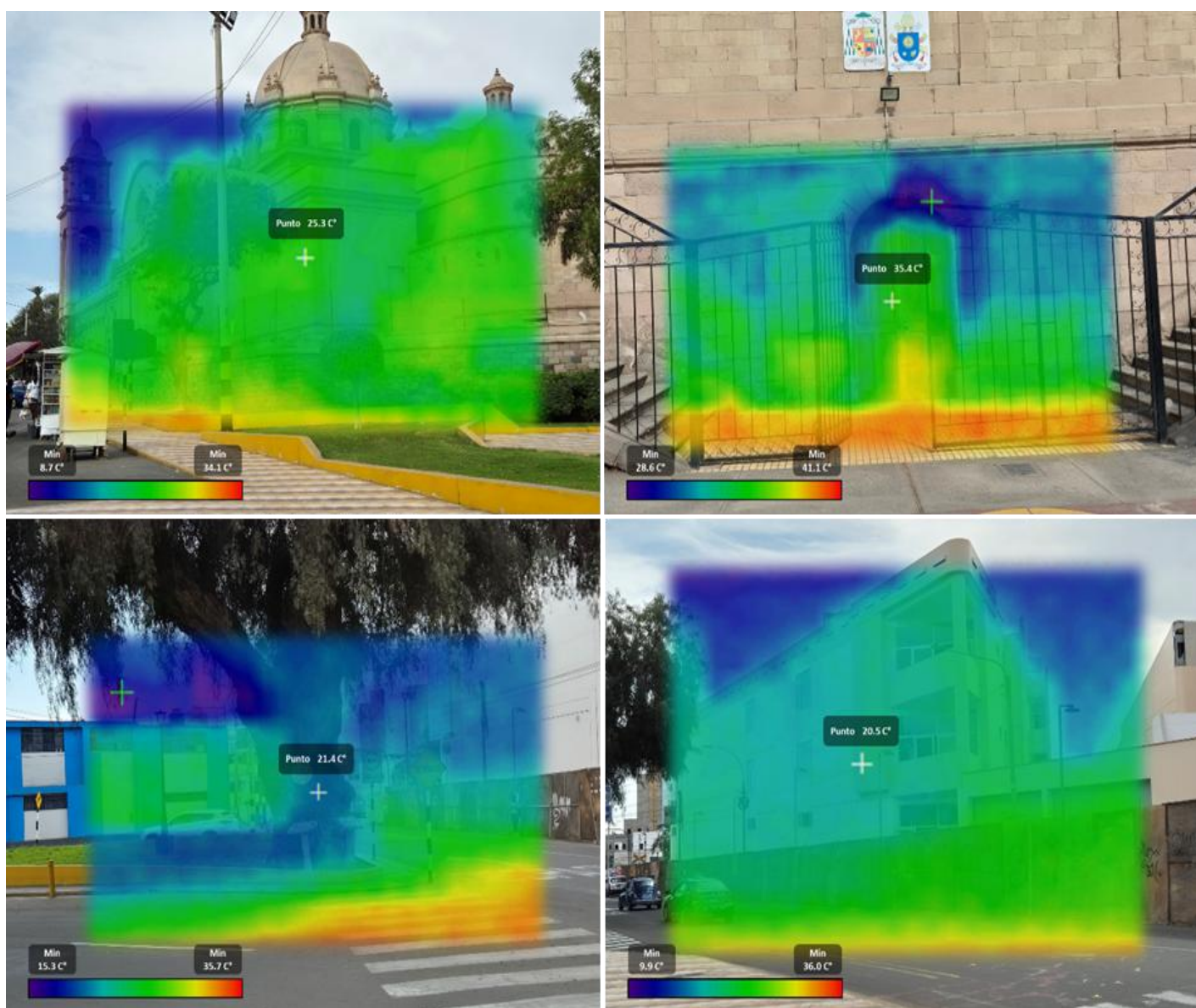
Nota: Elaboración propia. La figura 32 se visualiza los puntos de monitoreo tomados que se muestran en la tabla 11. Se debe considerar que la ración directa monitoreada los mismos días fue en promedio de 2473 w2/cm2 y 9.2 UV . Mientras que el máximo registrado en radiación indirecta fue en el punto 9 con 2155 w2/cm2 con un 8.1 UV , así como también se visualiza el mínimo registrado de 82 uw2/cm2 con un 0.5 UV .

A continuación, se describirá las dos zonas de mayor superficie y alto índice de radiación indirecta, que se visualiza en el mapa de puntos de monitoreo.

La ZONA 01 está comprendida dentro de los puntos 1,2 y 3. Comienza en la calle Blondell ubicado en la parte inferior izquierda de la plaza Juan Pablo II. En la figura 33 se puede observar a través de fotografías térmicas el comportamiento de las temperaturas en los puntos de mayor radiación indirecta.

Figura 33

Imagen térmica de la radiación indirecta en espacios de la ZONA 1.

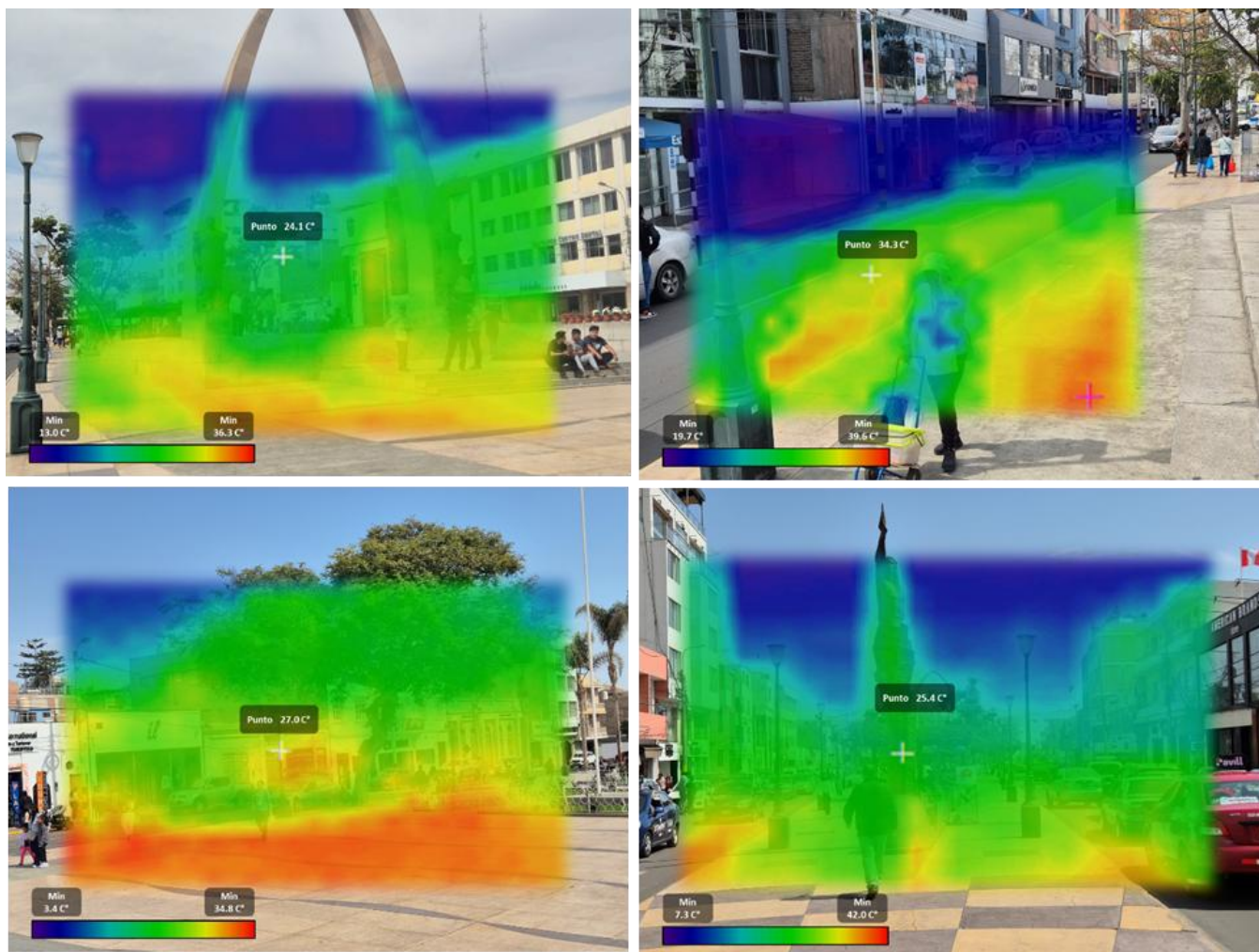


Nota: Elaboración propia.

La ZONA 02 está comprendida por los puntos 8,9,11,12 y 14 abarcando el lado este de la pileta, gran parte del atrio cívico y el lado oeste de la av. San Martín desde la calle Alfonso Ugarte -hasta la calle Ayacucho. En la figura 34 se puede observar a través de fotografías térmicas el comportamiento de las temperaturas en los puntos de mayor radiación indirecta.

Figura 34

Imagen térmica de la radiación indirecta en espacios de la ZONA 2.



Nota: Elaboración propia

Para el cálculo del albedo se consideró primero la muestra de la radiación directa tomada el mismo día de medición y posteriormente la radiación indirecta, con ambas radiaciones se realizó la Tabla 12, la cual muestra el índice de albedo expresado con un valor de 0 y 1 realizada a partir de la siguiente fórmula: Albedo (α) = (Radiación solar reflejada) / (Radiación solar incidente).

Tabla 12

Promedios de la humedad en los días de mayor temperatura.

# PUNTOS	CÁLCULO DE ALBEDO		ALBEDO α
	RADIACIÓN DIRECTA	uw/cm2 INDIRECTA	
1	2473	373	0.15
2	2473	192	0.08
3	2473	916	0.37
4	2473	328	0.13
5	2473	740	0.30
6	2473	291	0.12
7	2473	82	0.03
8	2473	1167	0.47
9	2473	2155	0.87
10	2473	329	0.13
11	2473	1381	0.56
12	2473	1579	0.64
13	2473	586	0.24
14	2473	1052	0.43
15	2473	591	0.24
16	2473	246	0.10
17	2473	789	0.32
18	2473	252	0.10

Nota: Elaboración propia. Se observa un máximo de albedo de 0.87 en el punto de monitoreo 9 en el cual se tiene una superficie de concreto de granito lavado color amarillo, mientras que el punto 7 presenta menor albedo de 0.03.

5.2. Análisis y discusión de Resultados

Para una mayor comprensión de los resultados mostrados anteriormente y enfocándolos al tema principal de la investigación se procederá a interpolar la información de ambos aspectos tanto urbano como climático, de tal manera que se podrá explicar los resultados de ambas dinámicas y como cada una de ellas influye en la formación de las islas de calor en el paseo cívico:

5.2.1. Mapas de Isotherma y comportamiento de la temperatura ambiental.

Los mapas de isothermas realizados en el capítulo anterior (ver figuras 24,25 y 26) nos permiten visualizar las islas de calor formadas en 03 escenarios:

A. ESCENARIO 01

Días que alcanzan los 23°C durante los horarios de 12:30m hasta las 2:00pm.

En este primer escenario, al presentar los días de mayor temperatura fue clave para a determinación más clara de las islas de calor, puesto que nos muestra los máximos térmicos que puede llegar alcanzar las zonas de mayor temperatura.

Se identificaron un total de 5 zonas con un registro máximo de 35.2°C. Estas zonas presentan +12.2°C a +10°C superior al clima reportado por las estaciones meteorológicas del Senamhi, por lo cual podemos determinar que estas 5 zonas evidencian la formación del fenómeno de las islas de calor atmosférico.

- **Zona 1_Isla de calor 1:** constituida por los puntos de monitoreo 1,2 y 3.
- **Zona 2 _Isla de calor 2:** constituida por los puntos de monitoreo 8, 9 ,10 y 14.
- **Zona 3_Isla de calor 3:** constituida por los puntos de monitoreo 16,19,20 y 23.
- **Zona 4_Isla de calor 4:** constituida por los puntos de monitoreo 22,25 y 26.
- **Zona 5_Isla de calor 5:** constituida por los puntos de monitoreo 29,31,32,34 y 35.

B. ESCENARIO 02

Días que alcanzan los 20.8°C durante los horarios de 12:30m hasta las 2:00pm aproximadamente.

En este segundo escenario, al presentar los días de media temperatura determino las zonas más comunes de concentración de calor, puesto que nos muestra los máximos térmicos que puede llegar alcanzar diferentes zonas que si bien no registran puntos tan extremos de temperatura si están considerados como puntos altos.

Se identificaron un total de 3 zonas con un registro máximo de 32°C. Estas zonas presentan +11.2°C a + 9.2°C superior al clima reportado por las estaciones meteorológicas del

Senamhi, por lo cual podemos determinar que estas 3 zonas evidencian la formación del fenómeno de las islas de calor atmosférico.

- **Zona 1_Isla de calor 1:** constituida por los puntos de monitoreo 1 y 2.
- **Zona 2 _Isla de calor 2:** constituida por los puntos de monitoreo 7,8, 9 ,11 y 14.
- **Zona 3_Isla de calor 3:** constituida por los puntos de monitoreo 16,19,20 ,22,23,24,26,29,31,32,34 y 35.

C. ESCENARIO 03

Días que alcanzan los 19.8°C durante los horarios de 12:30m hasta las 2:00pm aproximadamente.

En este tercer escenario, al presentar los días de mínimas temperatura determino las zonas más propensas de concentración de calor, puesto que nos muestra los máximos térmicos que puede llegar alcanzar diferentes zonas que si bien no registran puntos tan altos de temperatura si están considerados como superiores al promedio.

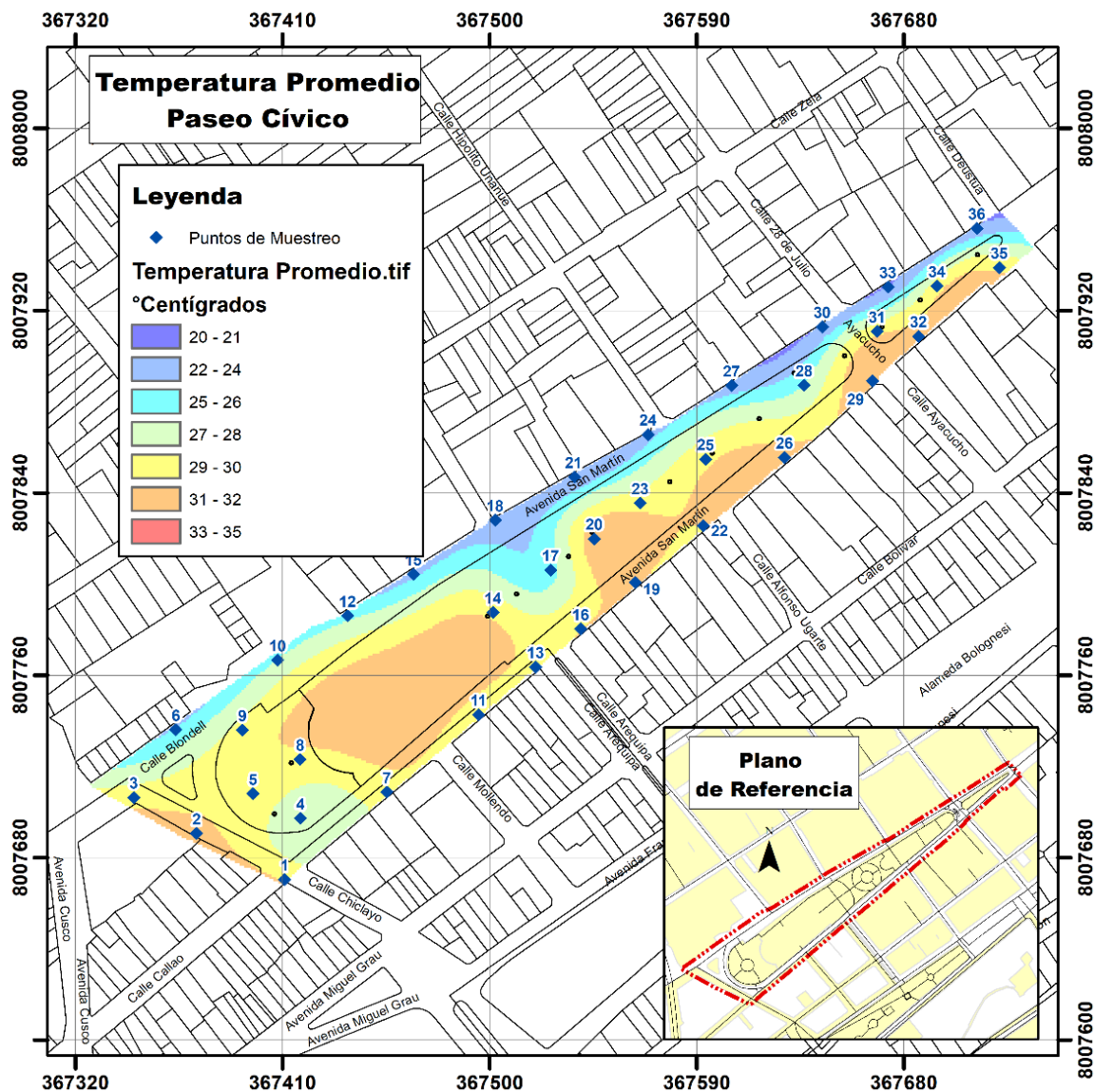
Se identificó un total de 1 zonas con un registro máximo de 32°C. Estas zonas presentan +12.2°C a + 10.2°C superior al clima reportado por las estaciones meteorológicas del Senamhi, por lo cual podemos determinar que zonas evidencian la formación del fenómeno de las islas de calor atmosférico.

- **Zona 1_Isla de calor 1:** constituida por los puntos de monitoreo 17 y 23.

Como pudimos ver los mapas de isotermas presentados permitieron realizar la identificación del comportamiento de la temperatura ambiental lo cual fue clave para la identificación de las islas de calor en diferentes escenarios, pero para la comprensión de las dinámicas espacio urbano - factor temporal se realizó la superposición de estos mapas dando como resultado la Figura 35 cual es el producto del promedio de temperaturas registradas.

Figura 35

Mapa de superposición y promedio de temperaturas registradas.



Nota: Elaboración propia

Se identificó un total de 4 zonas con un registro máximo de 32°C. Estas zonas presentan +12.2°C a + 10.2°C superior al clima reportado de 21.26°C, por lo cual podemos determinar que zonas evidencian la formación del fenómeno de las islas de calor atmosférico.

- **Zona 1_Isla de calor 1:** constituida por los puntos de monitoreo 1 ,2 y 3.
- **Zona 2 _Isla de calor 2:** constituida por los puntos de monitoreo 7,8,11 y 14.
- **Zona 3_Isla de calor 3:** constituida por los puntos de monitoreo 16,19,20,22,25 y 26.
- **Zona 4_Isla de calor 4:** constituida por los puntos de monitoreo 29,31,34 y 35.

5.2.2. *Morfología y flujo de aire.*

El análisis determinado en el capítulo anterior nos permito obtener la manifestación flujo de aire en la misma unidad de análisis (ver figura 31) en la cual se puede determinar los siguientes puntos en relación con la formación de las islas de calor identificadas:

- **Zona 1_Isla de calor 1:** Presenta un “efecto bloqueo” debido a la edificación que presenta en su frente, también presenta la canalización de del flujo de aire generando que este se disipe principalmente en sus vías, por los cual la velocidad de aire alcanzada en la isla de calor 1 es en promedio solo de 1.3 m/s².
- **Zona 2 _Isla de calor 2:** Presenta dos fenómenos diferentes; el primero es “efecto sombra” generado por el árbol de molle ubicado en la parte delantera, el segundo “efecto bloqueo” que genera la edificación de la catedral, por lo cual la velocidad de aire alcanzada en la isla da calor 2 es en promedio de 2.3m/s².
- **Zona 3_Isla de calor 3:** Presenta un flujo continuo del viento debido a la configuración de la vía la cual actúa como canalizador del aire, así como también a la cantidad mínima de obstáculos que se presenta el atrio cívico, como resultado el aire tiende a alcanzar en la isla da calor 3 un promedio de 3.5 m/s².
- **Zona 4_Isla de calor 4:** Presenta un flujo continuo del viento a la configuración de la vía que actual como canalizador del aire, aunque afectado por una barrera vehicular constante durante gran parte del día, alcanzando un promedio de 3.2 m/s².

Se debe tener en cuenta que, si bien las zonas 3 y 4 presentan un flujo continuo de viento, estas presentan una continua “barrera vehicular” que si bien se evidencia en ciertos momentos del día es exclusivamente en estas zonas donde se percibe de manera más constante pues a diferencia de las demás zonas, en estas abarcar la mayor parte del día.

Otro factor importante para considerar es la variación de la humedad relativa con respecto al flujo de aire, esto debido a que la humedad presenta una relación directamente proporcional, a mayor viento registrado mayor humedad se registra en los puntos de monitoreo.

Algunos datos importantes y a considerar que observados durante los días de monitoreo en relación con lo mencionado anteriormente son:

- Si el flujo del aire supera los 2.5m/s^2 en algunos casos puede influir en la disminución de la temperatura, solo si este viento es constante al menos 30seg.
- En la mayoría de los puntos de monitoreo el flujo del aire no fue constante, pues se presentó a modo de “ráfagas de aire”, es por ello por lo que no contribuyo con la disminución de la temperatura.
- Todos los puntos de monitoreo donde se ubican las islas de calor identificadas llegaron a alcanzar 0m/s^2 por lo menos en algún momento.
- Si bien el paso del continuo del aire no disminuye toda la temperatura por completo por el contrario la obstrucción del flujo de aire en ciertas zonas puede ayudar a la generación de las islas de calor debido a que se genera un aumento acelerado de temperatura al no disiparse el calor.
- La humedad relativa solo cambia si la temperatura presenta una variación de al menos 3°C , si la temperatura aumenta 3° aumenta la humedad relativa aumentará 1% si la temperatura disminuye 3° la humedad relativa disminuirá 1%. Por lo tanto, podemos decir que la temperatura y la humedad presentan una relación lineal inversamente proporcional.

5.2.3. Características térmicas de la materialidad y el efecto albedo.

- El análisis determinado en el capítulo anterior nos permito obtener las características térmicas de los materiales lo cual ayudará a comprender su relación con el efecto albedo determinado, con lo cual podemos determinar los siguiente:
- **Zona 1_Isla de calor 1:** Presenta una radiación indirecta de 2 UV, con un albedo de las superficies de 0.15, esta isla de calor tiene en su mayoría superficies de concreto y adoquines pintados en rojo oscuro (veredas) este material tiene propiedades de reflectancia de 0.20 a 0.30 y emisividad de 0.80, por lo cual no refleja la radiación directa sino la absorbe y emite en forma de calor, ayudando a la concentración de altas temperaturas.

- **Zona 2 _Isla de calor 2:** Presenta una radiación indirecta de 5 a 6 UV, con un albedo de las superficies de 0.37, esta isla de calor tiene en 2 superficies diferentes:
 - Losetas de terrazo hexagonales este material tiene propiedades de reflectancia de 0.30 a 0.40 y emisividad de 0.80, este material permite la reflexión de los rayos directos, pero también almacena calor así que tiene estas dos condicionantes de reflejar los rayos UV y de absorber calor por lo tanto también ayuda a la concentración de altas temperaturas.
 - Concreto y granito lavado de color natural este material tiene propiedades de reflectancia de 0.20 a 0.30 y emisividad 0.90 a 0.85, por lo cual no refleja la radiación directa sino la absorbe y emite en forma de calor.
- **Zona 3_Isla de calor 3:** Presenta una radiación de 5 a 9 y 10 UV, presenta en su mayoría concreto y granito lavado
- **Zona 4_Isla de calor 4:** Presenta una radiación de 5 a 9 y 10 UV presenta en su mayoría concreto y granito lavado

Se debe tener en cuenta que en los lugares donde el registro de radiación indirecta es alto, pese a que los materiales poseen poca propiedad de reflectancia, también influye la presencia del edificio que halla en cada zona así como también la forma de embotellamiento que presenta el paseo cívico de Tacna y en particular la presencia de “cañones urbanos”, todo ello genera que la radiación reflejada se acumule en vez de disiparla, es por ello que en el mapa de radiación indirecta (ver figura 32) se visualiza zonas de alta concentración de radiación.

5.3. Comparación de resultados con antecedentes

La autora Larena (2022), comprobó en su investigación que las islas de calor son un fenómeno de impacto dinámico y variable que se produce en diferentes horas del día. Si bien la investigación realizada no se centró en diferentes horas del día, el monitoreo realizado facilitó la determinación de 3 clasificaciones en distintos escenarios, lo cual

ayudo a confirmar que las islas de calor son un fenómeno de impacto dinámico y variable que también se puede manifestar en mismas horas del día.

Asimismo, la misma autora señaló también que el alto nivel de radiación solar debido a los escasos de áreas verdes y mayor presencia de construcciones urbanas, resaltando la importancia que tiene las áreas verdes, esto también detalla y complementa el autor Marco Morabito et al (2021) donde determinó la importancia de las superficies impermeables y de la cubierta de árboles debido a sus efectos refrescantes y ventajas en cuando a la calidad del aire. Como se señaló anterior que, en esta investigación, se pudo confirmar que el alto nivel de radiación se debe a los escasos de áreas verdes específicamente a las especies arbóreas pues son estas las que generan una cubierta natural que absorbe la radiación directa del sol, pero depende mucho el estado y corona del árbol.

Por otro lado, el autor José M. Cuadrat (2022), determinó que el papel del viento es un factor importante y condicionante atmosférico, debido que en su investigación se repostaron vientos superiores a 10km/h en promedio y vientos superiores a 50km/h hacían que las islas de calor desaparecieran por completo. En esta investigación el viento no represento un factor relevante en cuanto al cambio de temperatura y disminución de las islas de calor pues solo si superaba los 2.5m² de manera constante al menos 30seg, realiza un cambio, pero el cambio era mínimo en la temperatura y por ende la isla de calor seguía existiendo.

Los autores Lozada & Camilloni (2022) determinaron que en ocasiones la intensidad disminuye durante el día, lo que provoca el efecto de isla fría. Esto también podemos visualizar durante la investigación realizada, por lo cual podemos confirmar y construir diciendo que las islas frías se pueden observar no solo por la disminución de la temperatura sino también depende del factor urbano, generando grandes áreas de sombra que son de gran contraste de temperatura frente a las islas de calor y que estas se manifiestan al mismo tiempo.

Según Athanassios Giannopoulos et al. (2021), determinó que la influencia de la orientación de las calles provocaba un efecto refrescante beneficioso en la circulación de

aire que se encontraban transversales a la orilla del mar. Se debe resaltar que la ubicación geográfica es un factor importante para poder visualizar el efecto refrescante de la circulación de aire, pues en contextos más urbanos la circulación del aire dependerá sobre todo de los factores urbanos.

Villareal et al (2020), quien realizó un estudio más detallado a espacios urbanos como vías principales, determinó que las islas de calor son causadas por la materialidad predominante de asfalto y factores ambientales. Tras la investigación realizada podemos afirmar la influencia del asfalto en la formación de las islas de calor, debido a que este material que se encuentra bordeando el paseo cívico y actúa en las zonas identificadas como islas de calor, como un conductor o como un factor que propicia la dimensión y formación de cada isla.

5.4. Limitaciones encontradas

-Al ser el paseo cívico un espacio de alberga diversidad actividades turísticas, cívicas, comerciales y cotidianas, algunos días de monitoreo fueron interrumpidos es por ello que para la investigación se hizo la selección de 15 días de los cuales si se tiene la toma completa e interrumpida de los datos registrados.

- La configuración del paseo cívico también posee presencia de “cuerpos azules”, los cuales son las diferentes fuentes, piletas, y entre otros cuerpos de agua que podrían ayudar a bajar las temperaturas, en su mayoría no se encuentran activos por lo cual no se consideró dentro de esta investigación por no ser elementos permanentes.

- La materialidad del paseo cívico presenta diferentes estados de conservación desde zonas en buen estado, a zonas en estado mala o regular. Esto podría afectar en las propiedades térmicas que puede presentar cada material, por lo cual para esta investigación se consideró un estado promedio el cual es regular.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En esta investigación se pudo determinar que la dinámica espacio urbano-factor temporal son factores que influyen en la formación de islas de calor y a su vez son elementos fundamentales para en su comprensión sobre todo en espacios urbanos públicos, esto debido a que ambas dinámicas son interdependientes y se influyen mutuamente, generando que el proceso de formación de las islas de calor sea un proceso complejo y multifacético que da como resultado su variabilidad en el tiempo.

La variación de temperatura ambiental identificada a través de la elaboración de mapas de isothermas es un indicador importante para comprender la distribución de área que abarcar una isla de calor, así como también para la identificación de patrones de temperatura en diferentes escenarios.

La composición morfológica del contexto urbano de un espacio público es una condicionante destacable para el flujo continuo del aire, pues existen diversos efectos en la configuración de las calles que genera la canalización del aire y otros en la composición edilicia que presentan obstáculos.

Determinar las características de la materialidad es importante para la comprensión de las fuerzas de absorción y emisión de radiación solar, por lo que son características que influyen en el albedo que genera las superficies, Se observó que usualmente, si un material muestra una temperatura elevada es debido a su baja capacidad de albedo, mientras que a temperaturas bajas presentaba un albedo elevado.

Con lo mencionado anteriormente, podemos concluir también que los objetivos de la investigación fueron claramente alcanzados y que implícitamente también pudimos afirmar las hipótesis propuestas, ya que tanto los objetivos y las hipótesis están correlacionadas

Para el caso del paseo cívico de la ciudad de Tacna, se determinó que se presenta la formación de 4 islas de calor con un registro máximo de 32°C, lo cual representa +12.2°C a +10.2°C superior al clima reportado de 21.26°C, la forma de embotellamiento que presenta su

trama urbana y la proporcionalidad directa a su densificación vertical (con alturas que superan los 30m en las zonas más angostas de la vía) evidencian la presencia de “cañones urbanos”, esto tiene un efecto en el flujo continuo de aire debido que solo llega a alcanzar un promedio máximo de 3.5m/s² a modo de “ráfagas de aire” lo cual no es suficiente para influir en la disminución de la temperatura de las islas de calor, así como también el albedo que presenta en sus superficies urbanas genera que la radiación reflejada se acumule en vez de disiparla presentando zonas con 8.1UV. No todas las islas de calor identificadas en el paseo cívico de la ciudad de Tacna presentan una gran concentración de radiación esta dependerá no solo de la materialidad de su superficie urbana, sino también de su ubicación condicionada por la morfología urbana existente.

6.2. Recomendaciones

Para una posible mitigación de las islas de calor en el paseo cívico, se recomienda la activación de los “cuerpos celestes” como piletas y fuentes de agua, por menos en las horas de máximas temperatura y en la temporada de verano.

Si bien existe la presencia de vegetación arbórea en el paseo cívico de Tacna, muchas de estas se encuentran en declive, se recomienda un estudio profundo de los tipos de árboles nuevos a implantar donde se considere como factor importante la corona arbustiva.

Debido a la configuración morfológica del paseo cívico es importante implementar lineamientos urbanos que mitiguen el efecto de las islas de calor, determinando algunos parámetros en las alturas de edificación, la utilización de techos verdes, cubiertas reflectantes y zonas rígidas.

Se recomienda hacer un mayor estudio a las superficies urbanas del paseo cívico de la ciudad de Tacna en especial a la superficie asfáltica, hoy en día muchas ciudades han implementado el cambio de sus superficies urbanas por nuevos materiales que no solo poseen propiedades de durabilidad sino también aquellos que permitan el confort térmico de sus ciudadanos.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental (EPA), (2008). "Urban Heat Island Basics." In: *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. <https://lc.cx/KO8Bqw>
- Alba, A. (2024). *Córdoba tiene el índice de calentamiento global más alto de Andalucía*. Córdobapolis. <https://bit.ly/3TDeqb0>
- Albentosa, L. (1976). Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo. *Revista de geografía*, 10 (1), 140-157. <https://lc.cx/lV2XsZ>
- Alchapar, N. L., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construido*, 12(3), 107-123. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212012000300008>
- Al-Sudani, A., Hussein, H. E. M., & Sharples, S. (2017). Sky View Factor Calculation - A computational-geometrical approach. *eCAADe*,2(35),673-682. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.2.673>
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. (2019). *Manual of Photogrammetry* (6ta ed.). Bethesda, MD: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Anabat, I. (2020). *Glosario de términos industriales sobre climatización y refrigeración*. Caloryfrio. <https://bit.ly/3ZCW6Tc>
- Banco Mundial (2023). *Desarrollo urbano: Panorama general*. <https://bit.ly/4gCOt54>
- Bielza V. (2008). *Introducción a la Ordenación del Territorio. Un enfoque geográfico*. Pressas Universitarias de Zaragoza, 282 págs

- Hillier, Bill. (2007). *Space is the machine : a configurational theory of architecture*. Editorial: Cambridge
- Campos, M. I. (2016). "Urban Public Space Materials. Maintenance and Design?". *on the w@terfront. Public Art.Urban Design.Civic Participation.Urban Regeneration* 48 (10),7-20. <https://revistes.ub.edu/index.php/waterfront/article/view/18674>.
- CIIFEN (2022). *Tiempo Atmosférico y Clima*. <https://bit.ly/3MWOPLb>
- Cuadrat JM, Serrano-Notivoli R, Barrao S, Saz M Ángel, Tejedor E. (2022). Temporal variability of the urban heat island in Zaragoza (Spain). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 48(1), 97-110. <https://doi.org/10.18172/cig.5022>
- Doulos, L., Santamouris, M., & Livada, I. (2004). Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. *Solar Energy*, 77(2), 231-249. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.04.005>
- Erell, E., Pearlmutter, D., Boneh, D., & Kutiel, P. B. (2014). *Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons*. *Urban Climate*, 10, 367-386. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.10.005>
- Evans J. & Schiller S. (2005). La isla de calor en ciudades con clima cálido-húmedo. *Avances en Energías Renovables y Medio*,9 (1), 37-42. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/83074>
- Gartland, L. (2088). *Heat Islands. Understanding and mitigating heat in urban areas*. Editorial Earthscan Publications
- Gehl J. (2014). *Ciudades para la gente* (1ª ed.) Ediciones Infinito, Argentina. <https://bit.ly/4eyGkwP>

Gehl, J. (1971). *Life between buildings*. Arkitektens Forlag. (1ª ed.) Ediciones Infinito, Argentina.

<https://bit.ly/4eyGkwP>

Giannopoulos, A., Caouris, Y. G., Souliotis, M., & Santamouris, M. (2021). *Characteristics of the urban heat island effect, in the coastal city of Patras, Greece*. International Journal of Sustainable Energy, 41(6), 556-571. <https://doi.org/10.1080/14786451.2021.1950722>

Giridharan R., Ganesan S., Lau S.Y., (2004), Daytime urban heat island effect in high rise and high density residential developments in Hong Kong. Energy and Buildings, 36: 525-534. <http://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-ggis/>

Hernández R., Fernández C., Baptista M., (6ª ed.). (2014). Metodología de la investigación México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (s. f.-b). *Las características de las ciudades españolas en su plano urbano*. Atlas Didáctico <https://bit.ly/3BfDNJB>

Larena, I. (2022). *Dinámica espacio-temporal de la isla de calor urbana en la Ciudad de México*. URBE. Arquitectura, Ciudad Y Territorio, (15), 3-18. <https://doi.org/10.29393/ur15-1deil10001>

Lin, C., Chen, F., Huang, J., Chen, W., Liou, Y., Chen, W., & Liu, S. (2008). Urban heat island effect and its impact on boundary layer development and land-sea circulation over northern Taiwan. *Atmospheric Environment*, 42(22), 5635-5649. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.03.015>

Lozada Montanari, M., & Camilloni, I. (2022). Variabilidad espacio-temporal de la isla de calor superficial en tres ciudades argentinas. *Meteorológica*; 47(1),1-21. <https://doi.org/10.24215/1850468Xe012>

- Lusett, M. A. R. (2019). Islas de calor en la zona conurbada del río Pánuco. *ACE Arquitectura Ciudad y Entorno*, 13(39), 63-74. <https://doi.org/10.5821/ace.13.39.5359>
- Martínez, J. (2014). Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. *Investigaciones Geográficas*, 62, 83. <https://doi.org/10.14198/ingeo2014.62.06>
- Microclima. (2014).Eltiempo.es. <https://www.eltiempo.es/noticias/meteopedia/microclima>
- Montgomery, D.C. (2ª Ed). (2017). *Diseño y análisis de experimentos*. Editorial Limusa
- Montufar, C. (2010). Dinámica espacial. *Monografías*.<https://bit.ly/3ZCu6iu>
- Morabito, M., Crisci, A., Guerri, G., Messeri, A., Congedo, L., & Munafò, M. (2021). Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences. *The Science Of The Total Environment*, 751, 142334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142334>
- Moreno M.C. & Serra, J. A. (2016). El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica. *Biblio 3w: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 21(179),34-0. <https://acortar.link/FrAvbl>
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. https://lc.cx/A_9c4r
- Navarra M.(s.f.). *Elementos y factores del clima*. <https://bit.ly/4gsNHYq>
- N. Alchapar, y E. Correa CONICET (2015). <https://acortar.link/hqTsdd>
- Quintulén, S. A. V., & Moreno, M. B. P. (2018). Reflectancia de las envolventes verticales y su influencia sobre disponibilidad de luz natural en el cañón urbano de la ciudad de Concepción. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(1), 06-15. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.01.01>

- Organización Meteorológica Mundial. (2019). Manual de Observaciones Meteorológicas de Superficie (WMO-No. 8). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
<https://acortar.link/ioPgzr>
- Pellicer F. (1996). *El medio ambiente urbano: interfase naturaleza y cultura*. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). <https://bit.ly/4ezUZrx>
- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Revista do Centro de Educação*, 31(1), 11-22. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=117117257002>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Education
- Sample activity. (s. f.). *Patrones de temperatura del aire*. <https://bit.ly/3XTrP1f>
- Sánchez, H.; Reyes, C. y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma Departamento de Investigación. [DOI: 10.35622/inudi.b.080](https://doi.org/10.35622/inudi.b.080)
- Santamouris, M., Synnefa, A., & Karlessi, T. (2011). Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*, 85(12), 3085-3102. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.12.023>
- SENAMHI (2020) - *Mapa climático del Perú*. <https://bit.ly/4eavopt>
- Streutker, D. (2003). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing Of Environment*, 85(3), 282-289. [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(03\)00007-5](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(03)00007-5)
- Sorberón, V. (2014). Islas de calos urbanas en la ciudad de Lima utilizando imágenes satelitales [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental]. Universidad Nacional Agraria la Molina.

<https://hdl.handle.net/20.500.12996/2405>

Tumini, I. (2013). El microclima urbano en los espacios abiertos: estudio de casos en Madrid.

<https://doi.org/10.20868/upm.thesis.14893>

Villarreal, D., & Candanedo, M. (2020). Efecto de las islas de calor urbano en las principales vías de la Ciudad de Panamá. *I+D Tecnológico*, 16(2), 25-36

<https://doi.org/10.33412/idt.v16.2.2829>

Voogt, J. A. (2008). Islas de calor en zonas urbanas: ciudades más calientes.

<https://castorluxerias.blogspot.com>

Wolf, P.R. and Dewitt, B.A. (2000) Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. 3rd Edition. - References - Scientific Research Publishing. (s. f.).

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1152537>

Zepeda, J. (2015). Islas de calor urbanas. El Universal Querétaro. <https://bit.ly/3XVDLPW>

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

8.1. Archivo fotográfico



Foto 1: En la imagen se aprecia que en la plaza Juan Pablo II, existe vegetación presente. Esta Aproximadamente tiene unos 20 metros de altura.



Foto 2: En la imagen se aprecia la materialidad existente en la zona de estudio, esta cuenta con veredas de concreto, con una pista asfaltada. Y la parte central de Paseo Cívico de (nombre de Material). Esta toma fue realizada en la Esquina de la Av. San Martín y Calle Apurímac frente al Ex Palacio Municipal.



Foto 3: En la imagen se aprecia la materialidad existente en la zona de estudio, esta cuenta con veredas de Losetas de Terrazo, y con una pista asfaltada. Así mismo, las Áreas verdes existentes en la Plaza Juan Pablo II. Esta toma fue realizada frente al Centro De Convenciones Jorge Basadre Ex Miculla.

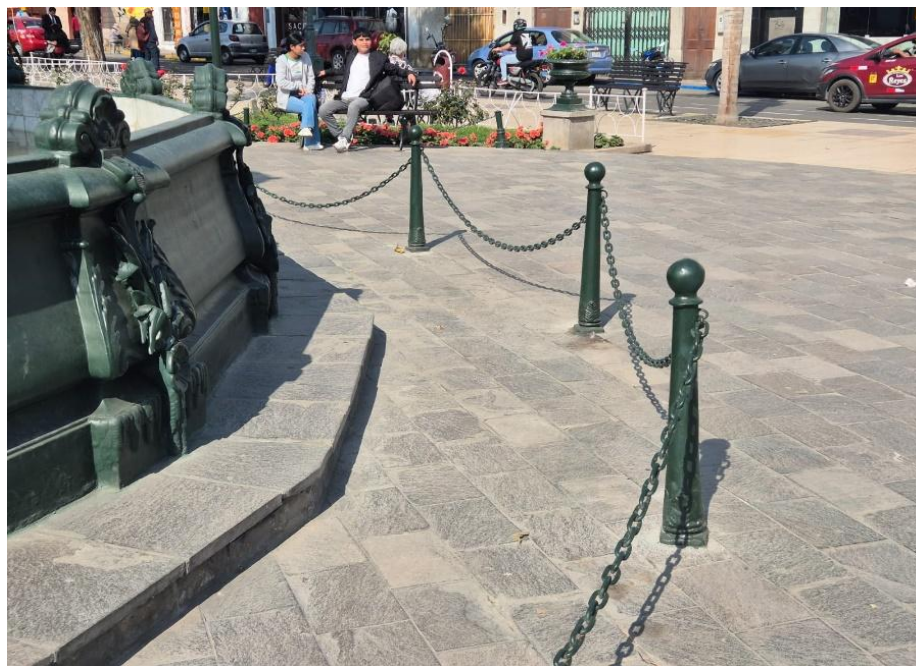


Foto 4: En la imagen se aprecia la materialidad existente en la zona de estudio, esta es Piedra Pizarra Negra, la cual se encuentra en la Zona de la Pileta Ornamental.



Foto 5: En la imagen se aprecia la materialidad de la Pileta Ornamental. Esta es Granito con un recubrimiento de Pintura Color Verde Oscuro.

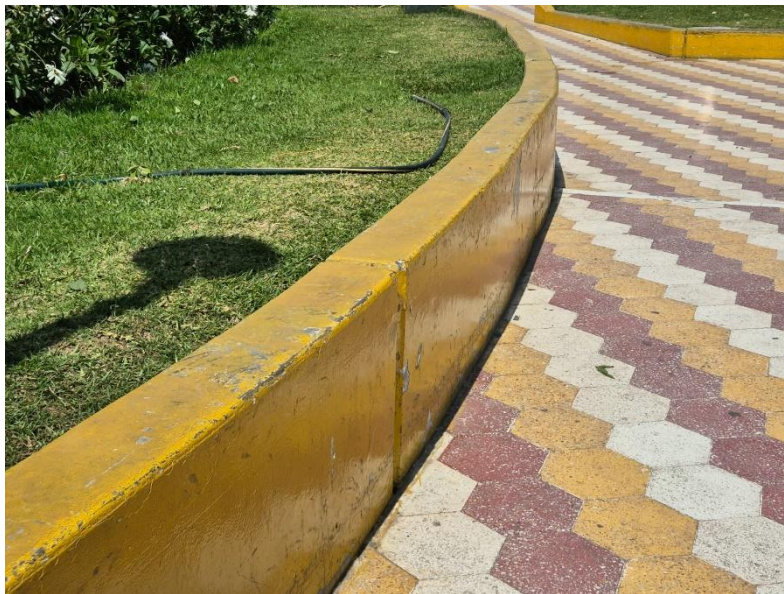


Foto 6: En la imagen se aprecia parte de la materialidad que se presenta en la Plaza Juan Pablo II, en dicha zona existe Áreas verdes y cuenta con caminerías con Losetas de Terrazo de colores Rojo, Blanco y Amarillo.



Foto 7: En la imagen se aprecia la fachada de la I.E. REPUBLICA ARGENTINA, esta cuenta con vereda. La captura fue realizada durante el proceso de trabajo.



Foto 8: En la imagen se aprecia el ingreso y fachada de la Catedral de Tacna. Esta tiene un Material de Piedra de cantera rosa.



Foto 9: En la imagen se aprecia la materialidad de la parte central del Paseo Cívico, y de igual forma la superficie asfaltada en la Avenida San Martín con Calle Apurímac.



Foto 10: En la imagen se aprecia una captura panorámica del Área de Estudio. Así mismo, se aprecia el grado de Nubosidad que existe en el día se análisis.

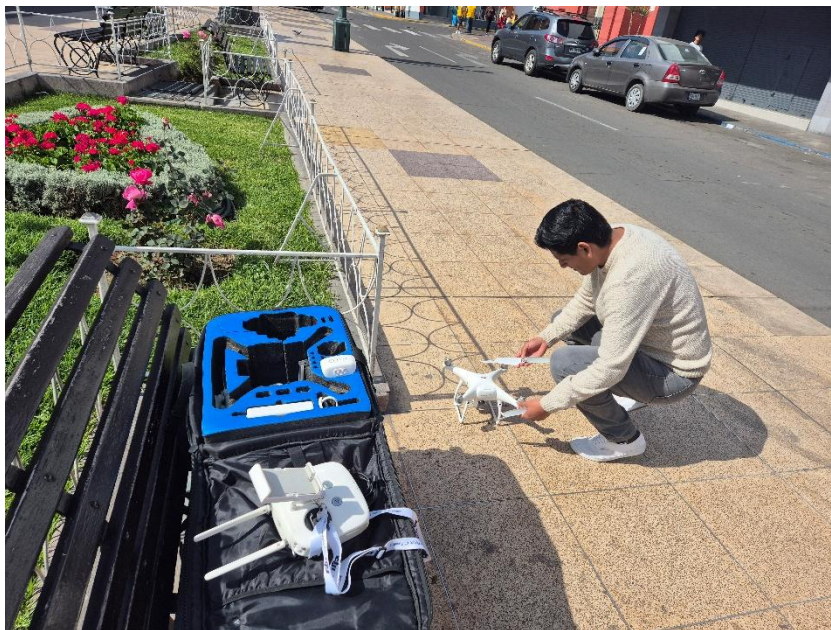


Foto 11: En la imagen se aprecia el armado del DRON para la realización del levantamiento fotogramétrico del Paseo Cívico.

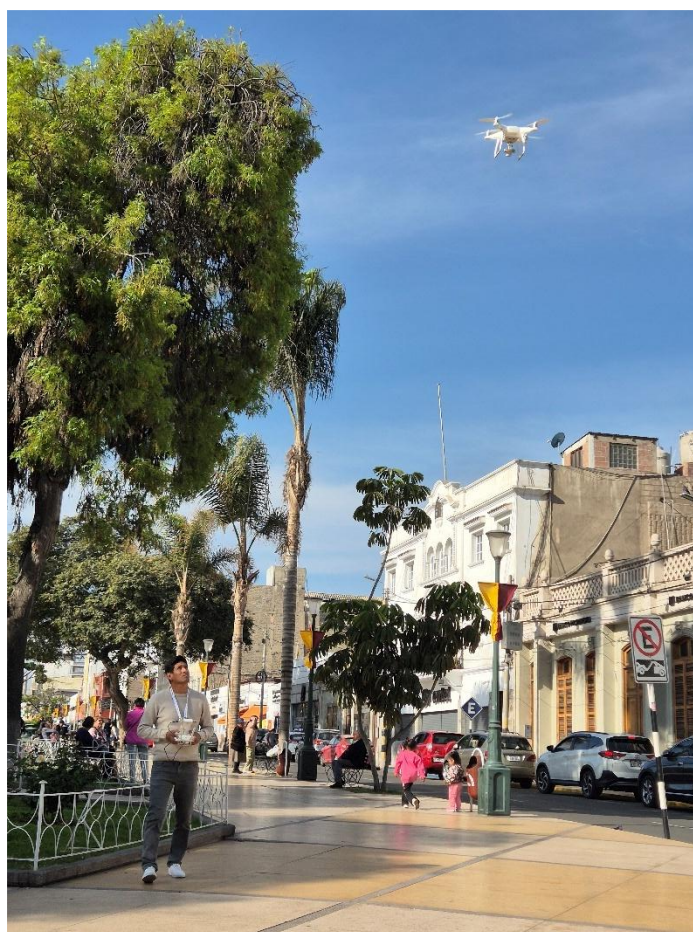


Foto 12: En la imagen se aprecia el vuelo de DRON por piloto acreditado para durante el servicio de vuelo de vehículo aéreo no tripulado



Foto 13: En la imagen se aprecia el armado de cada estación fija.



Foto 14: En la imagen se aprecia el armado de cada estación fija.



Foto 15: En la imagen se aprecia el equipo para la toma de muestras.



Foto 16: En la imagen se aprecia la toma de datos, tanto Temperatura y Humedad con el Higrómetro. De igual manera, el Viento con el Anemómetro. Ambas mediciones fueron tomadas en simultáneo. La medida Fue tomada en la zona de la Pileta Ornamental de Tacna. Así mismo, se aprecia la materialidad la cual es Piedra Pizarra Negra.



Foto 17: En la imagen se aprecia la toma de datos, tanto Temperatura y Humedad con el Higrómetro. De igual manera, el Viento con el Anemómetro. Ambas mediciones fueron tomadas en simultaneo. La medida Fue tomada en El lado lateral de la Plaza Juan Pablo II, frente al Centro De Convenciones Jorge Basadre Ex Miculla.



Foto 18: En la imagen se aprecia la toma de datos, tanto Temperatura y Humedad con el Higrómetro. De igual manera, el Viento con el Anemómetro. Ambas mediciones fueron tomadas en simultaneo. .



Foto 19: En la imagen se aprecia la toma de muestras con estación fija de monitoreo de la temperatura, viento y humedad.

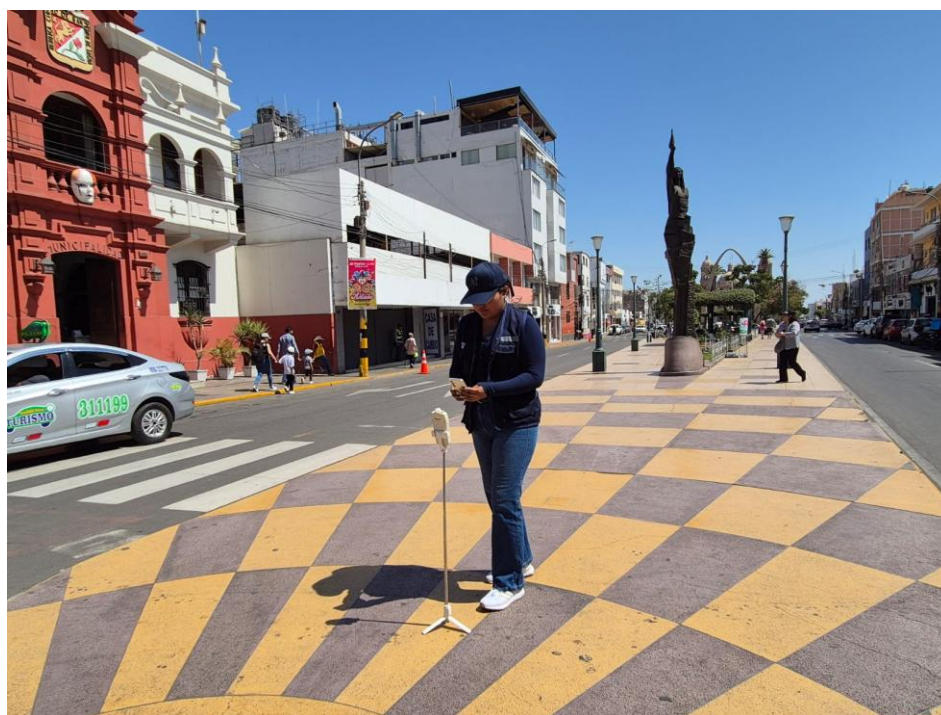


Foto 20: En la imagen se aprecia la toma de muestras con estación fija de monitoreo de la radiación solar.



Foto 21: En la imagen se aprecia la toma de vientos en un punto más alto sin obstrucciones de la masa edilicia.



Foto 22: En la imagen se aprecia la toma fotografías térmicas e imágenes fotográficas para posteriormente hacer la superposición de imágenes.



Foto 23: En la imagen se aprecia las barreras vehiculares producidas por el estacionamiento de vehículos.



Foto 24: En la imagen se aprecia las actividades religiosas realizadas por la población en la catedral.



Foto 25: En la imagen se aprecian las pérgolas como espacios de cobertura para la población.




Foto 26: En la imagen se aprecian las pérgolas como espacios de cobertura para la población.

8.2. Instrumentos utilizados

8.2.1. Ficha técnica de termohigrómetro

COD: E-01	VERSION	FICHA TÉCNICA	
Dic-24	v. 1.0		
NOMBRE	MODELO	SERIE	FABRICANTE
HIGROMETRO TERMOMETRO DIGITAL AMBIENTAL	HIDROMETRO	S/N	GENERICO
FECHA DE INSTALACIÓN	UBICACIÓN	MEDIDAS	PESO
2020	CHINA	1.5cm x3 cm x 5 cm	0.02 Kg.
ESPECIFICACIONES			
DURACION DE BATERIA	TIPO DE BATERIA	GARANTIA	
12 Horas	BATERIA DE 1.5 V	1 AÑO	
T° DE ALMACENAMIENTO		T° DE FUNCIONAMIENTO	
-40 °C a 60 °C		-50 °C a 70°C	
PROVEEDOR	URL		
TECHPERU INDUSTRIAL	https://techperuindustrial.com/producto/anemometro-gm816/		
FUNCIONAMIENTO		EQUIPO	
Alta precisión: el sensor de temperatura de humedad mantiene la precisión de +/- 1%, rango de temperatura: -50°C ~ 70°C).			
rango de humedad de medición: 10% HR ~ 95% RH. (Medidas cada 10 segundos).			
Ampliamente utilizado: el tamaño mini es perfecto para usar en cualquier otro lugar que requiera monitoreo de los niveles de temperatura y humedad.			
Esta herramienta es ampliamente utilizada para la medición de temperatura y cuenta con una sonda que puede medir la humedad con exactitud.			
Se puede utilizar para proyectos domésticos más sencillos como un termómetro para interiores y cualquier otro entorno que el usuario desea controlar.			

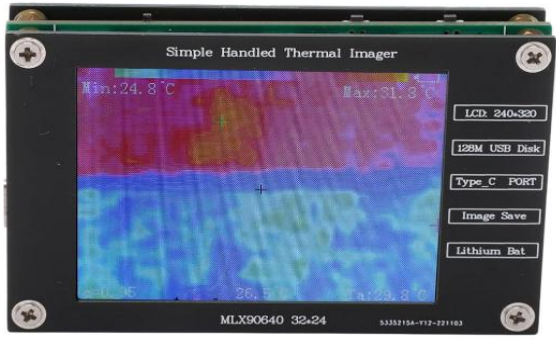
8.2.2. Ficha técnica de anemómetro

COD: E-02	VERSION	FICHA TÉCNICA	
Dic-24	v. 1.0		
NOMBRE	MODELO	SERIE	FABRICANTE
ANEMÓMETRO DIGITAL	GM-816	S/N	BENETECH
FECHA DE INSTALACIÓN	UBICACIÓN	MEDIDAS	PESO
2021	CHINA	4 cm x1.8 cm x 10.5 cm	0.20 Kg.
ESPECIFICACIONES			
DURACION DE BATERIA	TIPO DE BATERIA	GARANTIA	
12 HORAS	BATERIA CR2032	1 AÑO	
T° DE ALMACENAMIENTO		T° DE FUNCIONAMIENTO	
-40 °C a 60 °C		-10 °C a 45°C	
PROVEEDOR	URL		
TECHPERU INDUSTRIAL	https://techperuindustrial.com/producto/anemometro-gm816/		
FUNCIONAMIENTO		EQUIPO	
Instrumento para medir la velocidad del viento. Este instrumento es pequeño y liviano.			
Se utiliza en mediciones técnicas, como medir velocidad y temperatura en los equipos de aire acondicionado.			
Medición de la velocidad y temperatura del aire (viene con la función del termómetro)			
Medición de velocidad de aire máxima / media / actual Selección de la unidad de temperatura (°C ó °F)			
Cinco unidades de velocidad del aire: m / s, Km / h, pies / min, nudos, mph			
Precisión de la temperatura del aire: ± 2°C (3.6F) Resolución de la velocidad del aire: 0.1 m/s Indicación del viento			


8.2.3. Ficha técnica de DRON

COD: E-03	VERSION	FICHA TÉCNICA	
Dic-24	v. 1.0		
NOMBRE	MODELO	SERIE	FABRICANTE
DRON EQUIPO VOLADOR PILOTADO A DISTANCIA	PHANTOM 4 PRO	1581F5FHD237J00519D	DJI
FECHA DE INSTALACIÓN	UBICACIÓN	MEDIDAS	PESO
2018	CHINA	35 cm x 35 cm x 20 cm	2.95 Kg.
ESPECIFICACIONES			
DURACION DE BATERIA	TIPO DE BATERIA		GARANTIA
30 MINUTOS	BATERIA DE LITIO 5870 mAh de 15.2 v		1 AÑO
T° DE ALMACENAMIENTO		T° DE FUNCIONAMIENTO	
10 °C A 32 °C		0° A 40 °C	
PROVEEDOR	URL		
AERODRONES	https://aerodrones.pe/producto/phantom-4-pro-v2/		
FUNCIONAMIENTO		EQUIPO	
Cámara con sensor de 20MP de 1 pulgada, la cámara integrada ha sido rediseñada para utilizar un sensor CMOS de megapíxeles de 1 pulgada.			
Cinco direcciones de detección de obstáculos. Consulta el video de instrucciones y el manual de usuario antes de usar.			
El procesamiento de video más potente admite videos H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps, ambos con una velocidad de bits de 100 Mbps			
Tiempo máximo de vuelo aprox. 30 minutos			
Equipo Especilamente diseñado para realizar trabajos fotogrametricos, ingenieria y arquitectura.			
Permite realizar planes de vuelo para analisis e inspeccion en zonas de trabajo.			

8.2.4. Ficha técnica de cámara térmica

COD: E-04		VERSION		FICHA TÉCNICA			
Dic-24		v. 1.0					
NOMBRE		MODELO		SERIE		FABRICANTE	
CAMARA TERMICA INFRAROJA		MLX90640		B0BRL5PMX8		JECTSE	
FECHA DE INSTALACIÓN		UBICACIÓN		MEDIDAS		PESO	
2021		CHINA		12 cm x 10 cm x 4.3 cm		0.13 Kg.	
ESPECIFICACIONES							
DURACION DE BATERIA		TIPO DE BATERIA				GARANTIA	
4 HORAS		BATERIA DE LITIO 5870 mAh de 15.2 v				1 AÑO	
T° DE ALMACENAMIENTO				T° DE FUNCIONAMIENTO			
-40 °C a 300°C				0° A 50 °C			
PROVEEDOR		URL					
AMAZON		https://www.amazon.com/dp/B0BRL5PMX8?ref=cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_324K6G815BJ5F5JAN594&ref=cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_324K6G815BJ5F5JAN594&social_share=cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_324K6G815BJ5F5JAN594&peakEvent=5&starsLeft=1&skipTwisterOG=1					
FUNCIONAMIENTO				EQUIPO			
TEMPERATURA DE PANTALLA: Una pantalla de 2,8 pulgadas con una resolución de 320x240 muestra y rastrea las temperaturas más altas, bajas y centrales							
CASCO DURADERO: La funda utiliza la hoja FR4 para proteger mejor los componentes internos y proporcionar una larga vida útil							
ALMACENAMIENTO INTEGRADO: Construido en chip SPI Flash, puede almacenar 100 imágenes. Conecte la computadora a través del cable para ver y copiar el archivo de imagen.							
COMPACTO Y PORTÁTIL: Rango de medición de -40.0 °C a +300 °C, frecuencia de actualización dinámica de 8 Hz. Tamaño pequeño, fácil de llevar, diseño integrado.							
Sensor infrarrojo: Para MLX90640ESF-BABHardware Resolución: Matriz infrarrojos lejanos de 32 x 24 pulgadas.							

8.2.5. Ficha técnica de Piranómetro

COD: E-05	VERSION	FICHA TÉCNICA	
Dic-24	v. 1.0		
NOMBRE	MODELO	SERIE	FABRICANTE
ILUMINACION COMBINADA Y MEDIDOR DE LUZ UVA	XAR-ULO2	BOBHKD39DV	SANTACARY TECHNOLOGY
FECHA DE INSTALACIÓN	UBICACIÓN	MEDIDAS	PESO
2021	CHINA	23 cm x 18 cm x 4.5 cm	0.20 Kg.
ESPECIFICACIONES			
DURACION DE BATERIA	TIPO DE BATERIA		GARANTIA
12 HORAS	04 PILAS ALCALINA AA		2 AÑO
T° DE ALMACENAMIENTO		T° DE FUNCIONAMIENTO	
0 °C a 35°C		0 °C a 35°C	
PROVEEDOR	URL		
AMAZON	https://www.amazon.com/dp/B0BHKD39DV?ref=cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_V3GV71SSACKD27BWAAGJ&ref_cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_V3GV71SSACKD27BWAAGJ&social_share=cm_sw_r_cso_wa_apan_dp_V3GV71SSACKD27BWAAGJ&peakEvent=5&starsLeft=1&skipTwisterOG=1		
FUNCIONAMIENTO		EQUIPO	
<p>Palancas de medición de luz de iluminancia que van desde 0 a 600,000 lux, 0 a 55,740 fc repetidamente. Sensibilidad espectral cercana a la curva fotópica CIE. Muestra simultáneamente los valores medidos de iluminancia lux y fc.</p> <p>Fotodiodo Schottky basado en material de nitruro de galio para detectar radiación UVA y UVB. Rango de medición UVA+UVB: 0 a 50000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (50 mW/cm^2). Rango de longitud de onda UVA+UVB: 240 a 370 nm; Punto pico: 352 nm.</p> <p>Muestra la intensidad de radiación UVI (Índice Ultravioleta, Rango 0-130) y UVA+UVB simultáneamente.</p> <p>Muestra la intensidad máxima de radiación UVA+UVB y el valor de iluminancia (lux y fc) para todos los tiempos.</p>			

8.3. Otros

8.3.1. Tabla de Operacionalización de Variables

Tabla 13

Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	La dinámica espacio urbano: Es el estudio de la estructura y funcionamiento de las ciudades y su impacto en el espacio urbano (Montufar,2010).	En esta investigación se obtendrá la información directamente de la unidad de observación, teniendo un flujo de trabajo dividido en dos etapas, la primera será realizada en campo para obtener un registro cuantitativo de cada indicador señalado con la ayuda de su respectivo instrumento , la segunda etapa se empleará diversos programas		
DINÁMICA ESPACIO URBANO- FACTOR TEMPORAL	La dinámica factor temporal: Es el estudio de los procesos y sistemas que cambian y evolucionan a lo largo del tiempo, considerando diferentes escalas temporales (CIIFEN,2022).	especializados para procesar la información registrada, los cuales ayudarán a determinar la lectura y parámetros que nos ayuden en la interpretación de resultados y alcanzar los objetivos de estudios respondiendo a las preguntas de investigación formuladas.		
Variable dependiente	Se refiere a la presencia de aires más cálidos sobre las áreas urbanas experimentan temperaturas más altas que las áreas rurales circundantes debido a la concentración de edificios, pavimentos y actividades humanas. se representa mediante Isotermas en mapas y gráficos, para lo cual es esencial contar con un registro y monitorear estos eventos climáticos (EPA,2008).		Aspecto climático	-Temperatura ambiental - Intensidad de vientos - Efecto Albedo
FORMACIÓN DE ISLA DE CALOR			Aspecto urbano	- Morfología urbana - Materialidad constructiva

Nota. Elaboración Propia (2024).

8.3.2. Tabla de Matriz de Consistencia

Tabla 14

Matriz de variables

TÍTULO: “Las dinámicas espacio urbano- factor temporal y su influencia en la formación de islas de calor en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024”				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General ¿En qué medida las dinámicas espacio urbano- factor temporal influye en la formación de islas de calor en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024?</p> <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿En qué medida los mapas de isotermas permiten identificar el comportamiento de la temperatura ambiental del paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024? - ¿En qué medida la morfología urbana determina el flujo de aire en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024? - ¿Cómo influye las características térmicas de la materialidad en el efecto albedo en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024? 	<p>Objetivo General Identificar la formación de islas de calor a partir de la dinámica espacio urbano-factor temporal en el paseo cívico de la ciudad de Tacna 2024.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar los mapas de isotermas para identificar el comportamiento de la temperatura ambiental del paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024. - Analizar la morfología urbana para determinar el flujo del aire en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024. - Determinar las características térmicas de la materialidad que influyen en el efecto albedo en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024. 	<p>Hipótesis General La dinámica espacio urbano-temporal influye en la formación de islas de calor en el paseo cívico de la ciudad Tacna 2024.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los mapas de isotermas elaborados permiten identificar la variación de temperatura ambiental en el paseo cívico de la ciudad Tacna 2024. - La morfología urbana determina el flujo del aire en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024. - Las características térmicas de la materialidad, influyen en el efecto albedo en el paseo cívico de la Ciudad de Tacna 2024. 	<p>Variable independiente espacio urbano-factor temporal</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aspecto climático -Aspecto urbano <p>Variable dependiente: formación de islas de calor</p>	<p>Técnica: Observación no participante, directa en la Unidad de observación</p> <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Termo higrómetro -Anemómetro - Medidor de radiación - Cámara Termográfica -Vehículo aéreo no tripulado (DRON) -Notas de trabajo en campo

Nota. Elaboración Propia (2024).