



Diseño urbano bioclimático sostenible para la avenida Central de Santiago de Veraguas

Sustainable bioclimatic urban design for Santiago de Veraguas Central
Avenue

Carlos Miguel Quirós Vásquez ¹ 

carlos.quiroz@up.ac.pa

Armando Llanos Márquez ³ 

allanosm@usma.com.pa

Lisbeth Ilianis Núñez Rivera ² 

lisbethmaxon@gmail.com

Roger Rodney Valdez De León ⁴ 

rogervaldes.arq@gmail.com

Universidad de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá ¹

Maxson. Ciudad de Panamá, Panamá ²

Universidad Santa María la Antigua. Ciudad de Panamá, Panamá ³

A+1 Studio. Ciudad de Panamá, Panamá ⁴

Artículo recibido: 22 de junio 2026 | Aceptado: 17 de agosto 2026 | Publicado: 18 de septiembre 2026

Resumen

Introducción: La avenida Central de Santiago de Veraguas presenta deterioro de aceras, ausencia de áreas verdes y discomfort térmico. **Objetivo:** Contribuir al mejoramiento del diseño urbano mediante una propuesta arquitectónica bioclimática y sostenible. **Método:** Investigación proyectiva mixta, descriptiva y transversal; se aplicaron fichas de observación, encuesta a 60 transeúntes y análisis climático con Meteonorm, Climate Consultant y sunearthtools. **Resultados:** Se registraron cero áreas verdes, cero ciclovías y cero drenajes sostenibles, solo dos árboles y mobiliario deteriorado; el clima tropical (Am) mostró 27,8 °C medios y alta radiación. **Conclusiones:** La propuesta por tramos con más de 300 árboles, ciclovía y drenaje sostenible integra las estrategias de ventilación y enfriamiento vegetal requeridas.

Palabras clave: Aceras; Áreas verdes; Confort térmico; Diseño urbano; Sostenibilidad.

Abstract

Introduction: Santiago de Veraguas Central Avenue shows deteriorated sidewalks, absence of green areas and thermal discomfort. **Objective:** To contribute to urban design improvement through a bioclimatic and sustainable architectural proposal. **Method:** Mixed projective, descriptive and cross-sectional research; observation records, a survey of 60 passers-by and climate analysis with Meteonorm, Climate Consultant and sunearthtools were applied. **Results:** Zero green areas, zero cycle paths and zero sustainable drains, only two trees and deteriorated furniture were recorded; the tropical climate (Am) showed 27.8 °C mean temperature and high radiation. **Conclusion:** The section-based proposal with more than 300 trees, a cycle path and

sustainable drainage integrates the required ventilation and vegetative cooling strategies. Key words: Green areas; Sidewalks; Sustainability; Thermal comfort; Urban design.

Keywords: Green areas; Sidewalks; Sustainability; Thermal comfort; Urban design.

Introducción

El diseño urbano sostenible constituye una respuesta ineludible a la expansión de ciudades intermedias tropicales, donde el crecimiento comercial, la motorización acelerada y la impermeabilización del suelo incrementan el discomfort térmico, el ruido y el riesgo peatonal (Gehl, 2010; López Bernal & López Valencia, 2015). En Santiago de Veraguas, capital de la única provincia panameña con costas en ambos océanos y nodo logístico sobre la carretera Panamericana, la avenida Central concentra comercio, patrimonio y tránsito diario bajo un clima cálido-húmedo que castiga la permanencia exterior. La literatura coincide en que la calidad del espacio público depende de la interacción entre morfología, vegetación, movilidad y microclima, interacción que debe resolverse con criterios físicos, estéticos y funcionales verificables en campo, condición que este trabajo operacionaliza mediante fichas sistemáticas, conteos censales del tramo y registros fotográficos fechados para cada variable observada (Chain, 2015; Rodríguez-Rojas, 2017).

Asimismo, el nuevo urbanismo sustentable integra la planeación urbana con el enfoque de sostenibilidad al articular usos de suelo, actividades y requerimientos ambientales recientes de la ciudad (Hernández Moreno, 2008). Entre sus principios destacan la peatonalización, la conectividad sin tráfico contaminante, la diversidad de usos y vivienda, la calidad arquitectónica, la estructura tradicional de barrios, la densidad de proximidad, el transporte inteligente y la gestión de aire, agua, energía y desechos orientada a la calidad de vida. En la práctica, estos principios se traducen en macromanizanas delimitadas por vías perimetrales con interior de prioridad peatonal, secciones de calle con ciclovía, bisisenda y prioridad peatonal, conectores ambientales y sistemas urbanos de drenaje sostenible que filtran, acumulan y retardan la escorrentía (Chain, 2015; Fletcher et al., 2015).

Además, el control climático resulta determinante en el trópico ístmico. En Panamá predominan los climas tropicales lluviosos del grupo A de Köppen, con temperatura media mensual superior a 18 °C, y climas templados del grupo C en tierras altas (Peel et al., 2007). Santiago presenta clima tropical Am con lluvias significativas la mayor parte del año y una corta estación seca de influencia mínima (Climate-Data.org, 2023). La información hidrometeorológica nacional proviene de la red del Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá [IMHPA] (s. f.), con estaciones meteorológicas e hidrométricas distribuidas en el territorio. Para el diseño, la geometría solar según latitud y longitud, la trayectoria aparente del sol y el análisis psicrométrico permiten

definir orientación, protecciones solares, ventilación y materiales (Olgyay, 2015; Givoni, 1969; Givoni, 1992).

Por consiguiente, la avenida Central de Santiago exhibe una problemática concreta y medible: ausencia de áreas verdes y arbolado, inexistencia de drenaje sostenible, insuficiencia de estacionamientos accesibles, ocupación indebida de servidumbres, altas temperaturas, contaminación sonora y falta de aceras continuas. La carencia de aceras y rampas afecta la salud, la seguridad y la movilidad universal, en particular de personas con discapacidad motora, y expone a peatones a caídas y atropellos (Banister, 2008; Cervero & Kockelman, 1997). A ello se suma el comercio informal sobre aceras, la basura por falta de papeleras y los malos olores por encharcamiento, factores que reducen la atraktividad comercial y turística del eje patrimonial próximo a la Escuela Normal, la Catedral y el Museo Regional.

De este modo, el propósito del presente artículo es presentar en formato científico breve el diagnóstico climático, físico y social realizado y la propuesta de diseño derivada, con evidencia verificable y estrategias bioclimáticas transferibles a ciudades tropicales similares. A diferencia de tesis descriptivas extensas, aquí se unifican indicadores en tablas sintéticas y se evita duplicar la misma evidencia en tablas y gráficos, reservando las figuras para tendencias mensuales y esquemas conceptuales de alta calidad. El aporte radica en articular datos del IMHPA (s. f.), interpolación con Meteotest (Remund et al., 2020; Meteotest, 2020), diagnóstico con Climate Consultant (UCLA Energy Design Tools Group, s. f.) y verificación solar con SunEarthTools (s. f.) dentro de un plan por tramos ejecutable por contratación pública.

Por otra parte, la dimensión patrimonial y económica del eje agudiza la urgencia. La avenida articula la Escuela Normal, formadora histórica de docentes, con comercios que dependen del flujo peatonal diario y con visitantes que interrumpen viajes interprovinciales en Santiago. Cuando las aceras fallan, el comercio pierde clientes, el turismo evita detenerse y las autoridades heredan desprestigio, como advierten los estudios sobre vitalidad de bordes activos (Gehl, 2010; Cervero & Kockelman, 1997). De manera complementaria, la salud pública sufre: el estrés térmico sostenido, el ruido y la inseguridad vial incrementan morbilidad y siniestralidad evitable. En consecuencia, intervenir el eje no es embellecimiento accesorio sino inversión en salud, economía local y cohesión, con retornos medibles en permanencia, ventas y seguridad vial.

En este sentido, este trabajo sostiene que solo un diseño bioclimático fundamentado en datos locales puede revertir el colapso del espacio público santiaguino. A diferencia de propuestas formales sin diagnóstico climático, aquí cada decisión remite a valores de temperatura, radiación, viento y lluvia verificados con tres fuentes independientes. Tal trazabilidad responde a la exigencia de diseño ecológicamente responsable que incorpora control y manejo de criterios sustentables básicos desde el proceso mismo de ideación.

Del mismo modo, la literatura sobre infraestructura verde demuestra que parques, arbolado de alineación y techos fríos reducen temperatura radiante, filtran contaminantes y retienen escorrentía con costos menores que la infraestructura gris (Bowler et al., 2010; Halder et al., 2025; Yu et al., 2020; Galalizadeh et al., 2024). En climas cálidos-húmedos, la sombra resulta el servicio ecosistémico más valorado porque habilita caminar al mediodía, esperar transporte y comerciar sin agotamiento térmico. Por ello, este estudio trata la vegetación no como ornato sino como equipamiento climático mensurable, cuya densidad, continuidad y especie se deciden con la misma rigurosidad que el ancho de calzada o la pendiente de drenaje.

Igualmente, la gestión sostenible del agua pluvial ha transitado globalmente desde redes entubadas hacia biorretención, pavimentos permeables y almacenamiento distribuido (Fletcher et al., 2015; Ferrans et al., 2022; Chapman & Hall, 2022; Sagala et al., 2022). En Santiago, donde un solo mes concentra más de 500 mm, retardar e infiltrar en origen evita encharcamientos, malos olores y criaderos, a la vez que recarga suelos y protege cauces. De ahí que la propuesta integre franjas filtrantes y jardines de lluvia en la propia sección vial, en lugar de relegarlos a parques lejanos inalcanzables para la escorrentía del eje.

En particular, la pregunta que orientó el estudio fue qué tipos de aceras y áreas verdes resultan adecuados para dicha avenida bajo sus condiciones meteorológicas específicas. El objetivo de la investigación consistió en contribuir al mejoramiento del diseño urbano mediante una propuesta arquitectónica que resuelva las problemáticas de los transeúntes.

Método

Se desarrolló una investigación con enfoque mixto y alcance proyectivo, bajo diseño no experimental, descriptivo y transversal, orientada a formular una propuesta construible y no solo a explicar varianza (Creswell & Creswell, 2018). El proceso siguió las fases del diseño arquitectónico urbano sostenible: prediseño y análisis, anteproyecto, desarrollo del diseño, documentación para construcción y consideraciones de ejecución (Hernández Moreno, 2008). Únicamente se describe el procedimiento aplicado, por ser las categorías metodológicas generales conocidas en el campo científico y descritas ampliamente en manuales vigentes.

Asimismo, el universo correspondió a las áreas verdes y aceras de avenidas centrales urbanas y la muestra intencional fue la avenida Central de Santiago de Veraguas, Panamá (latitud 8,0975, longitud -80,9768, WGS84; altitud aproximada 95 m s. n. m.), en el tramo comercial y patrimonial próximo a la Escuela Normal Juan Demóstenes Arosemena, la Catedral Santiago Apóstol y el Museo Regional. La distancia entre el sitio y la estación meteorológica de referencia del Aeropuerto Rubén Cantú es de 4,4 km, por

lo cual la caracterización puntual se complementó con interpolación satelital. Esta decisión metodológica distingue al estudio de inventarios que extrapolan directamente la estación más cercana sin corrección espacial ([Remund et al., 2020](#)).

Además, las variables analizadas fueron aceras, rampas, conector ambiental, ciclovía, sistema urbano de drenaje sostenible, árboles, estacionamientos, áreas verdes y mobiliario urbano, cada una con indicadores de cantidad y estado (Tabla 1). La técnica principal fue la observación sistemática con fichas de estado, cantidad y análisis de usabilidad, con registro fotográfico fechado. Adicionalmente se aplicó una encuesta estructurada de diez ítems a 60 personas entre transeúntes, comerciantes y turistas, sobre molestias percibidas, problemas urgentes, aceptación de mejoras, beneficios esperados, inconvenientes de obra, preferencia de arbolado, información de obra, disposición al uso de bicicleta y frecuencia y motivo de visita. El instrumento priorizó preguntas cerradas para facilitar el conteo y evitar la fatiga en vía pública ([Creswell & Creswell, 2018](#)).

Por consiguiente, el análisis climático integró tres niveles complementarios. Primero, caracterización regional con datos del [IMHPA \(s. f.\)](#) sobre régimen pluviométrico, vientos alisios y Zona de Convergencia Intertropical y brillo solar, junto con series de [Climate-Data.org \(2023\)](#) para Santiago según clasificación de [Peel et al. \(2007\)](#). Segundo, interpolación de sitio con [Meteonorm](#), que estima radiación global horizontal, directa normal y difusa, temperatura, humedad, nubosidad, viento y precipitación a partir de estaciones cercanas como David y Tocumen y mallas satelitales calibradas ([Remund et al., 2020](#); [Meteotest, 2020](#); [Perez et al., 1990](#)). Tercero, diagnóstico bioclimático con [Climate Consultant](#) mediante diagrama psicrométrico y carta de Givoni ([Givoni, 1969](#); [Givoni, 1992](#); [Olgyay, 2015](#)) y verificación de trayectoria solar con [SunEarthTools \(s. f.\)](#) según coordenadas exactas.

En particular, el modelado de la propuesta se realizó con programas de diseño arquitectónico y renderizado, incluyendo metodología de modelado de información para la construcción para coordinar topografía, dimensiones reales y ciclo de vida. La propuesta se organizó por tramos denominados A, B, C y D para facilitar comprensión, presupuestación y ejecución por etapas bajo licitación pública. El análisis de percepciones se sintetizó descriptivamente con frecuencias y el diagnóstico físico mediante conteos, sin pruebas inferenciales por el carácter censal del tramo y el muestreo intencional de usuarios ([Braun & Clarke, 2006](#)). De este modo, la triangulación entre observación, encuesta y clima sostiene la validez de la propuesta sin sobredimensionar el alcance estadístico.

Finalmente, el estudio observó resguardos éticos básicos para investigación sin riesgo: participación voluntaria en vía pública, anonimato de respuestas, ausencia de datos identificables y uso de registros fotográficos sin rostros reconocibles. Los instrumentos y matrices de codificación se conservan para auditoría, con trazabilidad completa y

archivos conservados para auditoría externa, en línea con prácticas de rigor en diseños mixtos (Creswell & Creswell, 2018; Braun & Clarke, 2006). De esta forma, la validez descansa en la convergencia de tres fuentes más que en la potencia estadística de una muestra probabilística que el contexto no permitía.

Consecuentemente, la selección de Meteonorm se justificó por su capacidad de interpolar radiación y temperatura en sitios sin piranómetros cercanos, combinando estaciones terrestres y mallas satelitales calibradas con incertidumbre declarada (Remund et al., 2020; Meteotest, 2020). Frente a usar solo promedios provinciales, la interpolación puntual reduce el error de representatividad en 4,4 km de separación con la estación aeroportuaria, especialmente para brisa y nubosidad afectadas por rugosidad urbana. Los resultados se contrastaron con series públicas para transparentar discrepancias, como la diferencia entre precipitación satelital y registros pluviométricos, en lugar de ocultarlas bajo un solo valor aparentemente preciso.

Tabla 1. Operacionalización y técnicas del estudio.

Componente	Indicador	Técnica	Instrumento
Aceras, rampas, conector, ciclovía, drenaje, árboles, estacionamientos, áreas verdes, mobiliario	Cantidad y estado	Observación sistemática	Ficha de estado, cantidad y usabilidad con registro fotográfico
Percepción de transeúntes, comerciantes y turistas (n=60)	Frecuencia y porcentaje	Encuesta estructurada	Cuestionario de 10 ítems
Clima regional y de sitio (Ta, HR, radiación, viento, lluvia, brillo solar)	Valores mensuales y anuales	Análisis climático interpolado	IMHPA, climate-data.org, Meteonorm, Climate Consultant, sunearthtools

Nota. Elaboración propia a partir del diseño metodológico de la tesis base.

Resultados

La observación evidenció un deterioro generalizado y ausencia de componentes esenciales (Tabla 2). Se contabilizaron cinco tramos de acera en estado deteriorado, ocupados por comercio informal, discontinuos en intersecciones y sin mobiliario ni rampas adecuadas; siete rampas pertenecientes a entidades privadas, sin pendiente reglamentaria y ninguna en cruce de calle; cero conectores ambientales; cero ciclovías o bисendas; cero sistemas de drenaje sostenible; solo dos árboles en buen estado en todo el tramo; cero áreas verdes; 80 estacionamientos en estado regular a deteriorado, escasos para la demanda y sin dimensiones accesibles; y 15 elementos de mobiliario urbano deteriorados, con ausencia de papeleras y bancas insuficientes.

Asimismo, este patrón coincide con lo descrito para espacios públicos sin planificación bioclimática, donde la falta de sombra, permeabilidad y equipamiento incrementa la vulnerabilidad peatonal y reduce la cohesión social y el intercambio. La macromanzana, entendida como agrupación de manzanas con interior de prioridad peatonal, reducción de estacionamiento y aumento de superficie verde y biodiversidad, no existe en el sitio y constituye el referente tipológico de la propuesta. Para no duplicar la evidencia, este resultado se presenta solo en tabla, sin gráfico redundante, conforme al criterio de colocar solo lo necesario.

Tabla 2. *Síntesis del diagnóstico físico de la avenida Central de Santiago.*

Variable	Cantidad	Estado predominante	Hallazgo principal
Aceras	5	Deteriorado	Discontinuas, ocupadas por comercio, sin accesibilidad universal
Rampas	7	Deteriorado	Privadas, sin pendiente adecuada, ausentes en cruces
Conector ambiental	0	—	Inexistente
Ciclovía / bicienda	0	—	Inexistente
Sistema de drenaje sostenible	0	—	Inexistente, encharcamiento y malos olores
Árboles	2	Bueno	Cobertura insignificante frente a radiación
Áreas verdes	0	—	Inexistentes
Estacionamientos	80	Regular-deteriorado	Insuficientes y no accesibles
Mobiliario urbano	15	Deteriorado	Sin papeleras, bancas escasas, basura en calle

Nota. Elaboración propia a partir de fichas de observación aplicadas en la avenida Central.

Además, la encuesta a 60 usuarios mostró un malestar extendido y una alta aceptación del cambio (Tabla 3). El 66 % declaró haber experimentado todas las molestias consultadas, a saber, ruido, polvo, malos olores, dificultad de tránsito, inseguridad vial y discomfort humano; el 17 % señaló específicamente inseguridad vial y peatonal y el 17 % discomfort humano. Entre los problemas urgentes destacaron aceras y áreas verdes, seguridad vial y contaminación acústica. La totalidad estuvo de acuerdo con mejoras en el diseño urbano, reconoció beneficios sociales, económicos y ambientales simultáneos y solicitó ser informada de las obras. La disposición al uso de bicicleta condicionada a ciclovía fue mayoritaria, al igual que la preferencia por arbolado nativo como guayacán, jacarandá, lorito, Panamá, acacia, mango y Tecoma stans.

Por consiguiente, la coincidencia entre evidencia física y percepción valida el diagnóstico integral. La ausencia de papeleras y el deterioro de bancas explican la basura y la baja permanencia; la falta de drenaje explica malos olores y criaderos potenciales; y la ocupación de aceras explica la dificultad de tránsito y el riesgo. Desde el enfoque de movilidad sostenible, que busca restablecer el equilibrio entre costos y beneficios del transporte, y de gestión ambiental urbana como instrumento para el uso eficiente de materiales y desechos, el sitio requiere reconfiguración integral y no intervenciones puntuales. Para no duplicar la evidencia, este resultado se presenta solo en tabla, sin gráfico redundante.

Tabla 3. *Síntesis de la percepción ciudadana (n=60).*

N°	Pregunta	Opciones de respuesta	Porcentaje
1	¿En la avenida central, alguna vez se le ha presentado algún tipo de molestia?	A. Contaminación acústica	0
		B. Polvo en exceso	0
		C. Malos olores	0
		D. Dificultad de transición	0
		E. Seguridad vial y peatonal	17
		F. Confort humano	17
		G. Todas las anteriores	66
2	¿Cuál de estos problemas usted cree que sea el más urgente a solucionar en la Avenida Central de Santiago?	A. Contaminación acústica	5
		B. Polvo en exceso	5
		C. Malos olores	10
		D. Dificultad de transición	5
		E. Seguridad vial y peatonal	10
		F. Confort humano	10
		G. Aceras y áreas verdes	55
3	¿Estaría usted de acuerdo con el desarrollo de mejoras en el diseño urbano de La Avenida Central Santiago de Veraguas?	Sí	100
		No	0
4	¿Qué beneficios traerán un mejor diseño urbano para usted?	A. Social	0
		B. Económico	0
		C. Ambiental	0
		D. Todas las anteriores	100
5	¿Qué inconvenientes generarían este tipo de obra de mejoras de diseño urbano para usted?	A. Polvo en exceso por la construcción	5
		B. Escombros	0

	C. Tráfico parado por obras	5
	D. Ningún inconveniente	50
6	¿Qué tipo de árbol le gustaría ver en la Avenida Central?	
	A. Guayacán	0
	B. Jacaranda	25
	C. Lorito	25
	D. Panamá	0
	E. Acacia	0
	F. Mango	0
	G. Tecoma stans	0
	H. Todos los anteriores	50
7	¿Le gustaría que le informaran de dichas obras de diseño urbano en la Avenida Central?	
	Sí	100
	No	0
8	¿Usted estaría de acuerdo de utilizar bicicleta como transporte sostenible, si el diseño contiene una ciclovía o biciesenda?	
	Sí	50
	No	10
9	¿Qué tan seguido visita la avenida central?	
	A. Diariamente	40
	B. Mensualmente	0
	C. Labora en el lugar	20
10	¿A qué se debe su visita a la avenida central?	
	A. Comercio	20
	B. Ocio	10
	C. Trabajo	10
	D. Todas las anteriores	20

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada a transeúntes, comerciantes y turistas.

En particular, Santiago presenta clima tropical Am con estación seca corta y lluviosa prolongada. La temperatura media anual es de 25,4 °C según series públicas, con abril como mes más cálido y enero como el más fresco, máximas absolutas superiores a 33 °C entre febrero y abril y precipitación anual aproximada de 2398 mm con máximos entre mayo y noviembre. El IMHPA (s. f.) ubica al país bajo influencia de alisios del nordeste y migración de la Zona de Convergencia Intertropical, con lluvias vespertinas de moderadas a fuertes en el Pacífico y veranillo entre julio y agosto.

De este modo, la interpolación con Meteonorm para 8,098 N, -80,977 E arrojó los valores anuales sintetizados en la Tabla 4. El brillo solar histórico en Santiago alcanza 2061,9 horas anuales, con máximos en febrero-marzo y mínimos en junio-octubre. La nubosidad media anual es de 4 octas, con 1 a 3 octas en estación seca y 5 a 6 octas en lluviosa. El ciclo mensual detallado se presenta solo en figuras, sin duplicar los valores

anuales de la tabla, para cumplir el criterio de usar tabla o gráfico y no ambos para la misma evidencia.

Tabla 4. *Síntesis climática anual unificada para la avenida Central.*

Fuente	Ta media (°C)	HR (%)	H_Gh anual	Viento (m/s)	Precip. anual	Brillo solar
Meteonorm sitio 8,098 N, -80,977 E (Meteotest, 2020)	27,8	75	1972 kWh/m2	2,3	3740 mm	—
IMHPA (2023) Santiago	25-28*	60-83†	—	1,5-3,6†	Seca dic-abr / lluviosa may-nov	2061,9 h/año
Climate- data.org (2023)	25,4	—	—	—	2398 mm	—

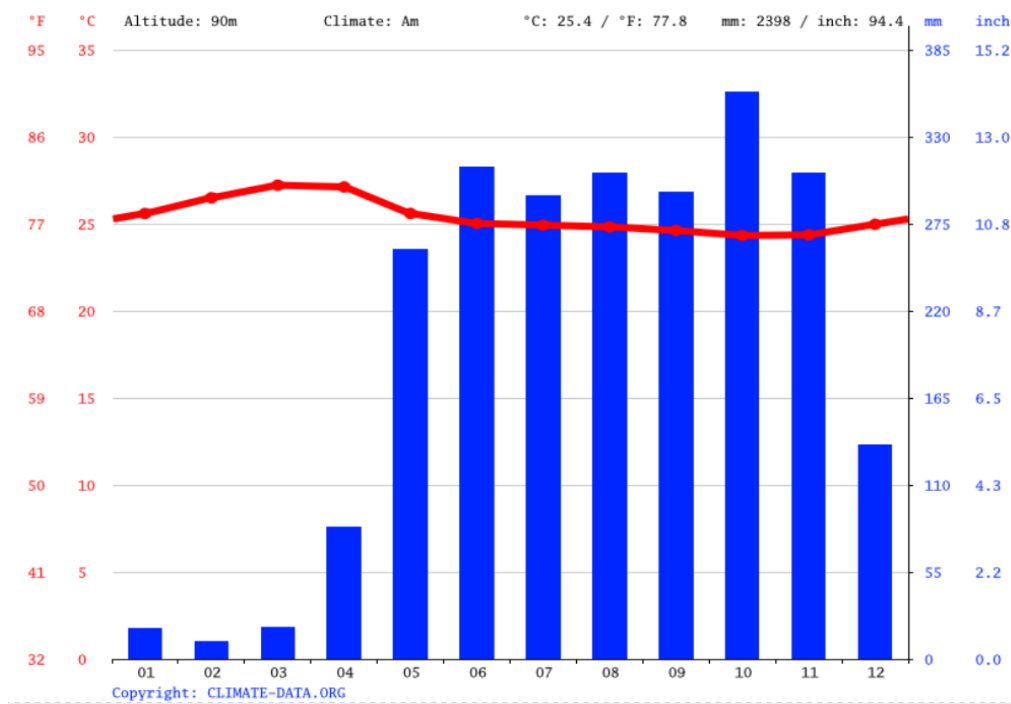
La Figura 1 presenta el comportamiento termopluviométrico mensual de Santiago de Veraguas y constituye la evidencia climática basal que sustenta la propuesta bioclimática. El climograma revela una marcada estacionalidad hídrica: mientras la temperatura media oscila en un rango estrecho, cercano a los 27 °C durante todo el año, la precipitación experimenta una variación abrupta que supera los 400 mm mensuales entre mayo y noviembre, frente a valores inferiores a 100 mm en el periodo seco. Esta asimetría térmica e hídrica define un clima tropical Am donde el confort exterior no depende de la temperatura del aire, sino de la interacción entre humedad, radiación y ventilación, tal como el estudio argumenta.

En consecuencia, la estabilidad térmica anual indica que el discomfort percibido no proviene de fluctuaciones estacionales de temperatura, sino de la combinación persistente de alta humedad relativa y carga radiativa. Bajo este régimen, la precipitación concentrada en la segunda mitad del año impone una doble exigencia al diseño urbano: gestionar la escorrentía superficial durante los meses húmedos y, simultáneamente, garantizar condiciones de habitabilidad peatonal en un periodo seco que, aunque menos lluvioso, mantiene temperaturas elevadas. La figura, por tanto, no solo caracteriza el clima, sino que justifica la necesidad de estrategias híbridas de sombra, ventilación y drenaje.

Asimismo, la lectura del climograma permite cuestionar la pertinencia de soluciones importadas de latitudes templadas, donde la estacionalidad térmica es el factor determinante del diseño. En Santiago, la ausencia de invierno térmico y la recurrencia de lluvias intensas desplazan el foco hacia la protección solar continua y la infiltración del agua pluvial.

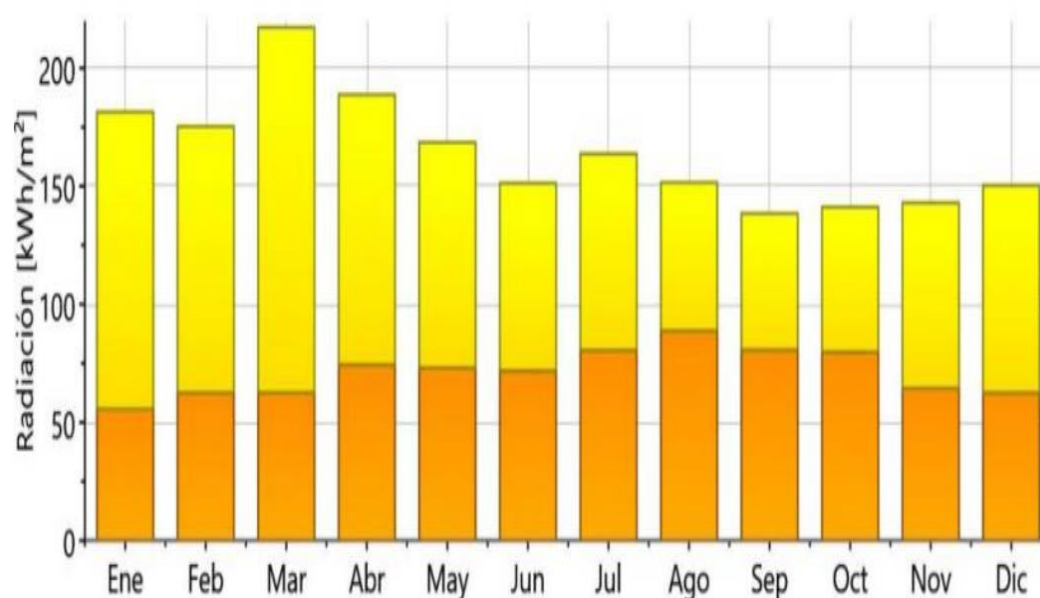
La Figura 1, en este sentido, funciona como un argumento metodológico: cualquier intervención que ignore la coincidencia entre altas temperaturas y precipitaciones abundantes quedará desvinculada de la realidad climática local. Esta interpretación refuerza la tesis del estudio sobre la insuficiencia de enfoques formales sin diagnóstico climático previo.

Figura 1. *Climograma mensual de Santiago de Veraguas: temperatura media y precipitación (Climate-data.org, 2023).*



La Figura 2 muestra el comportamiento mensual de la irradiación global horizontal, datos obtenidos mediante interpolación satelital con Meteonorm. Los meses de mayor irradiación, concentrados entre febrero y abril, coinciden con los vientos más intensos, mientras que el periodo de mayo a noviembre, caracterizado por menor radiación, presenta velocidades de viento notablemente reducidas. Esta configuración estacional resulta determinante para el diseño bioclimático, pues revela que el potencial de ventilación natural disminuye precisamente cuando la humedad y la nubosidad se incrementan, limitando la capacidad de enfriamiento pasivo en los meses más húmedos.

De igual manera, la elevada irradiación registrada en los meses secos, que supera los 217 kWh/m² en marzo, confirma la existencia de una carga radiativa intensa durante todo el año, con mínimos que aún resultan significativos para el balance térmico urbano. Este hallazgo refuerza la centralidad de la sombra como servicio ecosistémico crítico, especialmente en un contexto donde la vegetación existente es prácticamente inexistente. La Figura 2, en este sentido, cuantifica la presión radiativa sobre el espacio público y justifica la priorización del dosel arbóreo como infraestructura climática medible, no como ornamento, en coherencia con el marco conceptual del estudio.

Figura 2. Radiación global mensual según Meteonorm (8,098 N, -80,977 E).

Asimismo, el análisis psicrométrico confirmó que el sitio permanece fuera de la zona de confort casi todo el año por alta temperatura y humedad, con necesidad de movimiento de aire y sombra. La carta de Givoni orientó las cinco estrategias unificadas en la Tabla 5, sin recurrir a capturas de baja resolución. La geometría solar verificada con [SunEarthTools](#) (s. f.) confirma radiación cenital propia de latitud 8° N, donde la protección horizontal y vegetal supera a la vertical.

Tabla 5. Estrategias bioclimáticas unificadas derivadas de Givoni y Climate Consultant.

Estrategia	Principio	Aplicación en la propuesta
Ventilación cruzada	Aberturas perpendiculares a alisios; interior $\approx 1,5$ °C sobre exterior	Ejes abiertos, mobiliario no obstructivo, corredores de viento
Enfriamiento vegetal	Sombra 11-25 °C menor; copa 1-5 °C menor que abierto	+300 árboles nativos, conectores ambientales, parque de bolsillo
Control solar oeste	Minimizar vidrio oeste; alargar eje este-oeste	Fachadas cortas este-oeste, retranqueos y parasoles
Materiales claros y techos fríos	SR>0,7; TE>0,75; mitiga isla de calor	Pavimentos claros permeables antideslizantes
Aleros y parasoles por latitud	Sombra a vidrio ecuatorial según altura y latitud 8° N	Voladizos, pérgolas y arbolado de alineación

Nota. Elaboración propia a partir de [Givoni \(1992\)](#); [Olgay \(2015\)](#) y [Nicol y Humphreys \(2002\)](#).

Además, la propuesta organiza la avenida en tramos A a D con componentes unificados en la Tabla 6 y sección tipo en la Figura 3, sin duplicar renders de baja resolución. La justificación técnica articula diagnóstico y estrategias: el enfriamiento vegetal responde a 27-29 °C sostenidos y radiación superior a 190 kWh/m² en meses secos; la ciclovía

responde a demanda latente y reducción de CO2; los drenajes sostenibles responden a precipitaciones superiores a 400 mm entre mayo y noviembre; y la paleta vegetal responde a preferencia ciudadana y especies probadas en Panamá.

Tabla 6. *Propuesta por tramos: componentes unificados.*

Tramo	Paisaje verde y arbolado	Movilidad y accesibilidad	SUDS, materiales y equipamiento
A	Alineación inicial, especies de sombra amplia	Acera universal, inicio ciclovía segregada	Pavimento claro permeable, papeleras e iluminación
B	Conector ambiental continuo	Cruces tipo con senda elevada, vados y rampas dobles	Franjas filtrantes, bancas y señalización
C	Parque de bolsillo cultural-deportivo	Calle prioridad peatonal, bicisenda	Acumulación y retardo de caudales, paraderos
D	Cierre verde +300 árboles totales	Red completa peatonal-ciclista accesible	Techos fríos, mobiliario integral por tramo

Nota. Elaboración propia a partir del modelado de la tesis base. Paleta: guayacán, Panamá, jacarandá, acacia, flamboyán, mango, tulipán africano, lorito y Tecoma stans.

La configuración espacial de la propuesta se representa mediante un collage arquitectónico que integra la planta general del eje intervenido, la sectorización por tramos y las visualizaciones tridimensionales de los espacios proyectados. Esta representación permite apreciar la relación entre infraestructura verde, movilidad sostenible, áreas peatonales y mobiliario urbano, evidenciando cómo las estrategias bioclimáticas derivadas del diagnóstico climático y físico se traducen en una intervención urbana concreta.

Figura 3. *Collage de la propuesta urbana para la Avenida Central de Santiago de Veraguas: planta general, tramos de intervención, espacios peatonales, áreas verdes y visualizaciones tridimensionales.*

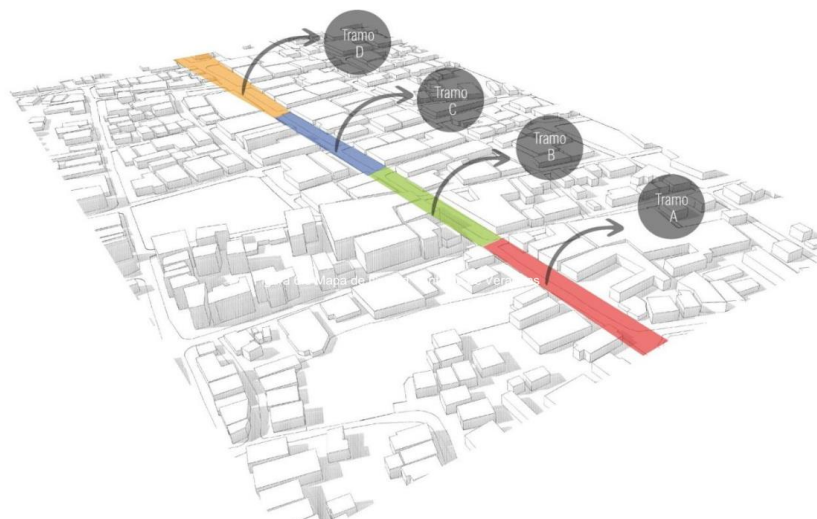


La Figura 4 presenta la sección tipo de la propuesta, en la que se articulan acera universal, ciclovía segregada, franja verde con sistemas urbanos de drenaje sostenible y mobiliario, junto con la calzada existente. Esta representación gráfica condensa la lógica proyectual del estudio: cada componente ocupa una posición funcional dentro de la sección y responde a una exigencia climática específica. La sombra proyectada por el arbolado, la ventilación cruzada favorecida por la ausencia de obstáculos y el enfriamiento vegetal derivado de la franja verde aparecen anotados explícitamente, lo que revela que la sección no es un corte constructivo neutro, sino un instrumento de verificación bioclimática donde las decisiones dimensionales se justifican por su desempeño térmico.

Bajo esta lógica, la disposición secuencial de los elementos adquiere una relevancia que trasciende la mera organización del espacio público. La acera universal, situada junto a la calzada, garantiza continuidad peatonal y accesibilidad, mientras la ciclovía segregada reduce la exposición del ciclista al tráfico motorizado. La franja verde con drenaje sostenible actúa como interfaz entre movilidad y regulación hídrica, y el mobiliario cierra la sección hacia el borde construido. Esta gradación funcional responde a los hallazgos del diagnóstico y traduce el déficit físico detectado en una geometría concreta y ejecutable por tramos.

De igual modo, la sección evidencia que la sombra no se concibe como un efecto residual del arbolado, sino como un parámetro de diseño cuantificable. Las anotaciones sobre ventilación cruzada y enfriamiento vegetal remiten directamente a las estrategias bioclimáticas derivadas de Givoni y Climate Consultant, lo que demuestra coherencia entre el diagnóstico climático y la solución morfológica. La franja verde, además, no cumple una función exclusivamente ornamental: al integrar drenaje sostenible, retiene y retarda la escorrentía de las lluvias intensas documentadas en el climograma, resolviendo simultáneamente confort térmico y gestión hídrica en un mismo elemento.

Figura 4. Sección tipo propuesta: acera universal, ciclovía, franja verde con SUDS y arbolado.



Por consiguiente, la factibilidad es técnica por capacidades de modelado disponibles, social por beneficios en salud, seguridad, comercio y cultura, ambiental por conservación patrimonial y aumento de biodiversidad, y económica por reactivación comercial ante mejor entorno peatonal. El financiamiento previsto corresponde a contratación pública y licitación gubernamental, eje de desarrollo urbano nacional.

En consecuencia, la lectura conjunta de tablas y figuras revela un desajuste estructural entre demanda funcional intensa y oferta ambiental nula. Mientras la avenida opera diariamente como mercado, paradero y paseo patrimonial, su sección ofrece apenas dos árboles y ningún metro de ciclovía o jardín de lluvia. Tal desproporción explica el consenso ciudadano y anticipa que intervenciones parciales, como repavimentar sin sombrear o pintar ciclobandas sin segregar, fracasarían por ignorar el calor y la lluvia como determinantes. Por ello, la propuesta dimensiona sombra continua, red segregada y retención distribuida como sistema indivisible y no como catálogo de adornos intercambiables.

Simultáneamente, la preferencia ciudadana por especies conocidas como guayacán y árbol Panamá facilita la apropiación y el cuidado vecinal, factor que la literatura técnica suele omitir al optimizar solo sombra y evapotranspiración. Al combinar criterio dendrológico con memoria cultural y disponibilidad en viveros locales, la paleta propuesta equilibra desempeño térmico, arraigo identitario y viabilidad de reposición. Este matiz explica por qué se priorizan nueve taxones probados en Panamá en vez de importar especies vistosas de mayor demanda hídrica y prendimiento incierto bajo veranillo y suelos compactados.

Paralelamente, la verificación cruzada entre fuentes climáticas refuerza la confianza en las estrategias, aunque persistan discrepancias absolutas esperables entre sensores remotos y pluviómetros. Mientras Meteonorm estima 3740 mm anuales por malla satelital y [Climate-Data.org](https://climate-data.org/) (2023) reporta 2398 mm por estaciones, ambas coinciden en el patrón estacional con mínimos entre diciembre y abril y picos entre septiembre y noviembre, así como en medias térmicas de 25 a 29 °C y vientos alisios más intensos en el primer trimestre (IMHPA, s. f.; Peel et al., 2007; Perez et al., 1990). Tal convergencia estacional basta para dimensionar sombra permanente y drenaje para tormentas intensas, sin pretender precisión hidrológica de cuenca que corresponderá a fases de ingeniería de detalle con aforos locales y modelación distribuida posterior.

Discusión

El déficit integral registrado en la avenida Central, con cero áreas verdes, cero ciclovías, cero drenajes sostenibles y mobiliario deteriorado, confirma un espacio público funcionalmente colapsado que impide la permanencia y la movilidad segura. Este panorama coincide con la advertencia de Gehl (2010) sobre calles dominadas por

vehículos y comercio informal que expulsan al peatón, aunque aquí la degradación resulta más severa por la ausencia total de soporte verde. A diferencia del manual de Chain (2015), donde macromanzanas y conectores estructuran la vitalidad barrial, Santiago carece de esa matriz. La semejanza radica en el diagnóstico: sin sombra ni equipamiento, la cohesión decae. La diferencia estriba en la escala intermedia tropical, donde el calor agrava la expulsión descrita en contextos templados.

Sin embargo, el deterioro de aceras y rampas, con cinco tramos discontinuos y siete rampas privadas sin pendiente reglamentaria, revela una exclusión de personas con discapacidad mucho más aguda que la reportada en auditorías europeas de accesibilidad. Banister (2008) postuló que la movilidad sostenible exige priorizar al peatón sobre el automóvil, principio que Santiago invierte al ceder aceras al comercio. A diferencia de intervenciones españolas con vados normalizados documentadas por Rodríguez-Rojas (2017), aquí ningún cruce cumple estándares. La semejanza consiste en la barrera física como determinante de riesgo. La diferencia radica en que el estudio panameño combina observación y encuesta ciudadana urbana integral, mientras gran parte de la literatura europea se apoya solo en inventarios técnicos sin percepción usuaria directa.

De manera similar, la ausencia de arbolado, con apenas dos ejemplares en todo el eje, contrasta con la evidencia cuantitativa sobre enfriamiento urbano y subraya una oportunidad perdida de confort térmico. Bowler et al. (2010) demostraron mediante metaanálisis que los parques resultan en promedio 0,94 °C más frescos que su entorno construido, efecto imposible en Santiago por falta de dosel. Halder et al. (2025) confirmaron reducciones de hasta 1 °C con infraestructura verde bien distribuida. Galalizadeh et al. (2024) sistematizaron metodologías y fuentes de datos para cuantificar dicho enfriamiento. La semejanza reside en reconocer la vegetación como regulador microclimático esencial. La diferencia estriba en que esos trabajos analizan ciudades con cobertura existente, mientras este caso documenta el extremo cero, donde cada árbol adicional promete un beneficio marginal mayor según la lógica de rendimientos decrecientes.

En contraste, la inexistencia de sistemas urbanos de drenaje sostenible frente a precipitaciones mensuales superiores a 400 mm expone una vulnerabilidad hídrica urbana actual que la literatura muy reciente considera inaceptable en zonas tropicales. Fletcher et al. (2015) trazaron la evolución desde tuberías grises hacia soluciones basadas en infiltración y retención, trayectoria que Santiago aún no inicia. Ferrans et al. (2022) mostraron que los sistemas de apoyo a decisiones optimizan combinaciones de biorretención y pavimentos permeables. Chapman y Hall (2022) evidenciaron el potencial de dichos sistemas en proyectos de urbanización regional, y Sagala et al. (2022) los validaron como soluciones basadas en la naturaleza para el riesgo de inundación en asentamientos densos. La semejanza radica en identificar lluvias intensas

como motor del cambio. La diferencia consiste en que dichos estudios modelan cuencas instrumentadas, mientras aquí el diagnóstico parte de fichas observacionales y registros históricos, sin calibración hidrológica, lo cual limita la comparación cuantitativa directa de caudales.

Estos hallazgos climáticos, con 27,8 °C medios anuales, humedad relativa de 75 % y 1972 kWh/m² de irradiación global según Meteonorm, sitúan a Santiago dentro del clima tropical Am descrito por [Peel et al. \(2007\)](#) para tierras bajas ístmicas. La coincidencia con los registros del [IMHPA \(s. f.\)](#) y [Climate-Data.org \(2023\)](#) valida la interpolación, aunque la precipitación interpolada de 3740 mm supera los 2398 mm de las series públicas. La semejanza reside en la estacionalidad marcada por la Zona de Convergencia Intertropical. La diferencia emerge del microemplazamiento a 95 m s. n. m. y 4,4 km de la estación Rubén Cantú, donde la interpolación satelital corrige sesgos locales que las redes escasas no capturan adecuadamente.

Adicionalmente, la radiación de 217 kWh/m² en marzo y vientos de 3,6 m/s en febrero confirman un régimen de alta carga radiativa con ventilación estacional limitada durante las lluvias. [Remund et al. \(2020\)](#) validaron incertidumbres de 12 a 25 % para irradiación satelital horaria en Meteonorm, rango aceptable para diseño temprano que este trabajo asume. [Perez et al. \(1990\)](#) establecieron el modelo de cielo para planos inclinados usado en la interpolación, fundamento compartido con esta aplicación. La semejanza radica en confiar en bases satelitales calibradas ante ausencia de piranómetros locales. La diferencia consiste en que dichos autores evalúan plantas fotovoltaicas europeas, mientras aquí los datos alimentan decisiones de sombra y materiales urbanos, trasladando la incertidumbre energética al confort peatonal exterior.

Por otro lado, la permanencia totalmente fuera de la zona de confort durante casi todo el año, según la carta de Givoni, justifica ventilación cruzada y protección solar como estrategias prioritarias antes que climatización activa. [Givoni \(1969\)](#) sentó las bases de hombre, clima y arquitectura y [Givoni \(1992\)](#) definió polígonos de ventilación y masa térmica sobre la carta psicrométrica, marco que Climate Consultant operacionaliza y que este estudio aplica sin modificaciones. [Olgyay \(2015\)](#) había ampliamente anticipado la secuencia clima-biología-tecnología-arquitectura que aquí se respeta. La semejanza reside en el método bioclimático universal. La diferencia radica en la latitud de 8° N con sol casi cenital, donde los aleros horizontales y la vegetación claramente superan a las protecciones verticales recomendadas en latitudes medias estudiadas por [Nicol y Humphreys \(2002\)](#) para confort adaptativo interior.

Asimismo, la selección de especies nativas como guayacán, árbol Panamá, jacarandá y Tecoma stans responde a criterios de sombra amplia y adaptación a suelos pobres y pleno sol. [Yu et al. \(2020\)](#) advirtieron que el efecto refrescante depende del tamaño umbral del espacio verde, hallazgo que la propuesta aborda agregando más de 300 individuos continuos en lugar de ejemplares aislados. [Soltanifard y Amani-Beni \(2025\)](#)

cuantificaron descensos de 1 a 7 °C según densidad y configuración, rango compatible con los 1 a 5 °C bajo copa asumidos aquí. La semejanza reside en priorizar dosel arbóreo sobre césped. La diferencia estriba en incorporar valor cultural del árbol nacional y preferencia ciudadana local, dimensión ausente en revisiones centradas solo en física del dosel.

En este sentido, el consenso ciudadano total del 100 % a favor de mejoras y de beneficios sociales, económicos y ambientales simultáneos supera los niveles de aceptación reportados en procesos participativos europeos. [Gehl \(2010\)](#) ampliamente documentó que la calidad del borde y del mobiliario incrementa la permanencia opcional, mecanismo que los encuestados intuyen al demandar bancas y papeleras. [Cervero y Kockelman \(1997\)](#) claramente demostraron que densidad, diversidad y diseño condicionan viajes no motorizados, tríada que Santiago incumple por monofuncionalidad comercial y diseño muy hostil. La semejanza radica en vincular forma urbana y comportamiento. La diferencia consiste en que este estudio captura aspiración en contexto deteriorado, mientras la literatura del norte global mide satisfacción tras intervenciones ya ejecutadas y plenamente consolidadas.

De igual modo, la disposición mayoritaria al uso de bicicleta condicionada a ciclovía segregada confirma demanda latente local que la infraestructura actual totalmente reprime por completo. [Banister \(2008\)](#) sostuvo que el cambio modal requiere alternativas seguras antes que restricciones al automóvil, secuencia que la propuesta plenamente respeta al ofrecer red continua. [Cervero y Kockelman \(1997\)](#) cuantificaron mayor caminata y pedaleo en tejidos compactos y diversos, condición que la avenida podría alcanzar con macromanzanas peatonales. La semejanza reside en la elasticidad de la demanda ciclista ante oferta protegida. La diferencia radica en el clima cálido-húmedo y la topografía llana urbana santiagueña, donde la sombra resulta más decisiva que en los casos templados holandeses o daneses frecuentemente citados como referencia universal mundial.

Cabe destacar que el enfoque mixto proyectivo aplicado, con fichas observacionales, encuesta a sesenta usuarios directos y modelado BIM por tramos, aporta triangulación escasa en tesis profesionales locales. [Creswell y Creswell \(2018\)](#) rigurosamente prescriben integrar datos cuantitativos y cualitativos para validar intervenciones, prescripción que este diseño totalmente cumple parcialmente sin grupo control. [Braun y Clarke \(2006\)](#) legitiman el análisis temático de percepciones, empleado aquí de forma descriptiva y no interpretativa profunda. La semejanza reside en la lógica multimétodo para problemas muy complejos. La diferencia estriba en el carácter proyectivo y normativo del trabajo, orientado a proponer forma construible y no solo a explicar varianza, lo cual aproxima la investigación a la práctica profesional más que al experimento puramente académico convencional.

Finalmente, la propuesta integral por tramos con ejes verdes públicos, accesibilidad universal detallada, drenaje sostenible moderno y materiales claros eficientes sintetiza principios valiosos dispersos en guías técnicas previas dentro de un plan ejecutable por licitación pública nacional. López Bernal & López Valencia (2015) propusieron adaptación climática mediante corredores y superficies permeables en Cali, estrategia análoga, aunque en ciudad andina colombiana de mayor escala. Rodríguez-Rojas (2017) detalló franjas filtrantes y retardos que aquí se dimensionan conceptualmente sin modelación hidráulica fina. La semejanza radica en la infraestructura verde como hilo conductor. La diferencia consiste en conservar patrimonio local santiagueño y actuar solo sobre retiros municipales, restricción ausente en expansiones periféricas, que obliga a densificar beneficios en sección estrecha y por etapas constructivas.

Conclusiones

La investigación permitió establecer que el deterioro integral de la avenida Central de Santiago de Veraguas constituye un problema multidimensional que articula deficiencias físicas, climáticas y sociales, y cuya resolución exige un enfoque proyectual fundamentado en evidencia verificable. El diagnóstico integrado demostró que la ausencia de infraestructura verde, accesibilidad universal y gestión hídrica sostenible no solo compromete el confort térmico y la movilidad peatonal, sino que erosiona la vitalidad comercial, la seguridad vial y la cohesión social del eje patrimonial. La propuesta formulada, organizada por tramos ejecutables, evidencia que es posible traducir datos climáticos, observacionales y perceptuales en decisiones de diseño concretas, verificables y presupuestables, superando así la tradicional disociación entre diagnóstico académico y práctica proyectual en contextos tropicales intermedios.

En consecuencia, el estudio aporta un marco metodológico replicable que combina caracterización climática con fuentes satelitales calibradas, levantamiento físico censal y percepción ciudadana, lo cual permite superar las limitaciones de inventarios que extrapolan datos de estaciones distantes sin corrección espacial. Esta triangulación metodológica no solo fortalece la validez de las decisiones proyectuales, sino que establece un estándar científico para el diseño urbano bioclimático en regiones donde la instrumentación meteorológica local es insuficiente. La experiencia demuestra que la incertidumbre inherente a la interpolación satelital resulta aceptable para etapas tempranas de diseño, siempre que se declare explícitamente y se complemente con verificación solar y análisis psicrométrico independientes.

Por lo anterior, los hallazgos sugieren que la sostenibilidad urbana en el trópico ístmico no depende de tecnologías importadas ni de grandes superficies disponibles, sino de la asignación rigurosa de cada componente de la sección vial según su desempeño climático y social. La sombra continua, la segregación de modos no motorizados y la retención distribuida del agua pluvial emergen como principios generalizables, cuya

eficacia está condicionada por la continuidad del dosel, la accesibilidad universal efectiva y la participación ciudadana en la selección de especies. De esta manera, el trabajo contribuye a un cuerpo creciente de conocimiento que entiende la infraestructura verde no como ornamento, sino como equipamiento climático mensurable y como derecho urbano fundamental en ciudades tropicales intermedias.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, al desarrollo metodológico, al análisis e interpretación de los datos, a la redacción del manuscrito y a la revisión crítica de su contenido intelectual. Todos los autores aprobaron la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

Certificación ética: El protocolo del presente estudio fue sometido a revisión y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad, en cumplimiento de los principios éticos y normativas institucionales aplicables.

Cómo citar: Quirós Vásquez, C. M., Núñez Rivera, L. I., Llanos Márquez, A., & Valdez De León, R. R. (2026). Diseño urbano bioclimático sostenible para la avenida Central de Santiago de Veraguas. *Ingeniería y sus Alcances. Revista de Investigación*, 10(28), 1–22. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v10i28.145>

Referencias

- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Chain, D. G. (Comp.). (2015). *Manual de diseño urbano*. Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. https://studylib.es/doc/8986310/manual-de-dise%C3%B1o-urbano?utm_source
- Chapman, C., & Hall, J. W. (2022). The potential for sustainable drainage systems (SuDS) in a regional urbanization project. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 922890. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.922890>

- Climate-Data.org. (2023). *Clima Santiago de Veraguas*. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/panama/santiago-de-veraguas/santiago-de-veraguas-25127/>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications. <https://www.sagepub.com/shop/buy-a-book/research-design-5-255675>
- Ferrans, P., Torres, M. N., Temprano, J., & Rodríguez Sánchez, J. P. (2022). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. *Science of the Total Environment*, 806, 150447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150447>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more: The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Galalizadeh, S., Morrison-Saunders, A., Horwitz, P., Silberstein, R., & Blake, D. (2024). The cooling impact of urban greening: A systematic review of methodologies and data sources. *Urban Forestry & Urban Greening*, 95, 128157. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128157>
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press. <https://islandpress.org/books/cities-people>
- Givoni, B. (1969). *Man, climate, and architecture*. Elsevier. <https://archive.org/details/manclimatearchit0000unse/page/n7/mode/2up>
- Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18(1), 11–23. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)
- Halder, N., Kumar, M., Deepak, A., Mandal, S. K., Azmeer, A., Mir, B. A., Nurdawati, A., & Al-Ghamdi, S. G. (2025). The role of urban greenery in enhancing thermal comfort: Systematic review insights. *Sustainability*, 17(6), 2545. <https://doi.org/10.3390/su17062545>
- Hernández Moreno, S. (2008). El diseño sustentable como herramienta para el desarrollo de la arquitectura y edificación en México. *Acta Universitaria*, 18(2), 18–23. <https://doi.org/10.15174/au.2008.14>
- Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. (s. f.). *Datos climáticos históricos*. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clima-historicos>
- López Bernal, O., & López Valencia, A. P. (2015). *Diseño urbano adaptativo al cambio climático*. Programa Editorial Universidad del Valle. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587651614_A43303515/preview-9789587651614_A43303515.pdf
- Meteotest AG. (2020). *Meteonorm version 8: Handbook part I: Software*. https://meteonorm.com/assets/downloads/mn80_software.pdf

- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Olgay, V. (2015). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism (New and expanded ed.)*. Princeton University Press. <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691169736/design-with-climate>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Perez, R., Ineichen, P., Seals, R., Michalsky, J., & Stewart, R. (1990). Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. *Solar Energy*, 44(5), 271–289. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(90\)90055-H](https://doi.org/10.1016/0038-092X(90)90055-H)
- Remund, J., Müller, S., Schmutz, M., & Graf, P. (2020). *Meteonorm version 8. Proceedings of the 37th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2020)*. https://meteonorm.com/assets/publications/5BV.3.8_pvsec_2020_mn8.pdf
- Rodríguez-Rojas, M. I., Cuevas Arrabal, M. M., Moreno Escobar, B., Martínez Montes, G., & Muñoz Ubiña, A. (2017). *Guía para la integración de los sistemas urbanos de drenaje sostenible en el proyecto urbano*. Editorial Universidad de Granada. <https://editorial.ugr.es/media/ugr/files/sample-133887.pdf>
- Sagala, S., Murwindarti, A., Avila, B. E., Rosyidie, A., & Azhari, D. (2022). Sustainable urban drainage system (SUDS) as nature based solutions approach for flood risk management in high-density urban settlement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012055>
- Soltanifard, H., & Amani-Beni, M. (2025). The cooling effect of urban green spaces as nature-based solutions for mitigating urban heat: Insights from a decade-long systematic review. *Climate Risk Management*, 49, 100731. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2025.100731>
- SunEarthTools. (s. f.). *Herramienta solar y trayectoria del sol*. <https://www.sunearthtools.com/es/>
- UCLA Energy Design Tools Group. (s. f.). *Climate Consultant (Version 6.0)* [Computer software]. https://energy-design-tools.sbse.org/climate-consultant/request-climate-consultant.php?utm_source
- Yu, Z., Yang, G., Zuo, S., Jørgensen, G., Koga, M., & Vejre, H. (2020). Critical review on the cooling effect of urban blue-green space: A threshold-size perspective. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49, 126630. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126630>



Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).