

**Efectividad de metodologías para evaluar accesibilidad en espacio público**

**Griver Yulieth Garcia Vargas**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Civil**

**Director**

**Sandra Marcela Duran Rojas**

**MS. Ergonomía**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Faculta de Ingeniería Civil**

**2023**

## Contenido

Introducción .....	10
1. Efectividad de metodologías para evaluar accesibilidad en espacio público .....	11
1.1 Formulación del problema .....	11
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo General .....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
3. Justificación.....	13
4. Estado del Arte .....	15
4.1 Antecedentes .....	15
4.2 Marco conceptual de accesibilidad .....	18
4.2.1 Diseño universal.....	18
4.2.2 Elementos de accesibilidad del entorno urbano.....	21
4.3 Accesibilidad en la movilidad peatonal .....	23
4.3.1 Accesibilidad universal.....	24
4.4 Métodos de evaluación de accesibilidad peatonal en espacio publico.....	24
4.4.1 Métodos basados en el tiempo de viaje.....	25
4.4.2 Métodos basados en la percepción.....	25
4.4.3 Métodos basados en el uso del espacio.....	25
4.4.4 Métodos basados en la accesibilidad de la red de transporte.....	25
4.4.5 Métodos basados en la observación directa .....	26
4.5 Sistemas de información geográfica y la accesibilidad.....	26
4.6 Incorporación de datos de accesibilidad en un SIG .....	27

4.7	Normativa Colombiana de accesibilidad.....	28
5.	Metodología.....	32
5.1	Diseño de la investigación.....	33
5.2	Estrategia de búsqueda.....	33
5.3	Recolección de datos.....	33
5.4	Análisis de datos.....	34
5.5	Fases.....	34
5.5.1	Fase de identificación de palabras clave y formulación de ecuaciones de búsqueda 35	
5.5.2	Fase de selección de documentos mediante el uso de una matriz bibliográfica.....	35
5.5.3	Fase de análisis y resumen de la información obtenida de la literatura revisada ...	36
5.5.4	Fase de comparación de métodos de diseño e inclusión de variables de accesibilidad 36	
5.5.5	Fase de validación de los referentes metodológicos seleccionados con las fichas de evaluación de accesibilidad mediante una matriz analítica.....	36
5.6	Desarrollo metodológico.....	37
6.	Desarrollo.....	38
6.1	Identificación de palabras clave y formulación de ecuaciones de búsqueda.....	39
6.2	Selección de documentos mediante el uso de una matriz bibliográfica.....	46
6.3	Análisis y resumen de la información obtenida de la literatura revisada.....	46
6.4	Comparativa de métodos de diseño e inclusión de variables de accesibilidad.....	47
6.5	Validación de los referentes metodológicos seleccionados con las fichas de evaluación de accesibilidad mediante una matriz de análisis.....	47

7	Resultados.....	48
7.1	Diagnostico de accesibilidad peatonal en espacio publico.....	49
7.2	Metodologías para evaluar accesibilidad en espacio publico.....	51
7.3	Caracterización de los enfoques de accesibilidad en el contexto de los SIG.....	58
7.4	Matriz analítica documental.....	63
8	Conclusiones.....	66
	Referencias.....	68

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Normativa de personas con movilidad reducida</i> .....	30
<b>Tabla 2.</b> <i>Normativa de accesibilidad física y de transporte</i> .....	31
<b>Tabla 3.</b> <i>Normativa Colombiana de accesibilidad al medio físico</i> .....	32
<b>Tabla 4.</b> <i>Desarrollo metodológico del proyecto</i> .....	38
<b>Tabla 5.</b> <i>Terminología especializada en la búsqueda bibliográfica</i> .....	39
<b>Tabla 6.</b> <i>Ecuaciones de búsqueda para la revisión bibliográfica</i> .....	41
<b>Tabla 7.</b> <i>Metodologías para evaluar la accesibilidad en espacio publico</i> .....	51
<b>Tabla 8.</b> <i>Variables de accesibilidad peatonal</i> .....	57
<b>Tabla 9</b> <i>Enfoques de accesibilidad peatonal</i> .....	59
<b>Tabla 10.</b> <i>Matriz analítica del “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”</i> .....	64

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Componentes de un SIG</i> .....	28
<b>Figura 2.</b> <i>Flujograma metodológico</i> .....	35
<b>Figura 3.</b> <i>Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 1</i> .....	42
<b>Figura 4.</b> <i>Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 2</i> .....	43
<b>Figura 5.</b> <i>Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 3</i> .....	44
<b>Figura 6.</b> <i>Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 4</i> .....	45
<b>Figura 7.</b> <i>Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 5</i> .....	45
<b>Figura 8.</b> <i>Tendencia de estudios sobre accesibilidad peatonal por año</i> .....	49
<b>Figura 9.</b> <i>Documentos de accesibilidad peatonal por país</i> .....	50
<b>Figura 10.</b> <i>Tendencia anual de estudios con SIG por enfoque</i> .....	62

### **Resumen**

Los estudios de evaluación de accesibilidad peatonal han contribuido al desarrollo de métodos e instrumentos para el análisis de factores que influyen en la movilidad de las personas en distintos entornos urbanos, sin embargo, cada estudio adopta medidas o estrategias diferentes generando dificultad en la forma de medir y evaluar la accesibilidad. En este contexto, el trabajo de grado se establece como una revisión documental con el propósito de identificar referentes de metodologías para evaluar la accesibilidad peatonal a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La investigación documental se llevó a cabo utilizando bases de datos científicas, motores de búsqueda y algunos repositorios institucionales, a través de ecuaciones de búsqueda estructuradas con tesauros correspondientes de accesibilidad peatonal, el espacio público y los SIG. La información recopilada se clasificó en función de los diferentes escenarios de la accesibilidad peatonal, incluyendo las fuentes de datos, las variables de estudio y la integración de SIG. Esta investigación permitió identificar siete variables comunes que los autores suelen considerar al evaluar la accesibilidad peatonal, estas variables permiten visualizar aspectos físicos y espaciales de manera efectiva dentro de un SIG. Además, se compararon las variables de las fichas de evaluación de accesibilidad adaptadas en el proyecto "Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga" con los referentes de metodologías seleccionadas validando su efectividad de manera práctica.

*Palabras clave:* Accesibilidad peatonal, Espacio público, SIG, Movilidad.

### **Abstract**

Pedestrian accessibility evaluation studies have contributed to the development of methods and instruments for the analysis of factors that influence the mobility of people in different urban environments, however, each study adopts different measures or strategies, generating difficulties in the way of measuring and assess accessibility. In this context, the degree work is established as a documentary review with the purpose of identifying references of methodologies to evaluate pedestrian accessibility through Geographic Information Systems (GIS). The documentary research was carried out using scientific databases, search engines and some institutional repositories, through structured search equations with corresponding thesauri of pedestrian accessibility, public space and GIS. The information collected was classified according to the different pedestrian accessibility scenarios, including data sources, study variables and GIS integration. This research allowed to identify seven common variables that authors usually consider when evaluating pedestrian accessibility, these variables allow visualizing physical and spatial aspects effectively within a GIS. In addition, the variables of the accessibility evaluation sheets adapted in the project "Study of Pedestrian Accessibility through Geographic Information Systems" were compared. Current Status in the Zone of Influence of the Hospital Infrastructure of the Bucaramanga Metropolitan Area" with the references of selected methodologies validating their effectiveness in a practical way.

*Keywords:* Pedestrian Accessibility, Public Space, GIS, Mobility.

## Glosario

*Accesibilidad Peatonal:* la medida en que el entorno construido es caminable para los individuos, considerando factores como la seguridad, la comodidad, la eficiencia del desplazamiento y las facilidades para personas con movilidad reducida.

*Espacio Público:* lugar de uso común que es de propiedad del estado o municipalidad. Incluye parques, plazas, calles, aceras y otras áreas al aire libre disponibles para el uso público.

*Sistemas de Información Geográfica (SIG):* conjunto de herramientas que capturan, almacenan, manipulan, analizan y presentan todo tipo de información geográfica.

*Evaluación de Accesibilidad:* proceso de medición de la accesibilidad, a menudo utilizando una variedad de indicadores y técnicas, para determinar el grado en que un entorno es accesible.

*Infraestructura Peatonal:* infraestructuras urbanas destinadas a facilitar el desplazamiento a pie, como aceras, pasos de cebra, rampas para sillas de ruedas, etc.

*Peatón:* individuo que se desplaza a pie, coches de niños, silla de ruedas o similar.

## **Introducción**

La accesibilidad peatonal en el espacio público es un aspecto que garantiza la inclusión y el bienestar de toda la población en cualquier entorno, además, comprende el uso del espacio, la infraestructura física y el sistema de transporte. La evaluación de la accesibilidad peatonal va más allá de considerar la experiencia subjetiva de las personas, el flujo de tráfico, las características físicas del entorno y la calidad de las rutas peatonales que en su mayoría son valoradas únicamente en términos de distancias recorridas o tiempos de desplazamiento.

Si bien existen diferentes métodos que evalúan los aspectos mencionados anteriormente, muchos de ellos pasan por alto componentes necesarios para determinar el nivel de accesibilidad peatonal, lo que dificulta la identificación de los criterios más idóneos y efectivos para medir la accesibilidad de tal forma que se pueda relacionar con otras variables como la movilidad peatonal. Por lo tanto, la gestión de datos de accesibilidad se enfrenta a desafíos en su implementación a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que la diversidad de métodos disponibles no permite una uniformidad clara en la medición y limita la capacidad de estos sistemas para proporcionar una representación precisa y completa de la accesibilidad. Este trabajo se enfoca en un análisis documental de los estudios metodológicos que permitan relacionar variables e indicadores de accesibilidad, así como fuentes de información y herramientas de análisis para la generación de sistemas de información espacial; esto facilita la incorporación y el procesamiento de datos en una escala zonal actualizable con el tiempo, abordando los desafíos existentes y mejorando la comprensión de la accesibilidad peatonal en cualquier entorno.

En este sentido, el proyecto está estructurado en tres partes: en primer lugar, una revisión documental detallada sobre la accesibilidad peatonal y la aplicación de los SIG en su gestión. En

segundo término, se realiza una comparativa de diversos referentes de metodologías existentes para evaluar la accesibilidad peatonal, clasificando las variables comúnmente utilizadas.

Por último, se procede a validar los referentes metodológicos seleccionados en comparación con las variables contenidas en las fichas de evaluación de accesibilidad propuestas en el "Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga," determinando su eficacia en un contexto práctico y se propone la adaptación de una metodología de análisis peatonal de carácter cualitativo con la inclusión de variables de estudio peatonal.

## **1. Efectividad de metodologías para evaluar accesibilidad en espacio público**

### **1.1 Formulación del problema**

La accesibilidad peatonal se refiere a la facilidad con la que las personas pueden desplazarse entre diferentes lugares y servicios dentro de una ciudad. Varios estudios han destacado la importancia de evaluar la accesibilidad peatonal como un elemento fundamental para garantizar la inclusión y la movilidad de todos los ciudadanos en el espacio público [1], [2]. Según [3], la accesibilidad universal es un concepto amplio y complejo, y su evaluación requiere de métodos e instrumentos adecuados que se ajusten a la perspectiva y los intereses de su evaluación.

La idea de evaluar la accesibilidad peatonal en espacios públicos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) surge como una respuesta a la necesidad de contar con herramientas eficientes para medir y mejorar la accesibilidad en entornos urbanos. Los SIG

proporcionan una plataforma tecnológica que integra datos geoespaciales con análisis espaciales y herramientas de visualización, lo que permite evaluar y representar de manera precisa la accesibilidad en función de la ubicación geográfica [4]. Estos sistemas permiten considerar aspectos como la distancia a los equipamientos, la calidad del entorno urbano, la disponibilidad de infraestructuras adecuadas y otros factores relevantes en la evaluación de la accesibilidad peatonal [5].

Hoy en día, se pueden encontrar numerosos estudios de accesibilidad peatonal realizados a partir de métodos que involucran SIG para distintos tipos de equipamientos (comerciales, educativos, hospitalarios y de transporte) de una ciudad en diversas escalas como una red articulada entre espacios, infraestructura y transporte, sin embargo, la diversidad de métodos utilizados en la evaluación de la accesibilidad en espacio público dificulta la comparación y la generalización de los resultados obtenidos. Cada estudio puede adoptar enfoques y métricas diferentes, generando una gran dificultad en la forma de medir y evaluar la accesibilidad. La falta de uniformidad en los métodos de evaluación de la accesibilidad hace que los resultados sean difíciles de interpretar y utilizar de manera efectiva en la toma de decisiones. Además, el no contar con una estandarización limita la capacidad de diseñar instrumentos adecuados y eficaces que reflejen de manera clara y precisa la realidad observada.

Por lo tanto, es necesario establecer métodos claros que permitan medir y evaluar la accesibilidad de manera consistente y comparable para facilitar la interpretación y aplicación de los resultados en la planificación y diseño de espacios públicos accesible.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

- Comparar la efectividad de metodologías para estimación de nivel de accesibilidad peatonal en espacio público y su viabilidad de implementación y gestión con Sistemas de Información Geográfica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Categorizar metodologías que evalúen la accesibilidad peatonal/urbana según su diagnóstico de estudio.
- Analizar la efectividad de las metodologías a partir de variables de accesibilidad y los métodos de recolección de información.
- Validar las metodologías seleccionadas con las fichas propuesta para el estudio de accesibilidad peatonal “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”

## **3. Justificación**

El estudio y la medición de la accesibilidad es un campo ampliamente diverso, tanto en lo metodológico como en lo teórico y su concepto está relacionado con la movilidad peatonal ya que ambos proponen el uso de espacio público. En los últimos años, el problema de accesibilidad y movilidad peatonal han sido relevantes en diferentes escenarios como urbanismo, arquitectura e ingeniería, pues estos tienen como finalidad el permitir la planeación y adaptación del espacio

público a un modelo más íntegro, funcional y autónomo que considere la interacción entre las personas y el entorno físico. No obstante, la accesibilidad peatonal se refiere a la capacidad de las personas para llegar a sus destinos utilizando la infraestructura peatonal de la ciudad, incluyendo aceras, pasos de peatones, rampas y otras instalaciones que permiten el movimiento seguro y eficiente de los peatones.

El presente trabajo de grado es un producto asociado al proyecto de investigación denominado "Estudio de Accesibilidad Peonatal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga" y se propone como una investigación documental para identificar a nivel nacional e internacional estrategias y experiencias de evaluación de la accesibilidad considerando aspectos como el enfoque de la investigación, las características del entorno construido incluyendo barreras arquitectónicas y procedimientos para estimar la calidad del servicio de infraestructura física peatonal, entre otros. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen una poderosa herramienta para recopilar, analizar y visualizar datos espaciales relacionados con la accesibilidad peatonal. Los SIG permiten integrar diferentes capas de información en un entorno geoespacial, lo que facilita el análisis de la interacción entre la infraestructura, el entorno y las necesidades de los peatones.

El resultado obtenido puede facilitar la toma de decisiones para diseñar el marco metodológico a partir de las variables de accesibilidad y los métodos de recolección de información de una medición a una escala que permita visualizar el estado de accesibilidad por zonas en una ciudad de manera efectiva a través de SIG.

#### 4. Estado del Arte

En los últimos 5 años, se han publicado estudios que abordan la evaluación de la accesibilidad peatonal mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Algunos de los antecedentes más destacados son:

##### 4.1 Antecedentes

La investigación académica en el campo de la accesibilidad peatonal ha experimentado un notable avance en los últimos años, a medida que se aplican enfoques innovadores y tecnologías geoespaciales para analizar y mejorar la calidad de las redes peatonales en entornos urbanos. Por ejemplo, en el estudio titulado “Measuring Connectivity of Pedestrian Street Networks in the Built Environment for Walking: A Space-Syntax Approach” [50], los autores analizaron 297 enlaces en tres redes peatonales en Varanasi – India y relacionaron el volumen de peatonales, los índices Space-Syntax (SS) y otras características del entorno construido (aceras, right-of-way (ROW) y área de uso de suelo). La metodología empleada en esta investigación se desarrolló en una base de datos SIG de la red de peatones, conteos de volumen de peatones de 30 minutos en varios lugares calculando su conectividad demostrando que la infraestructura para caminar ubicada a lo largo de una calle bien integrada es vital para mejorar el movimiento de los peatones.

Por otro lado, la investigación denominada “Assessing and Qualifying Neighborhood Walkability for Older Adults: Construction and Initial Testing of a Multivariate Spatial Accessibility Model” [24], los autores estimaron la accesibilidad con dos indicadores, en primer lugar, las características físicas y el entorno construido del barrio a través de variables de objetivación como la presencia de bancos o las pendientes y desniveles y, en segundo lugar, datos concretos como las características físicas y/o de salud de la población de estudio. El modelo utilizó

el software ArcGIS y una zona de estudio en dos barrios suburbanos de Grenoble – Francia y los hallazgos sugieren que la accesibilidad de un barrio no es igual para todos sus habitantes; generalmente se asume que todas las personas en un determinado lugar tienen el mismo nivel de accesibilidad, cuando en realidad las limitaciones físicas y de salud afectan sus niveles de accesibilidad lo que sugiere la importancia de considerar las características de la población estudiada.

Otra evidencia de estudio se detalla en el trabajo titulado “Accessibility and site suitability for healthcare services using GIS-based hybrid decision-making approach: a study in Murshidabad, India” [75] el cual analizó tres niveles para evaluar la accesibilidad, los cuales fueron; la distancia espacial, la densidad y la proximidad en instalaciones de salud, todo esto, con el fin de encontrar las áreas más desfavorecidas e inaccesibles de atención médica. Su metodología fue un enfoque híbrido con sistemas geográficos de información incluyendo datos espaciales y no espaciales obteniendo un resultado ponderado, además se integraron diferentes modelos y enfoques que permitieron aumentar la precisión de los resultados e interrelacionar dos o más aspectos en dicho estudio.

La metodología del estudio denominado “A Conceptual Approach to Determine Optimum Pedestrian Comfort Route to Access Urban Public Spaces” [58] fue estructurada en cuatro pasos, el primero asume cinco factores (circulación y accesibilidad, características físicas, seguridad, vegetación y características climáticas) para evaluar la comodidad de la ruta peatonal, la segunda determina la idoneidad de las rutas peatonales mediante el método de análisis multicriterio (ACM) basado en SIG con ayuda de encuestas calificando su idoneidad entre 0 y 3, además de la clasificación de rutas peatonales cómodas (el más bajo, bajo, medio, alto y el más adecuado). El tercero, mapeo de las rutas peatonales de acuerdo con su idoneidad en términos de características

ambientales, por último, las estrategias, guías y políticas para crear rutas cómodas. De igual forma en los artículos [60] y [61] se utilizaron enfoques multicriterio participativo basado en el Proceso Analítico de Redes (ANP), análisis de decisión de criterios múltiples (MCDA) y procesos de jerarquía analítica (AHP) para modelar la accesibilidad a los servicios más relevantes con datos espaciales usados con SIG para comprender las características más importantes que afectan la movilidad de los peatones clasificando las clases de accesibilidad.

Así mismo se resalta la evaluación de accesibilidad al transporte público en donde se incluye factores como la seguridad vial, la accesibilidad física y la calidad de la infraestructura peatonal, una investigación publicada como “Measuring Pedestrian Accessibility to Public Transport in Urban Areas: A GIS-based Discretisation Approach” [36] estableció enfoques integrados entre la planificación urbana y la planificación de la movilidad con ayuda de SIG evaluando la accesibilidad peatonal en áreas urbanas más específicamente en los parqueaderos y paradas de transporte público, por otro lado, en el estudio [40] utilizaron un modelo de SIG para evaluar la accesibilidad peatonal a los principales centros de transporte público en Manhattan y destaca la importancia de considerar múltiples factores, como la distancia, la conectividad de la red de transporte y las características del entorno construido.

Por último, en el artículo titulado "Geographic Information Systems (GIS) Based Accessibility Modelling Approach in Micro Scale Considering Physically Disabled Users: Case Study of Mimar Muzaffer Campus, Selcuk University" [76], se demostró como modelar transiciones (rampas, ascensores, escalones) y barreras físicas (edificaciones, escaleras, mobiliario urbano no equipado etc.) en un entorno SIG con base de datos espaciales basada en polilíneas evaluando la accesibilidad en la Universidad de Selcuk.

Todos los estudios ejemplifican la creciente aplicación de tecnologías geoespaciales y subrayan la importancia de considerar tanto las características físicas como sociales del entorno construido, así como la diversidad de necesidades de la población, con el fin de crear entornos urbanos más accesibles y amigables para todos, independientemente de sus limitaciones físicas.

## **4.2 Marco conceptual de accesibilidad**

La accesibilidad peatonal se refiere a la facilidad con la que las personas pueden caminar y desplazarse por una ciudad o un espacio público. Esta es una preocupación importante en el diseño urbano ya que una accesibilidad adecuada es esencial para garantizar la inclusión social, la salud pública y la calidad de vida en general.

Según la Organización Mundial de la Salud, en un estudio llamado "Global Age-friendly", la accesibilidad peatonal se refiere a "la posibilidad de que todas las personas, independientemente de su edad, género, capacidad, origen socioeconómico y cultural, puedan acceder a los lugares y servicios que necesitan caminando ". Esto implica no solo la disponibilidad de aceras y pasos de peatones, sino también la seguridad, la comodidad y la conectividad de los espacios peatonales.

El diseño universal busca eliminar las barreras que puedan limitar la participación plena de las personas en la sociedad, promoviendo la inclusión y la equidad. La accesibilidad peatonal, como un componente esencial del diseño universal, busca garantizar que todas las personas puedan moverse con seguridad, comodidad y autonomía por los espacios urbanos.

### **4.2.1 *Diseño universal***

Este concepto se refiere al diseño de productos y entornos que sean utilizables por todas las personas, independientemente de sus habilidades físicas o mentales. El enfoque en el "diseño

universal" busca garantizar la accesibilidad peatonal de todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades [10]. El diseño universal es entendido como diseño universalista, concibiendo espacios y elementos que puedan ser utilizados por todas las personas en la mayor extensión posible sin necesidad de que sean adaptados mediante diseños específicos.

En este sentido el diseño universal lo que busca es formar espacios incluyentes donde este al acceso de todos y donde ninguna discapacidad ni limitación dificulte la obtención de un bien o un servicio, pero esta accesibilidad no se logra solo con el diseño pues también hay que tener en cuenta tareas constructivas, adaptación y mantenimiento de espacios que desde siempre debieron estar al alcance de todos, esto debe ser interpretado como el esfuerzo de diseñar productos para que sean accesibles por el mayor número posible de usuarios, y no como la imposición de que esto se deba conseguir a través de un único diseño final [6].

**4.2.1.1 Principios del diseño universal.** Estos principios ofrecen una guía para integrar mejor las características que resuelven las necesidades de tantos usuarios como sea posible. Incorpora siete principios buscando el fin general ya descrito como función del diseño universal [6].

- Igualdad de uso: el diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas, independientemente de sus capacidades o habilidades. Proporciona medios similares de uso, idéntico o equivalente cuando no es posible [6].
- Flexibilidad: el diseño se acomoda a una amplia gama y variedad de capacidades individuales, por ejemplo, acomodando alternativas de uso para personas diestras o zurdas.
- Uso simple y funcional: el funcionamiento del diseño debe ser simple de entender, sin importar la experiencia, conocimiento, idioma o nivel de concertación del individuo. Elimina complejidad innecesaria. El diseño es simple en instrucciones [6].

- Información comprensible: el diseño comunica información al usuario, aunque esté posea una alteración sensorial. Utiliza distintas formas gráficas, verbal o táctil. Utiliza contraste adecuado entre la información y sus alrededores. Maximiza la legibilidad de la información esencial. Proporciona dispositivos o ayudas técnicas para personas con limitaciones de tipo sensorial [6].
- Tolerancia al error: el diseño reduce al mínimo los peligros y consecuencias adversas de acciones accidentales o involuntarias. Reduce las posibilidades de riesgos y errores (proteger, aislar o eliminar aquello que sea posible riesgo). Minimiza las posibilidades de realizar actos inconscientes que impliquen riesgos [6].
- Bajo esfuerzo físico: el diseño puede ser utilizado eficiente y cómodamente con un mínimo de fatiga física. Permite al usuario mantener una posición neutral del cuerpo mientras utiliza el elemento. Usa la fuerza operativa en forma razonable. Minimiza las acciones y el esfuerzo físico obtenido [6].
- Espacio y tamaño para el acercamiento y uso: dispone espacios de tamaños adecuados para la aproximación, alcance, manipulación y uso sin importar el tamaño, postura o movilidad del individuo. Otorga una línea clara de visión hacia los elementos tanto para quienes estén de pie o sentados. El alcance de los elementos debe ser cómodo, tanto como para personas de pie como sentadas. Adapta opciones para asir elementos con manos de mayor o menor fuerza y tamaño [6].

Estos principios forman parte de todo el diseño que al estar plantado en la infraestructura construida permite al individuo circular instintivamente sin notar ni tener que buscar estructuras que se adapten a su condición, en estos diseños el usuario pasa a ser parte del diseño como tal.

Cabe resaltar que este tipo de diseños deben estar consideradas desde la etapa de planificación de un proyecto, de no ser más adelante requerirá modificaciones y por ende más costos económicos [6].

#### **4.2.2 Elementos de accesibilidad del entorno urbano**

Estos son aspectos que deben incluirse en los diseños universales y los cuales permitirán una movilidad adecuada y sin dificultad para aquellas personas que tengan alguna limitación o discapacidad [6].

**4.2.2.1 Itinerarios peatonales.** Son espacios de circulación libre de obstáculos que permiten una movilidad continua y sin inconveniente [6], dentro de estos encontramos:

- Delimitación de las zonas de circulación peatonal y vehicular.
- Se usarán elementos de delimitación de ámbitos y de protección peatonal, como bolardos, vallas, sardineles, etc.
- Planear secciones de las vías de tal forma que se proteja al peatón frente a la circulación vehicular.

**4.2.2.2 Apaciguamiento del tráfico.** Se deberán tomar en cuenta todos los aspectos que involucran la administración y gestión de la circulación vehicular, analizar las características y las condiciones de circulación que prevalezcan, ayudara prever los conflictos y definir controles. Esto busca controlar los impactos negativos de la circulación del vehículo y el peatón [6].

**4.2.2.3 Mobiliario urbano.** Se entiende por mobiliario urbano, el conjunto de objetos a colocar en los espacios exteriores, superpuestos o adosados a los elementos de urbanización, de modo que su modificación o traslado no genere modificaciones substanciales: semáforos, señales, paneles informativos, carteles, cabinas telefónicas, Fuentes públicas, servicios higiénicos,

papeleras, marquesinas, asientos y cualquier otro de análoga naturaleza, tanto los que se sitúen de forma eventual como permanente [6].

**4.2.2.4 Elementos urbanos.** Son todos aquellos elementos que forman parte del entorno urbano y que pueden ser fijos como rampas, acera, bolardos, pasos peatonales, cruces, etc. Estos permiten una facilidad de movilidad de las personas con limitaciones de movilidad permitiendo una realización más eficiente de las tareas diarias y generando espacios inclusivos [6].

**4.2.2.5 Espacios urbanos.** Lograr Ciudades accesibles, solidarias y saludables implica, disponer de espacios que favorezcan la comunicación, la relajación, la caminata, de modo que garantice a los peatones el derecho a circular de manera segura y libre, disfrutando del entorno, por ello espacios de tipo beneficios no solo a las personas con movilidad reducida sino a toda la sociedad [6]. Estos lugares pueden ser:

- Plazas, parques y jardines: es necesario que se considere en el diseño y construcción de caminos o senderos adecuadamente amplios, de modo que permita la circulación simultanea de dos personas en sillas de ruedas [6].
- Estacionamientos: estos deberán localizarse en zonas próximas al acceso y cerca de áreas de circulación horizontal o vertical, salvado cualquier desnivel que se pudiese presentar con rampas o vados. Los andenes y senderos que conduzcan al sitio de parqueo cumplirán con características necesarias para la circulación de estas personas [6].

**4.2.2.6 Mantenimiento.** Se entiende por mantenimiento a las acciones y trabajos que deben realizarse manera periódica y sistemática para proteger a las obras físicas, los equipos y los otros activos de la acción del tiempo y del desgaste por su uso y operación, asegurando el máximo rendimiento de las funciones para las cuales fueron construidas [6].

### **4.3 Accesibilidad en la movilidad peatonal**

La accesibilidad y la movilidad peatonal están estrechamente relacionadas, ya que la accesibilidad se refiere a la capacidad de las personas para acceder a los destinos que necesitan y la movilidad se refiere a la capacidad de las personas para trasladar de un lugar a otro. En otras palabras, la accesibilidad es un factor clave que influye en la movilidad peatonal. La accesibilidad se relaciona con la presencia de infraestructura adecuada para caminar, como aceras, pasos de cebra, semáforos y rampas. Si estas infraestructuras no están presentes o no son accesibles para todas las personas, la movilidad peatonal se verá afectada, ya que será más difícil desplazarse de un lugar a otro; a su vez también se relaciona con la ubicación de los destinos, como tiendas, servicios, espacios y transporte públicos. Si los destinos no están ubicados de manera accesible, será más difícil para las personas acceder a ellos y, por lo tanto, se verá afectada la movilidad peatonal.

En este caso, se considera al peatón como el actor principal que se mueve a través del espacio urbano y su entorno construido, incluyendo las aceras, las intersecciones, los edificios y los espacios públicos. Se han desarrollado diversas teorías para explicar cómo los peatones interactúan con su entorno, una de ellas es la teoría del comportamiento del usuario, que sugiere que los peatones toman decisiones de movilidad basadas en sus preferencias personales y en su percepción de las condiciones del entorno. Otra teoría relevante es la teoría de la accesibilidad, que se centra en cómo la accesibilidad a los servicios y lugares influye en el comportamiento del peatón. La accesibilidad se define como la facilidad con la que una persona puede llegar a un destino determinado desde un punto de origen, teniendo en cuenta las características del entorno construido. Además, la teoría de la ecología urbana también es relevante en este contexto, ya que se enfoca en cómo los diferentes elementos como los edificios, las calles y los espacios públicos,

interactúan entre sí y con los habitantes de la ciudad. En términos de diseño urbano, el marco del peatón y el entorno construido enfatizan la importancia de crear entornos construidos que promuevan la movilidad peatonal segura, cómoda y accesible. Esto incluye la construcción de aceras y pasos de peatones seguros, la implementación de medidas para reducir la velocidad del tráfico y la creación de espacios públicos atractivos y funcionales.

En resumen, la accesibilidad es un factor clave que influye en la movilidad peatonal, ya que la presencia de infraestructura adecuada para caminar y la ubicación accesible de los destinos son fundamentales para permitir que las personas se desplacen de un lugar a otro de manera efectiva y excelente. Por lo tanto, es importante considerar tanto la accesibilidad como la movilidad peatonal al planificar y diseñar áreas urbanas para garantizar que sean accesibles y habitables para todas las personas.

#### ***4.3.1 Accesibilidad universal***

En este nivel, se busca que la movilidad peatonal sea accesible para todas las personas en cualquier circunstancia. Se deben tener en cuenta aspectos como las necesidades de las personas con discapacidades sensoriales (como la señalización audible), la inclusión de personas con diversidad funcional y la consideración de la edad avanzada [11].

#### **4.4 Métodos de evaluación de accesibilidad peatonal en espacio publico**

Existen diversas metodologías para medir la accesibilidad peatonal en el espacio público, y su elección depende del contexto específico y de los objetivos de la investigación. A continuación, se presentan algunos de los tipos de metodologías más comunes utilizados para medir la accesibilidad peatonal en el espacio público:

#### ***4.4.1 Métodos basados en el tiempo de viaje***

Estos métodos miden el tiempo necesario para que los peatones lleguen a un destino específico a pie desde su ubicación actual. Esto puede hacerse utilizando herramientas como sistemas de información geográfica (GIS) para calcular la distancia y el tiempo de viaje. Algunos de los indicadores de accesibilidad que se pueden calcular utilizando métodos basados en el tiempo de viaje incluyen el tiempo de viaje promedio, el tiempo de viaje máximo, y el alcance de la zona de accesibilidad en un cierto período de tiempo [12].

#### ***4.4.2 Métodos basados en la percepción***

Estos métodos miden la percepción subjetiva de la accesibilidad peatonal por parte de los usuarios del espacio público. Los métodos basados en la percepción pueden incluir encuestas, grupos focales y técnicas de mapeo participativo, en las que los participantes indican qué áreas son más accesibles o inaccesibles para ellos [13].

#### ***4.4.3 Métodos basados en el uso del espacio***

Estos métodos miden el uso del espacio público por los peatones y cómo el diseño del espacio afecta a su accesibilidad. Los métodos basados en el uso del espacio pueden incluir la observación de los patrones de tráfico peatonal, la evaluación de la calidad del pavimento, y la medición de la presencia de obstáculos físicos en el espacio público [14].

#### ***4.4.4 Métodos basados en la accesibilidad de la red de transporte***

Estos métodos miden la accesibilidad peatonal en función de la conectividad de la red de transporte, incluidas las rutas de autobuses y trenes. Estos métodos se basan en la idea de que la

accesibilidad peatonal está determinada por la conectividad del sistema de transporte público y su proximidad a los lugares de destino [15].

#### **4.4.5 Métodos basados en la observación directa**

Estos métodos implican observar y medir directamente la accesibilidad del espacio público y las barreras que enfrentan los usuarios. Pueden incluir la medición de la anchura de las aceras, la pendiente de las calles, la presencia de rampas, entre otros. Estos métodos son más objetivos y determinados, pero pueden ser costosos y requieren de personal capacitado [13].

### **4.5 Sistemas de información geográfica y la accesibilidad**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas muy útiles para medir la accesibilidad peatonal en el espacio público. Estos sistemas permiten integrar y analizar datos georreferenciados de diversas fuentes, incluyendo información sobre la red de transporte, la topografía, la demografía y los patrones de uso del suelo, se utilizan para medir la accesibilidad peatonal mediante la medición de la distancia y el tiempo de viaje entre los puntos de origen y destino. Estos datos se utilizan para calcular una serie de indicadores de accesibilidad, como la distancia a los servicios básicos, el tiempo de viaje a los lugares de trabajo o de estudio, y la facilidad de acceso a los servicios de transporte público [16].

Además, los SIG se pueden utilizar para identificar las áreas del espacio público que son más accesibles para los peatones y para desarrollar planes de mejora de la accesibilidad. Por ejemplo, se pueden utilizar los datos del SIG para identificar las áreas que presentan barreras para la accesibilidad, como la presencia de obstáculos físicos, y para planificar la construcción de rampas, escaleras, señalización y otros elementos que mejoren la accesibilidad [16].

#### **4.6 Incorporación de datos de accesibilidad en un SIG**

La incorporación de datos de accesibilidad peatonal en los sistemas de información geográfica (SIG) es fundamental para la planificación y gestión del espacio público. Estos datos permiten medir y analizar la accesibilidad de las personas a los servicios, las instalaciones y los lugares de interés, identificar las barreras físicas y sociales que afectan la accesibilidad y desarrollar estrategias para mejorarla [16].

La incorporación de datos de accesibilidad peatonal en el SIG implica la recopilación de información de diversas fuentes, como los datos de transporte, la topografía, la infraestructura peatonal, las instalaciones y servicios públicos, y la demografía. Estos datos se utilizan para crear mapas y análisis de la accesibilidad peatonal a diferentes puntos de interés, como las estaciones de transporte público, las zonas comerciales, las instalaciones de salud y educación, entre otros.

Una de las herramientas más utilizadas para incorporar datos de accesibilidad peatonal en el SIG es la medición de la distancia y el tiempo de viaje entre los puntos de origen y destino. Estos datos se utilizan para calcular una serie de indicadores de accesibilidad, como la distancia a los servicios básicos, el tiempo de viaje a los lugares de trabajo o de estudio, y la facilidad de acceso a los servicios de transporte público [16].

Por otra parte, el concepto de sistema determina que, para poder considerarse como tal, debe funcionar como un conjunto de elementos o partes que se relacionan entre sí y tienen un objetivo final; en el caso de un SIG, se cumplen todas las condiciones, ya que este permite la entrada de datos procesándolos y convirtiéndolos en información, posteriormente proveen su salida y finalmente llevan a buscar soluciones (Ver figura 1).

**Figura 1.** Componentes de un SIG

Tomado de: Diagnóstico de estado actual y recomendaciones de accesibilidad en la Universidad Nacional de Colombia (2011).

#### 4.7 Normativa Colombiana de accesibilidad

En Colombia, la Normativa Colombiana de Accesibilidad Peatonal se erige como un conjunto de regulaciones diseñadas para asegurar que los espacios públicos sean accesibles para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas, sensoriales o cognitivas. Esta normativa no solo busca cumplir con estándares internacionales de derechos humanos, sino también fomentar la creación de entornos urbanos más equitativos y sostenibles. El reconocimiento y garantía de los derechos de las personas con discapacidad han sido impulsados a través de un marco legal robusto que busca promover la igualdad de oportunidades y la participación en todos los aspectos de la sociedad.

Las normas contenidas en este capítulo proporcionaron la adaptación de las fichas de evaluación de accesibilidad en el estudio proyecto llamado "Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga".

La Constitución Política de Colombia, en su artículo 47, establece la protección de las personas con discapacidad y promueve su plena participación en la vida social, económica y cultural. Además, el artículo 93 reconoce los tratados internacionales de derechos humanos como parte integral de la Constitución, lo que implica un compromiso con la implementación de normativas que fomenten la inclusión y la accesibilidad [9].

En cuanto a la accesibilidad en la infraestructura, el Decreto 1538 de 2012 establece las normas técnicas de diseño y construcción para garantizar la accesibilidad en el entorno construido. Este decreto establece pautas para la adecuación de espacios públicos, edificaciones y transporte, asegurando que sean utilizables por todas las personas, independientemente de sus capacidades [18]. Además, el Plan Nacional de Desarrollo establece lineamientos para la inclusión social y la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad, con el objetivo de lograr una sociedad más equitativa y justa. También existen regulaciones específicas para la accesibilidad en el transporte público, como el Decreto 1079 de 2015, que establece los requisitos para la accesibilidad en los sistemas de transporte masivo [8].

Es importante resaltar que el marco legal colombiano de accesibilidad no solo se limita a las personas con discapacidad, sino que busca crear un entorno inclusivo para todos los ciudadanos. Esto refleja el compromiso de Colombia con la promoción de la igualdad de oportunidades y la construcción de una sociedad donde la diversidad sea valorada y respetada en todos los niveles. A continuación, se describen las leyes colombianas respecto a las personas con movilidad reducida (Ver tabla 1).

**Tabla 1.** *Normativa de personas con movilidad reducida*

<b>Ley</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ley 361</b>	1997	Por la cual se establecen mecanismos de integración de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones y se reconoce a las personas sus derechos fundamentales, económicos, sociales y culturales para su completa realización personal y su total integración social y a las personas con limitaciones severas y profundas la asistencia y protección necesarias.
<b>Ley 762</b>	2002	Por medio de la cual se aprueba la “Convención Interamericana para la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad”
<b>Ley 982</b>	2005	Se establecen normas tendientes a la equiparación de oportunidades para las personas sordas y sordas ciegas y se dictan otras disposiciones.
<b>Ley 1098</b>	2006	Código de Infancia y Adolescencia se ocupa, entre otros, en los artículos 36, 43, 44, 46 y 142 de la protección de los menores con discapacidad.
<b>Ley 1098</b>	2007	Por medio de la cual se organiza el Sistema Nacional de Discapacidad.
<b>Ley 1306</b>	2009	Por la cual se dictan normas para la protección de personas con discapacidad mental y se establece el régimen de la representación de las personas con discapacidad mental absoluta.
<b>Ley 1346</b>	2009	Por medio de la cual se aprueba la Convención de las Personas con Discapacidad, adoptada por la Organización de las Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006.
<b>Ley 1618</b>	2013	Esta ley asignó a las Ciudades la responsabilidad de adoptar las medidas necesarias para asegurar la accesibilidad de todas las personas al transporte.
<b>Ley 1818</b>	2013	Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad.

Adaptado de: Metodología para evaluar la accesibilidad de personas con movilidad reducida (2019).

Entre las principales características de la normativa colombiana sobre accesibilidad peatonal se encuentran la obligatoriedad de la eliminación de barreras arquitectónicas y la inclusión de elementos que faciliten el desplazamiento de personas con discapacidad, tales como rampas, señalización adecuada, ascensores, entre otros. También se establecen criterios de diseño y construcción de edificios y espacios públicos que deben cumplirse para garantizar la accesibilidad universal. En la tabla 2 se observa la normatividad que rige para las personas con movilidad reducida en relación con su accesibilidad al medio físico y al transporte.

**Tabla 2.** *Normativa de accesibilidad física y de transporte*

<b>Ley</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ley 12</b>	1987	Establece requisitos de la construcción y el espacio público para la eliminación de barreras arquitectónicas y posibilitar el acceso de las personas con discapacidad.
<b>Decreto 1660</b>	2003	Establece mecanismos de acceso a los medios masivos de transporte y señala otras disposiciones. Reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población en general y en especial de las personas con discapacidad.
<b>Decreto 1538</b>	2005	Establece condiciones básicas de accesibilidad al espacio público y a la vivienda.
<b>Ley 1083</b>	2006	Las vías públicas que se construyan al interior del perímetro urbano deben contemplar la construcción de la totalidad de los elementos del perfil vial, en especial, las calzadas, los separadores, los andenes, los sardineles, las zonas verdes y demás elemento que lo conforman.
<b>Ley 1680</b>	2013	Por medio de la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión, el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y de las comunicaciones.
<b>Res. 4659</b>	2008	Se adoptan medidas de accesibilidad a los sistemas de transporte público masivo municipal distrital y metropolitano de pasajeros
<b>Ley 1287</b>	2009	Establece las normas de accesibilidad como bahías de estacionamiento y medio físico señalando multas y sanciones por su incumplimiento.
<b>Res. 4575</b>	2013	Se reglamenta el numeral 6 del art. 15 de la Ley 1618 de 2013 sobre derecho al transporte y exención de restricción vehicular (pico y placa) para las PcD que se encuentren inscritas en el RLCPD.

Adaptado de: Metodología para evaluar la accesibilidad de personas con movilidad reducida (2019).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) relacionada con la accesibilidad desempeña un papel crucial en la garantía de la igualdad de oportunidades y en la creación de entornos amigables para todos. La NTC colombiana sobre accesibilidad establece los requisitos y las directrices técnicas para asegurar que los espacios públicos, edificaciones, infraestructuras y servicios sean accesibles y utilizables por todas las personas, esta norma promueve el concepto de "diseño universal", que implica crear ambientes que sean funcionales y utilizables para todas las personas, sin la necesidad de adaptaciones o modificaciones posteriores.

Entre los aspectos clave abordados por la NTC colombiana de accesibilidad se encuentran descritos en la tabla 3.

**Tabla 3.** Normativa Colombiana de accesibilidad al medio físico

Norma	Descripción
NTC 4139	Accesibilidad al medio físico. Símbolo gráfico. Características generales.
NTC 4140	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, pasillos, corredores. Características generales.
NTC 4143	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, rampas fijas.
NTC 4144	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificio señalización.
NTC 4145	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, escaleras.
NTC 4201	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas.
NTC 4279	Accesibilidad de las personas al medio físico, espacios urbanos y rurales. Vías de circulación peatonales planas.
NTC 4695	Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización para tránsito peatonal en el espacio público urbano.
NTC 4774	Accesibilidad de las personas al medio físico, espacios urbanos y rurales. Cruces peatonales a nivel y elevados o puentes peatonales.
NTC 4902	Accesibilidad de las personas al medio físico. Cruces peatonales a nivel. Señalización sonora para semáforos peatonales.
NTC 4904	Accesibilidad de las personas al medio físico, estacionamientos accesibles.
NTC 4960	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, puertas accesibles.
NTC 4961	Accesibilidad de las personas al medio físico. Elementos urbanos y rurales, teléfonos públicos accesibles.
NTC 5017	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, servicios sanitarios accesibles.
NTC 5351	Accesibilidad de las personas al medio físico. Paraderos accesibles para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros.
NTC 6047	Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios de servicio al ciudadano en la administración pública, también incluye un capítulo al tema de señalación: tipo de señales, altura, colores, iluminación. Lineamientos de diseño.

*Nota:* La tabla 3 relaciona las diferentes normas que existen en Colombia para evaluar la accesibilidad peatonal en espacio público teniendo en cuenta el objeto de estudio.

Adaptado de: Metodología para evaluar la accesibilidad de personas con movilidad reducida (2019).

## 5. Metodología

La metodología utilizada en esta investigación identifico en la literatura diversas metodologías que abordan la relación entre la accesibilidad peatonal, el diseño y uso del espacio público, así como la aplicación de Sistemas de Información Geográfica para gestionar y analizar estos aspectos. Por consiguiente, la investigación fue de carácter documental, puesto que, se centró en la exploración de estudios, artículos científicos y otros documentos relevantes para obtener una visión sólida de las mejores prácticas y enfoques efectivos en este ámbito, con el propósito de

contribuir al desarrollo y mejora de estrategias de evaluación y gestión de la accesibilidad en entornos urbanos.

### **5.1 Diseño de la investigación**

La investigación se llevó a cabo mediante un diseño cualitativo e interpretativo de tipo documental. Esta metodología se considera como un sustento teórico del panorama actual sobre accesibilidad peatonal y la manera en que se evalúa su efectividad.

### **5.2 Estrategia de búsqueda**

En la revisión documental, se emplearon las siguientes bases de datos que fueron: Scopus y Web of Science, Science direct, ResearchGate, Taylor & Francis, Scielo, SAGE Journals, Redalyc, Jstor, IEEE Xplore, Dialnet, el buscador académico de Google Scholar y otros repositorios institucionales. La búsqueda de documentos científicos y académicos se realizó en lenguaje nativo (español) y en inglés publicados a lo largo del territorio nacional o en el marco internacional de manera que estuvieran en el rango de publicación entre 10 años (2013-2023). Todo esto con el fin de comprender los diferentes conceptos, elementos y procedimiento para evaluar el nivel de accesibilidad de una zona.

### **5.3 Recolección de datos**

En la búsqueda inicial mediante las ecuaciones de búsqueda estructuradas, se identificaron un total de 864 estudios de diversos tipos de material. Luego, se procedió a la selección de la muestra, reduciendo el número a 50 documentos que incluían artículos de revista, trabajos de investigación, libros y trabajos de grado de pregrado y posgrado. Igualmente, se encontraron

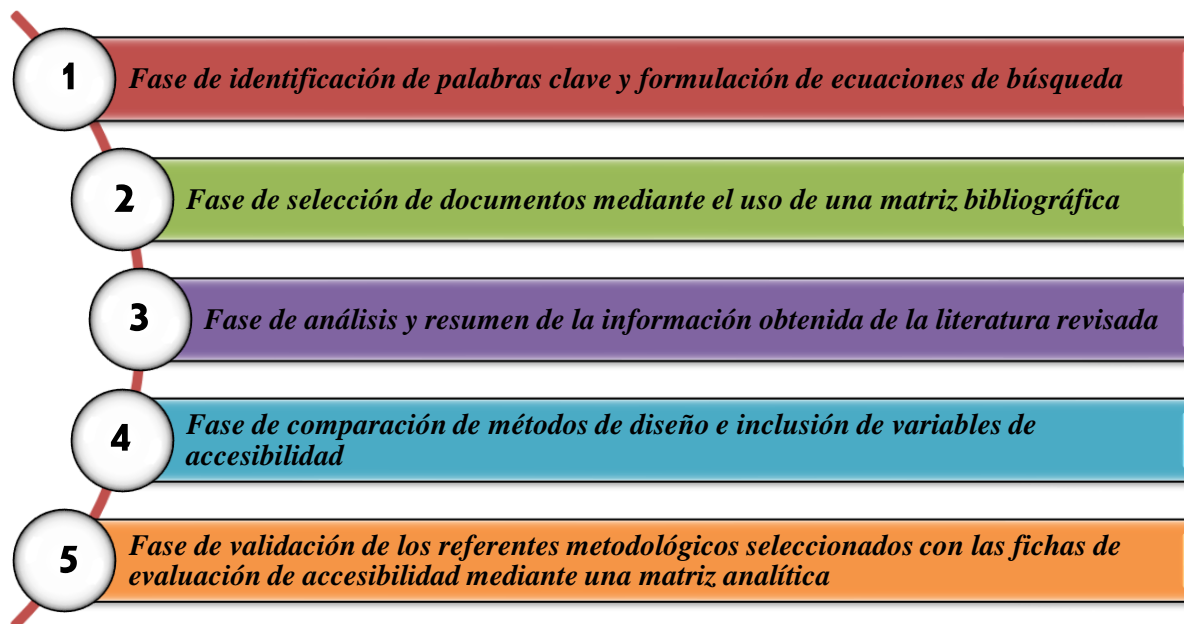
estados del arte relacionados con la búsqueda de métodos existentes para la evaluación de la accesibilidad peatonal. Los documentos seleccionados fueron sometidos a una revisión detallada, donde se dio prioridad a la información clave relacionada con los parámetros necesarios para aplicar metodologías que permitieran estimar la accesibilidad en espacio público y se analizó cómo se empleaban los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el contexto del análisis de información espacial. También se investigó qué tipo de variables se utilizaban para validar la accesibilidad peatonal, brindando una visión integral de los métodos y enfoques disponibles en la literatura.

#### **5.4 Análisis de datos**

Una vez recopilados los documentos pertinentes, se procedió a la extracción de información, incluyendo detalles sobre las metodologías utilizadas como, la caracterización de la población, las condiciones y la infraestructura peatonal en el ámbito de estudio ya sea en áreas comerciales, residenciales, hospitalarias, educativas y de transporte público, los indicadores de accesibilidad evaluados y los enfoques de gestión mediante SIG (tipos de datos espaciales y los métodos adecuados para su manipulación). Se analizaron las metodologías identificadas, comparando sus enfoques, ventajas y limitaciones.

#### **5.5 Fases**

Para dar cumplimiento al proyecto de investigación se establecieron cinco (5) fases que garantizan el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos (Ver figura 2).

**Figura 2.** *Flujograma metodológico*

### **5.5.1** *Fase de identificación de palabras clave y formulación de ecuaciones de búsqueda*

Esta etapa inicial se realizó tomando como punto de partida la adecuación de palabras especializadas para los ejes conceptuales en la elaboración de las diferentes ecuaciones de búsqueda que proporcionaron una estrategia de búsqueda satisfactoria

### **5.5.2** *Fase de selección de documentos mediante el uso de una matriz bibliográfica*

Una vez estructuradas las ecuaciones de búsqueda, se procedió a realizar una revisión de literatura disponible en bases de datos científicas, repositorios académicos y fuentes profesionales para identificar estudios, investigaciones y documentos que evalúan la accesibilidad peatonal en espacio público. Los documentos recopilados se clasificaron y organizaron en una matriz bibliográfica según los criterios mencionados: año de publicación, enfoques metodológicos, tipos de espacios evaluados y características de la accesibilidad abordadas.

### ***5.5.3 Fase de análisis y resumen de la información obtenida de la literatura revisada***

Durante esta fase, todos los documentos de la matriz bibliográfica fueron agrupados en secciones temáticas teniendo en cuenta el enfoque de la investigación, la metodología aplicada, las variables utilizadas y el área de estudio, siendo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) el eje central y objeto de estudio.

### ***5.5.4 Fase de comparación de métodos de diseño e inclusión de variables de accesibilidad***

Después de identificar los estudios relevantes, se enfocó en aquellos que emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) como base metodológica. Estos estudios involucraron la identificación de fuentes de datos esenciales para el proyecto, como mapas, imágenes satelitales, datos de uso de suelo y de transporte, incluyendo el análisis de redes para medir distancias y tiempos de viaje entre puntos de interés. Estos factores se utilizaron como indicadores para evaluar el nivel de accesibilidad. Además, se examinaron variables consideradas, técnicas de recolección de datos y métodos de análisis. Posteriormente, toda esta información se organizó en cuadro de análisis, categorizando los documentos según la metodología utilizada. Se clasificaron tanto los Indicadores Físicos, que se refieren a obstáculos permanentes o temporales como barreras arquitectónicas, andenes, rampas/vados, baldosas táctiles, direcciones viales y anchura de espacios públicos; como los Indicadores Espaciales, que se centran en la conectividad de las rutas. Esto abarca las redes de circulación peatonal y la cantidad de elementos de infraestructura en los diversos espacios por donde transita el peatón, asegurando una continuidad segura en su recorrido.

### ***5.5.5 Fase de validación de los referentes metodológicos seleccionados con las fichas de evaluación de accesibilidad mediante una matriz analítica***

Como etapa final, se examinaron los referentes metodológicos de accesibilidad previamente seleccionadas para determinar si se ajustaban a los requisitos y las características del proyecto en mención. Este proceso implicó considerar elementos como el alcance de la evaluación de accesibilidad, las variables que se desean medir y las herramientas disponibles para llevar a cabo la evaluación. Las metodologías que demostraron ser compatibles para el diagnóstico de accesibilidad en el proyecto fueron categorizadas y seleccionadas para su aplicación en el estudio. Posteriormente, se elaboró una matriz analítica para validar todas las fichas de evaluación de accesibilidad propuestas en el proyecto “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”. Esta matriz permitió evaluar el grado de concordancia entre las fichas de evaluación de accesibilidad y cada uno de los referentes metodológicos seleccionados, demostrando el nivel de correspondencia y relevancia de las variables consideradas. La utilización de esta matriz proporcionó un enfoque cuantitativo para verificar la adecuación y aplicabilidad de las fichas de estudio en los diferentes referentes de metodologías de accesibilidad peatonal.

## **5.6 Desarrollo metodológico**

Finalmente, en la tabla 4, se definieron cada una de las actividades correspondientes a los objetivos planteados en el proyecto.

**Tabla 4.** *Desarrollo metodológico del proyecto*

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actores</b>
<b>Categorizar metodologías que evalúen la accesibilidad peatonal/urbana según su diagnóstico de estudio.</b>	Realizar búsquedas en bases de datos especializadas para identificar estudios y proyectos relacionados con el tema.	La búsqueda está orientada en estudios de metodologías relacionados con la estimación del nivel de accesibilidad peatonal.	Griver Y. García V.
<b>Analizar la efectividad de las metodologías a partir del análisis de las variables de accesibilidad y los métodos de recolección de información.</b>	Identificar los métodos de recolección de información utilizados en las metodologías encontradas, incluyendo fuentes de datos y herramientas de análisis.	Las metodologías utilizadas para evaluar la accesibilidad peatonal o urbana en diferentes contextos incluyen variables como indicadores físicos que son todas las barreras arquitectónicas presentes en el espacio público y los indicadores espaciales que son el número de elementos existentes en una ruta establecida.	Griver Y. García V.
	Clasificar que tipo de indicadores físicos y espaciales se tienen en cuenta a la hora de medir la accesibilidad peatonal.		
<b>Validar las metodologías seleccionadas con fichas propuesta para el estudio de accesibilidad peatonal “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”</b>	Comparar los referentes metodológicos seleccionados con las fichas de evaluación de accesibilidad del proyecto en cuestión.	Esto se hace para evaluar la compatibilidad y adecuación de las fichas de evaluación de accesibilidad utilizada.	Griver Y. García V.
	Realizar una matriz análisis de las fichas de evaluación de accesibilidad utilizada en el proyecto en cuestión con los referentes de metodologías identificadas.	Instrumento diseñado en Excel donde se relacionan ocho (8) fichas escritas en vertical, con las categorías de análisis, escritas en horizontal calculando el porcentaje de incidencia de estos.	

*Nota:* La Tabla 4 describe las actividades establecidas en cada objetivo para el desarrollo de proyecto.

## 6. Desarrollo

En este estudio se efectuó un análisis minucioso de la bibliografía relacionada con las metodologías existentes para estimar el nivel de accesibilidad peatonal en espacios públicos; de igual forma, se exploró un tema clave: la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica. El proceso investigativo dio inicio con la identificación de palabras clave y la creación de ecuaciones de búsqueda para extraer la información necesaria del proyecto en cuestión. Luego, se

seleccionaron los documentos usando una bitácora bibliográfica diseñada para organizar la información. Posteriormente, se clasificó la información extraída de los documentos seleccionados y se llevó cabo una comparación de diferentes métodos de diseño y las variables de accesibilidad para evaluar su efectividad. Por último, se valida la selección los referentes de metodologías con las fichas de evaluación de accesibilidad del proyecto “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”, empleando una matriz de análisis como herramienta de evaluación.

Con base en lo anterior, se describen cada una de las actividades desarrolladas en el proyecto para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

### 6.1 Identificación de palabras clave y formulación de ecuaciones de búsqueda

Para la realización de una estrategia de búsqueda satisfactoria se tuvieron en cuenta dos puntos fundamentales que facilitaron la extracción de documentos, estos fueron: la definición de ejes conceptuales y el diseño de ecuaciones de búsqueda.

Con la identificación de términos especializados como “accesibilidad o accesibilidad peatonal”, “espacio público” y “Sistemas de Información Geográfica” En la tabla 5 se derivaron una serie de palabras técnicas o tesauros con ayuda de herramientas como Tesoro de Arte y Arquitectura y UNESCO Thesaurus; que se utilizaron para crear las ecuaciones de búsqueda.

**Tabla 5.** Terminología especializada en la búsqueda bibliográfica

Eje conceptual	Tesauros
Accesibilidad	Pedestrian accessibility (UNESCO)
	Accessibility (UNESCO)
	Accessibility chain (UNESCO)
	Spatial accessibility model (TA&A)
	Architectural barrier (TA&A)

**Tabla 5.** (continuación)

<b>Eje conceptual</b>	<b>Tesauros</b>
<b>Accesibilidad</b>	Accessible architecture (TA&A)
	Environmental accessibility (TA&A)
	Environmental assessment (TA&A)
	Universal Design (UNESCO)
	Sidewalk accessibility (TA&A)
	Sidewalk quality index, access for people (TA&A)
<b>Espacio publico</b>	Public space (UNESO)
	Urban transportation systems (TA&A)
	Urban development (TA&A)
	Urban Space, Urban zone, Urban area, Urban planning (UNESCO)
	Urban regeneration (TA&A)
	Crosswalks (TA&A)
	Pedestrian zone (TA&A)
<b>Sistemas de Información Geográficas</b>	Geographic Information Systems (UNESCO)
	GIS (UNESCO)
	Navigation systems (UNESCO)
	Geolocation systems (UNESCO)
	cartographic representation (UNESCO)
	Geographical data (TA&A)
	Geolocation (UNESCO)
	Data processing (TA&A)
	Geographic information (UNESCO)
	Isochrone's map (TA&A)
	Pedestrian isochrones (TA&A)
e-tools (TA&A)	

*Nota:* Los términos relacionados en la Tabla 5 corresponden a palabras clave estructuradas, las cuales se centran en el propósito principal de la búsqueda.

El diseño de cada ecuación de búsqueda fue elaborado con todas las palabras especializadas para cada uno de los ejes conceptuales previamente mencionados, su estructura fue creciendo a medida que se revisaba la literatura en las bases de datos proporcionando nuevas y mejores ecuaciones enfocadas al objetivo de la búsqueda bibliográfica donde se construyeron un total de cinco (5) ecuaciones de búsqueda (Ver tabla 6).

Se emplearon operadores booleanos como AND, OR y NOT para crear las ecuaciones de búsqueda en un rango de publicación de una década (2013-2023). La mayoría de estas aplicaciones se adaptan al título, resumen y palabras clave de los documentos. Posteriormente, se registraron

cada una de las ecuaciones utilizadas junto con el número de resultados obtenidos para cada uno en diferentes motores de búsqueda.

**Tabla 6.** Ecuaciones de búsqueda para la revisión bibliográfica

Ecuación de búsqueda	Base de datos	Registros
1. (((("Accessibility" OR "Access for people" OR "Accessibility architecture" OR "Architectural barrier")) AND (("Pedestrian mobility" OR "Social mobility")) AND (("Urban area" OR "Urban spaces" OR "Public spaces")))	Scopus	65
	WOS	26
	Science Direct	15
2. (((Accessibility) OR ("Pedestrian accessibility")) AND (("Urban zone") OR ("Pedestrian zone")) AND (("Geographic information systems") OR ("Geographical data") OR (GIS) OR ("Geographic information")))	Scopus	102
	WOS	22
3. (((Accessibility) OR ("Accessibility chain") OR ("Universal Design")) AND (("Crosswalks") OR ("Pedestrian zone") OR (sidewalk)) AND (("Geographic information systems") OR ("Geographical data") OR (GIS)))	Scopus	109
	WOS	73
	Jstor	11
	Redalyc	3
	Scopus	146
4. TITLE-ABS-KEY (("pedestrian accessibility" OR "spatial accessibility" OR "access for people") AND ("Geographic information systems" OR "Geographical data" OR GIS))	WOS	44
	ResearchGate	52
	Scielo	27
	Dialnet	15
5. (((("Urban development" OR "Urban spaces" OR "Urban area") AND (("Accessibility chain" OR "Access for people" OR "Accessibility")) AND (("GIS" OR "Geographic information" OR "Navigation systems")) AND (("urban transport" OR "Urban traffic")))	Scopus	97
	WOS	33
	Science Direct	16
	Taylor & Francis	7

Fue necesario realizar un análisis bibliométrico utilizando un software llamado VOSviewer, el cual es una herramienta que permite construir y visualizar redes bibliométricas, es decir, mapear el proceso de búsqueda científica ya sea en base a citas, acoplamientos bibliográficos, co-citas o relaciones de autorías. Por lo tanto, en este trabajo, los datos de los documentos encontrados mediante las ecuaciones de búsqueda se exportaron desde el gestor de referencia de Scopus en formato CVS hacia el software VOSviewer.

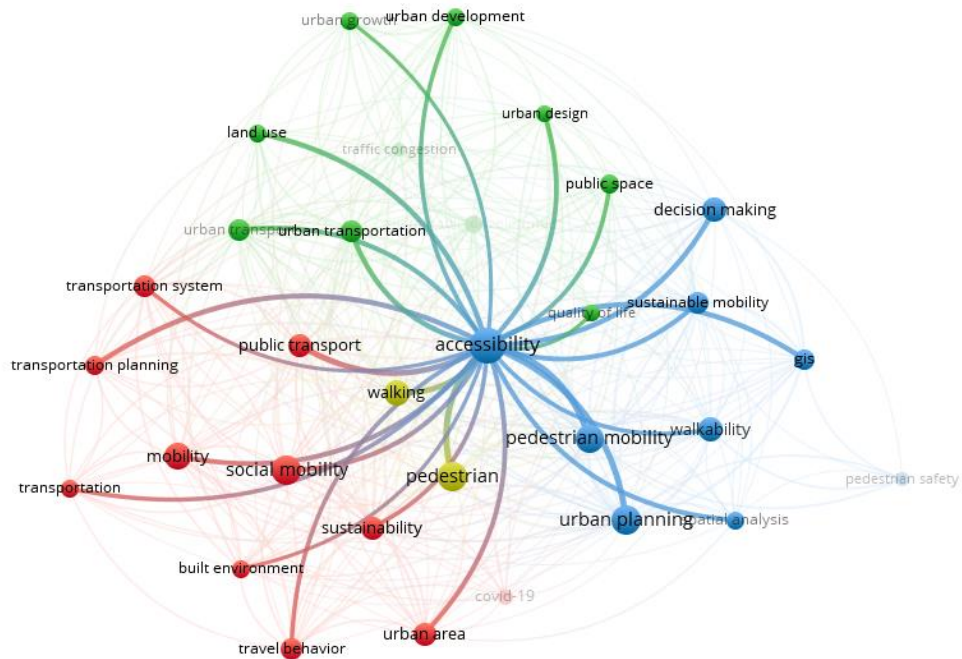
En las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 correspondientes a mapas bibliométricos de cada ecuación de búsqueda estructurada, se mostró un mínimo de ocurrencias de palabras, es decir, que se repitió al





peatonales, intersecciones y cruces, con especial atención en diseñar estas estructuras de manera funcional para una diversidad de necesidades de movilidad.

**Figura 5.** Mapa bibliométrico ecuación de búsqueda 3



Adaptado de: VOSviewer

Por otra parte, en la figura 6, “GIS” fue el eje central de la ecuación 4, esto quiere decir que la utilidad de los SIG en el ámbito de la accesibilidad fue especialmente significativo debido a su capacidad para cartografiar y examinar datos geospaciales evidenciando una perspectiva más integra sobre cómo la accesibilidad se modifica en diferentes zonas urbanas. Los Sistemas de Información Geográfica permiten visualizar de manera efectiva patrones de movilidad y acceso, lo que contribuye a una planificación más informada y precisa de mejoras en la accesibilidad peatonal.



## **6.2 Selección de documentos mediante el uso de una matriz bibliográfica**

Como se observa en la Tabla 6, se obtuvieron cinco (5) ecuaciones de búsqueda arrojando un total de 864 estudios basados en el proyecto en cuestión. Entre estas, solo la ecuación 2 demostró ser eficaz en el análisis de la literatura pertinente: (((Accessibility) OR ("Pedestrian accessibility")) AND (("Urban zone") OR ("Pedestrian zone")) AND (("Geographic information systems") OR ("Geographical data") OR (GIS) OR ("Geographic information"))). La herramienta VOSviewer evidencio en la figura 4 una visión general de los temas más frecuentes y destacados en el campo de accesibilidad peatonal también permitió una comprensión más profunda de los patrones en las áreas de enfoque mostrando la evolución de las metodologías y su gestión a través de los SIG. Por consiguiente, se recolectaron cincuenta (50) documentos que se incorporaron en una bitácora para su revisión. Esta bitácora bibliográfica abarca los registros obtenidos de diversas bases de datos, organizados según la fuente de información (base de datos), ubicación del material (virtual o física), clasificación de información (artículo, libro, tesis, etc.), así como una breve reseña del contenido y utilidad de cada documento en relación con el proyecto.

## **6.3 Análisis y resumen de la información obtenida de la literatura revisada**

Después de organizar todos los documentos en la bitácora, se procedió a estructurar la información en secciones temáticas definidas. Cada sección abordo diversas metodologías identificadas para evaluar la accesibilidad peatonal y su integración con los Sistemas de Información Geográfica. En cada una de estas secciones, se resaltaron los aspectos más pertinentes de cada metodología, se detalló su enfoque específico y se extrajeron las variables encontradas en relación con la gestión de la accesibilidad.

#### **6.4 Comparativa de métodos de diseño e inclusión de variables de accesibilidad**

Una vez clasificados todos los documentos, se compararon metodologías empleadas para evaluar la accesibilidad peatonal y los enfoques adoptados para analizar la figura del peatón en cada una de ellas. Los estudios se dividieron en dos (2) tablas, ambas enfocadas en las metodologías de evaluación de accesibilidad. En la primera tabla, se recogieron metodologías aplicadas mediante SIG, encuestas, Sistemas de Información Territorial (SIT), mapas axiales y cuadrículas. Para cada fuente, se identificaron variables que permitieron la evaluación de la accesibilidad, categorizando estas variables en indicadores físicos y espaciales. La segunda tabla, fueron distintos enfoques utilizados para analizar la figura del peatón, estos enfoques describieron el caminar como un modo de transporte conectando origen y destino, otro enfoque dio mayor importancia al entorno por el que el peatón transita, y el ultimo que combina ambas perspectivas, considerando de alguna manera tanto la conexión entre origen y destino como la caracterización del trayecto peatonal en sí.

#### **6.5 Validación de los referentes metodológicos seleccionados con las fichas de evaluación de accesibilidad mediante una matriz de análisis**

En la etapa final, se creó una matriz de análisis para validar las fichas de evaluación de accesibilidad empleadas en el proyecto "Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga". La matriz se dividió en las ocho (8) fichas propuestas, Ficha U1 (vías de circulación peatonal), Ficha U2 (cruce peatonal a nivel), Ficha U3 (pasos elevados y subterráneos para peatones), Ficha U4 (itinerario vertical), Ficha U5 (estacionamientos), Ficha U6 (mobiliario urbano), Ficha U7 (comunicación sensorial) y Ficha U8

(obras en espacio público). Cabe resaltar que las fichas mencionadas anteriormente fueron enfocadas netamente para un análisis físico-cualitativo, por ende, solo treinta (30) fueron las metodologías seleccionadas para este análisis. Esta selección y clasificación permitieron una validación más precisa de las metodologías elegidas en relación con las variables específicas de las fichas de evaluación de accesibilidad del proyecto “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”.

## **7 Resultados**

El estudio de la accesibilidad en espacio público es un área que involucra varias disciplinas, y sus técnicas de evaluación pueden cambiar según la perspectiva adoptada. La revisión documental reveló una variedad de metodologías para evaluar accesibilidad peatonal; algunos estudios adoptaron enfoques cuantitativos, como modelos de gravedad y análisis de distancia de red, mientras que otros se inclinaron por enfoques cualitativos, como la observación participante y entrevistas. Además, se ha demostrado que las metodologías desarrolladas para la evaluación de accesibilidad combinadas con la implementación de SIG resultaron en análisis más completos.

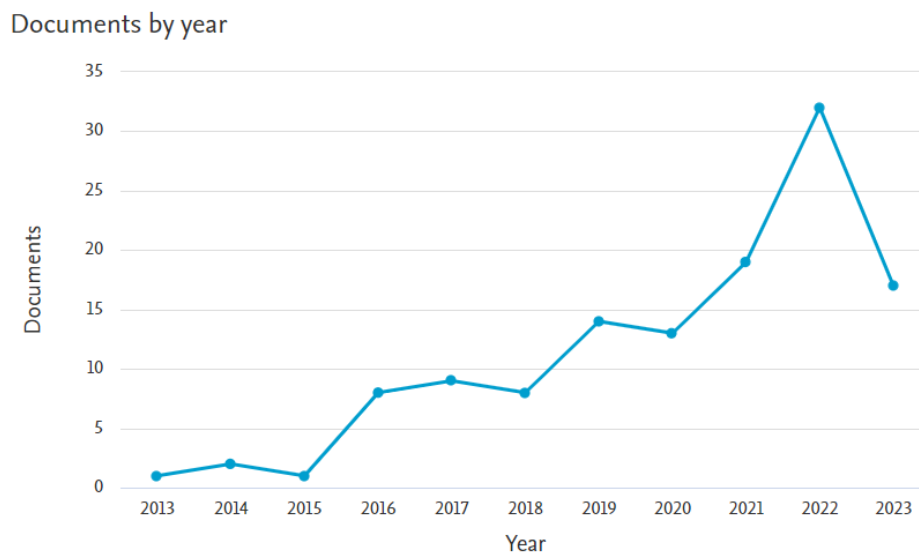
Los resultados obtenidos en este proyecto permitieron establecer un diagnóstico de accesibilidad peatonal, así como la evolución durante la última década de los diversos enfoques que vinculan al peatón con su entorno, transporte o ambos. Del mismo modo, todas las metodologías de accesibilidad estudiadas evidenciaron los componentes principales asociados en cada variable aplicada. Esto, a su vez, ha contribuido a la construcción de una visión más completa

de las perspectivas inherentes a cada estudio, validando la eficacia de sus hallazgos de manera concreta y aplicable en la práctica.

### 7.1 Diagnostico de accesibilidad peatonal en espacio publico

En la figura 8, se observó la cantidad de estudios realizadas en un lapso comprendió entre los años 2013 a 2023, por lo que fue posible identificar una clara tendencia ascendente en el tema de la accesibilidad y la relevancia que se le otorgó en los últimos años como elemento esencial en la estructuración y reconfiguración del ambiente urbano. Se destaco particularmente el año 2022, en el cual se experimentó un pico significativo en la investigación relacionada con la accesibilidad peatonal, con la publicación de más de 30 documentos.

**Figura 8.** *Tendencia de estudios sobre accesibilidad peatonal por año*



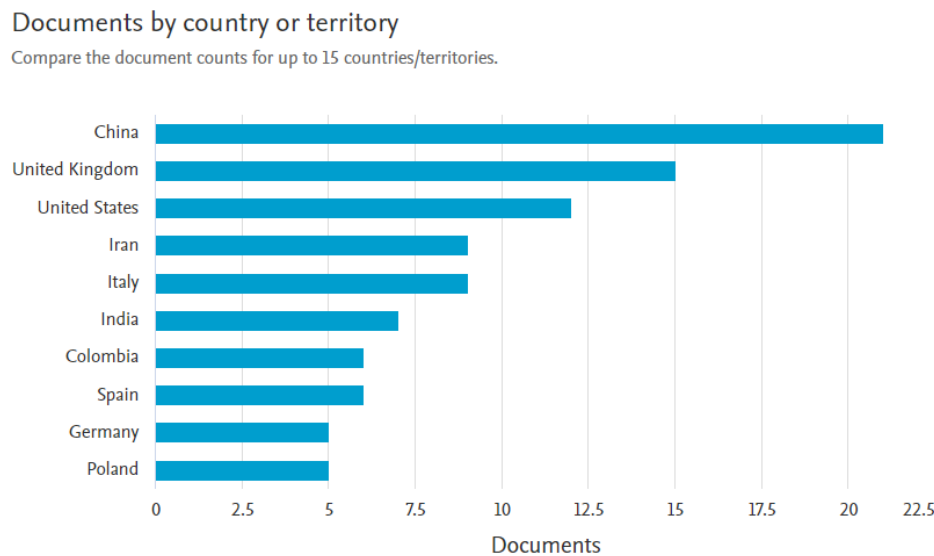
Tomado de: Scopus

El análisis de la ecuación de búsqueda 2 dio como resultado la mayoría de los documentos publicados en China, seguido de Reino Unido y Estado Unidos como se muestra en la figura 9,

esto se debe a que China al ser el país con la mayor cantidad de habitantes en el planeta, está presenciando un acelerado desarrollo de sus zonas urbanas originando desafíos en temas de movilidad y transporte, lo que presenta un obstáculo particular para grupos vulnerables, como las personas mayores y las personas con discapacidades, que pueden encontrar dificultades para moverse de manera segura e independiente.

En respuesta a estos desafíos, ha habido un cambio de enfoque hacia una mejor percepción de la accesibilidad peatonal, pues en materia de investigación, buscan formas de mejorar la infraestructura y los servicios de transporte para acomodar y promover la movilidad peatonal. Por ejemplo, están estudiando cómo diseñar calles y espacios públicos que sean seguros, cómodos y accesibles para todos los usuarios, independientemente de su edad o capacidad [19].

**Figura 9.** Documentos de accesibilidad peatonal por país



Tomado de: Scopus

## 7.2 Metodologías para evaluar accesibilidad en espacio público

En la tabla 7, se seleccionaron veinticinco (25) referentes de metodologías encontradas en la revisión documental. No obstante, se evidenciaron algunas características que estuvieron presentes en estas referencias como: la movilidad, que midió la facilidad con la que las personas podían moverse libremente en estos espacios, esto incluyó elementos como la existencia de aceras, pasos de peatones y rampas para sillas de ruedas. Igualmente, estos métodos consideraron las distintas necesidades de los diversos grupos de población (personas mayores, personas con discapacidades y niños). Otro aspecto clave fue el uso de datos geoespaciales a través de los SIG, ya que permitió analizar la accesibilidad en diferentes zonas, ayudando a identificar áreas que eran especialmente accesibles o inaccesibles. El enfoque en la infraestructura también fue fundamental, puesto que la accesibilidad estaba directamente relacionada con la presencia y calidad de las instalaciones, como el transporte público, centros urbanos, hospitales y otros servicios.

Por otra parte, las herramientas de análisis y fuentes de datos utilizaron enfoques tanto cuantitativos como cualitativos para medir la accesibilidad; mientras que algunas se basaron en encuestas, otras recurrían a entrevistas y observación para obtener un mejor entendimiento de las experiencias de las personas. Por último, algunas metodologías trazaron la evolución de la accesibilidad a lo largo del tiempo para entender el impacto de los cambios en el entorno, el transporte o ambos factores.

**Tabla 7.** Metodologías para evaluar la accesibilidad en espacio público

Titulo	Fuente de datos	Metodología empleada	Autor/Año
Análisis de la accesibilidad peatonal de las mezquitas bajo el concepto de ciudades de 15 min.	SIG	La investigación proporciono un enfoque basado en SIG evaluando la accesibilidad peatonal de las mezquitas, la técnica utilizada combina el análisis de distancias y duraciones a pie con la capacidad de ocupación de las mezquitas y la población en sus áreas de influencia.	R. Harroucha y A. A. Chaouni (2023) [20]

Tabla 7. (continuación)

Titulo	Fuente de datos	Metodología empleada	Autor/Año
Mapeo de accesibilidad sostenible basado en GIS de parques urbanos: evidencia del segundo asentamiento más grande de Sindh, Pakistán.	SIG y encuestas	Este estudio evaluó qué tan accesibles eran los parques urbanos para los usuarios mediante la realización de un análisis de zonas de influencia con ArcGIS-10.8. El cuestionario se realizó para registrar las opiniones de los participantes sobre las condiciones existentes de los parques con un tamaño de muestra de 400.	S. H. Khahro, M. A. H. Talpur, M. G. Bhellar, G. Das, H. Shaij, y B. Sultan (2023) [21]
Investigación de la accesibilidad espacial a escala de zonas peatonales.	Encuestas	El estudio fue diseñado siguiendo los criterios de la accesibilidad para el uso discapacitado de la zona peatonal, su usabilidad por parte de los discapacitados físicos y mapas de comportamiento, utilizando el método de investigación cualitativo.	B. Bekci y M. Sipahi (2023) [22]
Explorando los barrios de 15 minutos. Una evaluación basada en el rendimiento de la transitabilidad hacia los equipamientos públicos.	SIT y SIG	Con un Sistema de Información Territorial (SIT) en base a SIG se mapearon las rutas peatonales existentes en el espacio público para medir las prestaciones actuales de un barrio existente de una ciudad de tamaño medio desde la perspectiva de la ciudad de los 15 minutos. Se generó un mapa de isocronas detalladas en torno a servicios y equipamientos básicos del barrio, y teniendo en cuenta la distribución de la población.	B. Caselli, M. Carra, S. Rossetti, y M. Zazzi (2022) [23]
Evaluación y calificación de la transitabilidad de los barrios para las personas mayores adultos mayores: Construcción y prueba inicial de un modelo de accesibilidad espacial multivariante Modelo de accesibilidad espacial multivariable.	SIG	Un modelo de accesibilidad multivariante basado en cuatro variables independientes relacionadas con el espacio urbano formal y estructural que influye en la transitabilidad para los adultos mayores (red peatonal; instalaciones y tiendas; bancos públicos; y pendientes y desniveles).	V. Amaya, T. Moulaert, L. Gwiazdzinski, y N. Vuillerme (2022) [24]
¿Puede la regeneración urbana mejorar la transitabilidad? Una evaluación espacio-temporal de la zona del Tintoretto en Brescia.	SIG	Se hizo un mapa de permeabilidad peatonal de los espacios urbanos, fue una cuadrícula de celdas, que se aplicó a un algoritmo capaz de medir la curva isocrónica del tiempo de acceso.	M. Carra, S. Rossetti, M. Tiboni, y D. Vetturi (2022) [25]
Planificación de la movilidad urbana sostenible: Estimación de la demanda de instalaciones verticales para caminar en la calle.	Encuestas	El primer paso del proceso fue estimar el número de usuarios mediante un recuento de usuarios y una encuesta a los usuarios para caracterizar la tipología de estos, después se calcularon indicadores de la accesibilidad de estas instalaciones verticales a pie a la población y otras oportunidades.	E. González-González, R. Cordera, B. Alonso, y S. Nogués (2022) [26]

Tabla 7. (continuación)

Titulo	Fuente de datos	Metodología empleada	Autor y Año
Indicadores De La Accesibilidad Y Su Evaluación Mediante Los Parámetros Del Modelo De Fuerza Social En Intersecciones Urbanas.	Encuestas	En base a diversas metodologías, se recogió la información esencial de la zona de estudio y de los peatones. Luego se modeló la intersección urbana. Se llevo a cabo la variación de los parámetros de la Fuerza Social para evaluar su influencia en la caracterización del entorno peatonal.	P. Campos, BCE; M. Rojas, BCE; M. Silvera, MSc; F. Campos, MSc (2021) [27]
Desde las técnicas de planificación urbana hasta los barrios de 15 minutos. Un marco teórico y un análisis basado en SIG de la accesibilidad peatonal a los servicios públicos.	SIG	En base a GIS se mapearon las rutas peatonales existentes en el espacio público para medir las prestaciones actuales de un barrio desde la perspectiva de la ciudad de los 15 minutos. Se generó un mapa de isocronas detalladas en torno a servicios y equipamientos básicos del barrio, y teniendo en cuenta la distribución de la población.	B. Caselli, M. Carra, S. Rossetti, y M. Zazzi (2021) [28]
Aplicación geoespacial para evaluar la accesibilidad a los centros sanitarios en Egipto.	SIG y Encuestas	Se calculó la accesibilidad con herramientas de análisis de red aplicadas a la red vial y los establecimientos de salud. Luego para analizar la accesibilidad, se evaluó la accesibilidad a pie y en vehículo como medio de transporte en un intervalo de tiempo de 10-60 min.	M. Luqman y S. U. Khan (2021) [29]
Evaluación del impacto de los escenarios de diseño urbano en la accesibilidad a pie: el caso del distrito Centro de Madrid.	SIG	Se simularon escenarios exploratorios alterando ciertos factores del diseño urbano para cada necesidad de caminar. Y se calculan los niveles de accesibilidad a pie para comparar entre los escenarios exploratorios.	E. Ortega, B. Martín, M. E. López-Lambas, J. A. Soria-Lara (2021) [30]
Uso de sistemas de información geográfica para medir la accesibilidad de áreas verdes en el centro urbano de Nevşehir, Turquía.	SIG y Cuadrículas de 300 m y 500 m.	Este estudio utilizó cuadrículas para medir la distancia entre las distintas zonas de la ciudad y determinar el uso del suelo en la planificación urbana. La zona de estudio se dividió en cuadrículas de 300 m y 500 m. Mapas de accesibilidad de las zonas verdes (caso de estudio) con base a dichas cuadrículas.	M. Ergen (2021) [31]
Un enfoque basado en SIG para evaluar las influencias ambientales en la accesibilidad al transporte activo y público de los estudiantes universitarios.	FR, AHP y SIG	Se estableció un conjunto con la relación de frecuencia (FR) y el modelo de proceso de jerarquía analítica (AHP). Se analizaron las características de las ubicaciones a las que acceden los usuarios en relación con ocho factores ambientales.	E. Z. Khatun, M. S. G. Adnan, A. Dewan (2020) [32]
Mejora de la modelización de la accesibilidad geográfica para su uso operativo por parte de los agentes sanitarios locales.	GPS	Se mapearon todos los caminos, zonas residenciales, edificios y campos de arroz, seguidamente se calcularon las rutas más cortas desde los hogares hasta los centros de salud más cercanos. Para medir la accesibilidad geográfica se registró la velocidad de desplazamiento obtenida mediante el seguimiento por GPS en una muestra de 168 rutas a pie.	F. A. Ihantamalala, V. Herbreteau, C. Révillion (2020) [33]

Tabla 7. (continuación)

Título	Fuente de datos	Metodología empleada	Autor/Año
Accesibilidad inteligente: proceso de diseño de modelos de datos geoespaciales integrados para presentar información de diseño universal personalizada por el usuario.	Encuestas	Se recolectaron datos por medio de observadores que median cualitativamente las acciones de un sujeto, la interacción con el entorno y las características físicas del entorno y del sujeto. Luego se realizaron entrevistas no estructuradas justo después del experimento. El último paso fue el modelado de los datos de accesibilidad inteligente con diagramas de clase del LMU.	H. S. Rosie, Y. Seunghyun, y C. Suyeon (2020) [34]
Barreras estructurales en la caminabilidad y accesibilidad a escala de barrio. estudio de tres casos en Santiago de Chile.	Encuestas y mapas axiales	Se identificaron las principales barreras. Se comparó la superficie teórica máxima del barrio caminable (euclidiana) con la “real” calculada mediante análisis de red, considerando las condiciones de cruce de las principales vías, y otras variables. Además, se analizó la configuración de la trama vial y peatonal, contrastando su integración a escala local y global basada en mapas axiales. Finalmente, se analizaron los patrones de movilidad de la población.	E. M. Berríos Álvarez y M. Greene Zúñiga (2020) [35]
Medición de la accesibilidad peatonal al transporte público en zonas urbanas: un enfoque de discretización basado en SIG.	SIG	Se trazó un mapa de permeabilidad peatonal en los espacios urbanos alrededor de los nodos de transporte, donde a cada cuadrícula se le asignó la velocidad relativa de paso de los peatones. Teniendo en cuenta las medidas de contorno y de potencial, se aplica un algoritmo matemático a todas las celdas definidas, y se importan los resultados al SIG, para generar las isócronas peatonales de acceso al nodo de transporte público, a 5 y 10 minutos.	S. Rossetti, M. Tiboni, D. Vetturi, M. Zazzi, y B. Caselli (2020) [36]
Calidad de las aceras en una ciudad brasileña: Una visión amplia.	Encuestas	Para evaluar la calidad de las aceras, en las zonas de estudio se entrevistaron peatones residentes y para evaluar la calidad de las aceras se tuvieron en cuenta la evaluación técnica: Ancho efectivo, seguridad, mantenimiento, permeabilidad, atractivo visual, la percepción de los peatones y el cálculo de la calidad	V. T. da Rocha, L. L. Brandli, R. M. L. Kalil, A. L. Salvia, y P. D. M. Prietto (2019) [37]
Índice de servicio del pavimento (CSI)	Encuestas	El método consistió en tres pasos: análisis técnico de las aceras (570 tramos), comprobación de las percepciones de los usuarios mediante encuestas de opinión (355 ciudadanos) y asignación de niveles de servicio, que varían de la A - F (peor situación), según los resultados de los índices.	O. H. da Silva y G. D. Angelis (2019) [38]

Tabla 7. (continuación)

Título	Fuente de datos	Metodología empleada	Autor/Año
Medición de la cobertura y la accesibilidad del espacio público en Bogotá, Medellín y Cali.	Encuestas (DANE)	Se utilizaron tres fuentes de datos para modelar la oferta, la demanda y la red de movilidad. Para la oferta se utilizaron datos del espacio público del plan de ordenamiento territorial para obtener un área poligonal. La demanda se obtuvo de la información censal del DANE. Para la red de movilidad peatonal se incluyeron rutas desde el centro de una manzana residencial hacia los puntos de oferta de espacio público con una velocidad promedio.	J. M. Mayorga (2018) [39]
Un método semiautomático para generar redes de aceras basadas en GIS para la gestión de activos y la evaluación de la accesibilidad de los peatones.	SIG	En este documento se generó una red de aceras con enlaces y nodos asociados que son cruces peatonales e intersecciones, para ello se generaron las características de la red en ArcGIS.	H. Li, J. Cebe, S. Khoeini, Y. Xu, "Ann", C. Dyess, y R. Guensler (2018) [40]
Accesibilidad espacial de la población a los centros de salud urbanos de Kermanshah, República Islámica de Irán: un análisis de los sistemas de información geográfica	SIG	En este estudio descriptivo-analítico sobre 3 períodos de tiempo, se aplicaron los métodos de análisis de redes, centro medio y distancia estándar utilizando ArcGIS 9.3. El centro medio y la distancia estándar se calcularon. El centro medio es la media de las coordenadas geográficas de latitud y coordenadas de longitud de todos los elementos del ámbito de estudio.	S. Reshadat, S. Saedi, A. Zangeneh, S. R. Ghasemi, N. R. Gilan, A. Karbasi y E. Bavandpoor (2015) [41]
Q-PLOS, desarrollo de un índice alternativo para caminar. Un método basado en la calidad del diseño urbano.	Encuestas	El método se dividió en tres etapas, selección de factores peatonales e indicadores asociados, definición de umbrales de calidad, agregación de valores de calidad.	R. Talavera-García y J. Soria-Lara (2015) [42]
Accesibilidad a los espacios verdes: Indicadores basados en SIG para la planificación sostenible en un contexto urbano denso.	SIG	Los indicadores se calcularon en base a dos tipos de distancia: con ArcGIS trazando rutas entre puntos de partida y puntos finales. Se generaron mapas para los dos tipos de indicadores.	D. La Rosa (2014) [43]
Caminabilidad del barrio: Validación sobre el terreno de las medidas del Sistema de Información Geográfica.	SIG y Encuestas	Se realizaron auditorías a nivel de calle utilizando un escáner de datos ambientales para peatones. Se utilizaron análisis SIG para obtener la combinación de usos del suelo, la conectividad de las calles y la densidad residencial. Las percepciones de los participantes se evaluaron mediante un cuestionario autoadministrado. Se calcularon los índices de transitabilidad de la auditoría, del SIG y de los participantes.	S. Hajna, K. Dasgupta, M. Halparin, y N. A. Ross (2013) [44]

*Nota:* En la tabla 7 se agrupan las diferentes metodologías utilizadas en los estudios encontrados y las fuentes de datos aplicadas para la evaluación de la accesibilidad peatonal.

Evaluar la accesibilidad en espacio público conlleva a examinar una variedad de factores que influyen en la facilidad de movimiento de las personas incluyendo aquellas variables que han sido frecuentemente adoptadas en investigaciones anteriores. Según [27] empleo los siguientes factores: Seguridad, Comodidad-Atractivo y Movilidad, estos garantizaron una accesibilidad peatonal adecuada contando con pasos de peatones seguros, una iluminación adecuada y una percepción general de seguridad en el entorno urbano. Otros aportaron en la Comodidad y al Atractivo, que incluyeron la calidad del paisaje urbano, disponibilidad del espacio teniendo en cuenta los diferentes obstáculos, el mobiliario existente y el nivel de mantenimiento del espacio público. La Movilidad por otra parte se vio afectada por la presencia o ausencia de aceras y cruces peatonales y la conectividad entre las rutas peatonales. En los estudios [20], [21], [31], [32], [39], [44], la variable con mayor relevancia fue: Uso del suelo, la mezcla y proximidad de diferentes equipamientos (residencial, comercial, educativo, y recreativo) tuvo un impacto significativo en la accesibilidad peatonal, ya que determino la cercanía de los destinos y la variedad de rutas disponibles. Los autores [23], [24], [25], [35], [44] relacionaron en sus estudios la Transitabilidad como uno de los criterios que hace parte de la accesibilidad, sus componentes principales se basaron en factores como la calidad del pavimento y la accesibilidad durante diferentes condiciones climáticas. Del mismo modo, variables como el Tiempo y las Características dimensionales y morfológicas se refirieron tanto a la duración de los viajes peatonales como a la disponibilidad de servicios públicos y a las características físicas de los espacios, como la anchura de las aceras, la presencia de rampas para sillas de ruedas y la topografía general del terreno. Tras comparar los datos mencionados, se seleccionaron siete (7) variables presentadas en la tabla 8. En dicha tabla, se identificaron las fuentes y componentes pertinentes a cada variable, categorizándolas en indicadores físicos y espaciales.

**Tabla 8.** Variables de accesibilidad peatonal

<b>Variab</b> les	<b>Componentes</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente</b>
<b>Características dimensionales y morfológicas</b>	Tipo de población	Espacial	[20], [21], [24], [33]
	Conteo de peatones	Espacial	[26], [28], [29], [36], [41]
	Densidad de la población	Espacial	[28], [32], [41]
	Densidad residencial	Espacial	[32], [44]
	Ancho efectivo	Físico	[37], [38], [42]
	Señalización/Rampas	Físico	[38], [40]
	Inclinación longitudinal y transversal	Físico	[38]
<b>Seguridad</b>	Diseño (aceras, rampas, pasos peatonales)	Físico	[22], [40], [42]
	Conflictos entre vehículos y peatones	Físico	[27]
	Velocidad del tráfico	Físico	[27], [42]
	Seguridad de los cruces	Físico	[27]
	Iluminación	Físico	[42], [44]
<b>Comodidad y atractivo</b>	Medidas de seguridad	Físico	[23], [38], [44]
	Calidad del paisaje	Espacial	[22]
	Disponibilidad espacio	Espacial	[22]
	Rutas peatonales	Espacial	[24], [26], [28], [33]
	Mobiliario (bancos, paradas)	físico	[24], [44]
	Obstáculos	Físico	[27]
	Índice de arboles	Físico	[27], [42]
<b>Movilidad</b>	Mantenimiento	Físico	[37], [38]
	Longitud de la marcha	Espacial	[23]
	Velocidad peatonal	Espacial	[23], [27], [35], [36]
	Pendientes/Desniveles	Físico	[24], [32], [38]
	Conectividad	Espacial	[24], [27], [42], [44]
	Disponibilidad de cruces	Espacial	[27]
<b>Tiempo</b>	Calidad (senderos, aceras, pasos peatonales)	Físico	[27], [30], [40], [44]
	Presencia de cruces	Físico	[28]
	Tiempo de viaje	Espacial	[20], [23], [25], [29], [32], [33], [35], [39]
<b>Uso del suelo</b>	Distancia destino	Espacial	[20], [21], [22], [28], [30], [31], [35], [41], [42], [43]
	Equipamiento	Físico	[20], [21], [31], [39], [42]
	Cantidad instalaciones	Espacial	[22], [24], [26], [29], [30], [44]
	Áreas de servicio/Trasporte	Espacial	[32]
	Nivel de servicio	Espacial	[38], [41]
<b>Transitabilidad</b>	Material pavimentación	Físico	[23], [42]
	Calidad del pavimento	Físico	[38]
	Permeabilidad	Físico	[37], [42]
	Reforestación pavimento	Físico	[38]

*Nota:* Las variables y los componentes registrados en la tabla 8 se ajustaron en base a los registros suministrados en los artículos de la revisión documental.

Es relevante mencionar que estas variables se definen como una propiedad para evaluar algo, en este caso estas variables se consideran como no observables, y según [74] los factores no observables representan conceptos teóricos abstractos o fenómenos como actitudes, comportamientos, experiencias sociales y emociones que no pueden ser medidos directamente. De manera que, los factores no observables se miden con un conjunto de variables observables, que son parte de cada factor, estas variables pueden ser diferentes en cada estudio, por razones como la ubicación y características específicas de la zona.

### **7.3 Caracterización de los enfoques de accesibilidad en el contexto de los SIG**

El desarrollo y expansión de los Sistemas de Información Geográfica en los años 2000 marcó un hito significativo en el estudio de la accesibilidad peatonal en espacios públicos [70]. Durante este período, se observó una mejora significativa en la calidad y disponibilidad de los datos geoespaciales. Esto permitió un análisis más detallado y preciso de la accesibilidad y la conectividad de las rutas peatonales [71]. Además, hubo un aumento en el uso de SIG para analizar estos aspectos. Los investigadores comenzaron a utilizar SIG para identificar patrones espaciales, analizar la eficiencia de las redes de transporte, e incluso predecir los posibles efectos de las modificaciones en la infraestructura [72]. Este cambio representó una transformación en la manera en que se comprende y se evalúa la accesibilidad peatonal.

La siguiente etapa de la metodología presentada fue identificar el enfoque Peatón-Transporte, Peatón-Entorno y Mixto con el que se consideraba y analizaba la figura del peatón en cada una de las referencias. Algunas referencias veían el caminar como un medio de transporte y, por tanto, eran capaces de conectar un origen con un destino, minimizando u omitiendo las características del trayecto. Otro enfoque daba más relevancia al entorno por el cual el peatón

transitaba, poniendo énfasis en caracterizar con mayor detalle el trayecto, sin considerar si tenía un origen o un destino. También se contempló un enfoque mixto que, en mayor o menor medida, tomaba en cuenta ambas perspectivas sobre los trayectos peatonales.

En la tabla 9 se clasificaron veinticinco (25) artículos que en su contenido el uso de SIG involucro grandes volúmenes de datos sobre el uso peatonal del espacio urbano asimismo el enfoque considerado en cada uno de ellos.

**Tabla 9** *Enfoques de accesibilidad peatonal*

Titulo	Enfoque			Autor/Año
	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	
Global interest in walking accessibility: a scoping review.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	L. A. Merlin y U. Jehle (2023) [45]
		X		
Accessibility to urban parks: Comparing GIS based measures in the city of Padova (Italy)	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	P. Semenzato, A. Costa, y T. Campagnaro (2023) [46]
			X	
GIS-based approach evaluating sustainable spatio-functional accessibility to mosques.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	R. Harroucha y A.-A. Chaouni (2023) [47]
		X		
Measuring spatial accessibility to urban services for older adults: an application to healthcare facilities in Milan.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	C. Guida, G. Carpentieri, y H. Masoumi (2022) [48]
			X	
Investigation of urban green space (SGU) accessibility in Adelaide metropolitan area using network analyst.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	R. Teimouri, S. Karuppanan, A. Sivam, N. Gu y A. Bassiri Abyaneh (2022) [49]
	X			
Measuring Connectivity of Pedestrian Street Networks in the Built Environment for Walking: A Space-Syntax Approach.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	D. Nag, J. Sen, y A. K. Goswami (2022) [50]
	X			
The Adoption of Geographic Information Systems in the Public Sector of Saudi Arabia: A Conceptual Model.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	N. Jan, N. A. Alzahrani, S. N. H. Abdullah, I. Mohamed, y M. Mukred (2021) [51]
			X	
Urban services, pedestrian networks, and behaviors to measure elderly accessibility.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	F. Gaglione, C. Cottrill y C. Gargiulo (2021) [52]
	X			
Sidewalk Static Obstructions and Their Impact on Clear Width.	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	N. A. Coppola y W. E. Marshall (2021) [53]
	X			

Tabla 9. (continuación)

Titulo	Enfoque			Autor/Año
	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	
Independent mobility for persons with VIB using GIS.	X			S. Zimmermann-Janschitz, S. Landauer, S. Drexel, y J. Obermeier (2021) [54]
Urban accessibility: the paradox, paradigms, and measures. A scientific review.	X			C. Guida y M. Cagliioni (2020) [55]
A GIS-based method to assess the walkability of a pedestrian environment and prioritized investments		X		G. D'Orso y M. Migliore (2020) [56]
The use of geographic information system (GIS) for the promotion of citizenship through the improvement of the conditions of accessibility in urban spaces.	X			M. Medeiros, R. Vieira y E. Andrade, (2020) [57]
A Conceptual Approach to Determine Optimum Pedestrian Comfort Route to Access Urban Public Spaces.			X	M. Ü. Çilek (2020) [58]
Assessing physical accessibility conditions to tourist attractions. The case of Maspalomas Costa Canaria urban area (Gran Canaria, Spain).			X	S. B. Santana-Santana, C. Peña-Alonso, E. Pérez-Chacón Espino (2020) [59]
Designing walkable streets in congested touristic cities: The case of Cartagena de Indias, Colombia.		X		H. Gonzalez-Urango, M. Le Pira, G. Inturri, M. Ignaccolo, y M. García-Melón (2020) [60]
GIS based Multi Criteria Decision Analysis for analyzing accessibility of the disabled in the Greater Irbid Municipality Area, Irbid, Jordan.	X			A. M. Alzoubay, A. A. Nusair, y L. M. Taha (2019) [61]
Examining the Walking Accessibility, Willingness, and Travel Conditions of Residents in Saudi Cities.	X			M. T. Rahman y K. M (2019) [62]
A collaborative system for suitable wheelchair route planning.	X			G. L. Barczynszyn, L. M. De O. Camenar, D. F. Do Nascimento (2018) [63]

Tabla 9. (continuación)

Titulo	Enfoque			Autor/Año
	Peatón-entorno	Peatón-transporte	Mixto	
Safety assessment on pedestrian crossing environments using MLS data.			X	M. Soilán, B. Riveiro, A. Sánchez-Rodríguez y P. Arias (2018) [64]
Social sustainability in metropolitan areas: Accessibility and equity in the case of the metropolitan area of Valencia (Spain).	X		Mixto	M.-D. Pitarch-Garrido (2018) [65]
Geographic Information Systems (GIS) Based Accessibility Modelling Approach in Micro Scale Considering Physically Disabled Users: Case Study of Mimar Muzaffer Campus.	X		Mixto	K. Ertuğay (2018) [66]
Determining intra-urban spatial accessibility disparities in multimodal public transport networks.		X	Mixto	J. Chen, J. Ni, C. Xi, S. Li, y J. Wang (2017) [67]
A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities.	X		Mixto	H. Mora, V. Gilart-Iglesias, R. Pérez-del Hoyo y M. D. Andújar-Montoya (2017) [68]
Shortcut suggestion based on collaborative user feedback for suitable wheelchair route planning.	X		Mixto	R. Minetto, N. P. Kozievitch, R. D. da Silva, L. Dell Anhol Almeida y J. de Santi (2016) [69]

*Nota:* En la tabla 9 se encuentran seleccionadas las referencias en cuanto a los SIG y se evalúa el enfoque predominante a la hora de considerar los desplazamientos del peatón.

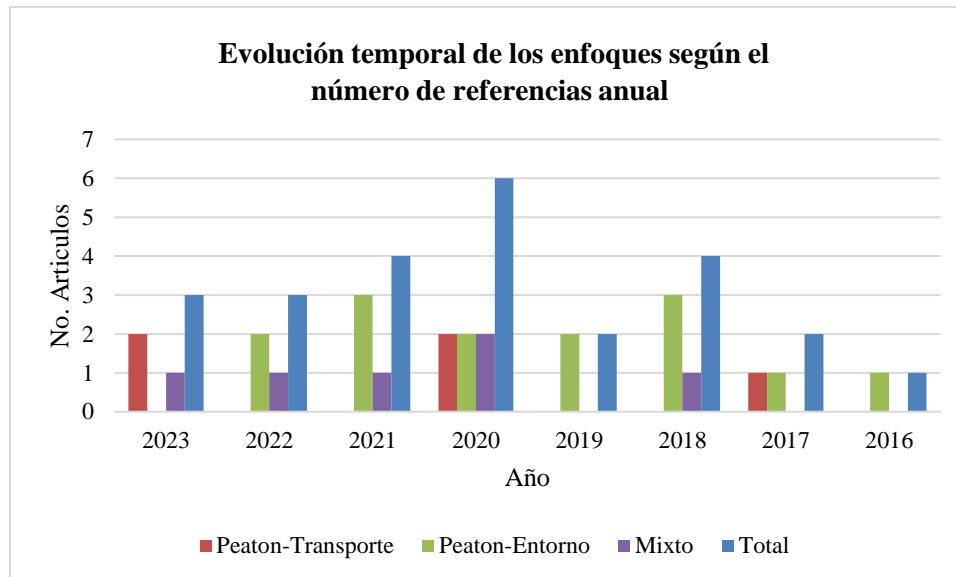
Ahora bien, además de establecer una visión panorámica de las distintas perspectivas propias de las referencias, se realizó un análisis detallado de la evolución de estos enfoques en la última década. La figura 10 mostro una tendencia ascendente en el número de referencias que se centraban en los SIG. A lo largo del periodo 2020-2023, se observó una notable diferencia en los enfoques, en términos del número de referencias en que se presentaban, los enfoques que obtuvieron un incremento significativo fueron el enfoque peatón-entorno y peatón-transporte.

No obstante, esta tendencia fue variable en el periodo 2016-2019, donde los enfoques peatón-transporte y mixto se estabilizaron en su crecimiento, mientras que el enfoque peatón-

entorno comenzó a destacar, al contar con un número medio anual de referencias superior a los de los otros dos enfoques. Esta tendencia se acentuó aún más en el año 2020, año en el que se publicaron más estudios y los enfoques peatón-transporte, peatón-entorno y mixto compartieron el mismo rango.

La evolución de los tres enfoques demostró que se requiere cada vez más una perspectiva uniforme como respuesta innovadora a la necesidad de cubrir el espacio entre las metodologías existentes más específicas a través de la incorporación de metodologías mixtas y también fue relevante el incremento anual de referencias sobre este tema (en cualquiera de los tres enfoques), lo que reflejo la importancia del peatón en el análisis de la accesibilidad en las propuestas de diseño y gestión de la movilidad urbana.

**Figura 10.** *Tendencia anual de estudios con SIG por enfoque*



#### **7.4 Matriz analítica documental**

Como fase final de la investigación, se construyó una matriz de análisis para las fichas utilizada en el proyecto denominado “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”, este se dividió en ocho (8) fichas para la recolección de datos. La ficha U1 evalúa vías peatonales incluyendo anchura de aceras y calidad de superficies, mientras que U2 analiza cruces peatonales a nivel, considerando aspectos como el ancho del cruce y la señalización. Los vados peatonales y los puntos de acceso vehicular son examinados para su impacto en la movilidad de peatones y personas con discapacidad. U3 y U4 recopilan información sobre pasos elevados, subterráneos, escaleras y rampas para determinar su accesibilidad. U5 se centra en los estacionamientos, considerando su tamaño, cantidad y facilidades de uso, mientras que U6 evalúa el mobiliario urbano, su estado y ubicación. U7 recoge información sobre comunicación sensorial para ayudar a las personas con discapacidades sensoriales y finalmente, U8 evalúa las obras en curso en espacios públicos, incluyendo su señalización y acceso peatonal.

Esta segunda selección de referencias enfatizo la relevancia de cada factor registrado en el tránsito peatonal. De las referencias seleccionadas en total, se eliminaron las que no alcanzaron este nivel de detalle, resultando en la clasificación treinta (30) artículos de acuerdo con las fichas mencionadas anteriormente. Los porcentajes de incidencia fueron calculados con la cantidad de metodologías que en su desarrollo contemplaron las variables que se midieron a mesoescala (características del entorno medidas a gran escala), o microescala (características del entorno construido medidas a nivel del tramo vial o peatonal) y la disponibilidad de los datos. En el caso de la ficha U3 no se tuvo participación, pues de los artículos seleccionados ninguno se aplicaba en pasos elevados o subterráneo y las fichas con mayor incidencia fueron U1 y U2, la primera con el

53.4% y la segunda con 50% pues los factores agruparon múltiples variables que también pueden ser medidas objetivamente, en tercer lugar, la ficha U6 con el 36.7%, garantizo que el mobiliario urbano deba estar separado del itinerario por el cual el peatón transita. Seguidamente, la fichas U4 y U7 compartieron el mismo porcentaje de incidencia con el 20% donde los autores definieron que la ruta peatonal debe ser clara con una buena señalización especialmente en escaleras y rampas, en quinto lugar, la ficha U5 con el 13.4% evaluó el estacionamiento con un tipo de equipamiento dirigido a personas con capacidad reducida, y para finalizar, los estudios referentes en cuanto al mantenimiento o instalaciones provisionales dentro de la ruta peatonal fueron retribuidos en la ficha U8 con un 10% de participación.

**Tabla 10.** Matriz analítica del “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”

Fichas	Variables	Fuente	Incidencia
<b>Ficha U1 Vías de circulación peatonal</b>	Características generales		53.4%
	Espacio libre mínimo	[22], [23], [24],	
	Pendientes	[26], [27], [28],	
	Bordillos	[32], [33], [37],	
	Andenes	[38], [42], [44],	
	Pavimentos	[50], [52], [53],	
	Iluminación	[58]	
	Rejas, rejillas y registros		
<b>Ficha U2 Cruce peatonal a nivel</b>	Arboles		50%
	Características generales	[22], [24], [27],	
	Pavimentos	[28], [30], [40],	
	Tipos de vados	[42], [44], [50],	
	Pavimentos	[52], [54], [56],	
	Bordillo	[63], [64], [69]	
<b>Ficha U3 Pasos elevados y subterráneos para peatones</b>	Tipos de paso peatonal		0%
	Características generales	N.A	
<b>Ficha U4 Itinerario vertical</b>	Iluminación		20%
	Características generales	[22], [38], [40],	
	Pavimento	[42], [57], [63]	
<b>Ficha U5 Estacionamientos</b>	Pásmanos y barandas		13.4%
	Situación		
	Área de estacionamiento	[27], [32], [42],	
	Área de transferencia	[59]	
	Señalización		

**Tabla 10.** (continuación)

<b>Fichas</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Fuente</b>	<b>Incidencia</b>
<b>Ficha U6 Mobiliario urbano</b>	Características generales Terrazas de hostelería, puesto de venta ambulante y análogos Mostradores y ventanillas de atención a público Puntos de información y elementos interactivos análogos Semáforos Papeleras, buzones y elementos análogos Bancas o sillas Bolardos	[24], [27], [44], [45], [53], [54], [58], [62], [64], [66], [68]	36.7%
<b>Ficha U7 Comunicación sensorial</b>	Información en lugares públicos Carteles y elementos de señalización Megafonía	[23], [38], [44], [53], [54], [62]	20%
<b>Ficha U8 Obras en espacio público</b>	Características generales Elementos de protección Itinerario provisional por calzada Obras de acera Calzada Itinerario alternativo Afectación a accesos de edificios, servicios o instalaciones	[37], [38], [61]	10%

*Nota:* Las fichas y las variables de evaluación de accesibilidad registrados en la tabla 10 se ajustaron con base a la información suministrada del proyecto mencionado los artículos seleccionados de la revisión documental.

Las fichas de evaluación de accesibilidad del “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga” presenta un enfoque netamente físico-cualitativo, evaluando la condición de los atributos físicos mediante fichas que consideran todas las condiciones permanentes y temporales de una zona local. Esta recopilación de datos permite la verificación del cumplimiento de la normativa colombiana de accesibilidad en lo que respecta a las dimensiones y parámetros mínimos exigidos.

En la revisión de las metodologías se identificaron dos enfoques, uno de ellos estudia características y cualidades físicas del entorno construido, y el otro considera un conjunto de

percepciones, comportamientos y actitudes de los peatones [73], pues cuando un peatón transita por el entorno construido del espacio público puede llegar a tener ciertas percepciones ante las facilidades o dificultades que se presentan en su recorrido, que por lo general, se cuantifican mediante encuestas exploratorias a los tipos de peatones. No obstante, hay metodologías que tienen los dos enfoques, en los artículos [21], [29], [37], [44] y [48], se integran los datos cuantitativos que regularmente son recogidos en la zona de estudio apoyados por algún SIG con los datos cualitativos derivados de encuestas aplicadas a peatones.

Los autores validados en las fichas mencionadas de la tabla 10 no registraron atributos psicológicos, por consiguiente, este enfoque adicional ofrece que el estudio no solo se apoye en la calidad de la infraestructura física peatonal, sino que también, estudie la participación de la población como estrategia para medir los flujos peatonales y conocer los puntos que entran en conflicto en comparación con otros modos de transporte, debido a una sección peatonal insuficiente en la forma en que estos factores pueden disminuir su nivel de confort. Resumiendo lo planteado, al combinar estos enfoques se presenta una imagen más completa y precisa de la realidad peatonal, de esta manera, el análisis estadístico plasma las condiciones necesarias para generar espacios que sean inclusivos con la participación de todos los segmentos de la población contribuyendo en la planificación y diseño de ciudades accesibles.

## **8 Conclusiones**

- La revisión documental evidencio que el 68% de los artículos analizados desarrollaron en su metodología de evaluación de accesibilidad peatonal el uso de SIG, debido a que los estudios describen de manera diferente la experiencia y la calidad de caminar en cada

entorno construido y en ciertos casos los autores afirman que la elección de los métodos depende del objetivo de evaluación.

- Dentro de la categorización de las variables más aplicadas estuvieron las características físicas de la infraestructura y la combinación de usos del suelo; la primera con el 64% considero en ellas las percepciones de los peatones y la segunda con el 84%, produjo mayor variedad de destinos y conexiones de las redes de acceso.
- En el periodo de la investigación documental (2013-2023) el uso de los SIG tuvo un avance significativo como herramienta principal en la recopilación, análisis y visualización de datos peatonales que focalizaron sus estudios en la distancia hacia un uso determinado, pero sin considerar los usos del suelo como una variable determinante. Según la figura 10 el desplazamiento peatonal implemento enfoques que abarcaron otras dimensiones de la accesibilidad. En el enfoque peatón-transporte, el análisis de los usos del suelo se llevó a cabo en su mayoría de manera cuantitativa. Sin embargo, en los enfoques peatón-entorno y mixto, los usos del suelo se examinaron desde una perspectiva cualitativa, lo que ofreció una comprensión más profunda de su influencia en la accesibilidad peatonal.
- El análisis comparativo en la tabla 8 de las metodologías de accesibilidad en relación con las fichas del estudio de accesibilidad peatonal del “Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga”, indico una mayor compatibilidad en los estudios donde las variables de accesibilidad se ubican en las vías de circulación y los cruces peatonales a nivel incluyendo los vados peatonales y los accesos vehiculares.

- Aunque la accesibilidad física fue el mayor factor determinante puede no ser suficiente para abordar todas las facetas de la accesibilidad. Factores como la accesibilidad psicológica, que se refirió a cómo se sienten los peatones con respecto a su entorno, así como la consideración de la participación de la población en la evaluación de la accesibilidad, fueron elementos que aportaron una visión más completa y equilibrada de esta temática.

### Referencias

- [1] L. Bertolini y T. Spil, "Ciudades sobre rieles: la remodelación de las áreas de las estaciones de tren", Taylor y Francisco, 1998.
- [2] X. Cao, "Medición de la accesibilidad del tránsito: una exploración de la equidad espacial de la provisión de tránsito", Saltador, 2016.
- [3] J. Gutiérrez, "Accesibilidad. Personas con discapacidad y diseño arquitectónico", Universidad Iberoamericana, México, 2011.
- [4] KT Geurs y B. van Wee, "Evaluación de la Accesibilidad de las Estrategias de Transporte y Uso del Suelo: Revisión y Direcciones de Investigación", *Revista de Geografía del Transporte*, vol. 12, núm. 2, págs. 127-140, 2004.
- [5] P. Apparicio, M. Abdelmajid, M. Riva, and R. Shearmur, "Comparación de enfoques alternativos para medir la accesibilidad geográfica de los servicios de salud urbanos: tipos de distancia y problemas de errores de agregación," *Revista internacional de geografía de la salud*, vol. 7, núm. 7, 2008.

[6] O. Martínez, O. León, and A. Gelvis, “Diagnóstico de accesibilidad, espacio público próximo a hospitales y clínicas de niveles III Y IV de la ciudad de Bucaramanga,” VI Convocatoria Interna Semilleros Investigación. Bucaramanga, Santander, 2018.

[7] E. Alvarez and V. Camisã, "Guía operativa de accesibilidad para proyectos de desarrollo urbano con criterios de diseño universal," Banco Interamericano de Desarrollo, 2004.

[8] Congreso de Colombia. Ministerio de transporte, Ley 1287 de 2009 por la cual se adiciona la Ley 361 de 1997. Diario Oficial No.47.280 de 3 de marzo de 2009.

[9] Colombia. “Constitución Política de 1991”. [Consultado 2020 marzo-Online]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1>.

[10] R. Mace, "Diseño universal: entornos sin barreras para todos", *Designer's West*, vol. 33, núm. 1, págs. 147-152, 1987.

[11] JA Sánchez, YC Martínez, and MP Martínez, "Accesibilidad universal y diseño para todos: evolución y actualidad", *Revista Vínculos*, vol. 12, núm. 1, págs. 66 y 76, 2015.

[12] Xie, Kun; Ouyang, Jin, “Medición de la accesibilidad peatonal a destinos urbanos: un enfoque de red basado en SIG”, *Revista: Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2016 Volumen: 43 Número: 1 Páginas: 56-77

[13] J. Deng, Y. Chen, Y. Lv, y Y. Zou, "Un modelo de evaluación de accesibilidad basado en la percepción peatonal y su aplicación en espacios públicos urbanos", International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Miyazaki, Japón, 2018, págs. 233-238.

[14] Wang, D., et al. “Modelado de la accesibilidad espacial de las instalaciones sanitarias: los impactos de las redes viales y las restricciones métricas”, *Revista: Informática, Medio Ambiente y Sistemas Urbanos*, vol. 49, 2015, págs. 89-101.

[15] X. Xie, Q. Zhang y H. Huang, "Medida de accesibilidad de peatones para la planificación y el análisis del tránsito a nivel de red metropolitana Fuente" *Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, núm. 2, págs. 352-362, 2017.

[16] J. Torres, "Diagnóstico de estado actual y recomendaciones de accesibilidad en la Universidad Nacional de Colombia", Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2011.

[17] S. Planeación, "Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del municipio de Bucaramanga 2013-2027," 2014.

[18] Congreso de Colombia. Ministerio de Salud y Protección, Ley estatutaria 1618 de 2013. Bogotá: No 48.717, 2013

[19] X. Liu y C. Zhang, "Evaluación de la accesibilidad de los establecimientos de atención médica utilizando un enfoque de área de captación integrada," *Rev. Internacional de Investigación Ambiental y Salud Publica*, vol. 16, no. 16, p. 2967, 2019.

[20] R. Harroucha and A. A. Chaouni, "Análisis de la accesibilidad peatonal de las mezquitas bajo el concepto de ciudades de 15 min," *GeoDiario*, 2023.

[21] S. H. Khahro, M. A. H. Talpur, M. G. Bhellar, G. Das, H. Shaij, and B. Sultan, "Mapeo de accesibilidad sostenible basado en GIS de parques urbanos: evidencia del segundo asentamiento más grande de Sindh, Pakistán," *Sustentabilidad*, vol. 15, p. 6228, 2023.

[22] B. Bekci y M. Sipahi, "Investigación de la accesibilidad espacial a escala de áreas peatonales," *en Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Gazi*, vol. 38, no. 4, pp. 2155-2165, 2023.

[23] B. Caselli, M. Carra, S. Rossetti, and M. Zazzi, "Exploring the 15-minute neighbourhoods. An evaluation based on the walkability performance to public facilities," *in Transportation Research Procedia*, vol. 60, pp. 346-353, 2022.

[24] V. Amaya, T. Moulaert, L. Gwiazdzinski, and N. Vuillerme, "Assessing and Qualifying Neighborhood Walkability for Older Adults: Construction and Initial Testing of a Multivariate Spatial Accessibility Model," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 3, p. 1808, 2022.

[25] M. Carra, S. Rossetti, M. Tiboni, and D. Vetturi, "Can Urban Regeneration improve Walkability? A space-time assessment for the Tintoretto area in Brescia," in *Transportation Research Procedia*, vol. 60, pp. 394-401, 2022.

[26] E. González-González, R. Cordera, B. Alonso, and S. Nogués, "Planning for sustainable urban mobility: Demand estimation of on-street vertical walking facilities," *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 16, no. 4, pp. 326-339, 2022.

[27] P. Campos, BCE; M. Rojas, BCE; M. Silvera, MSc; F. Campos, MSc, "Indicators of pedestrian accessibility and their evaluation using the Social Force Model parameters in urban intersections." Buenos Aires, Argentina. 2021.

[28] B. Caselli, M. Carra, S. Rossetti, y M. Zazzi, "From urban planning techniques to 15-minute neighbourhoods. A theoretical framework and GIS-based analysis of pedestrian accessibility to public services," *European Transport/Trasporti Europei*, pp. 1-15, 2021.

[29] M. Luqman and S. U. Khan, "Geospatial application to assess the accessibility to the health facilities in Egypt," in *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, vol. 24, no. 3, pp. 699-705, 2021.

[30] E. Ortega, B. Martín, M. E. López-Lambas, J. A. Soria-Lara, "Evaluating the impact of urban design scenarios on walking accessibility: the case of the Madrid 'Centro' district," in *Sustainable Cities and Society*, vol. 74, 103156, 2021.

[31] M. Ergen, "Using geographical information systems to measure accessibility of green areas in the urban center of Nevşehir, Turkey," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 62, p. 127160, 2021

[32] E. Z. Khatun, M. S. G. Adnan, A. Dewan, "A GIS-based approach to evaluating environmental influences on active and public transport accessibility of university students," *Journal of Urban Management*, vol. 9, no. 3, pp. 331-346, 2020.

[33] F. A. Ithantamalala, V. Herbreteau, C. Révillion et al., "Improving geographical accessibility modeling for operational use by local health actors," in *Int J Health Geogr*, vol. 19, no. 27, 2020.

[34] H. S. Rosie, Y. Seunghyun, and C. Suyeon, "Smart Accessibility: Design Process of Integrated Geospatial Data Models to Present User-Customized Universal Design Information," *Frontiers in Psychology*, vol. 10, 2020.

[35] E. M. Berríos Álvarez and M. Greene Zúñiga, "Barreras estructurales en la caminabilidad y accesibilidad a escala de barrio. Estudio de tres casos en Santiago de Chile," *Revista 180*, no. 46, pp. 118-133, 2020.

[36] S. Rossetti, M. Tiboni, D. Vetturi, M. Zazzi, y B. Caselli, "Measuring Pedestrian Accessibility to Public Transport in Urban Areas: a GIS-based Discretisation Approach," *European Transport\Trasporti Europei*, 2020.

[37] V. T. da Rocha, L. L. Brandli, R. M. L. Kalil, A. L. Salvia, y P. D. M. Prietto, "Quality of sidewalks in a Brazilian city: A broad vision," *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, vol. 14, no. 2, pp. 41-58, May. 2019.

[38] O. H. da Silva y G. D. Angelis, "Índice de Serviço das Calçadas (ISC)," *Ambiente Construído*, vol. 19, no. 1, pp. 221-236, 2019.

[39] J. M. Mayorga, "Medición de la cobertura y la accesibilidad del espacio público en Bogotá, Medellín y Cali," *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, vol. 11, no. 22, pp. 1-10, 2018.

[40] H. Li, J. Cebe, S. Khoeini, Y. Xu, "Ann", C. Dyess, and R. Guensler, "A Semi-Automated Method to Generate GIS-Based Sidewalk Networks for Asset Management and Pedestrian Accessibility Assessment," *Transportation Research Record*, vol. 2672, no. 44, pp. 1-9, 2018.

[41] S. Reshadat, S. Saedi, A. Zangeneh, S. R. Ghasemi, N. R. Gilan, A. Karbasi y E. Bavandpoor, "Spatial accessibility of the population to urban health centres in Kermanshah, Islamic Republic of Iran: a geographic information systems analysis," *East Mediterr. Health J.*, vol. 21, no. 6, pp. 389-395, Sep. 2015.

[42] R. Talavera-Garcia y J. Soria-Lara, "Q-PLOS, developing an alternative walking index. A method based on urban design quality," *Cities*, vol. 45, pp. 7-17, 2015.

[43] D. La Rosa, "Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context," *Ecological Indicators*, vol. 42, pp. 122-134, 2014.

[44] S. Hajna, K. Dasgupta, M. Halparin, y N. A. Ross, "Neighborhood Walkability: Field Validation of Geographic Information System Measures," *en American Journal of Preventive Medicine*, vol. 44, no. 6, pp. e55-e59, 2013.

[45] L. A. Merlin and U. Jehle, "Interés global en la accesibilidad para caminar: una revisión de alcance," *Transport Reviews*, 2023.

[46] P. Semenzato, A. Costa, and T. Campagnaro, "Accessibility to urban parks: Comparing GIS based measures in the city of Padova (Italy)," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 82, pp. 1-10, 2023.

[47] R. Harroucha and A.-A. Chaouni, "Enfoque basado en GIS que evalúa la accesibilidad espacial funcional sostenible a las mezquitas," *Annals of GIS*, 2023.

[48] C. Guida, G. Carpentieri and H. Masoumi, "Midiendo la accesibilidad espacial a los servicios urbanos para adultos mayores: una aplicación a las instalaciones de salud en Milán," *Eur. Transp. Res. Rev.*, vol. 14, no. 23, 2022.

[49] R. Teimouri, S. Karuppappan, A. Sivam, N. Gu y A. Bassiri Abyaneh, "Investigación de la accesibilidad de los espacios verdes urbanos (UGS) en el área metropolitana de Adelaide mediante Network Analyst," *en Int. Arco. Fotograma. Sensor Remoto Inf. Espacial Sci.*, vol. XLVIII, no. 4/W5, pp. 183-188, 2022.

[50] D. Nag, J. Sen, and A. K. Goswami, "Measuring Connectivity of Pedestrian Street Networks in the Built Environment for Walking: A Space-Syntax Approach," in *Transp. in Dev. Econ.*, vol. 8, no. 34, 2022.

[51] N. Jan, N. A. Alzahrani, S. N. H. Abdullah, I. Mohamed, and M. Mukred, "The Adoption of Geographic Information Systems in the Public Sector of Saudi Arabia: A Conceptual Model," *Problemas Matemáticos en Ingeniería*, vol. 2021, pp. 1099256, 2021.

[52] F. Gaglione, C. Cottrill and C. Gargiulo, "Urban services, pedestrian networks and behaviors to measure elderly accessibility," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 90, 102687, 2021.

[53] N. A. Coppola and W. E. Marshall, "Sidewalk Static Obstructions and Their Impact on Clear Width," in *Transportation Research Record*, vol. 2675, no. 6, pp. 200-212, 2021.

[54] S. Zimmermann-Janschitz, S. Landauer, S. Drexel, and J. Obermeier, "Movilidad independiente para personas con VIB usando GIS," *Journal of Enabling Technologies*, vol. 15, no. 3, pp. 159-174, 2021.

[55] C. Guida and M. Caglioni, "Accesibilidad urbana: la paradoja, los paradigmas y las medidas. Una revisión científica," *TeMA - Revista de Uso de la Tierra, Movilidad y Medio Ambiente*, vol. 13, no. 2, pp. 149-168, 2020.

[56] G. D'Orso and M. Migliore, "A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments," *Journal of Transport Geography*, vol. 82, 102555, 2020.

[57] M. Medeiros, R. Vieira and E. Andrade, "The use of geographic information system (GIS) for the promotion of citizenship through the improvement of the conditions of accessibility in urban spaces," in *Brazilian Mobilities*, pp. 90-102, February 2020.

[58] M. Ü. Çilek, "A Conceptual Approach to Determine Optimum Pedestrian Comfort Route to Access Urban Public Spaces," in *Megaron*, vol. 15, no. 3, pp. 490-507, 2020. DOI: 10.14744/megaron.2020.16023.

[59] S. B. Santana-Santana, C. Peña-Alonso, E. Pérez-Chacón Espino, "Assessing physical accessibility conditions to tourist attractions. The case of Maspalomas Costa Canaria urban area (Gran Canaria, Spain)," in *Applied Geography*, vol. 125, 2020.

[60] H. Gonzalez-Urango, M. Le Pira, G. Inturri, M. Ignaccolo, and M. García-Melón, "Designing walkable streets in congested touristic cities: The case of Cartagena de Indias, Colombia," in *Transportation Research Procedia*, vol. 45, pp. 309-316, 2020.

[61] A. M. Alzouby, A. A. Nusair, and L. M. Taha, "GIS based Multi Criteria Decision Analysis for analyzing accessibility of the disabled in the Greater Irbid Municipality Area, Irbid, Jordan," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 58, no. 2, pp. 689-698, 2019.

[62] M. T. Rahman and K. M. Nahiduzzaman, "Examining the Walking Accessibility, Willingness, and Travel Conditions of Residents in Saudi Cities," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, no. 4, p. 545, Feb. 2019.

[63] G. L. Barczynszyn, L. M. De O. Camenar, D. F. Do Nascimento, N. P. Koziévitch, R. D. Da Silva, L. D. A. Almeida, J. De Santi, and R. Minetto, "A Collaborative System for Suitable Wheelchair Route Planning," in *Association for Computing Machinery*, vol. 11, no. 3, New York, NY, USA, 2018.

[64] M. Soilán, B. Riveiro, A. Sánchez-Rodríguez y P. Arias, "Safety assessment on pedestrian crossing environments using MLS data," in *Accident Analysis & Prevention*, vol. 111, pp. 328-337, 2018.

[65] M.-D. Pitarch-Garrido, "Sostenibilidad Social en Áreas Metropolitanas: Accesibilidad y Equidad en el Caso del Área Metropolitana de Valencia (España)," *Sustentabilidad*, vol. 10, no. 2, p. 371, 2018.

[66] K. Ertuğay, "Geographic Information Systems (GIS) Based Accessibility Modeling Approach in Micro Scale Considering Physically Disabled Users: Case Study of Mimar Muzaffer Campus, Selcuk University," *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, vol. 6, pp. 81-104, 2018.

[67] J. Chen, J. Ni, C. Xi, S. Li, y J. Wang, "Determining intra-urban spatial accessibility disparities in multimodal public transport networks," *Journal of Transport Geography*, vol. 65, pp. 123-133, 2017.

[68] H. Mora, V. Gilart-Iglesias, R. Pérez-del Hoyo and M. D. Andújar-Montoya, "A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities," in *Sensors*, vol. 17, no. 8, pp. 1834, 2017.

[69] R. Minetto, N. P. Koziévitch, R. D. da Silva, L. Dell Anhol Almeida y J. de Santi, "Sugerencia de acceso directo basada en comentarios colaborativos de usuarios para la planificación adecuada de rutas para sillas de ruedas", en 19th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Río de Janeiro, Brasil, 2016, pp. 2372-2377.

[70] J. J. Páez, "The role of GIS in pedestrian accessibility research," *GIScience & Remote Sensing*, vol. 42, no. 3, pp. 200–220, 2005.

[71] H. S. Mahmassani, "Pedestrian behavior and spatial utilization in urban settings," *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 128, no. 2, pp. 51–64, 2002.

[72] A. Rodríguez, "Analyzing the role of GIS in pedestrian accessibility research," *Cartographica*, vol. 40, no. 4, pp. 81–98, 2005.

[73] F. Moura, P. Cambra, and A. B. Gonçalves, "Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 157, pp. 282–296, 2017.

[74] J. Arellana, M. Saltarín, A. M. Larrañaga, V. Alvarez, and C. A. Henao, "Urban walkability considering pedestrians' perceptions of the built environment: a 10-year review and a case study in a medium-sized city in Latin America," *Transp. Rev.*, vol. 40, no. 2, pp. 183–203, 2020.

[75] Parvin, F., Ali, S.A., Hashmi, S.N.I. et al. Accessibility and site suitability for healthcare services using GIS-based hybrid decision-making approach: a study in Murshidabad, India. *Spat. Inf. Res.* 29, 1–18, 2021.

[76] K. Ertuğay, "Geographic Information Systems (GIS) Based Accessibility Modeling Approach in Micro Scale Considering Physically Disabled Users: Case Study of Mimar Muzaffer

Campus, Selcuk University," ICONARP International Journal of Architecture and Planning, vol. 6, pp. 81–104, 2018.