

Recibido: 01-02-2025  
Aceptado: 02-06-2025

# USO DE SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS VEREDAS EN AHVAZ, IRÁN<sup>1</sup>

USING FUZZY INFERENCE SYSTEMS TO EVALUATE SIDEWALK QUALITY IN AHVAZ, IRAN

MAJID GOODARZI <sup>2</sup>  
ZAHRA SOLTANI <sup>3</sup>  
NOORA ABYAT <sup>4</sup>

1 This article is based on the author's research work in the field of Geography and Urban Planning

2 PhD in Urban Planning

Associate Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography and Urban Planning  
Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran  
<https://orcid.org/0000-0001-7982-8027>  
[m.goodarzi@scu.ac.ir](mailto:m.goodarzi@scu.ac.ir)

3 PhD in Rural Planning

Associate Professor of Geography and Rural Planning, Department of Geography and Urban Planning  
Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran  
<https://orcid.org/0000-0001-5876-0473>  
[z.soltani@scu.ac.ir](mailto:z.soltani@scu.ac.ir)

Master's in Geography and Urban Planning

4 Ph.D student of Geography and Urban Planning, Department of Geography and Urban Planning  
Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran  
<https://orcid.org/0009-0002-3028-8618>  
[noraabyat@yahoo.com](mailto:noraabyat@yahoo.com)  
[m.goodarzi@scu.ac.ir](mailto:m.goodarzi@scu.ac.ir)

<https://doi.org/10.22320/07183607.2025.28.51.05>



Las veredas y los peatones son componentes vitales de la vida urbana y desempeñan un papel crucial para mantener la sustentabilidad y habitabilidad de las ciudades. Las veredas de alta calidad contribuyen a crear espacios urbanos más seguros y vibrantes. Dados los importantes beneficios sociales, económicos y culturales de caminar, los esfuerzos para mejorar las condiciones de las veredas han atraído una atención considerable en los últimos años. Este estudio busca evaluar el estado y la calidad de las veredas urbanas en Ahvaz, una ciudad en el suroeste de Irán. La evaluación se basa en datos recopilados a través de cuestionarios completados por expertos en geografía y planificación urbana. Se empleó un sistema de inferencia difusa implementado en el software MATLAB para identificar las reglas subyacentes a la evaluación de la calidad de las veredas. Posteriormente, los datos del cuestionario se analizaron mediante métodos de Entropy, WASPAS e interpolación IDW. El análisis resultó en la identificación de 18 reglas distintas para evaluar la calidad de las veredas. Los hallazgos indican que las veredas en la región tres exhiben la más alta calidad, mientras que las de la región siete ocupan el lugar más bajo. En general, el estudio revela que la mayoría de las veredas en Ahvaz son de muy mala calidad, y problemas como pendientes inadecuadas son factores contribuyentes importantes.

**Palabras clave:** sistemas de inferencia difusa, MATLAB, calidad de veredas, peatones, Ahvaz

Sidewalks and pedestrians are vital components of urban life, playing a crucial role in sustaining the sustainability and livability of cities. High-quality sidewalks contribute to creating safer and more vibrant urban spaces. Given the significant social, economic, and cultural benefits of walking, efforts to improve sidewalk conditions have attracted considerable attention in recent years. This study seeks to evaluate the condition and quality of urban sidewalks in Ahvaz, a city in southwestern Iran. The assessment is based on data collected through questionnaires completed by geography and urban planning experts. A fuzzy inference system implemented in MATLAB software was employed to identify the rules underlying the evaluation of sidewalk quality. Subsequently, the questionnaire data were analyzed using Entropy, WASPAS, and IDW interpolation methods. The analysis resulted in the identification of 18 distinct rules for assessing sidewalk quality. The findings indicate that sidewalks in Region Three exhibit the highest quality, while those in Region Seven rank the lowest. Overall, the study reveals that most sidewalks in Ahvaz are of very poor quality, with issues such as unsuitable slopes being significant contributing factors.

**Keywords:** fuzzy Inference Systems, MATLAB, Sidewalk Quality, Pedestrians, Ahvaz

## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, las ciudades eran muy amigables con los peatones, y caminar era el principal medio de transporte debido a su accesibilidad universal y asequibilidad. Sin embargo, un desafío moderno significativo en el desarrollo urbano es la creciente dependencia de los vehículos motorizados, acompañada del descuido de la infraestructura peatonal y los caminos. Este cambio se ha identificado como un factor significativo en la degradación de la calidad urbana y la erosión de los valores sociales, culturales y estéticos en los espacios públicos, particularmente después de la revolución industrial y el advenimiento del diseño urbano orientado al automóvil (Moradpour et al., 2018, pág. 212).

Caminar sigue siendo un modo de transporte económico, saludable y sostenible, que tiene un impacto profundo en la vida urbana. Caminar, al ser la forma más frecuente de actividad física recreativa, mejora la salud pública, fomenta las conexiones sociales y genera importantes ventajas socioeconómicas (Stefanidis y Bartzokas-Tsiompras, 2024, pág. 1). Las ciudades que priorizan la peatonalización no solo fomentan la actividad física diaria, sino que también reducen los costos de salud pública asociados con estilos de vida sedentarios, obesidad y enfermedades respiratorias (Yussif et al., 2024, pág. 1; Zapata-Diomed et al., 2019; Rundle y Heymsfield, 2016). Los barrios transitables se asocian con una menor prevalencia de obesidad (Kowaleski-Jones et al., 2018, pág. 14). Además, los entornos urbanos amigables con los peatones promueven el bienestar mental y la sostenibilidad ambiental al ofrecer alternativas a los desplazamientos en automóvil (Yussif et al., 2024, pág. 1). Muchas cualidades dinámicas asociadas con la vida urbana, como la actividad animada en las calles, la diversidad cultural y las oportunidades para interacciones inesperadas, están arraigadas en un diseño urbano transitable y de alta calidad. (Norton, 2011).

Con el auge de los automóviles privados en el siglo XX, las ciudades de todo el mundo comenzaron a reasignar espacios urbanos públicos para acomodar vehículos. Este desarrollo centrado en el automóvil ha llevado a una "dependencia del automóvil" generalizada, contribuyendo a problemas como la congestión del tráfico, las muertes por accidentes automovilísticos y la contaminación ambiental por ruido y emisiones (Rhoads et al., 2023, pág. 1).

El diseño urbano moderno enfatiza cada vez más los sistemas de transporte centrados en el ser humano, que priorizan el transporte público, las ciclovías y las extensas redes de veredas sobre la infraestructura orientada a los vehículos (Lin et al., 2021, pág. 1). En este contexto, las veredas deberían reconocerse como elementos fundamentales de la planificación urbana, dada su influencia en la calidad de vida, la movilidad, la calidad del aire y el diseño urbano (Da Rocha et al., 2019, pág. 42). Más allá de facilitar el movimiento, las veredas sirven como espacios

para interacciones sociales planificadas y espontáneas, así como lugares para actividades culturales y comerciales, que incluyen arte, música y actividades comerciales. Esta multifuncionalidad resalta su importancia para la vida urbana contemporánea (Motahari Tabar y Hosseiniinia, 2022, pág. 71).

Como espacios públicos vitales, las veredas fomentan las conexiones sociales al dar forma a los paisajes donde ocurren interacciones significativas. Reconocer las necesidades de la sociedad moderna y los valores intrínsecos de estos espacios ha impulsado los esfuerzos para diseñar veredas que no solo sean funcionales, sino que también fomenten un sentido de lugar y pertenencia (Ghadami, 2019, pág. 950). Las veredas están diseñadas a propósito para peatones y generalmente están situadas junto a las calles. A diferencia de las calles o carreteras, las veredas están centradas en el usuario, diseñadas exclusivamente para mejorar las experiencias de los peatones. Entregan vías seguras y accesibles, a la vez que humanizan el paisaje urbano (Li et al., 2024, pág. 961). Además, las veredas actúan como espacios socioculturales, permitiendo interacciones informales que contribuyen a preservar la identidad cultural (Janpathompong y Murakami, 2021, pág. 4). Las veredas de alta calidad alientan a los peatones a caminar más, mejorando la movilidad y la sociabilidad (Rachmanto, 2021, pág. 6).

Ahvaz, al ser el centro administrativo de la provincia de Juzestán y centro industrial clave en el sur de Irán, experimenta una alta densidad de peatones, particularmente en su centro y distritos comerciales durante las horas de más alta afluencia. Esta actividad consistente subraya la necesidad crítica de evaluar la calidad de las veredas de la ciudad para respaldar una planificación urbana efectiva. El objetivo de este estudio es evaluar el estado y la calidad de las veredas en Ahvaz.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Zarghami et al. (2015), en su estudio *Investigating the Relationship between Urban Pedestrian Pathway Design and Psychological Sense of Security* (Estudio de caso: Teherán), exploraron la conexión entre la sensación de protección de los peatones y su uso de las veredas.

Los resultados de este estudio mostraron diferencias entre personas mayores de 40 y menores de 40 años en cuanto al grado en el que usan las veredas urbanas y las razones para usarlas o no. Utilizando un enfoque de métodos mixtos, el estudio reveló que las personas mayores de 40 años estaban más inclinadas a dar paseos cortos que las menores de 40, que preferían los vehículos. Esta disparidad hace ver una notable divergencia de comportamiento entre los dos grupos etarios. Para ambos grupos, el atractivo estético de las veredas era una prioridad clave. Sin embargo, las personas mayores priorizaron abordar superficies irregulares, mientras que los participantes

más jóvenes expresaron una mayor preocupación por el ancho de la vereda.

Ekra Sardashti y Sajadzadeh (2021), en su obra *Measuring and Evaluating the Quality of Urban Walkways from the Perspective of the Creative Urban Space: Case Study of Central Urban Walkways in Rasht City of Iran*, evaluaron la calidad de las veredas urbanas en Rasht desde la perspectiva de los espacios urbanos creativos. El estudio desarrolló un modelo conceptual del espacio urbano creativo y evaluó indicadores y criterios específicos dentro de este marco. Sus hallazgos subrayaron que la integración de indicadores de ciudades creativas en los espacios urbanos aumenta significativamente la satisfacción de los ciudadanos. Lograr veredas que reflejen los principios de una ciudad creativa requiere priorizar el desarrollo de estos indicadores.

Da Rocha et al. (2019), en su artículo *Quality of Sidewalks in a Brazilian City: A Broad Vision*, analizaron la calidad de las veredas en una ciudad brasileña de tamaño mediano combinando percepciones de los peatones con evaluaciones técnicas. Sus hallazgos revelaron que las veredas en Passo Fundo, similares a las de muchas ciudades brasileñas, obtuvieron una puntuación baja en el Índice de Calidad de las Veredas (SQL, por su sigla en inglés). El estudio enfatizó que un SQL alto puede mejorar la movilidad urbana y la calidad de vida, a la vez que tiene un impacto positivo en varios indicadores urbanos.

Lee et al. (2009), en su estudio *Design Criteria for an Urban Sidewalk Landscape Considering Emotional Perception*, investigaron las preferencias por el diseño de veredas utilizando principios de ingeniería afectiva. Al modelar las relaciones entre los elementos de diseño y sus proporciones en los paisajes de las veredas, el estudio propuso criterios para diseñar veredas cómodas y estéticamente agradables. Sus resultados destacaron la importancia de la ingeniería afectiva para crear entornos de veredas emocionalmente atractivos y visualmente atractivos.

### III. REVISIÓN TEÓRICA

Las calles son un componente fundamental de los espacios urbanos al aire libre. Sirven no solo como corredores de transporte, sino también como lugares para interacciones sociales y actividades comerciales. No obstante, con la adopción generalizada de vehículos personales y la expansión de las áreas urbanas, el diseño de calles se ha centrado cada vez más en los vehículos. Los carriles más anchos y las redes viales más densas han mejorado el flujo y la eficiencia del tráfico, pero este cambio también ha degradado la calidad de los entornos urbanos al aire libre. En consecuencia, las veredas, que en algún momento fueron espacios vibrantes para el compromiso social y comercial, se han visto limitadas por desafíos como la contaminación del aire, el ruido y el estrés térmico (Lin et al., 2021, pág. 1). Las calles son los espacios públicos más extensos de las

ciudades, y las veredas, como las áreas más frecuentadas por los peatones, juegan un papel esencial en la configuración de sus percepciones psicológicas (Li et al., 2024, pág. 961).

Teóricos urbanos clásicos como Jan Gehl y Jane Jacobs han subrayado la importancia de los elementos sociales, psicológicos, culturales y ambientales en el diseño de espacios donde se puede caminar. Gehl abogó por ciudades diseñadas pensando en las personas, en lugar de los automóviles. Enfatizó que la animada vida urbana se basa en fomentar interacciones sociales significativas, crear una sensación de seguridad y ofrecer una experiencia estéticamente agradable a través de la arquitectura, la vegetación y el arte. Gehl creía que el potencial de una ciudad alegre se fortalece cuando se invita a más personas a caminar, andar en bicicleta y quedarse en los espacios públicos de la ciudad (Gehl, 2010, pág. 6). Jacobs, por otro lado, destacó la vitalidad de las calles llenas de diversos grupos de personas durante todo el día. Su concepto de "ojos en la calle" enfatizó que la vida activa en la calle aumenta naturalmente la seguridad. Jacobs también enfatizó la importancia de los usos mixtos del terreno, que aportan energía e imprevisibilidad a las calles, enriqueciendo las interacciones culturales y sociales, a la vez que fomentan una mayor actividad peatonal. Ella sostuvo que las veredas deben mantener un tráfico peatonal constante no solo para multiplicar la vigilancia, sino también para incitar a los residentes de los edificios adyacentes a observar la vida en la calle. Como señaló Jacobs (1989, pág. 54), "Muchas personas se entretienen, de vez en cuando, observando la actividad de la calle".

Además de estas contribuciones teóricas, un creciente cuerpo de investigación en las últimas décadas ha enfatizado la importancia de diseñar calles amigables para los peatones (Forsyth et al., 2009). La calidad de las redes peatonales se reconoce cada vez más como esencial para el desarrollo urbano sustentable y la movilidad (Forsyth et al., 2009). Esto implica abordar factores tangibles e intangibles, incluyendo el entorno físico y construido (por ejemplo, anchos de veredas y calles, copas de árboles, densidad de población, alturas de edificios y volúmenes de tráfico), atributos de diseño urbano (por ejemplo, capacidad de visualización, legibilidad, escala humana, cerramiento, transparencia, vinculación y coherencia) y respuestas humanas (por ejemplo, miedo al crimen, comodidad y participación). Estos factores dan forma colectivamente al atractivo y la funcionalidad de los espacios peatonales, pero a menudo se pasan por alto en la planificación urbana y las estrategias de accesibilidad peatonal (Stefanidis y Bartzokas-Tsiompräs, 2024, pág. 1).

Las veredas son elementos integrales de las calles y sirven como espacios dinámicos para diversas actividades. Desde una perspectiva de planificación, las veredas bien diseñadas e integradas reflejan la imagen de la ciudad. Las veredas atractivas y cuidadosamente planificadas contribuyen a la percepción de una ciudad bien organizada, mientras que las veredas

mal diseñadas pueden proyectar una imagen de desorden (Abdallah, 2020, pág. 49).

Las deficiencias en las veredas y las restricciones a la movilidad de los peatones a menudo se derivan de defectos en la planificación, el diseño, la construcción y el mantenimiento (Jia et al., 2022, pág. 3). En los países en vías de desarrollo, es común encontrar problemas como intersecciones mal diseñadas, segmentos de veredas faltantes, cruces inadecuados, accesibilidad limitada para usuarios vulnerables y barreras deliberadas en las calles principales. Los desafíos de mantenimiento también son frecuentes, con veredas frecuentemente cubiertas de vegetación, obstruidas por escombros o invadidas por vendedores ambulantes, vehículos estacionados y actividades de carga. Estos problemas a menudo obligan a los peatones a participar en comportamientos riesgosos, como caminar en carriles de tránsito o cruzar calles en lugares inseguros. Si bien las iniciativas de seguridad vial tienden a centrarse en calles e intersecciones, a menudo se descuidan las condiciones de las veredas y las evaluaciones de la transitabilidad (Jia et al., 2022, pág. 3). De manera similar, el mantenimiento de las veredas no ha recibido suficiente atención en las discusiones sobre planificación urbana y políticas, a pesar de su papel fundamental para garantizar la seguridad y comodidad de los peatones (Khalak et al., 2024, pág. 455). El diseño orientado a los peatones contribuye significativamente a revitalizar los centros urbanos, al crear espacios colectivos que fomentan las interacciones sociales y la solidaridad entre los ciudadanos. Las áreas peatonales, según la definición de Ghadami (2019, pág. 950), son espacios urbanos donde se prioriza el movimiento peatonal, a menudo restringiendo o excluyendo por completo el tráfico vehicular durante horas específicas.

Se espera que las veredas brinden seis beneficios esenciales para los peatones: (1) conectividad sólida dentro de la red de senderos, (2) integración con el transporte público, (3) estética atractiva, (4) seguridad suficiente, (5) uso del suelo de grano fino y (6) senderos peatonales de alta calidad (Yencha, 2019, pág. 690). Estos factores se evalúan a través de dos categorías principales: características a nivel de vecindario (macroescala) y a nivel de vereda (microescala). Las características a nivel de barrio incluyen elementos ambientales como la diversidad del uso del suelo, la estética, la densidad de viviendas e intersecciones y la conectividad de las calles. Por el contrario, las características a nivel de la vereda se centran en características específicas de la infraestructura, incluidas las condiciones de la superficie, el ancho, el mobiliario y las cunetas. Estas características a microescala impactan directamente en la comodidad y satisfacción de los peatones. Sin embargo, el uso continuo y las condiciones ambientales adversas a menudo deterioran la infraestructura, lo que hace que el mantenimiento oportuno sea crucial para una funcionalidad óptima (Yussif et al., 2024, pág. 2).

El enfoque de las "Cinco C" es un marco integral para mejorar las calles y aceras al priorizar la transitabilidad y acomodar diversas actividades. Este enfoque enfatiza la satisfacción de las necesidades de los peatones, tanto para actividades formales como informales, y describe cinco principios críticos para mejorar la experiencia de caminar:

- **Conectado:** establecer una red completa de rutas y veredas, tanto a macroescala (conectividad de calles) como a microescala (veredas conectadas física o visualmente).
- **Cordial:** estructurar veredas para facilitar las interacciones sociales satisfaciendo las necesidades de los usuarios de manera organizada e inclusiva, creando espacios más seguros, agradables y cómodos.
- **Conspicuo:** proporcionar señalización clara para calles, tiendas y actividades en las veredas para facilitar experiencias de caminata accesibles, fluidas y agradables.
- **Cómodo:** incorpora comodidades como asientos, dispositivos de sombreado y mantenimiento regular del pavimento para aumentar la comodidad.
- **Conveniente:** diseñar veredas y calles para que sean eficientes, rentables y fáciles de usar, satisfaciendo las necesidades funcionales y estéticas de los peatones.

Al aplicar estos principios, las veredas pueden soportar una amplia gama de actividades a la vez que protegen la seguridad y la comodidad de los peatones. Lograr esto requiere alinear los patrones de actividad con estos principios y entender la relación entre los patrones de uso y la transitabilidad (Abdallah, 2020, pág. 59).

El enfoque en mejorar las veredas no es nuevo, pero ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Jane Jacobs, en su influyente trabajo desde la década de 1960, introdujo el concepto de "ojos en la calle", enfatizando el papel de los diversos usuarios de la calle para proporcionar vigilancia natural y mejorar la seguridad. Jacobs (1989, pág. 56) articuló este concepto con una visión particular sobre la sentimiento de protección que brindan las veredas, señalando la necesidad de "una suposición casi inconsciente de apoyo general en la calle cuando las cosas van mal" entre quienes brindan esta vigilancia. Ella resumió este fenómeno como "confianza", una construcción social que emerge gradualmente a través de innumerables interacciones menores en los espacios públicos de las veredas. Este concepto destaca cómo las amas de casa, comerciantes, peatones, vendedores ambulantes y oficinistas crean colectivamente una sensación de protección para todos los usuarios. Teorías posteriores de diseñadores urbanos y arquitectos han subrayado los beneficios de caminar y usar las veredas, incluida la reducción de la dependencia de los vehículos motorizados, menores emisiones de transporte y mejora de la salud pública (Mozingo, 1989; Smith y dos Santos, 2019). El aumento de la actividad peatonal también conduce a calles más seguras, una mayor vitalidad urbana y una mejor cohesión social.

Índice	Indicador	Índice	Indicador	Índice	Indicador
I1	Seguridad	I6	Vitalidad	I11	Mantenimiento
I2	Protección	I7	Pisos	I12	Limpieza
I3	Iluminación	I8	Accesibilidad	I13	Pendiente adecuada
I4	Área verde	I9	Cohesión	I14	Ancho adecuado
I5	Movilidad	I10	Interacción social	I15	Apto para todos los grupos de la vida

**Tabla 1.** Indicadores de calidad de veredas. Fuente: Preparada por los autores.

La importancia de las veredas ha ganado una atención renovada en el diseño urbano, particularmente en la era pospandémica. Muchas ciudades han desarrollado pautas y principios para mejorar la habitabilidad y la sustentabilidad de las veredas, centrándose en factores como la accesibilidad universal, las conexiones seguras, la señalización, la estética, la protección, las superficies de calidad y el drenaje adecuado. Las veredas deben extender sus funciones más allá de proporcionar espacios de circulación, para fomentar el contacto directo entre los ciudadanos y sus entornos sociales.

En consecuencia, se han identificado cinco criterios básicos para un diseño efectivo de veredas:

- Accesibilidad: garantizar que todas las personas, incluidas aquellas con movilidad reducida, puedan usar las veredas de manera segura e independiente. Esto incluye brindar comodidad, refugio y protección a la vez que se adhiere a los principios de amplio acceso y facilidad de movimiento.
- Mantenimiento: abordar la condición física del pavimento, los materiales de recubrimiento y la adherencia del piso para garantizar la comodidad y seguridad de los peatones.
- Conectividad: establecer rutas continuas libres de obstáculos, con pasos a nivel, señalización adecuada y características de accesibilidad que se adapten a diversas necesidades.
- Protección: mejorar la protección real y percibida a través de una iluminación adecuada, la presencia de otros peatones y la infraestructura urbana diseñada para minimizar los riesgos.
- Ambiente: integración de elementos de paisajismo y características de diseño que mejoran la usabilidad y el atractivo visual de las veredas (Almeida et al., 2024, pág. 729).

Una red de veredas bien conectada es esencial para promover la movilidad peatonal, mejorar la accesibilidad y fomentar entornos urbanos sustentables y amigables para los peatones (Quijada-Alarcón et al., 2024; pág. 2).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación usó un enfoque descriptivo-analítico y aplicado en cuanto a contenido y metodología. Los datos y la información se recolectaron mediante un método de encuesta documental en terreno. Los indicadores para evaluar la calidad de las veredas urbanas se derivaron de una revisión exhaustiva de la literatura teórica.

La población estadística estaba formada por expertos en geografía y urbanismo. Una muestra de 10 expertos participó en una encuesta basada en cuestionarios para evaluar la calidad de las veredas en varias regiones de Ahvaz. Sus respuestas formaron la base para el análisis de la investigación.

Para analizar los datos, se emplearon varias metodologías:

- Se utilizó el sistema de inferencia difusa en el software MATLAB para establecer las reglas para medir la calidad de las veredas.
- Se aplicó el método de entropía para ponderar los indicadores.
- Se usó el modelo WASPAS para clasificar las regiones de Ahvaz en función de la calidad de la vereda.
- Se empleó el método de interpolación de Ponderación Inversa de la Distancia (IDW, por su sigla en inglés) para visualizar el estado de las veredas en Ahvaz.

### Área de estudio de investigación

Ahvaz es una de las ciudades más grandes de Irán y es el principal centro financiero del país (Pakbaz et al., 2013, pág. 109). Es la ciudad capital de la provincia de Juzestán y está estratégicamente ubicada a lo largo del río Karun, uno de los ríos más importantes del país. Ubicada en una provincia rica en petróleo fronteriza con Irak y Kuwait, Ahvaz ocupa una posición geopolítica importante (Alizadeh y Sharifi, 2020, pág. 7). La ciudad limita con Sheiban, Veis, Mollasani, Shooshtar, Dezful

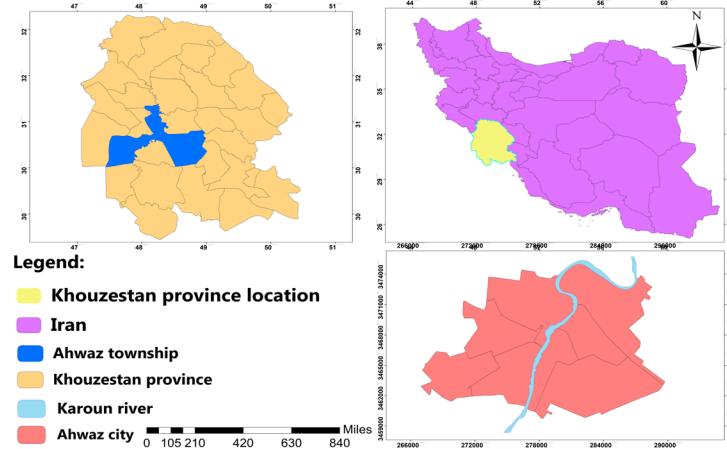
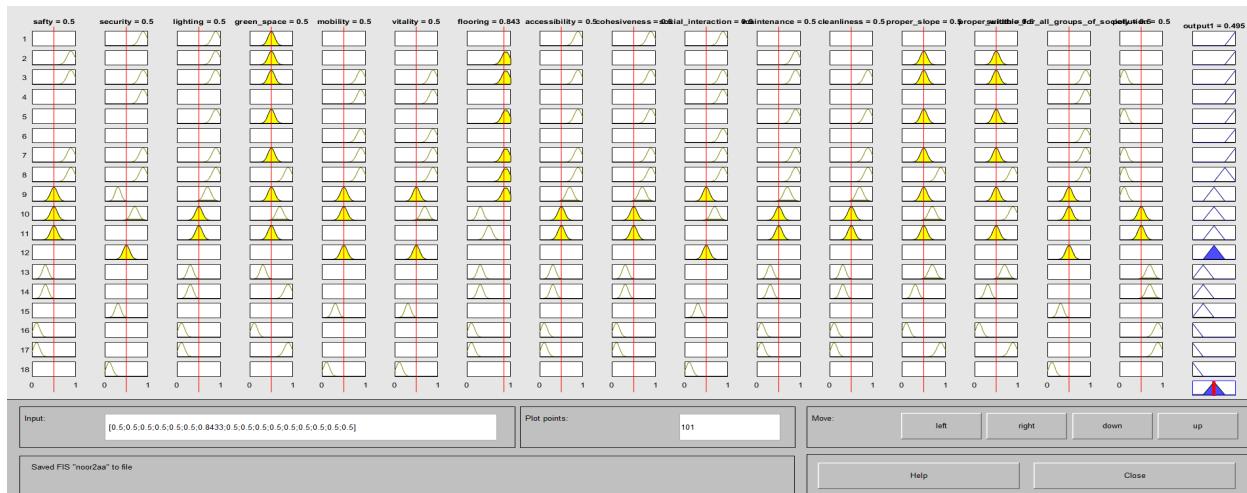


Figura 1. Área de estudio. Fuente: Preparada por los autores.



**Figura 2.** Reglas de salida del sistema de inferencia difusa. Fuente: Preparada por los autores.

y Shoosh al norte, Ramhormoz al este, Hamidieh al oeste y Shadegan, Mahshahr, Khoramshahr y Abadan al sur.

Ahvaz se divide en ocho regiones urbanas, cada una de las cuales consta de tres o cuatro distritos (Safaeepour et al., 2017, pág. 6). Las coordenadas geográficas de Ahvaz son 31°20'N y 48°40'E (Figura 1), con una elevación de 18 metros sobre el nivel del mar. El sector industrial de la ciudad, que incluye numerosas grandes plantas industriales, ha convertido a Ahvaz en uno de los centros industriales clave de Irán, atractivo a muchos inmigrantes a la zona (Alavi et al., 2015, pág. 299). Con una superficie de aproximadamente 220 km<sup>2</sup>, Ahvaz tiene una población de casi 1,2 millones de personas.

## V. ANÁLISIS DE HALLAZGOS

Inicialmente, se implementó el modelo del sistema de inferencia difusa y se extrajeron 18 reglas para medir la calidad de las veredas urbanas en función de los indicadores de investigación. Las reglas son las siguientes (Figura 2):

- Regla 1: si la protección, la iluminación, la accesibilidad, la cohesión y la interacción social son muy altas, y las áreas verdes son promedio, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 2: si la seguridad, la iluminación, la calidad del piso

y la interacción social son muy altas, y las áreas verdes, el ancho adecuado y la pendiente adecuada son promedio, entonces la calidad de las veredas será muy alta.

- Regla 3: si la seguridad, la protección, la iluminación, la movilidad, la vitalidad, el piso adecuado, la accesibilidad, la cohesión y la interacción social son muy altas, y las áreas verdes, el ancho adecuado y la pendiente adecuada son promedio, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 4: si la protección, la iluminación, la movilidad, la vitalidad, la interacción social y la idoneidad para todos los grupos de la sociedad son muy altas, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 5: si la iluminación, el piso adecuado, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento y la limpieza son muy altos, y el área verde es promedio, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 6: si la movilidad, la vitalidad, la interacción social y la idoneidad para todos los sectores de la sociedad son muy altas, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 7: si la seguridad, la protección, la iluminación, la movilidad, la vitalidad, el piso apropiado, la accesibilidad, la cohesión, la interacción social, el mantenimiento, la limpieza y la idoneidad para todos los sectores de la sociedad son muy altas, y las áreas verdes, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son promedio, entonces la calidad de las veredas será muy alta.
- Regla 8: si la seguridad, la protección, la iluminación, la movilidad, la vitalidad, el piso adecuado, la accesibilidad, la cohesión, la interacción social, el mantenimiento, la limpieza y la idoneidad para todos los sectores de la sociedad son muy altas, y las áreas verdes, el ancho y la pendiente adecuados son altos, entonces la calidad de las veredas será relativamente alta.
- Regla 9: si la iluminación, el piso adecuado, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento y la limpieza son muy altos, y la seguridad, las áreas verdes, la movilidad, la vitalidad, la interacción social, la pendiente adecuada, el ancho adecuado y la idoneidad para todos los sectores de la sociedad son promedio, y la seguridad es baja, entonces la calidad de las veredas será promedio.
- Regla 10: si la seguridad, movilidad, accesibilidad, cohesión, mantenimiento, limpieza e idoneidad para varios grupos de la sociedad son altas, y la seguridad, las áreas verdes, la vitalidad, la interacción social, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son altos, y la calidad del piso es baja, entonces la calidad de las veredas será promedio.
- Regla 11: si la seguridad, la iluminación, las áreas verdes, los pisos adecuados, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento, la limpieza, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son promedio, entonces la calidad de las veredas será casi promedio.
- Regla 12: si la protección, la movilidad, la vitalidad, la interacción social y la idoneidad para todos los grupos de la sociedad son promedio, entonces la calidad de las veredas será casi promedio.

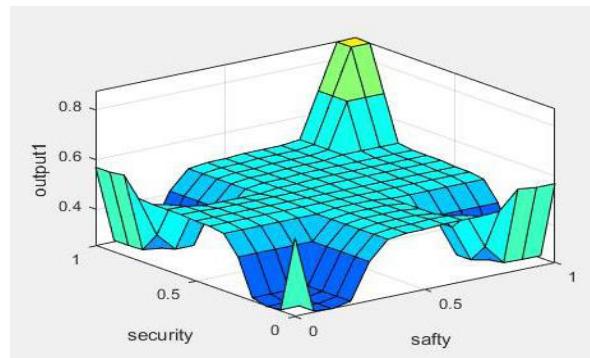


Figura 3. Diagrama de salida de las reglas del sistema de inferencia difusa. Fuente: Preparada por los autores.

- Regla 13: si la pendiente y el ancho adecuados son altos, y la seguridad, la iluminación, las áreas verdes, los pisos adecuados, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento y la limpieza son bajos, entonces la calidad de las veredas será baja.
- Regla 14: si el área verde es demasiado alta y la seguridad, la iluminación, el piso adecuado, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento, la limpieza, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son bajos, entonces la calidad de las veredas será baja.
- Regla 15: si el área verde es demasiado alta y la protección, movilidad, vitalidad, pisos apropiados, interacción social e idoneidad para todos los grupos de la sociedad son bajos, entonces la calidad de las veredas será baja.
- Regla 16: si la seguridad, la iluminación, las áreas verdes, los pisos adecuados, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento, la limpieza, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son demasiado bajos, entonces la calidad de las veredas será demasiado baja.
- Regla 17: si las áreas verdes, la pendiente adecuada y el ancho adecuado son demasiado altos, y la seguridad, la iluminación, las áreas verdes, los pisos adecuados, la accesibilidad, la cohesión, el mantenimiento y la limpieza son demasiado bajos, entonces la calidad de las veredas será demasiado baja.
- Regla 18: si la seguridad, la movilidad, la vitalidad, la interacción social y la idoneidad para todos los grupos de la sociedad son demasiado bajas, entonces la calidad de las veredas será demasiado baja.

Eventualmente, la siguiente figura ilustra el diagrama de salida generado por el sistema de inferencia difusa, mostrando los resultados de las reglas (Figura 3).

Posteriormente, se evaluó el estado de las veredas urbanas en varias regiones de Ahvaz. Se distribuyó un cuestionario a los expertos, quienes proporcionaron sus evaluaciones de la calidad

Índice	Seguridad	Protección	Iluminación	Área verde	Movilidad
w	0,0666	0,0668	0,0673	0,0665	0,0670
Índice	Vitalidad	Pisos	Accesibilidad	Cohesión	Interacción social
w	0,0669	0,0664	0,0671	0,0665	0,0673
Índice	Mantenimiento	Limpieza	Pendiente adecuada	Ancho adecuado	Apto para todos los grupos de la vida
w	0,0655	0,0665	0,0662	0,0664	0,0671

Tabla 2. Ponderaciones de índices. Fuente: Preparada por los autores.

de las veredas en función de la zonificación de la ciudad. Luego, se calculó y analizó el promedio de sus respuestas. Se aplicó el modelo de entropía de Shannon para determinar la ponderación de los indicadores. Los resultados de este modelo, que muestran las ponderaciones asignadas a cada indicador, se presentan en la Tabla 2 a continuación para un análisis adicional en las etapas posteriores.

Luego, los resultados del cuestionario de los expertos, junto con las ponderaciones de los indicadores obtenidos en el paso anterior, se ingresaron al software Excel para determinar la clasificación de las regiones según la calidad de las veredas utilizando el modelo WASPAS. Se obtuvo un valor numérico para cada región, y se determinó su rango correspondiente, como se muestra en la Tabla 3.

Esta tabla ilustra la clasificación de las regiones, con la Región Tres con el puntaje de calidad de vereda más alto (0,929) y la Región 7 con el más bajo (0,454).

Los resultados de los pasos anteriores se ingresaron en el software SIG para ilustrar claramente la situación actual. Usando el modelo de interpolación IDW, se representó el contorno general de la calidad de la vereda en todas las regiones (Figura 4).

Al analizar los resultados de los modelos WASPAS e IDW, se encontró que la Región Tres tiene la mayor calidad de veredas urbanas en comparación con otras regiones (Figura 5). Las veredas de esta zona destacan por sus niveles superiores de seguridad. La protección es consistentemente alta en la mayoría de las veredas de la región. Además, la Región Tres cuenta con amplias áreas verdes, pisos en buen estado, pendiente adecuada y un alto grado de cohesión. El mantenimiento regular garantiza que las veredas estén bien cuidadas. Estos factores hacen que las veredas de esta región sean accesibles para diversos grupos

Región	Q2	Clasificación
1	0,608	4
2	0,820	2
3	0,929	1
4	0,738	3
5	0,575	5
6	0,460	7
7	0,454	8
8	0,558	6

Tabla 3. Clasificaciones de regiones basadas en la calidad de las veredas. Fuente: Preparada por los autores.

sociales y promuevan las interacciones sociales. Sin embargo, la accesibilidad sigue siendo un desafío en algunos barrios de la región.

La Región Dos ocupa el segundo lugar (Figura 6). La vitalidad y movilidad de las veredas aquí es mayor que en otras regiones. La seguridad también es una característica importante en la mayoría de las áreas, con veredas bien mantenidas que atienden a una amplia gama de usuarios. Estos elementos juntos impulsan la interacción social. Sin embargo, la protección es una preocupación importante, ya que ciertas veredas en esta región sufren niveles de protección más bajos.

La Región Cuatro ocupa el tercer lugar (Figura 7). Las veredas de esta región se distinguen particularmente por su alta accesibilidad, que es la mejor de la ciudad. Además, la mayoría de las veredas aquí tienen un ancho óptimo. La interacción social

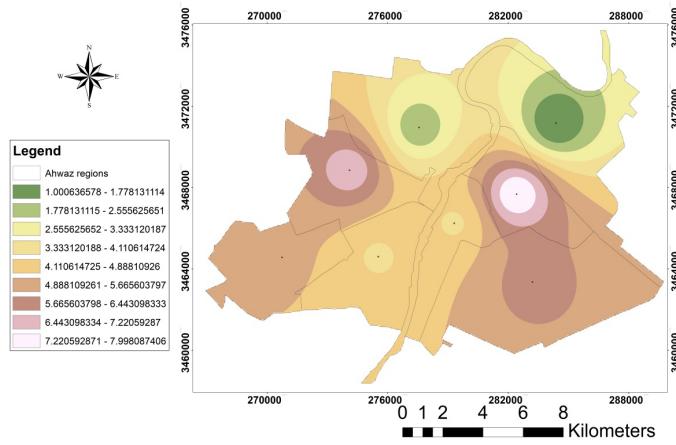


Figura 4: IDW de calidad de vereda. Fuente: Preparada por los autores.



Figura 5: Vereda en la Región Tres. Fuente: Foto tomada por los autores.



Figura 6: Vereda en la Región Dos. Fuente: Foto tomada por los autores.

prevalece a lo largo de muchas de estas veredas, y los niveles de movilidad y seguridad son relativamente altos. Sin embargo, hay dos problemas importantes: la grave falta de iluminación y la urgente necesidad de mejorar las áreas verdes. Lo que es más, el mantenimiento es inadecuado en algunas partes de la región, lo que afecta aún más la calidad de las veredas.

La Región Uno ocupa el siguiente lugar en la clasificación general (Figura 8). Las veredas exhiben una movilidad y vitalidad excepcionalmente altas, mejorando significativamente las interacciones sociales. Estas veredas generalmente son aptas para el uso de diversos grupos sociales. No obstante, carecen de la pendiente y el ancho adecuados, y el piso a menudo es inadecuado. La iluminación insuficiente es otro problema en esta región. Existe una necesidad apremiante de aumentar el área verde y un mantenimiento más frecuente para mejorar la calidad de las veredas.



Figura 8: Vereda en la Región Uno. Fuente: Foto tomada por los autores.

La Región Cinco ocupa el quinto lugar (Figura 9). Las veredas en esta región obtienen una puntuación baja en varios indicadores. Si bien algunas veredas tienen un ancho casi adecuado, la calidad general sigue siendo baja. La interacción social es relativamente alta en ciertas áreas, pero la protección es una preocupación importante, ya que la mayoría de las veredas en esta región tienen muy poca protección. El piso es frecuentemente inadecuado y el mantenimiento es irregular. Además, las veredas sufren de poca iluminación y falta de áreas verdes. La vitalidad y la accesibilidad son bajas, y muchas áreas están plagadas de pendientes inadecuadas y poca cohesión.

La Región Ocho le sigue de cerca (Figura 10). Si bien ciertas veredas en esta región demuestran una alta interacción social, en general, la calidad es baja. La limpieza es solo moderadamente aceptable y falta cohesión. La accesibilidad es baja y las veredas no satisfacen bien las necesidades de los



Figura 7: Vereda en la Región Cuatro. Fuente: Foto tomada por los autores.



diferentes grupos sociales, lo que limita la interacción social. Como resultado, la vitalidad y la movilidad también son bajas. Muchas de las veredas aquí se ven obstaculizadas por un ancho, pendiente e iluminación inadecuados y áreas verdes insuficientes. La seguridad y la protección son preocupaciones importantes, y el mantenimiento es insuficiente.

La Región Seis es la siguiente en la clasificación (Figura 11). Las veredas aquí funcionan bien solo en términos de interacción social, lo que aumenta ligeramente la vitalidad del área. Sin embargo, carecen de muchos otros indicadores clave. Las veredas son demasiado estrechas y tienen pendientes inadecuadas, lo que genera poca accesibilidad. La seguridad y la protección son mínimas, y el área verde es extremadamente limitada. La limpieza y el mantenimiento se descuidan en gran medida, lo que hace que las veredas no sean aptas para la comunidad.



Figura 9: Vereda en la Región Cinco. Fuente: Foto tomada por los autores.



Figura 10: Vereda en la Región Ocho. Fuente: Foto tomada por los autores.



Figura 11: Vereda en la Región Seis. Fuente: Foto tomada por los autores.



Figura 12: Vereda en la Región Siete. Fuente: Foto tomada por los autores.

La Región Siete ocupa el puesto más bajo (Figura 12). Las veredas aquí tienen un desempeño deficiente en todos los indicadores estudiados. Carecen notablemente de seguridad, y temas como pendientes inadecuadas, ancho insuficiente y áreas verdes inadecuadas son particularmente problemáticos. La iluminación y los pisos también son deficientes. La protección es baja en toda la región, lo que hace que las veredas no sean aptas para una amplia gama de usuarios. La vitalidad y movilidad de estas veredas son consistentemente bajas, y se descuida el mantenimiento y la limpieza, disminuyendo aún más su calidad.

## VI. CONCLUSIÓN

Las veredas son, sin lugar a dudas, uno de los componentes más críticos de la infraestructura urbana. No solo facilitan el movimiento peatonal, sino que también contribuyen significativamente a la vitalidad de los espacios públicos, simbolizando la identidad, el civismo y la calidad de vida de una ciudad. Aunque la importancia de mejorar las veredas no es nueva, ha ganado una mayor atención en las últimas décadas, particularmente a raíz de la pandemia de COVID-19. El período pospandémico fue testigo de una mayor atención a las modificaciones de la infraestructura urbana, en particular la ampliación de caminos y senderos peatonales para mejorar la seguridad y la comodidad de los peatones. Además, la mayor preferencia por el uso de las veredas en lugar del transporte público, impulsada por su naturaleza al aire libre y la reducción del contacto interpersonal, ha amplificado de manera importante el enfoque en la mejora de la calidad de la infraestructura peatonal durante este período.

Este cambio ha llevado a muchas ciudades a adoptar pautas y principios para crear áreas peatonales más habitables y sustentables, fomentando espacios urbanos vibrantes y activos.

En Ahvaz, particularmente dentro de sus centros administrativos y comerciales, las altas densidades de población durante las horas de mayor afluencia subrayan la necesidad de una investigación integral para evaluar y mejorar la calidad de las veredas. Este estudio buscó evaluar la condición de las veredas en las regiones de la ciudad utilizando una combinación de métodos documentales y de encuestas en terreno. Los datos se recopilaron a través de un cuestionario estructurado distribuido a expertos en geografía y planificación urbana, proporcionando la base para medir la calidad de las veredas.

El estudio usó un sistema de inferencia difusa en el software MATLAB para analizar los datos y crear reglas de medición de calidad. La entropía de Shannon se usó para asignar ponderaciones a diferentes indicadores, y el modelo WASPAS se utilizó para clasificar las regiones de la ciudad en función de la calidad de las veredas. Los hallazgos revelan varios problemas críticos con las veredas de Ahvaz. Una debilidad que resalta es la prevalencia de pendientes inadecuadas, que con frecuencia hacen intransitables las veredas durante la temporada de lluvias. Además, los pisos inadecuados

plantean desafíos para los peatones, particularmente para las personas con movilidad reducida. Muchas veredas carecen de suficiente iluminación y áreas verdes, mientras que la seguridad y la protección siguen siendo preocupaciones apremiantes.

A pesar de estos desafíos, el estudio destaca una fortaleza notable: las veredas de Ahvaz soportan niveles relativamente altos de interacción social, lo que aumenta su vitalidad y movilidad hasta cierto punto. No obstante, esta fortaleza se ve ensombrecida por la necesidad de mejoras significativas en el mantenimiento, la limpieza y la accesibilidad general. Abordar estas deficiencias a través de una planificación urbana estratégica e intervenciones específicas no solo mejorará la calidad de las veredas de Ahvaz, sino que también mejorará la habitabilidad y funcionalidad de sus espacios urbanos para todos los residentes. Para mejorar la calidad de las veredas en Ahvaz, los esfuerzos de planificación urbana deben priorizar problemas específicos que actualmente son inadecuados en la mayoría de las áreas de la ciudad. Una medida crítica es expandir las áreas verdes y la vegetación a lo largo de las veredas, utilizando especies de plantas nativas para garantizar la sustentabilidad. Adicionalmente, se debe priorizar la gestión de desechos en toda la ciudad, ya que la contaminación ambiental interrumpe significativamente la usabilidad de estos espacios. La atención al mobiliario urbano, como bancos y estructuras de sombreado, puede mejorar aún más la comodidad de los peatones al proporcionar áreas de descanso. Además, revitalizar los paisajes urbanos de Ahvaz a través de mejoras estéticas y promover actividades grupales, incluidos eventos culturales y artísticos, inyectaría una vitalidad muy necesaria en la ciudad. A pesar de ser esenciales para la vitalidad urbana, actualmente estas actividades escasean en Ahvaz. Finalmente, las preocupaciones prácticas, como los ajustes adecuados de la pendiente, los materiales duraderos del pavimento y la iluminación adecuada, deben implementarse de manera consistente en todos los distritos. La adopción de estas medidas elevaría sustancialmente la calidad de las veredas en todo Ahvaz.

## VII. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES CRediT

Conceptualización, M.G.; Curación de datos, M.G.; Análisis formal, M.G. & Z.S.; Adquisición de financiación, N.A. & Z.S.; Investigación, M.G., Z.S. & N.A.; Metodología, M.G. & N.A.; Administración de proyecto, M.G.; Recursos, Z.S. & N.A.; Software, M.G.; Supervisión, M.G.; Validación, Z.S. & N.A.; Visualización, N.A.; Escritura – borrador original, M.G. & N.A.; Escritura – revisión y edición M.G. & Z.S.

## VIII. REFERENCIAS

Abdallah, D. A. A. (2020). *Sidewalks informality: Impacts of transgressive informal practices on people's perceived walkability. The case of Downtown, Cairo in time of a pandemic* [Tesis de Magíster, Universidad Ain Shams, Egipto]. Sistema Shams de tesis universitarias. [https://iusd.asu.edu.eg/wp-content/uploads/2021/06/MSCSidewalks-informality-Dina-Alaa-Ali\\_compressed-1.pdf](https://iusd.asu.edu.eg/wp-content/uploads/2021/06/MSCSidewalks-informality-Dina-Alaa-Ali_compressed-1.pdf)

Alavi, N., Shirmardi, M., Babaei, A., Takdastan, A., y Bagheri, N. (2015). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) estimation: A case study of Ahvaz City, Iran. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(3), 298–305. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.976297>

Alizadeh, H., y Sharifi, A. (2020). Assessing resilience of urban critical infrastructure networks: A case study of Ahvaz, Iran. *Sustainability*, 12(9), 3621. <https://doi.org/10.3390/su12093691>

Almeida, R. A. de, Hardt, L. P. A., y Hardt, C. (2024). Sidewalks as places for socialization: Urban equity for people with reduced mobility. *Cadernos Metrópole*, 26(60), 727–755. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6015>

Ekra Sardashti, A., y Sajadzadeh, H. (2021). Measuring and evaluating the quality of urban walkways from the perspective of the creative urban space, Case study: Central urban walkway in Rasht city of Iran. *Armanshahr Architecture and Urban Development*, 14(34), 169–181. <https://doi.org/10.22034/auad.2020.202474.2006>

Forsyth, A., Michael Oakes, J., Lee, B., y Schmitz, K.H. (2009). The Built Environment, Walking, and Physical Activity: Is the Environment More Important to Some People than Others? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(1), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.10.003>

Gehl, J. (2010). Cities for People; *Island Press*: Washington, DC, USA, 269 p.

Ghadami, S. (2019). Investigating the functional role of sidewalks in promoting social interactions (Case study: Aminolmolk Street in Tehran). *International Journal of Engineering and Technology*, 11(4), 950–959. <https://doi.org/10.21817/ijet/2019/v11i4/191104076>

Jacobs, J. (1989). The death and life of great American cities. *Random House*. 458 p.

Janpathompong, S., y Murakami, A. (2021). Understanding Thai urban pedestrian culture during noon break: How sidewalk users experience the walking infrastructure in Bangkok, Thailand. *Nakharo: Journal of Environmental Design and Planning*, 20(3), 115. <https://doi.org/10.54028/NJ202120115>

Jia, W., Fantta, B.T., y Alcalá, Y. M. (2022). Addis Ababa Sidewalk Safety and Improvement Study. *Washington, DC: Banco Mundial*. 72. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099427403282212415/pdf/IDU016981078031bd04bce0b83202391d87a8a9a.pdf>

Khalak, A. A., Hussen, M., Ahmed, S., y Pandya, T. (2024). Pedestrian safety at signalized intersections in developing countries: A critical appraisal. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(2), 454–457. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0224.0413>

Kowaleski-Jones, L., Zick, C., Smith, K. R., Brown, B., Hanson, H., y Fan, J. (2018). Walkable neighborhoods and obesity: Evaluating effects with a propensity score approach. *SSM - Population Health*, 6, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2017.11.005>

Lee, B. J., Jang, T. Y., Wang, W., y Namgung, M. (2009). Design criteria for an urban sidewalk landscape considering emotional perception. *Journal of Urban Planning and Development*, 135(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000013](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000013)

Li, Y., Li, M., Xu, Y., y Tao, J. (2024). "Interface-element-perception" model to evaluate urban sidewalk visual landscape in the core area of Beijing. *Frontiers of Architectural Research*, 13(5), 960–977. <https://doi.org/10.1016/j foar.2023.12.006>

Lin, B.-S., Cho, Y.-H., y Hsieh, C.-I. (2021). Study of the thermal environment of sidewalks within varied urban road structures. *Urban Forestry & Urban Greening*, 62, 127137. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127137>

Motahari Tabar, M., y Hosseiniinia, M. (2022). Investigating the policies of the impact of sidewalks on the quality of housing (Case study of Bu Ali sidewalk in Hamedan). *Journal of Urban Environmental Planning and Development*, 2(5), 73–88. <https://sid.ir/paper/1022289/en>

Moradpour, N., Poorahmad, A., y Hataminejad, H. (2018). A comparative study of development indicators of walking in Tehran (Case study: neighborhood Amirabad and Tehran University). *Geographic Space*, 18(62), 211–235. <https://sid.ir/paper/91717/en>

Mozingo L. (1989). Women and downtown open spaces. *Places*, 6(1), 38–47. <https://escholarship.org/uc/item/7jd71866>

Norton, P. D. (2011). Fighting traffic: The dawn of the motor age in the American city. *MIT Press*.

Pakbaz, M. S., Imanzadeh, S., y Bagherinia, K. H. (2013). Characteristics of diaphragm wall lateral deformations and ground surface settlements: Case study in Iran—Ahvaz metro. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 35, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.12.008>

Quijada-Alarcón, J., Rodríguez-Rodríguez, R., Icaza, A., González-Cancelas, N., y Bethancourt-Lasso, G. (2024). Social perception of the connectivity and quality of sidewalks in the Metropolitan Area of Panama. *Journal of Maps*, 20(1), 2349167. <https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2349167>

Rachmanto, A. S. (2021). The appropriation of sidewalks for e-scooter use: From the urban built environment perspective. *Smart City*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.56940/scv1.i1.6>

Rhoads, D., Rames, C., Solé-Ribalta, A., González, M. C., Szell, M., y Borge-Holthoefer, J. (2023). Sidewalk networks: Review and outlook. *Computers, Environment and Urban Systems*, 106, 102031. <https://doi.org/10.1016/j.comenvurbsys.2023.102031>

Da Rocha, V. T., Brandli, L. L., Kalil, R. M. L., Salvia, A. L., y Prietto, P. D. M. (2019). Quality of sidewalks in a Brazilian city: A broad vision. *Theoretical and Empirical Research in Urban Management*, 14(2), 41–58. <https://um.ase.ro/v14i2/3.pdf>

Rundle, A. G., y Heymsfield, S. B. (2016). Can Walkable Urban Design Play a Role in Reducing the Incidence of Obesity-Related Conditions? *JAMA*, 315(20), 2175–2177. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.5635>

Safaeepour, M., Maleki, S., Hataminejad, H., y Modanlou, M. (2017). Evaluation of city prosperity index in Iranian-Islamic cities: A case study of Ahvaz Metropolis. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 5(4), 1750025. <https://doi.org/10.1142/S234574811750025>

Smith, H., y dos Santos, P. M. (October 8, 2019). 8 principles to better sidewalks. Complete Streets, TheCityFix. <https://thecityfix.com/blog/8-principles-better-sidewalks-hillary-smith-paula-manoela-dos-santos/>

Stefanidis, R.-M., y Bartzokas-Tsiompras, A. (2024). Pedestrian accessibility analysis of sidewalk-specific networks: Insights from three Latin American Central Squares. *Sustainability*, 16(21), 9294. <https://doi.org/10.3390/su16219294>

Yencha, C. (2019). Valuing walkability: New evidence from computer vision methods. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 130, 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.053>

Yussif, A.-M., Zayed, T., Taiwo, R., y Fares, A. (2024). Promoting sustainable urban mobility via automated sidewalk defect detection. *Sustainable Development*, 32(5), 5861–5881. <https://doi.org/10.1002/sd.2999>

Zapata-Dimedi, B., Boulangé, C., Giles-Corti, B., Phelan, K., Washington, S., Veerman, J. L., y Gunn, L. D. (2019). Physical activity-related health and economic benefits of building walkable neighbourhoods: a modelled comparison between brownfield and greenfield developments. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16, 11. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0775-8>

Zarghami, E., Ajdahfar, Sh., y Todehfallah, S. (2015). Investigating the relationship between urban pedestrian design and feeling of psychological Safety (Case study: Tehran). The First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran. <https://civilica.com/doc/266884>